


RAPPORTS DE MISSIONS

SCIENCES DE LA MER
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

N° 23

2008



**Rapport de la mission
SECALIS 4
à bord du Navire
Océanographique l'Alis,
du 7 au 22 novembre 2006
22°S-9°55S, 160°07E-168°10E**

Lionel GOURDEAU
Jean-Yves PANCHE
David VARILLON
Elodie KESTENARE
Alexandre GANACHAUD
Jérôme LEFEVRE
Patrick MARCHESIELLO
Angelo DI MATTEO
Léocadie JAMET



Institut de recherche
pour le développement



**RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA MER
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE**

N° 23

2008

**Rapport de la mission SECALIS 4
à bord du Navire Océanographique l'Alis
du 7 au 22 novembre 2006
22°S-9°55S, 160°07E-168°10E**

**Lionel GOURDEAU
Jean-Yves PANCHE
David VARILLON
Elodie KESTENARE
Alexandre GANACHAUD
Jérôme LEFEVRE
Patrick MARCHESIELLO
Angelo DI MATTEO
Léocadie JAMET**



**Institut de recherche
pour le développement**

© IRD, Nouméa, 2008

/Gourdeau, L.
/Panché, J.Y.
/Varillon, D.
/Kestenare, E.
/Ganachaud, A.
/Lefèvre, J.
/Marchesiello, P.
/Di Mattéo, A.
/Jamet, L.

Rapport de la mission SECALIS 4 à bord du Navire Océanographique l'Alis du 7 au 22 novembre 2006,
22°S-9°55S, 160°07E-168°10E.

Nouméa : IRD. Juillet 2008. 80 p.
Missions : Sci. Mer; Océanogr. Phys; 23

CAMPAGNE OcéANOGRAPHIQUE; HYDROCLIMAT; COURANT MARIN; TEMPERATURE;
SALINITE; ZONE TROPICALE / PACIFIQUE SUD OUEST

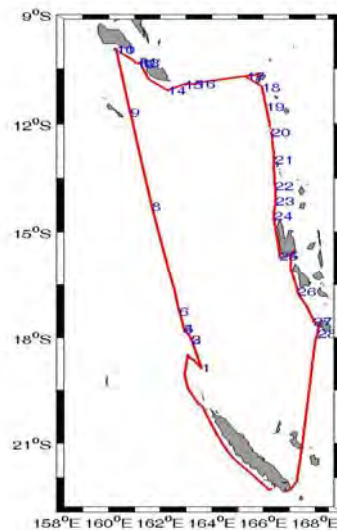
Rapport de la Mission

SECALIS 4

à Bord du Navire Océanographique l'ALIS

SECALIS-4 Cruise Report

07 novembre-22 Novembre 2006 ; 22°S-9°55S; 160°07E –
168°10E



Lionel Gourdeau⁽¹⁾
Jean Yves Panche⁽³⁾
David Varillon⁽³⁾
Elodie Kestenare⁽²⁾
Alexandre Ganachaud⁽¹⁾
JeromeLefèvre⁽¹⁾
Patrick Marchesiello⁽¹⁾
Angelo Di Matteo⁽³⁾
Léocadie Jamet⁽³⁾

⁽¹⁾UMR65 IRD/LEGOS, Nouméa, Nouvelle Calédonie

⁽²⁾UMR65 IRD/LEGOS, Toulouse, France

⁽³⁾US IMAGO IRD Nouméa, Nouvelle Calédonie

RESUME

La Campagne SECALIS-4 fait partie d'une série de 4 campagnes dont l'objectif est d'observer et d'améliorer la compréhension de la circulation du Pacifique sud ouest. Cette région océanique est à même de jouer un rôle dans la variabilité décennale du climat en redistribuant au sud et vers l'équateur, via les courants de bord ouest, la circulation grande échelle du Courant Equatorial Sud. L'interaction avec les obstacles topographiques comme les Fidji, le Vanuatu et la Nouvelle Calédonie concentre cette circulation en des jets zonaux qui s'étendent jusqu'aux côtes Australiennes. Les campagnes SECALIS ont été déterminantes dans la création du programme de recherche international SPICE (<http://www.ird.nc/UR65/SPICE>). La campagne s'est déroulée à bord du navire océanographique l'ALIS, le long d'un parcours partant de la Nouvelle Calédonie vers Guadalcanal, de Guadalcanal à Lata (îles Salomons), de Lata à Efate (Vanuatu), et retour sur Nouméa. La mission s'est déroulée dans de bonnes conditions météorologiques. Cependant les problèmes techniques nombreux n'ont pas permis d'effectuer toutes les mesures prévues. Cette campagne a été marquée par le sauvetage de quatre naufragés Salomonais dérivant depuis 9 jours dans leur embarcation. Au cours de la campagne SECALIS-4, 27 profils de température, salinité, oxygène, à la sonde CTD (0-2000 m), et profils de courants (0-2000 m) au profileur de courant à effet Doppler (L_ADCP) monté sur le châssis de la sonde, ont été effectués. En parallèle, ont été réalisés des prélèvements discrets sur les bouteilles Niskin pour l'analyse de la salinité, de l'oxygène. Pour compléter le nombre de profils des tirs XBT/XCTD ont été effectués sur la dernière partie de la campagne. Des mesures de courants (0-250 m) en continue ont été réalisées à l'aide de l'ADCP monté sur la coque du navire. La température et la salinité de surface, ainsi que des relevés météorologiques ont été enregistrés toutes les minutes. Cette campagne a également permis la mise à l'eau d'un glider qui a fait la traversée Guadalcanal-Nouvelle Calédonie en 4 mois, ainsi que le largage de 3 bouées dérivantes. Ce rapport décrit le déroulement de la campagne ainsi que le matériel et les méthodes utilisés. Il présente également les figures préliminaires correspondant aux données traitées.

MOTS CLES : Campagne océanographique, Pacifique tropical sud ouest, température, salinité, courant, jets.

ABSTRACT

The SECALIS-4 cruise is part of a four-cruise series motivated by the observation and understanding of the circulation in the South West Pacific Ocean. This region is of interest by its potential role in decadal climate variability because of its position athwart a major pathway from the subtropics to the equator. The circulation is complicated by the complex topography of the region. The large westward South Equatorial Current, when meeting the topographic features of the Fiji, Vanuatu and Solomon islands, is broken into several narrow jets which seem to extend until the Australian coast. These cruises have been determinant in the creation of the international SPICE program (www.ird.nc/UR65/SPICE). This cruise was carried out from R/V ALIS from New Caledonia to Solomon (Guadalcanal), Vanuatu (Efate), and return to New Caledonia (Nouméa). During the SECALIS-4 cruise, 27 temperature, salinity, oxygen profiles were obtained with the CTD probe (0-2000m) and current profiles (0-2000m) were obtained with a lowered Doppler current profiler (ADCP). Simultaneously, discrete samples were taken from Niskin bottles to analyze salinity, oxygen. Continuous current measurements (0-250m) were taken from shipboard ADCP. Surface temperature and salinity, and meteorological parameters were recorded every minute. This cruise also allowed the deployment of a glider, and the release of 3 surface drifting buoys. This report describes the cruise and the materials and methods that were used. Preliminary results are also displayed.

KEY WORDS : Oceanographic cruise, South West Pacific, temperature, salinity, current, jets

REMERCIEMENTS

La responsabilité générale de l'ensemble des missions Secalis a été assumée par Alexandre Ganachaud en tant que chef de projet. Une campagne hauturière sur un navire de 28 mètres ne peut s'effectuer avec succès qu'avec un équipage aux compétences hors normes. Nous tenons à remercier l'équipage du NO ALIS, le commandant Raymond Proner, les officiers et matelots, pour leur professionnalisme, leur disponibilité et leur serviabilité. Le sourire et l'humour sont restés omniprésents malgré l'accumulation des problèmes techniques.

Les autorisations de travail dans les eaux territoriales des pays traversés ont été obtenues grâce aux interventions de la direction du Centre IRD de Nouméa auprès des ambassades de France en Papouasie Nouvelle Guinée et au Vanuatu. Nous remercions sincèrement les ambassades ainsi que les gouvernements du Vanuatu, des Iles Salomon pour leurs autorisations.

De nombreux aspects techniques et logistiques nécessaires au bon déroulement de la campagne ont été menés à bien grâce à Paul Mazoyer, Jean-Yves Panche et Pierre Gode du Centre IRD de Nouméa, ainsi qu'aux moyens navigants. L'analyse chimique de l'oxygène n'aurait pu se faire sans les conseils avisés de François Baurand (US IMAGO, Brest) et Rémy Chuchla (LEGOS, IRD) et l'aide de Philippe Gérard (IRD Nouméa, UR –Camelia). Nous remercions K. McTaggart et G. Johnson du PMEL/NOAA pour leur expertise et leur aide technique qui ont été essentielles à la calibration des données d'oxygène.

La calibration du thermosalinographe a été effectuée par David Varillon (US IMAGO, IRD-Nouméa). Les bouées dérivantes ont été fournies par le Global Drifter Center de la NOAA et déployées en interaction avec Creg Engler. Le SPRAY glider a été déployé dans le cadre d'une collaboration avec la Scripps (Russ Davis) et la NOAA (W. Kessler).

La campagne SECALIS-4 a été financée par l'IRD, et soutenue par la commission flotte de l'OPCB.

ACKNOWLEDGMENTS

Alexandre Ganachaud has endorsed the responsibility of the SECALIS Cruises as the project chief. A sea cruise on a 28 meter ship can only be a success with an exceptionally competent crew. We warmly thank the RV ALIS crew, officers and sailors, for their professionalism, their availability and helpfulness. Smile and good mood were omnipresent despite numerous technical problems

Working authorizations in different countries were granted through the IRD direction request to the French embassies in Papua-New Guinea, and in Vanuatu. We sincerely thank the embassies as well as the Vanuatu, Solomon Islands Governments for their authorizations.

Many logistical and technical aspects were worked out successfully by Paul Mazoyer, Jean-Yves Panche and Pierre Gode from the IRD-Noumea center, as well as the seagoing IRD bureau. Oxygen analyses have been setup with the advices from François Baurand (US IMAGO, Brest), and remy Chuchla (LEGOS, Brest), and the help from Philippe Gérard (IRD Nouméa, UR Camelia). We thank K. McTaggart et G. Johnson from PMEL/NOAA for their expertises which have been crucial in the calibration of the Oxygen. Thermosalinograph calibration was accomplished by David Varillon (US IMAGO, IRD-Noumea). The surface drifters were provided by the Global Drifter Centre (NOAA) and deployed in interaction with Creg Engler. The SPRAY glider was used thanks to a collaboration with the Scripps Institute (Russ. Davis), and NOAA (W. Kessler).

The SECALIS-4 cruise was supported by IRD, and the OPCB (National fleet commission).

Table des matières

1.	Introduction	8
2.	Déroulement de la campagne	9
2.1	Travaux réalisés en station	10
2.2	Travaux réalisés en route	10
2.3	Personnel scientifique embarqué	11
2.4	Personnel du bord embarqué	12
3.	Hydrologie	13
3.1	Sondes CTD-Oxygène	13
3.1.1	Présentation des sondes utilisées	13
3.1.2	Déroulement des travaux	14
3.1.3	Acquisition des mesures	14
3.1.4	Contenu et format des fichiers générés	15
3.1.5	Calibration de la température	16
3.1.5	Calibration de la salinité	16
3.1.7	Précision des mesures	16
3.1.8	Calibration de l'Oxygène	20
3.1.9	Sections de Température, Salinité et Oxygène	22
3.2	Salinité : Analyse des échantillons	24
3.2.1	Prélèvement des échantillons	24
3.2.2	Procédure d'analyse	24
3.2.3	Précision	25
3.3	Oxygène : Analyse des échantillons	26
3.3.1	Technique d'échantillonnage	26
3.3.2	Analyse des échantillons	26
3.3.3	Précautions particulières	26
3.3.4	Contrôle des réactifs pendant la campagne	27
3.3.5	Détermination de la concentration d'oxygène des échantillons	29
3.3.6	Précision des analyses	29
3.4	XBT et XCTD	31
3.4.1	Déroulement de l'opération	31
3.4.2	Traitement des données	31
3.4.2	Section	33

3.5	Thermosalinographe	34
4	Courantométrie ADCP de rosette (LADCP)	37
4.1	Principe de la mesure	37
4.2	Acquisition de la mesure	37
4.3	Traitement des mesures	38
4.4	Qualité des mesures.....	39
4.5	Présentation des profils.....	41
5	Mesures de courants par le profileur de coque à effet Doppler (VM-ADCP)	42
5.1	Introduction	42
5.2	Equipement	42
5.3	Acquisition	42
5.4	Traitement des données	43
5.4.1	Constitution d'une base de données	43
5.4.2	Vérification des profils relatifs	43
5.4.3	Intégration de la navigation	44
5.4.4	Etalonnage	45
5.4.5	Base finale	46
5.4.6	Contrôle de qualité	46
5.5	Présentation des résultats	47
6	Mesures météorologiques	49
7	Bouées dérivantes	52
8	Glider	54
9	Références	55
	Annexe 1 : Article Nouvelles Calédoniennes	58
	Annexe 2 : Chronologie détaillée de la campagne	59
	Annexe 3 : Profils CTD par station	60
	Annexe 4: Profils de courant ADCP de sonde (LADCP) et de surface (SADCP) par station ...	74

Liste des figures

Figure 1 : Trajectoire de la campagne. Les points correspondent aux stations CTD	9
Figure 2 : Ecart entre les valeurs de salinité issues de l'analyse des échantillons bouteille et de la sonde	17
Figure 3 : Différence moyenne de salinité entre les stations communes à Secalis3 et Secalis 4.	18
Figure 4 : Comparaison des température et salinité à la station 9 (11°42S-160°51E) avec la climatologie CARS (Rouge : CTD ; noir : CARS)	19
Figure 5 : Statistiques des déviations de salinité et de température entre les données CTD et CARS : écart moyen en bleu et écart type des déviations en vert.	19
Figure 6: Résidus oxygène après calibration (différence CTD-bouteille) en $\mu\text{mol/s}$ en fonction du numéro de station (à gauche) et de la profondeur, toutes stations confondues (à droite).	21
Figure 7 : Sections de température ($^{\circ}\text{C}$), salinité et oxygène ($\mu\text{mol/kg}$) pour la section Lata-Efate	22
Figure 8: Evolution des blancs d'analyses.	28
Figure 9: Evolution du titre du thiosulfate.....	28
Figure 10: Position des tirs XBTs (en rouge) et les tirs XCTDs (en bleu)	31
Figure 11: Profils de température XBT	32
Figure 12 : XCTD : A gauche les profils de température, à droite les profils de salinité	32
Figure 13 : Section de température entre Efate et la Havannah mélangeant les données XBT et XCTD	33
Figure 14 : Comparaison de la salinité du TSG SBE 21 avant ajustement avec les prélèvements bouteille (croix).	35
Figure 15 : Comparaison de la salinité et de la température du TSG SBE 21 avant ajustement avec les mesures en station de la CTD en surface (croix).	35
Figure 16: Température et Salinité de surface du TSG 21 le long du parcours de la campagne.	36
Figure 17 : localisation des profils LADCP.....	40
Figure 18 : Section LADCP entre Lata (10°S-166°E) et le Vanuatu (18°S-168°E) (m/s)	41
Figure 19 : Distribution géographique des données S-ADCP.....	43
Figure 20 : Exemple de bins et profils flaggés du fait des réflexions dans des eaux shallow water (croix).	44
Figure 21 : Exemple de courant dans la couche de référence 38-102m, après nettoyage des profils individuels (« édition ») et lissage.	44
Figure 22 : Histogrammes de A et ϕ et différences d'horloges GPS-ADCP après étalonnage.	45
Figure 23 : Courant dans la couche de référence, comme sur la Figure 19 après application de toutes les corrections. Il subsiste un bruit ponctuel qui est éliminé par un lissage sur 30 min.....	46
Figure 24 : pourcentage de bon « pings » en fonction de la profondeur estimée en route (pointillé) et en station (trait plein). La portée moyenne est donnée par la profondeur où PERCENT_GOOD = 30%.	46
Figure 25 : Sections verticales des composantes zonale et méridienne du courant mesurées par VM-ADCP.....	47

Figure 26 : Vent relevé le long du parcours par la station BATOS.	50
Figure 27 : Séries temporelles des paramètres atmosphériques enregistrés par la station BATOS	51
Figure 28 : Trajectoires des bouées dérivantes	52
Figure 29 : Trajectoire du glider entre Novembre 2006 et mars 2007. Récupération du glider au large de la Nouvelle Calédonie	54

1. Introduction

Un des mécanismes possibles pour expliquer la variabilité basse fréquence d'ENSO met en jeu une interaction tropique-subtropique par des cellules méridiennes de circulations océaniques appelées **STC** (Shallow Tropical-subtropical overturning Cells) (McCreary et Lu, 1994 ; McPhaden et Zhang, 2002). Ce système d'interaction tropique-subtropique est conditionné par la circulation grande échelle du Pacifique tropical. Celle-ci est relativement bien connue, elle se caractérise de part et d'autre de l'équateur par la présence de grands courants vers l'ouest, associés aux alizés et inscrits dans les grandes structures anticycloniques (gyres) subtropicales: le Courant Nord-Equatorial (**NEC**) et le Courant Sud-Equatorial (**SEC**). Ceux-ci forment à l'approche des côtes de puissants courants de bord ouest, dont une partie rejoint l'équateur pour alimenter le Sous-Courant Equatorial (**EUC**), dirigé vers l'est. Des variations dans l'intensité du transport ou les propriétés des eaux suivant de tels chemins pourraient affecter la thermocline équatoriale et la température de surface, qui à leur tour affecteraient la circulation atmosphérique. Une lente variabilité des STCs, couplée à une connection atmosphérique rapide entre tropiques et subtropiques, pourrait générer la variabilité décennale observée dans le Pacifique (Gu et Philander, 1997 ; Kleeman et al., 1999).

Les mécanismes décennaux faisant intervenir les STCs ont été jusque-là principalement étudiés dans l'hémisphère Nord, où davantage de données sont disponibles que dans l'hémisphère Sud. Cependant, des études récentes basées sur des données (Luo et Yamagata, 2001 ; Giese et al., 2002) et un modèle couplé (Luo et al., 2003) soulignent le rôle potentiellement important du Pacifique Sud pour la variabilité décennale. Dans le Pacifique tropical Sud-Ouest, la circulation entre 0 et 1000 m de profondeur est dominée par le SEC dont les eaux entre 100 et 400m proviennent du milieu de la gyre du Pacifique Sud. A sa rencontre des côtes australiennes, le SEC se divise en deux courants de bord ouest: le Courant Est-Australien (**EAC**) dirigé vers le Sud et le Courant du Nord-Queensland (**NQC**) dirigé vers le Nord.

Le cheminement océanique entre les zones de formation des eaux de thermocline aux latitudes subtropicales du Pacifique sud-est et leur émergence à l'équateur est une problématique d'intérêt majeur actuellement, et la série des campagnes SECALIS (1-2-3-4) aura contribué à fournir les bases structurelles d'un programme régional (France, Australie, Nouvelle-Zélande, Etats-Unis et pays de la SOPAC) (www.ird.nc/UR65/SPICE) supporté par CLIVAR.

Nous nous intéressons ici au cheminement des signaux climatiques par l'océan Pacifique Sud. La circulation grande échelle du Pacifique sud-ouest est loin d'être homogène spatialement. Les obstacles topographiques de la Nouvelle-Calédonie, de Fidji et des Vanuatu la divisent et la concentrent en plusieurs jets. Ces jets atteignent ensuite l'Australie. Une partie, essentiellement au Sud de la latitude de la Nouvelle-Calédonie, bifurque vers le sud pour alimenter l'EAC; l'autre partie bifurque vers le nord pour alimenter le NQC qui longe la côte Australienne et la Papouasie-Nouvelle Guinée pour finalement revenir alimenter le Sous-Courant Equatorial (Qu et Lindstrom, 2002).

L'existence des jets zonaux entre les îles n'a été découverte que très récemment grâce aux campagnes SECALIS. Jusqu'à présent, ils n'ont pas été réellement étudiés. Les campagnes SECALIS, accompagnées d'études numériques vont permettre de mieux comprendre la dynamique des jets en lien avec l'environnement grande échelle, aux échelles de temps saisonnières, interannuelles et décennales.

2. Déroulement de la campagne

La campagne SECALIS-4 (Figure 1) à bord du N/O ALIS s'est déroulée du 7 novembre au 22 novembre 2006. 27 stations ont été effectuées au total à l'aide de la sonde CTD SBE911. Une première radiale a été réalisée entre l'extrémité nord du récif nord Calédonien et Guadalcanal (Salomons) (Figure 1 : 19°S-10°S, 9 stations). Des problèmes de treuil ont limité le nombre de stations sur cette partie. La crémaillère de guidage du treuil s'est déformée et s'est bloquée. Il a donc fallu couper 1200 mètres de câble et seuls 1800 mètres restaient disponibles limitant la profondeur des stations. Ensuite le guidage du câble sur le treuil s'est effectué manuellement à l'aide de palans. La sonde de secours SBE 19 installée sur le petit treuil de pêche n'a pu être utilisée en remplacement de la rosette lorsque le treuil n'était pas disponible car sa carte électronique a cramé dès la première station. Le retour s'est fait en rejoignant le Vanuatu en passant par l'archipel des Santa Cruz (Lata), ce qui a permis d'effectuer une seconde radiale entre Guadalcanal et Santo (18 stations). Entre San Cristobal et Lata, nous avons récupéré 4 naufragés Salomonais qui dérivait depuis 9 jours à bord de leur embarcation (Voir article Nouvelles Calédoniennes, Annexe 1). Nous avons dû limiter le nombre de stations sur cette partie pour aller rapidement déposer les naufragés à Lata. Des problèmes techniques, notamment au niveau des communications entre le deck unit et la rosette ont limité le nombre des prélèvements bouteilles à de nombreuses stations. Des problèmes de moteur (joint de culasse changé 2 fois) nous ont obligés à faire escale à Santo et à Efaté. Aucune station n'a pu être effectuée entre Port Vila et Nouméa, les problèmes de moteur ne permettant pas au bateau de s'arrêter. Des tirs XBT et XCTD ont été effectués en remplacement sur ce trajet.

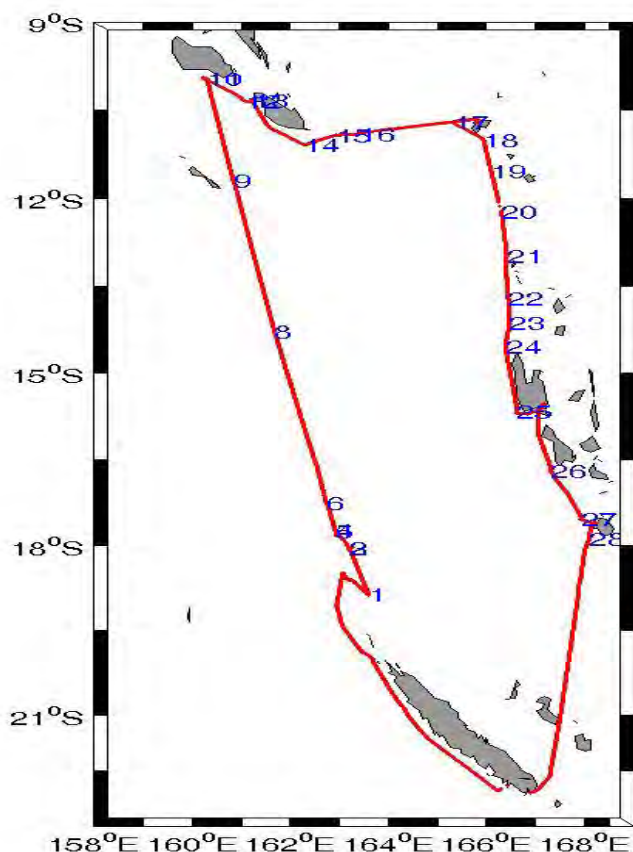


Figure 1 : Trajectoire de la campagne. Les points correspondent aux stations CTD

2.1 Travaux réalisés en station

28 stations hydrologiques CTD (0-2000m et 0-1000m) et LADCP (0-2000m et 0-1000m) ont été réalisées. La station 7 n'a pu être exploitée. Seuls 27 stations sont présentées ici.

Chronologie sommaire (détails en Annexe 2):

- J02 :
 - Arrêt aux îles Surprises pour changement d'un capteur de température Onset dans le cadre du programme Zoneco
- J02 à J05
 - CTD et LADCP le long de la radiale Calédonie-Guadalcanal, 9 stations entre 19°S et 9°S
 - Largage de deux bouées dérivantes
 - Mise à l'eau du glider au large de Guadalcanal
- J05 à J07
 - 7 stations CTD et LADCP entre Guadalcanal (161°E) et Lata (167°E)
 - Récupération des naufragés
- J08 à J10 :
 - 9 stations CTD et LADCP entre Lata (10°S) et Santo (16°S)
 - Largage d'une bouée dérivante
 - Escalade à Luganville, problème de commande de fermeture des bouteilles sur la rosette.
- J11 à J12 :
 - 2 stations CTD et LADCP entre Santo et Efaté
 - Arrêt à Port Havannah pour réparation culasse moteur
- J13 à J15 :
 - 1 station CTD et LADCP au large d'Efaté
 - Nouveau problème machine → route directe sur Nouméa
 - Tirs XBTs (7) et XCTDs (8) entre Efaté et Nouméa
- J16 : Retour à Nouméa.

2.2 Travaux réalisés en route

- Mesure en continu des courants absolus 0-250m au moyen d'un profileur acoustique à effet Doppler (ADCP)
- Mesure en continu (enregistrement toutes les 5 minutes) de la température et salinité de surface au moyen d'un thermosalinographe.
- Mesure en continu de la température de l'air, pression atmosphérique, humidité relative, vitesse et direction du vent (enregistrement toutes les minutes) avec la station Batos.

2.3 Personnel scientifique embarqué

Gourdeau Lionel	CR, Chef de mission	LEGOS, IRD Nouméa
Marchesiello Patrick	CR,	LEGOS, IRD Nouméa
Kestenare Elodie	IR,	LEGOS, IRD Toulouse
Lefèvre Jérôme	IE	LEGOS, IRD Nouméa
Panche Jean Yves	IE	US25, IRD Nouméa
Varillon David	AI	US25, IRD Nouméa

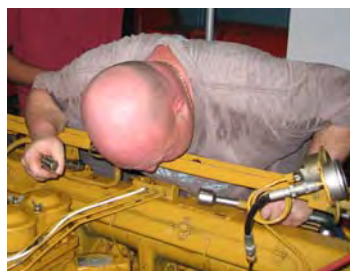
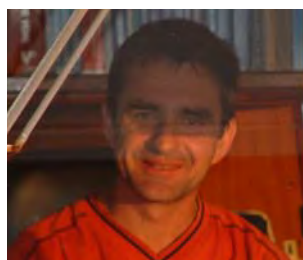


Les naufragés Solomonais



2.4 Personnel du bord embarqué

Raymond Proner	Commandant
Loic Legoff	Second Lieutenant
Xavier Travel	Chef Mécanicien
Franck Bouzidi	Second Mécanicien
	Troisième mécanicien
Jacques Quenenoj	Cuisinier
Nicolas Josse	Maître d'hôtel
Liufau Félice	Bosco
Fitialeata Christian	Matelot
Marcel Sagel	Matelot
Taalo Steve	Matelot



3. Hydrologie

3.1 sondes CTD-Oxygène

3.1.1 Présentation des sondes CTD-Oxygène utilisées

2 sondes CTD-Oxygène ont été embarquées: La sonde hydrologique CTD-O₂ installée sur la rosette (sonde SEABIRD de type SBE 911+), et la sonde CTD autonome de secours (SBE19) que l'on descend à l'aide du treuil de pêche (câble 18 mm). Une pompe externe relie les différents capteurs, afin d'assurer une meilleure synchronisation de leurs réponses. Les détails sur les capteurs des différentes sondes sont accessibles sur le site internet du constructeur : <http://www.seabird.com>. La sonde SBE19 est tombée en panne (problème de carte électronique) dès la première station où l'on a voulu l'utiliser. Une seule sonde a donc été utilisée pendant la campagne.

- La sonde SEABIRD de type SBE 911+ :

Elle comporte :

- un capteur de pression ; ce capteur est un capteur à quartz développé par la société Paroscientific Inc. Il est muni d'un capteur de température interne pour pouvoir effectuer une correction de température sur la mesure de pression. Il permet des mesures de 0 à 10000 psia ('pound per square inch, absolute' soit 6800 dbar, avec 1 dbar=1.4503774 psia) avec une résolution de 0.001% de la pleine échelle (soit 0.068 dbar) et une précision de 0.015% de la pleine échelle (soit environ 1 dbar).
- deux capteurs de température ; ces capteurs à sonde de platine permettent des mesures entre -5°C et +35°C, avec une résolution de 0.0002°C et une précision de 0.002°C.
- deux capteurs de conductivité ; ces capteurs à électrodes sont placés dans un tube en verre et mesurent la conductivité absolue. La gamme de mesure se situe de 0 à 7 S/m (Siemens par mètre, équivalent à 0-70 mmho/cm), avec une résolution de $4 \cdot 10^{-5}$ S/m et une précision de 0.0003 S/m.
- un capteur d'oxygène, à membrane polarographique de type Seabird SBE43. "The SBE 43 determines dissolved oxygen concentration by counting the number of oxygen molecules per second (flux) that diffuse through the membrane from the ocean environment to the working electrode. At the working electrode (cathode), oxygen gas molecules are converted to hydroxyl ions (OH-) in a series of reaction steps where the electrode supplies four electrons per molecule to complete the reaction. The sensor counts oxygen molecules by measuring the electrons per second (amperes) delivered to the reaction."

Chaque capteur de température est relié à un capteur de conductivité par un conduit, afin qu'ils mesurent exactement la même eau. Ainsi, on dispose de deux ensembles de capteurs T/C (température-conductivité).

Les numéros de série des différents capteurs utilisés pendant la campagne avec les dates de calibration correspondant sont reportés dans le tableau 1.

La pré-calibration correspond à l'état des capteurs au cours de la mission, tandis que la post-calibration, effectuée au retour de la campagne, est utile pour calibrer les données de la sonde SBE911+ au retour de la mission.

Tableau 1 : date de calibration des capteurs SBE911+

Pré-calibration	Post-calibration	ID capteur
Temp_0 (15-02-2006)	Temp_0 (17-05-2007)	2551
Temp_1 (23-02-2006)	Temp_1 (17-05-2007)	2589
Cond_0 (31-01-2006)	Cond_0 (17-05-2007)	2340
Cond_1 (22-02-2006)	Cond_1 (17-05-2007)	2343
Pression (11-09-2004)	N/A	75674
Oxygène (10-05-2006)	Oxygène (18-05-2007)	68

3.1.2 Déroulement des travaux

27 stations hydrologiques profondes ont été effectuées. Les profils de descente sont utilisés en priorité pour fournir les données de température, salinité et oxygène exploitables scientifiquement. Les prélèvements bouteilles sont effectués lors de la remontée. Les caractéristiques des stations sont énoncées en Annexe 2.

3.1.3 Acquisition des mesures

Les données mesurées par la sonde ont été acquises à l'aide du logiciel SEASOFT (version 5.29a) fourni par le constructeur de la sonde. Lors d'un profil, les mesures de la sonde, effectuées à la fréquence de 24 Hz, sont transmises à un micro-ordinateur (de type PC) d'acquisition via le programme SEASAVE. Une fois la station terminée, une procédure de traitement préalable préconisée par le constructeur est appliquée aux données des profils de descente et de montée (Pour plus de détails sur ces procédures, se référer au document SEABIRD relatif au logiciel, mentionné dans les références bibliographiques).

La procédure exécutée à la suite des programmes suivants du logiciel SBE data processing (5.33):

- DATCNV : ce programme convertit les mesures brutes de la sonde en données physiques (pression, température, conductivité et les paramètres permettant de déduire l'oxygène dissous – courant et température-).

- ALIGNCTD : ce programme recale dans le temps les mesures relatives à l'oxygène par rapport aux mesures de pression.

Sonde SBE911+ : T:0. ; C: 0.073 ; Oxyg: 2 (notice SBE)

- CELLTM : Correction de l'effet de pression sur la conductivité

Sonde SBE911+ : alpha=0.03 ; tau=7.0 (notice SBE)

- FILTER : ce programme applique un filtre 'passe-bas' à la conductivité et à la pression; ainsi qu'à la température, la température d'oxygène et le courant d'oxygène.

Sonde SBE911+ : 0.15s sur la pression, 0.03s sur la conductivité

- WILDEDIT : Ce programme repère les mesures individuelles fausses à l'aide d'un test sur la déviation standard et les remplace par un flag.

Sonde SBE911+ : Standard deviation for pass one: 2
Standard deviation for pass two: 20

- LOOPEDIT : Les à-coups sur la sonde dus au fort tangage du bateau génèrent des anomalies dans les profils, la masse d'eau entraînée par la rosette dépassant cette dernière lors des fortes décélérations, en descente. Ce programme vérifie si le déplacement vertical de la sonde est correct pour effectuer les mesures. Il repère les mesures 1) dont la variation de pression est

opposée au déplacement vertical moyen (descente ou montée) ou 2) pour lesquelles la vitesse verticale est inférieure à un seuil que l'on fixe.

Sonde SBE911+: retire les mesures associées à une vitesse descente inférieure à 0.25 m/s

- DERIVE : Calcul de la salinité et de l'oxygène

- BINAvg : ce programme effectue une moyenne sur la verticale des mesures et supprime les mesures 'mauvaises' repérée par BINAvg. Ici, la moyenne est effectuée en fonction de la pression tous les décibars.

Sondes SBE911+ : 1 m

- SPLIT : Séparation des profils de descente et de montée.

- ROSSUM :

SBE911+ : cet utilitaire lit dans un fichier de type .ROS, généré par DATCNV, et inscrit dans un fichier de type .BTL des informations relatives aux mesures effectuées lors de la fermeture des bouteilles hydrologiques et préalablement repérées pendant l'acquisition.

3.1.4 Contenu et format des fichiers générés

Les fichiers sont en ASCII à un type de format analogue (mais non identique - la position ici est fournie, mais le type d'instrument utilisé et la fréquence d'acquisition ne le sont pas -) à celui préconisé par le WHP (Joyce et Corry, 1994).

Un exemple de début de fichier est fourni ci-dessous.

```
SECALIS-4
STRNBR 13  CASTNO 1  NO.RECORDS 1002
DATE:  Nov 13 2006 10:49:27
LATITUDE: 10 20.010 S  LONGITUDE: 161 13.940 E
CTDPRS  CTDTMP  CTDSAL  CTD OXY  CTD OXY  QUALT1
DBAR    ITS-90   PSS-78   ML/L    UMOL/KG
*****  *****  *****  *****  *****  ****
NaN      NaN      NaN      NaN      NaN      9999
NaN      NaN      NaN      NaN      NaN      9999
2.00    29.7124  34.454800  4.57679  200.0096  2222
3.00    29.6760  34.458698  4.58985  200.5777  2222
4.00    29.6724  34.459202  4.59309  200.7189  2222
5.00    29.6502  34.462502  4.58521  200.3727  2222
6.00    29.6271  34.475601  4.57774  200.0427  2222
7.00    29.5937  34.489498  4.58224  200.2349  2222
8.00    29.5444  34.505699  4.56933  199.6651  2222
9.00    29.3576  34.512901  4.57492  199.8959  2222
10.00   29.1630  34.527199  4.59034  200.5551  2222
```

avec :

-1ère ligne : intitulé de la campagne.

-2nde ligne : indications de l'indice de la station, de la palanquée et du nombre de données du profil.

-3ème ligne : date, et heure (TU).

-4ème ligne : position (degrés, minutes.centièmes).

-5ème ligne : code des paramètres (p, T, S, O2, nombre de mesures considérées pour le calcul des valeurs, code de qualité des valeurs)

-6ème ligne : unité des paramètres.

A noter que les mesures sont fournies tous les décibars.

La signification des codes de qualité est la suivante :

Code	Définition
1	Non calibré
2	Mesure acceptable
3	Mesure douteuse
4	Mauvaise mesure
5	Non reporté
6	Interpolé sur un intervalle supérieur à 2 bar
7	Pics anormaux éliminés
8	Pas défini pour les mesures CTD-02
9	Non échantillonné

3.1.5 Calibration de la température

Les deux capteurs utilisés simultanément pour tous les profils réalisés avec la sonde SBE911+ ont été calibrés par SeaBird en janvier 2006 et en mai 2007 (cf. tableaux 1). Les capteurs de température et de conductivité de la sonde ont donc été étalonnés 11 mois avant la campagne. Une période de 17 mois s'est écoulée entre les deux calibrations.

La dérive pour le capteur #1, de l'ordre de 0.2 mdegC/an, est très faible. Compte tenu de la faible dérive de ce capteur entre les deux étalonnages, la température du capteur 1 est celle estimée à partir des coefficients de la pré-calibration utilisés pendant de la campagne.

3.1.6 Calibration de la Salinité

Les deux capteurs utilisés simultanément pour tous les profils réalisés avec la sonde SBE911+ ont été calibrés par SeaBird en janvier 2006 et en mai 2007 (cf. tableau 1). Pendant cette période, la conductivité du capteur 1 a dérivé de 0.0001 S/m (pour 3 S/m); ce qui implique une dérive en salinité de -0.0001 PSU/mois. En interpolant de façon linéaire, la dérive serait de 0.001 PSU au moment de la campagne. Cette dérive est suffisamment faible pour ne pas avoir à corriger la salinité estimée à partir des coefficients de pré calibration utilisés pendant la campagne.

3.1.7 Précision des mesures

3.1.7.1 Salinité comparé aux échantillons bouteilles (SBE911+)

Normalement, les mesures de conductivité du profil de montée sont calibrées à l'aide des mesures effectuées à partir des échantillons d'eau de mer prélevés pendant la remontée de la rosette. La stratégie était d'échantillonner les 11 profondeurs suivantes : 1800, 1300, 1000, 800, 600, 400, 200, 100, 50, 20, 0. La bouteille restante de la rosette est utilisée pour doubler un des prélèvement afin d'estimer la précision des analyses de salinité. Les problèmes techniques rencontrés lors de la mission ont limité le nombre des prélèvements. 7 stations (5, 8, 10, 15, 20, 24, 27) ont été échantillonnées sur la verticale

La figure 2 montre les écarts entre les valeurs d'analyses issues des prélèvements par bouteille et les valeurs de la sonde. Cette comparaison est basée sur 73 échantillons de la surface au fond. La dispersion des écarts est plus importante dans les couches de surface. Malgré tout plus de 60% des différences sont inférieures à 0.005 PSU. Le nombre d'échantillons disponibles et la précision des analyses de salinité ne permettent pas de corriger les données.

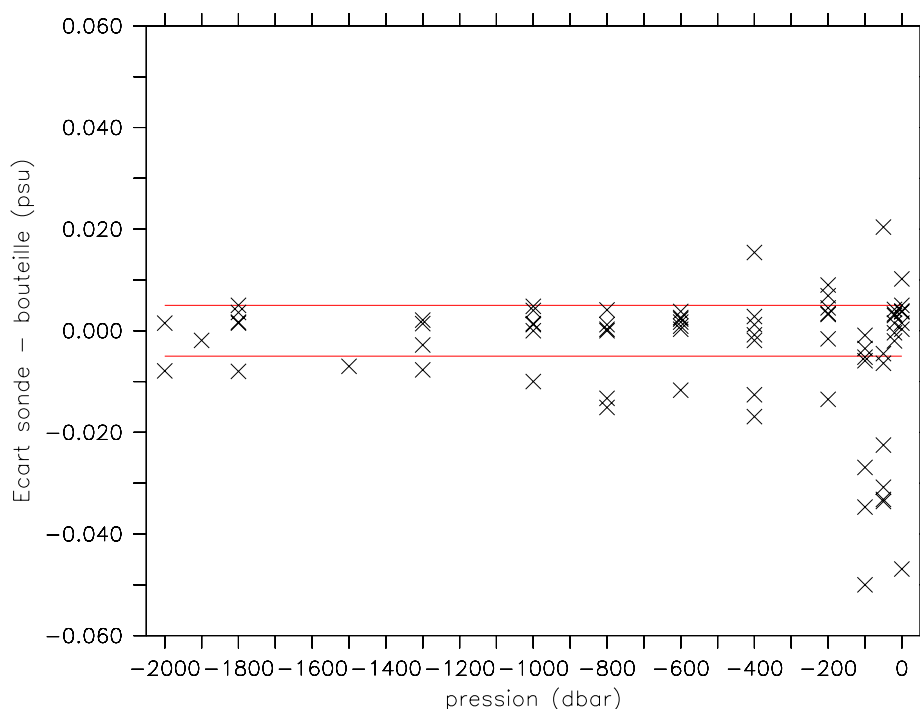


Figure 2 : écarts entre les valeurs de salinité issues de l'analyse des échantillons bouteille et de la sonde.

3.1.7.2 Comparaison des stations par paires

La comparaison des profils de température et salinité par paire de stations est effectuée pour des températures potentielles inférieures à une valeur critique (2.5°C). Les moyennes des différences en température (Tableau 2) pour les différentes paires de station varient entre 0.00488°C et 0.06587°C avec plus de la moitié des comparaisons inférieures à 0.02°C . En salinité les différences varient entre 0.00027 PSU et 0.00846 PSU avec plus de la moitié des comparaisons inférieures à 0.004 PSU. Pour les stations 4 et 5 les différences atteignent 0.3°C et 0.029 PSU. Ces différences sont confirmées par les autres capteurs de la sonde et doivent refléter une variabilité des structures profondes à proximité du récif Nord Calédonien.

STATIONS	NPT	TEMP	THETA	SAL	
4.	5.	84.	0.30282	0.29843	-0.02907
5.	6.	173.	0.00749	0.00740	-0.00103
6.	8.	195.	-0.04704	-0.04641	0.00846
8.	9.	92.	-0.00488	-0.00482	0.00167
11.	12.	44.	-0.04524	-0.04462	-0.00068
12.	14.	44.	0.06580	0.06490	0.00286
14.	15.	121.	0.01413	0.01395	-0.00109
15.	16.	124.	0.05221	0.05152	-0.00331
16.	17.	141.	-0.06213	-0.06132	0.00675
17.	18.	112.	-0.05731	-0.05656	0.00190
18.	19.	112.	0.06587	0.06500	-0.00470
19.	20.	110.	-0.01160	-0.01145	0.00080
20.	21.	36.	0.00931	0.00918	0.00367
21.	22.	65.	-0.00577	-0.00568	-0.00354
22.	23.	137.	0.01288	0.01271	-0.00198
23.	24.	48.	-0.05629	-0.05554	0.00465
24.	25.	48.	0.01212	0.01196	-0.00211
25.	26.	90.	0.00858	0.00846	-0.00027
26.	27.	69.	-0.01849	-0.01825	0.00146

Tableau 2 : Moyenne des écarts par paire de stations proches, de température et de salinité pour les profondeurs communes et les températures inférieures à 2.5°C .

3.1.7.3 Comparaison avec les salinités de la campagne SECALIS3

Huit stations profondes sont communes aux campagnes Secalis3 (Gourdeau et al., 2007) et Secalis4, la plupart le long de la section allant de l'extrémité nord du récif Nord Calédonien (17°49'S-163°09'E) à Guadalcanal (9°55'S-160°E). Ces 2 campagnes ont eu lieu à des saisons différentes : juillet 2005 pour Secalis3 et novembre 2006 pour Secalis4. Le profil moyen des différences montre qu'en profondeur les écarts en salinité pour ces deux stations sont dans la fourchette de tolérance requise de +/-0.005 PSU. (Figure 3).

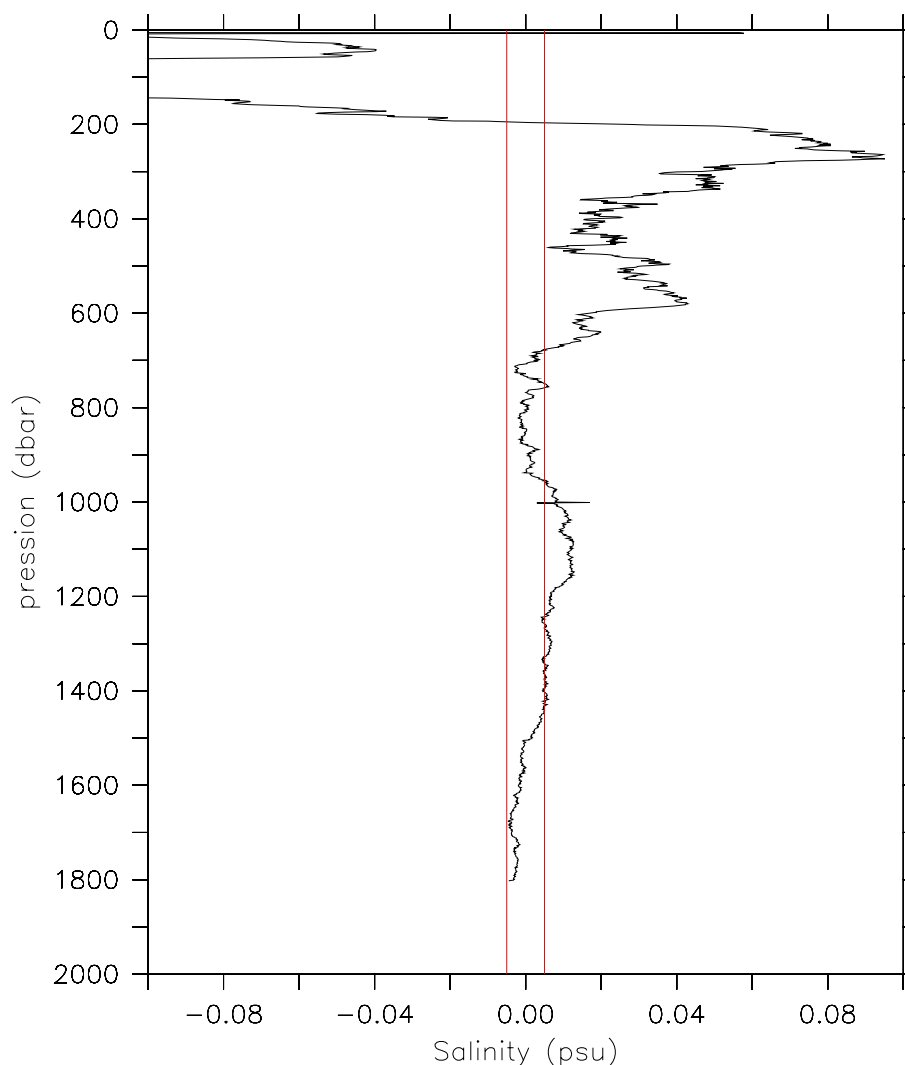


Figure 3 : différence moyenne de salinité entre les stations communes à Secalis3 et Secalis 4.

3.1.7.4 Comparaison à la climatologie du CSIRO (CARS)

La climatologie CARS (Dunn and Ridgway, 2002) est disponible sur <http://www.marine.csiro.au/dods/nph-dods/dods-data/bluelink/cars2006/>. La pauvreté des données existantes dans cette région limite la comparaison avec la climatologie. Un exemple de comparaison à la climatologie est donné pour la station 9 : 11°42S-160°51E (Figure 4). Pour le calcul des statistiques, chaque sonde est considérée individuellement. Les comparaisons par stations individuelles montre des différences en profondeur qui, statistiquement sur l'ensemble des stations, n'excède pas 0.005 PSU (Figure 5). A noter des écarts en température croissant avec la profondeur avec des différences moyennes de 0.007°C à 1800 m. Cet écart à la climatologie peut s'expliquer par le fait que plus de la moitié des sondes a été faite aux abords des côtes, là où les interactions entre la circulation grande échelle et la topographie est importante.

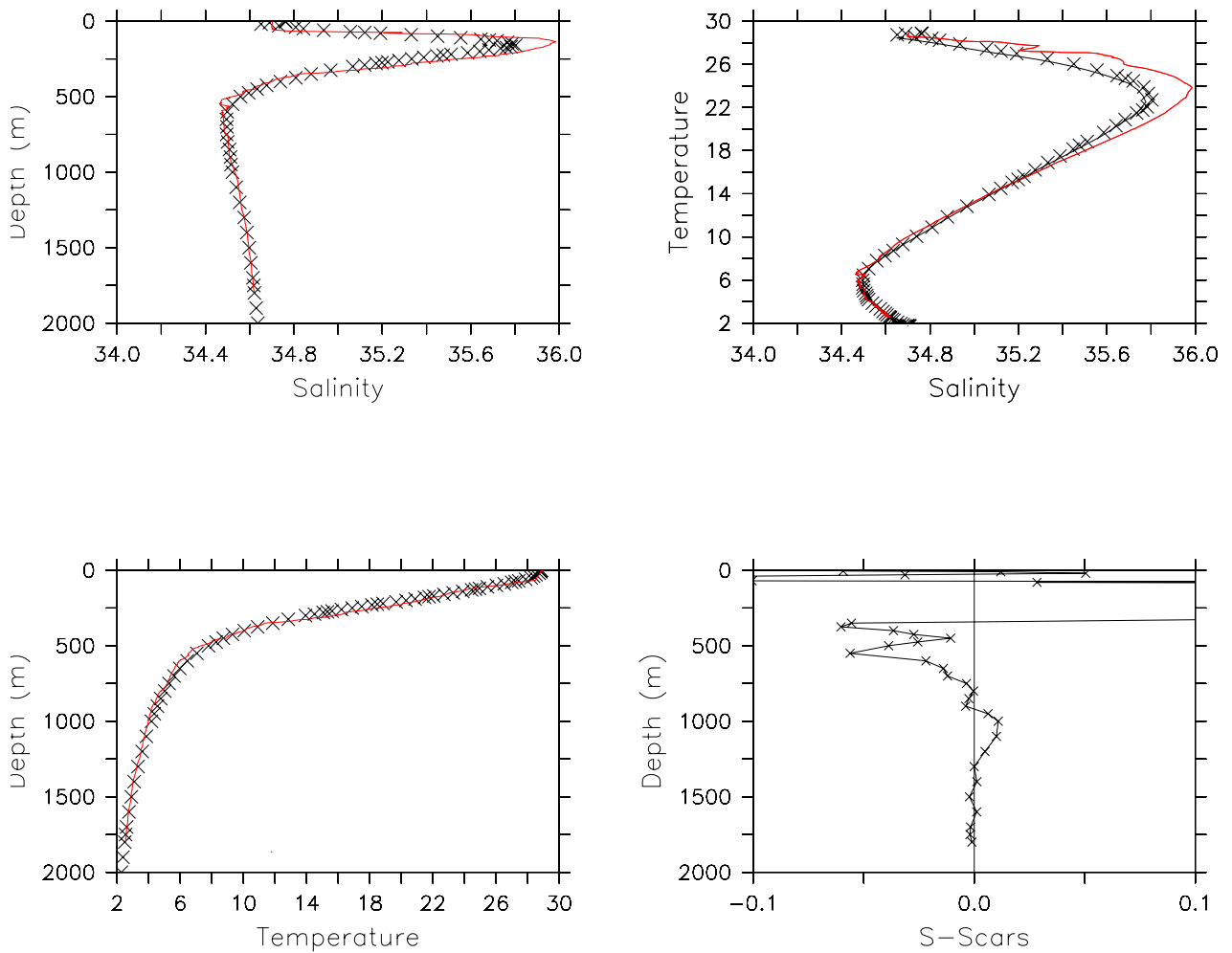


Figure 4 : Comparaison des température et salinité de la station 9 (11°42S-160°51E), après traitement, avec la climatologie CARS (Rouge : CTD ; noir : CARS)

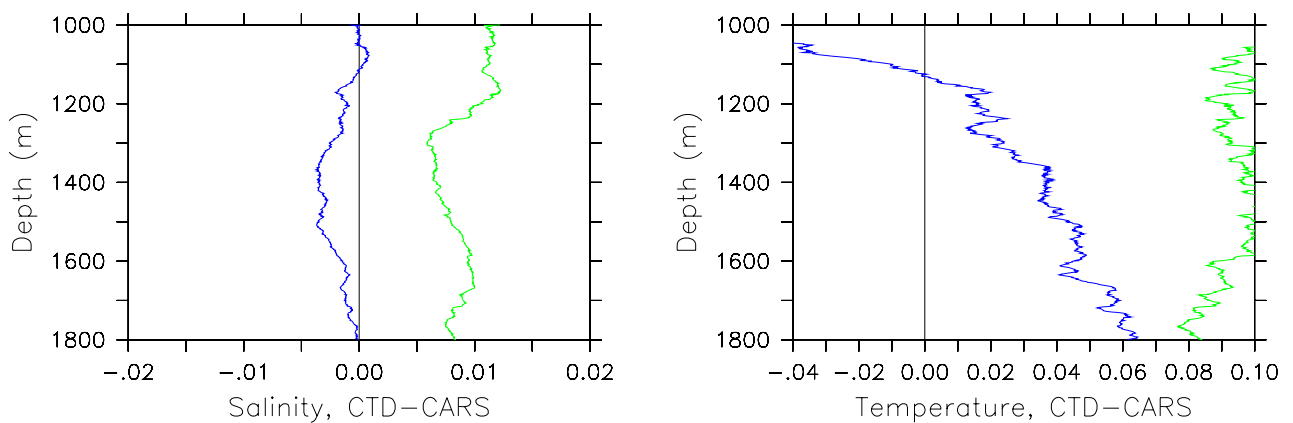


Figure 5 : Statistiques des déviations de salinité et de température entre les données CTD et CARS : écart moyen en bleu et écart type des déviations en vert.

3.1.8 Calibration de l'Oxygène

Nous suivons une méthode spécifique au capteur SEABIRD SBE-43 permettant d'ajuster les coefficients de calibration du capteur à partir des données bouteille. La calibration a été effectuée avec l'aide du Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) qui a fourni en partie les codes de calibration.

Mesure: Le capteur SBE43 (http://www.seabird.com/application_notes/AN64.htm) permet de déterminer la concentration en oxygène dissous par comptage du nombre de molécules d'oxygène par seconde qui diffusent à travers une membrane polarographique. Connaissant ce flux et la géométrie du chemin de diffusion, la concentration en oxygène peut être calculée. La perméabilité de la membrane est fonction de la température et de la pression ambiante. L'interface électronique fournit une tension proportionnelle au courant à travers la membrane (courant oxygène) et à la température de la membrane ce qui permet de déduire la concentration en oxygène à partir d'une équation dont les paramètres doivent être ajustés. Le capteur permet une mesure de 120% de la saturation en surface avec une précision initiale de 2% de la saturation. Le capteur dérive, de par la nature du processus chimique de mesure, de l'ordre de 2% / 1000 heures.

Problèmes: Les stations sont numérotées 1 à 28. Suite à des problèmes de treuil, la station 7 a dû être annulée, et aucun prélèvement n'a eu lieu sur les stations 3, 19, 23, 25, 26. La station 4 a servi de calibration, avec l'ensemble des prélèvements effectués à 2000m.

Calibration

Les mesures d'oxygène sur échantillons bouteilles sont utilisées pour effectuer la post-calibration. Pour compenser les déplacements des isopycnes dus aux ondes internes entre le profil de descentes (utilisant les mesures CTD) et de montée (avec les prélèvements), le programme du PMEL `match_sgn.m` a été modifié pour replacer les données bouteille prélevées lors de la montée aux niveaux correspondants lors de la descente à la même densité. La correction en pression est généralement autour de 10m, et dans certains cas 40 à 60m pour cette campagne. La valeur de saturation d'oxygène est calculée à partir de la formule de Garcia et Gordon (1992). Les valeurs CTD aux niveaux bouteilles sont ajustées en utilisant une équation hybride des modèles de Owens-Millard (1985) et Murphy et al. (2008) (Gregory C. Johnson, Communication personnelle, 2008 ; routine `run_oxygen_cal.ml`). Cette équation est la suivante :

$$ox = Soc * (V + Voff + T20_DO * \exp(D1 * P + D2 * T)) * dVdt * os * \exp(Tcor * T) * \exp(Pcor * P / (273.15 + T)),$$

où ox est l'oxygène CTD calculée ; $D1$ et $D2$ sont les coefficients donnés par SEABIRD (valeur nominale $D1 = 1.92634e-4$; $D2 = -4.64803e-2$; et Soc , $Voff$, $T20_DO$, $Tcor$ et $Pcor$ sont obtenus par minimisation, en partant des coefficients issus de la fiche de post-calibration du 2 juin 2007). V et la tension oxygène ; $dVdt$ sa dérivée temporelle ; P la pression ; T la température ; et os la saturation en oxygène. L'utilisation de cette formule évite des problèmes de convergence liés à la nouvelle formule recommandée par SEABIRD ($1.0 + A * T + B * T^2 + C * T^3$; voir http://www.seabird.com/application_notes/AN64-2.htm) qui est donc remplacée par $\exp(Tcor * T)$. L'écart entre les mesures et les données CTD ajustées est ensuite minimisé par groupes de stations en utilisant un algorithme d'optimisation non contrainte non linéaire (méthode du simplexe de Lagarias et al. 1998 ; routine `run_oxygen_cal.m`). Après minimisation, les résidus (ctd-bouteille) sont calculés, et ceux excédents 2.8 écart-types sont éliminés (Millard, 1993) ; la minimisation est à nouveau effectuée. Cette procédure est itérée jusqu'à élimination de toutes les données bouteilles excédant 2.8 écart-types.

Les résidus obtenus en effectuant un ajustement sur l'ensemble de la campagne montrant une structure linéaire avec le temps qui correspond à une dérive prévisible, la formule adoptée permet à l'algorithme de varier la pente (Soc) avec le numéro de station afin d'éliminer cette tendance linéaire. Les résidus résultants sont indiqués Figure 6. Après élimination des outliers (en rouge ; 5% des données bouteille), le résidu est de -0.0034 ± 0.99 $\mu\text{mol/kg}$. Le niveau de précision est tout à fait acceptable au regard des standards WOCE.

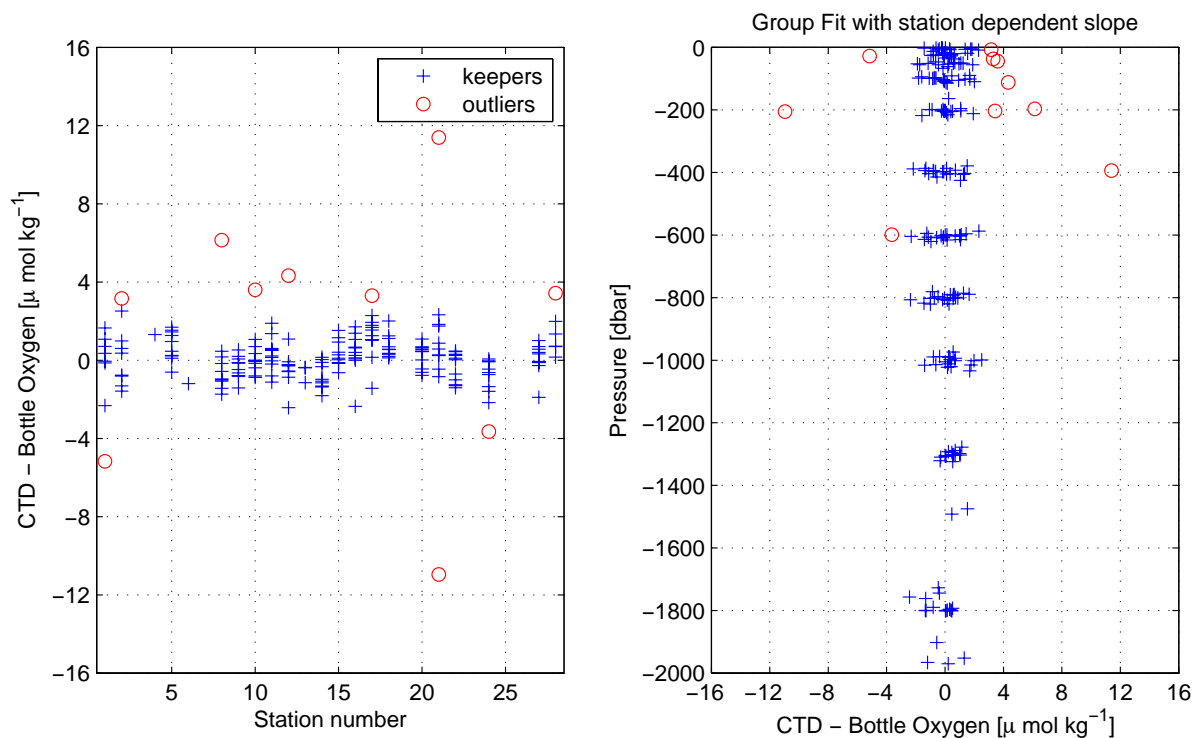


Figure 6 : Résidus oxygène après calibration (différence CTD-bouteille) en $\mu\text{mol/s}$ en fonction du numéro de station (à gauche) et de la profondeur, toutes stations confondues (à droite).

Les coefficients sont ensuite appliqués au profil complet de descente CTD en utilisant le programme PMEL calctd.m.

Les valeurs d'oxygène CTD sont filtrées en interpolant automatiquement les manques de données lorsque l'intervalle est suffisamment petit (quelques mètres en général). Une vérification visuelle est effectuée pour chaque profil, en regard du profil de montée, des profils alentours et de ceux de la campagne SECALIS-3 au même endroit (programme cleanox.m). Les données interpolées sont « flaggées » à 6. De même les quelques pics liés de manière évidente à un problème électronique sont enlevés / interpolés.

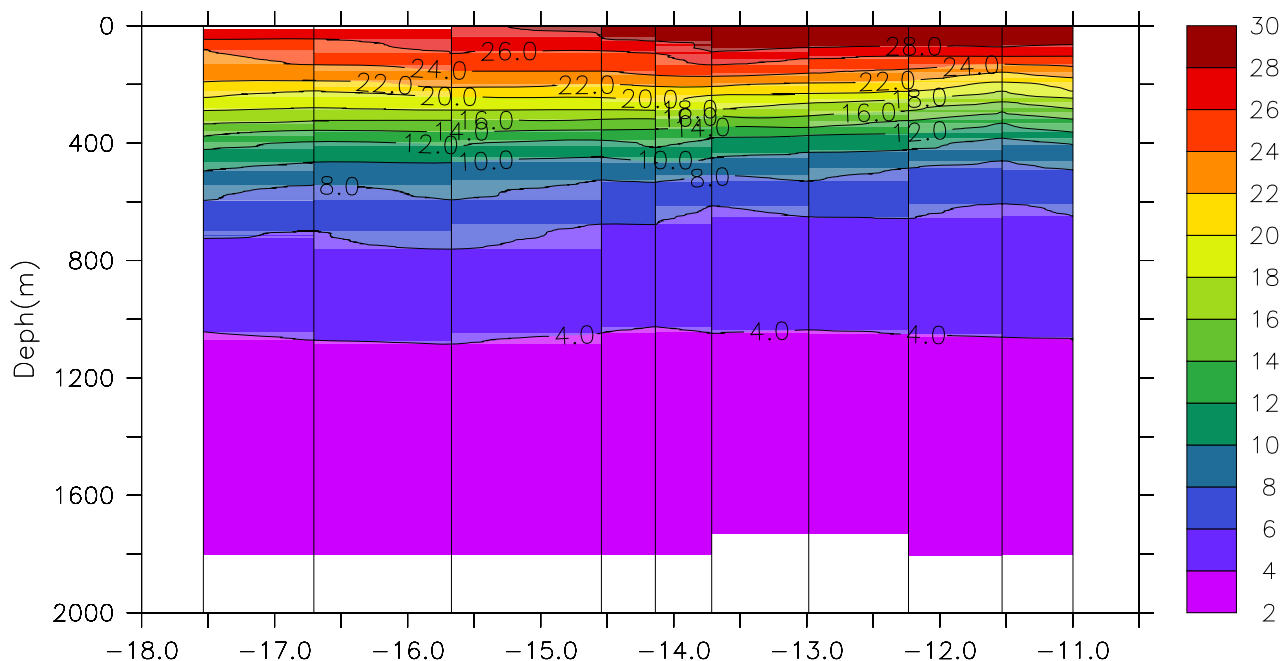
Les fichiers générés sont en ASCII utilisant le format suivant, similaire à WOCE WHP, ou le code qualité 2 est donné pour les mesures d'oxygène qui ont été calibrées.

3.1.9 Section de Température, salinité et Oxygène

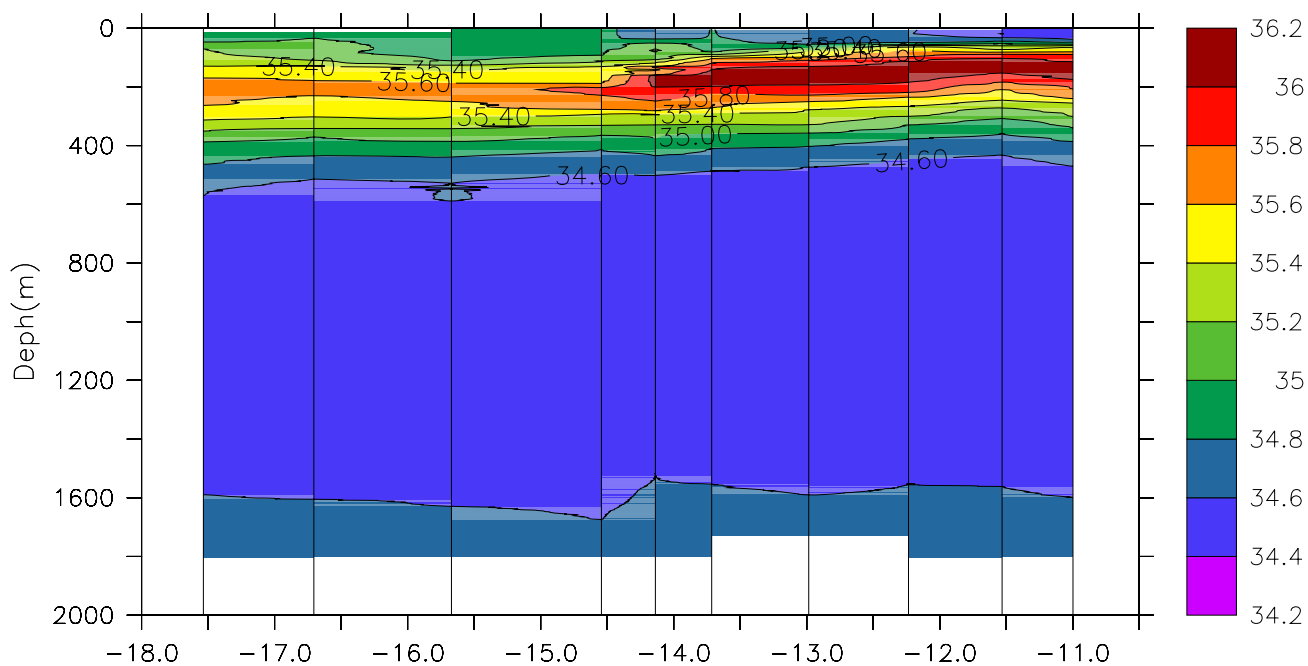
Les profils individuels CTD sont donnés en Annexe 3. La figure 7 ci-dessous montre les coupes pour la section Lata-Efate, la seule qui aient été suffisamment échantillonnée.

Figure 7 : Sections de température (°C), salinité et oxygène (umol/kg) pour la section Lata-Efate

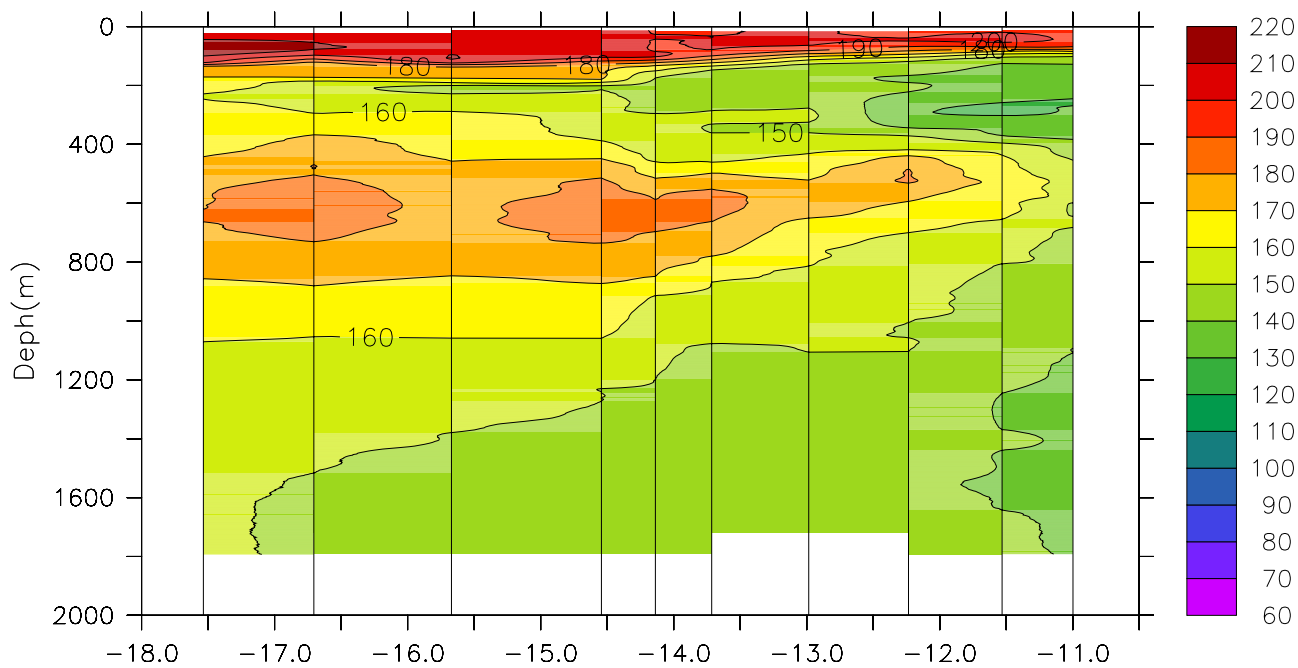
Température :



Salinité :



Oxygène :



3.2 Salinité : Analyse des échantillons

3.2.1 Prélèvement des échantillons

Des échantillons d'eau de mer étaient prélevés pendant la remontée de la rosette pour l'analyse de la salinité (effectuée à terre). Les prélèvements étaient effectués entre la surface et la profondeur maximum de descente (1800-2000m) de manière à échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau. Les profondeurs de prélèvement ont été choisies de façon préférentielle à 1800, 1300, 1000, 800, 600, 400, 200, 100, 50, 20, 0. Un des prélèvements est doublé à une profondeur variable selon les stations afin d'estimer la précision des analyses de salinité. Le nombre de stations échantillonnées s'est trouvé limité du fait qu'aucune station n'a été effectuée sur la dernière partie du parcours entre le Vanuatu et la Nouvelle Calédonie et aussi suite aux problèmes techniques pour claquer les bouteilles. Seulement 7 stations (5, 8, 10, 15, 20, 24, 27) ont été échantillonnées sur la verticale. Le nombre limité de stations et la précision des doublets permettent seulement des comparaisons avec les mesures CTD mais ne permettent pas de calibration (voir section 3.1.7.1).

Les échantillons sont recueillis dans des flacons de 200 ml dont l'étanchéité est assurée par une capsule en plastique et un bouchon en bakélite. Avant chaque prélèvement trois rinçages des flacons, des capsules et des bouchons sont effectués.

Vu l'exiguïté du laboratoire et les problèmes de régulation de température qui varie entre 25°C et 29°C, les analyses n'ont pu être réalisées pendant la campagne. Les échantillons ont été stockés dans le laboratoire humide du bateau. Les échantillons ont été analysés au laboratoire dès le retour de campagne.

3.2.2 Procédure d'analyse

La salinité est représentée par un rapport de conductivité, qui pour une eau de mer standard à 15°C, contenant par définition 32,4356g de KCL (UNESCO,1981), a pour valeur 35,0000 PSU (Practical Salinity Unit). C'est à partir de cette définition que la relation permettant de calculer la salinité a été établie:

$$S = a_0 + a_1RT^{1/2} + a_2RT + a_3RT^{3/2} + a_4RT^2 + a_5RT^{5/2} \\ + (T-15) / (1+k(T-15)) * (b_0 + b_1RT^{1/2} + b_2RT + b_3RT^{3/2} + b_4RT^2 + b_5RT^{5/2})$$

avec:

$a_0 = 0,0080$	$b_0 = 0,0005$	$k = 0,0162$
$a_1 = -0,1692$	$b_1 = -0,0056$	
$a_2 = 25,3851$	$b_2 = -0,0066$	
$a_3 = 14,0941$	$b_3 = -0,0375$	
$a_4 = -7,0261$	$b_4 = 0,0636$	
$a_5 = 2,7081$	$b_5 = -0,0144$	
$\Sigma a_i = 35,0000$	$\Sigma b_i = 0,0000$	

RT : Rapport de conductivité mesuré

T: Température du bain thermostaté du salinomètre

Remarque: Cette relation n'est valable que pour des mesures effectuées à une pression de 1 atm, pour une échelle de température comprise entre -2°C et 35°C et pour une salinité comprise entre 2 et 42 PSU.

Calibration du salinomètre

Les mesures sont faites avec un salinomètre Guildline de type Portasal modèle 8410. La résolution de cet appareil est de 0,0003 équivalent PSU, à 15°C et pour une salinité de 35 PSU. La calibration du salinomètre est effectuée grâce à des ampoules d'eau normale (IAPSO, Standard Seawater) du lot P146 K15=0,99979, fabriquées par Ocean Scientific International à Wormley (Royaume Uni).

L'opération de rinçage de la cellule de mesure du salinomètre est répétée 7 fois avec d'anciennes ampoules d'eau normale (lot P140, novembre 2000) puis trois fois avec les ampoules du lot P146 avant d'effectuer une mesure.

Analyse des échantillons

L'opération de rinçage de la cellule de mesure du salinomètre est répétée 3 fois avec de l'eau de l'échantillon avant de faire une première lecture. Après une nouvelle évacuation et remplissage de la cellule, une deuxième mesure est effectuée. Si l'écart de salinité entre les deux mesures est supérieur à 0,0002 PSU, une autre lecture est nécessaire. La mesure est considérée comme bonne quand elle est reproductible au moins deux fois avec un écart de salinité de moins de 0,0002 PSU. La mesure retenue est la moyenne de ces deux lectures.

Les 73 échantillons ont été analysés. En fin d'analyse, la stabilité du salinomètre est contrôlée en vérifiant la standardisation avec une nouvelle ampoule d'eau normale. La nouvelle valeur lue est notée sur la feuille d'analyse de la station. En cas de dérive du salinomètre, les valeurs de salinité notées lors de l'analyse des échantillons sont corrigées en admettant une dérive linéaire. Pendant cette campagne les valeurs obtenues lors des vérifications en fin d'analyse étant satisfaisantes, nous n'avons pas effectué de corrections sur les mesures.

3.2.3 Précision

La précision des mesures est estimée par l'analyse de doublets d'échantillons obtenus à partir de deux bouteilles fermées au même niveau. Pendant cette campagne des doublets ont été faits aux différentes stations à une profondeur variable selon la station. 6 doublets sont disponibles, les précisions sont présentées dans le tableau 3. Les doublets ont une précision variant de 0.001 PSU à 0,007 PSU et un doublet présente une différence plus élevée de l'ordre de 0.03 PSU. Le nombre d'échantillon ne permet pas de calculer l'écart type des différences ('Standard deviation' selon le manuel DOE , 1994) , par la formule:

$$S = \{ \sum di^2 / 2n \}^{1/2} \quad di: \text{écart entre les doublets}; ni: \text{nombre de doublets}$$

Tableau 3 : Présentation des mesures des doublets de salinité

N° Station	Pression (dbars)	Différence entre les bouteilles (PSU)
8	1500	0,03
10	800	0,007
15	100	0,006
20	1000	0,001
24	400	0,004
27	200	0,001

3.3 Oxygène : Analyse des échantillons

3.3.1 Technique d'échantillonnage

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre d'environ 110 ml munis d'un bouchon plongeur. Lors du prélèvement, une prise de température est effectuée avant de laisser déborder trois fois l'équivalent du volume du flacon.

Après addition successive de 1 ml de chaque réactif de fixation ($MnCl_2$, puis KOH/KI), le flacon est hermétiquement fermé et agité pendant 30 secondes environ. Lorsque l'ensemble des échantillons a été prélevé, les collerettes des flacons sont remplies avec de l'eau distillée pour éviter l'entrée d'air. Les flacons sont ensuite stockés à l'abri de la lumière dans le laboratoire, où la température a varié entre 25.0 et 30.0°C, pour être ensuite analysés entre 4 à 24h après.

3.3.2 Analyse des échantillons

Mode opératoire

L'analyse est semblable à celles qui ont eu lieu lors de la mission SECALIS-3 (Gourdeau et al., 2007). Les préparatifs et une formation ont eu lieu au centre IRD de Nouméa (US-Moyens Analytiques, Léocadie Jamet). Un manipulateur a effectué les mesures : Jérôme Lefèvre.

Les conditions opératoires et la méthode d'analyse mise au point au centre IRD de Brest sont conformes aux recommandations du manuel d'opération WOCE (WOCE Opération Manual, 1994), dérivée de la méthode de Winkler (Carpenter, 1965).

Les analyses sont effectuées dans le laboratoire où la température a varié entre 25°C et 30°C pendant les analyses.

En milieu basique, obtenu par ajout de KOH/KI, le manganèse précipite avec les ions hydroxydes et ce précipité est rapidement oxydé par l'oxygène dissout. La conservation des échantillons jusqu'à analyse se fait ainsi. Avant dosage, on rajoute de l'acide sulfurique. Le milieu acide permet de réduire le manganèse et de libérer l'iode 'fixé', qui est ensuite dosé par ajout de thiosulfate de normalité de l'ordre de 0,02N.

Nous avons utilisé le titroprocesseur 682 Metrohm associé à une électrode de platine et une burette à piston Dosimat 665 Metrohm. La méthode utilisée pour le Metrohm est la Méthode Echantillon dont les paramètres sont les suivants : GET 03 : tit rate : 50ml/V, anticipation 20, stopV 10ml, stopEP# 1, t°: 20°C, EPcrit : 1

La vitesse d'injection du thiosulfate est maximale jusqu'à détection du début de saut de potentiel, puis ralentie et se fait pas à pas par injection de 0,01 cm³ autour du point d'équivalence. La stabilisation du potentiel, après dépassement de l'équivalence, provoque l'arrêt de l'injection du thiosulfate et le titroprocesseur détermine automatiquement le point d'inflexion sur la courbe de potentiel et le volume de thiosulfate associé, qu'il suffit de noter.

La méthode de dosage présente une très bonne répétitivité des résultats car entièrement automatisée. La qualité des mesures est néanmoins très dépendante des précautions prises au cours des prélèvements des échantillons, de la vérification de la volumétrie et de la concentration des réactifs.

3.3.3 Précautions particulières

Volumétrie

La verrerie utilisée (flacons de prélèvement, dispensettes pour réactifs, pipette automatique, ...) est calibrée suivant le principe de la double pesée et les indications de la balance sont vérifiées puis corrigées par comparaison avec deux séries de poids étalons. Toutes les corrections recommandées par WOCE (température, poussée de l'air,...) ont été appliquées aux

pesées. Le volume des flacons de prélèvement est déterminé à $\pm 0,003 \text{ cm}^3$ en répétant trois fois au minimum l'opération de double pesée. Le volume moyen des flacons utilisés est de 112.89 ml.

Concentration des réactifs

La concentration des réactifs de fixation de l'oxygène est celle indiquée par Carpenter (1965). Ils sont préparés avec des produits de pureté garantie "pour analyse". A la veille de cette campagne, les réactifs suivants ont été préparés par Léocadie Jamet :

- 2 L du réactif R3 : 560 ml de H_2SO_4 pur complété à 2L avec de l'eau MilliQ (9-oct-2006)
- 2 L du réactif R2 : 896 g de KOH et 1328 g de KI, complété à 2L avec de l'eau MilliQ (16-oct-2006)
- 2 L du réactif R1 : 1190 g de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ complété à 2L avec de l'eau MilliQ (18-oct-2006)
- 2 L de solution de iodate de potassium pour référence : 1.4267 g de KIO_3 0.02N complété à 2L avec de l'eau MilliQ ($t^\circ = 25^\circ\text{C}$) (10-oct-2006).
- 20 L de Solution de Thiosulfate 0.02N : 99.272g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dissous dans 20L d'eau MilliQ (oct-2006)

Le réactif 1, chlorure de manganèse, a été réalisé à 3M (595g/L) à partir de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Prolabo) pour analyses. Le réactif 2 comprend de la potasse (KOH) à 8M (448g/L) et iodure de potassium (KI) à 4M (664g/L). Le réactif 3 est constitué d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 10N effectué à partir du produit pur pour analyses. Tous les réactifs ont été stockés dans des flacons de verre ambré de 1L. Un flacon de chaque réactif a été muni d'une dispensette délivrant 1ml.

La solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de l'ordre de 0,02 N a été préparée et stockée dans un bidon de stockage de 20L. Pour l'analyse, un flacon de verre ambré de 1L a été utilisé.

La solution de iodate de potassium, qui sert de référence pour les mesures, est préparée à partir d'une pesée de cristaux dont le degré de pureté ($100 \pm 0,05\%$) est garanti par un certificat d'analyse du fournisseur (BAKER). En effet, afin de déterminer exactement le titre de la solution de thiosulfate, une solution d'iodate de potassium a été préparée avec très exactement 1.4267g de KIO_3 , dont la normalité est de $2,003 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ à 20°C , dans une fiole jaugée de 2000ml, afin d'obtenir une solution à 0.00333M soit 0.02N. La température était de 25°C . Cette préparation a été conservée en flacon de verre ambré.

L'eau MilliQ utilisée est de résistivité $17,9 \text{ M}\Omega\text{cm}$.

3.3.4 Contrôle des réactifs pendant la campagne

Détermination du blanc d'analyse

La détermination du blanc d'analyse s'effectue par double dosage d'1 ml de KIO_3 . Quotidiennement, avant la série d'analyses, 4 à 5 dosages successifs permettent de déterminer le blanc des réactifs en mélangeant 1 ml de chacun des trois réactifs (introduits en ordre inverse) à 100 ml d'eau distillée, puis 1 ml de Iodate. Entre chaque ajout de réactif, l'échantillon est agité au moyen d'un agitateur magnétique.

Un premier dosage est effectué, au cours duquel sont notés le volume de thiosulfate versé pour arriver au point d'équivalence (V_1) et le volume d'excès de thiosulfate ($dV = \text{Volume final} - V_1$). Un second dosage est effectué après ajout de 1ml de Iodate, au cours duquel le volume V_2 au point d'équivalence est noté. Le blanc de réactif $V_{\text{blk},dw}$ est alors égal à : $V_1 - V_2 - dV$

Les blancs obtenus (Figure 8) ont une moyenne de -0.005 sur l'ensemble de la campagne.

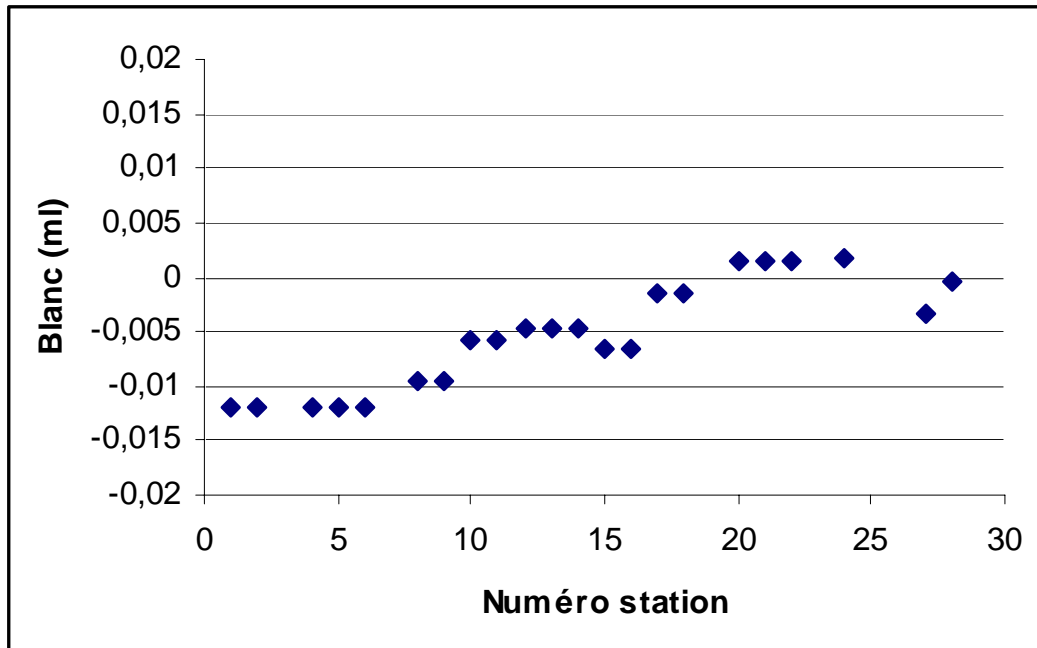


Figure 8 : Evolution des blancs d'analyses.

Détermination de la normalité du thiosulfate de sodium

Chaque jour, la burette automatique qui délivre le thiosulfate est complétée à 1 litre avec la solution de stockage. La normalité du thiosulfate est obtenue par un dosage quotidien de 3 prises d'essai d'iodate de potassium de référence. La moyenne de ces 3 dosages permet de déterminer la "valeur journalière" de la normalité si l'écart type est jugé acceptable. Dans le cas contraire, une nouvelle série est effectuée. Le suivi quotidien de l'évolution de la normalité du thiosulfate permet de détecter toute anomalie et de procéder à toutes les vérifications avant d'admettre cette valeur applicable aux analyses du jour. La Figure 9 permet de visualiser l'évolution du titre du thiosulfate. Le titre est resté très stable sur l'ensemble de la durée de la campagne.

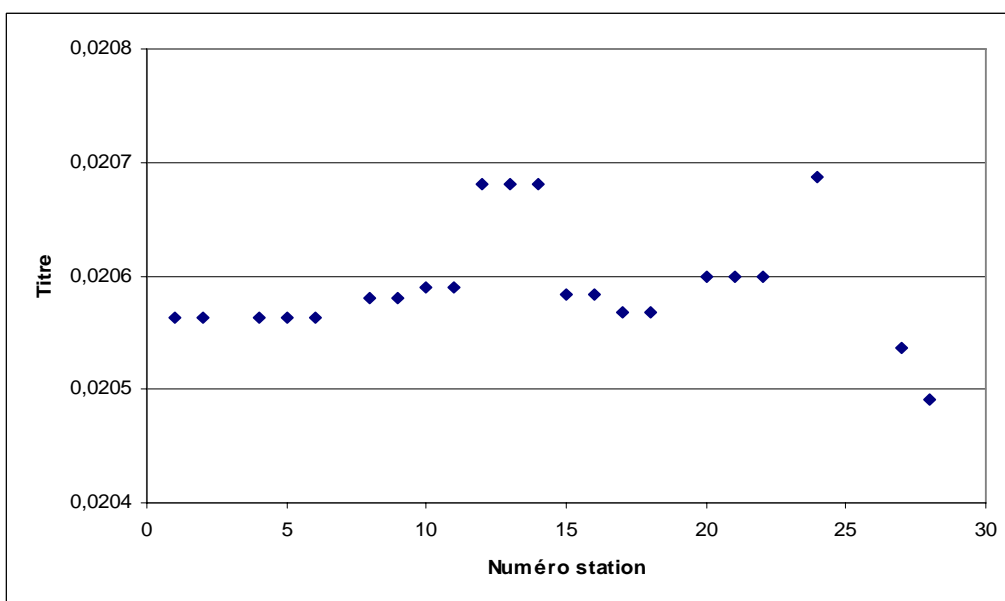


Figure 9 : Evolution du titre du thiosulfate. Il varie entre $1,979.10^{-2}$ et $1,985.10^{-2}$, soit une très légère évolution de cette normalité tout a fait acceptable.

3.3.5 Détermination de la concentration d'oxygène des échantillons

Les dosages sont effectués à une température moyenne de 27.8°C, ce qui oblige à effectuer les corrections de température sur les volumes des réactifs de iodate et de thiosulfate délivrés. La totalité du volume prélevé étant dosée directement dans le flacon, la concentration d'oxygène est obtenue en utilisant la formule recommandée dans le document WOCE Opération Manual (1994).

$$O_2 \text{ (ml l}^{-1}\text{)} = \frac{(V_x + V_{\text{corr}} - V_{\text{blk,dw}}) * V_{\text{IO}_3^-} * N_{\text{IO}_3^-} * 5598}{(V_{\text{std}} - V_{\text{blk,dw}})} - 1000 * DO_{\text{reg}}$$

$$\text{ (} V_{\text{bot}} - V_{\text{reg}} \text{)}$$

avec:

V_x	= volume de thiosulfate pour le dosage de l'échantillon (cm ³)
V_{corr}	= correction de volume propre à la burette délivrant le thiosulfate
$V_{\text{blk,dw}}$	= volume de thiosulfate pour le blanc avec eau distillée (cm ³)
V_{std}	= volume de thiosulfate pour la détermination de la normalité (cm ³)
V_{bot}	= volume du flacon de prélèvement (cm ³)
V_{reg}	= volume des réactifs introduits dans l'échantillon (cm ³)
$V_{\text{IO}_3^-}$	= volume de la prise d'essai du iodate de référence (cm ³)
$N_{\text{IO}_3^-}$	= normalité de l'iodate
DO_{reg}	= 0.0017 cm ³ , valeur absolue de l'apport d'oxygène par les réactifs (Murray et al, 1968).

Dans le cas de SECALIS-4, nous avons les valeurs suivantes :

$V_{\text{blk,dw}}$	= " valeur journalière "
V_{std}	= " valeur journalière "
V_{corr}	= -1.5 10 ⁻⁴ ml à 20°C pour la burette 10 ml. La correction est négligeable et $V_{\text{corr}} = 0$ ml.
V_{reg}	= 2.007 cm ³ à 20°C (après correction)
$V_{\text{IO}_3^-}$	= 4.987 cm ³ à 20°C (après correction)
$N_{\text{IO}_3^-}$	= 2.002575.10 ⁻² N

Le résultat du calcul de concentration d'oxygène est converti en micromoles par kilogramme (µmol kg⁻¹), et tous les contrôles sont effectués dans cette unité.

La température des échantillons étant notée au moment des prélèvements, la masse d'échantillon sur laquelle est fixé l'oxygène est connue.

Le calcul suivant permet de transformer toutes les valeurs, exprimées en ml l⁻¹, en micromoles par kilogramme (µmol kg⁻¹) en utilisant la formule :

$$O_2 \text{ (}\mu\text{mol kg}^{-1}\text{)} = \frac{44.660 * O_2 \text{ (ml l}^{-1}\text{)}}{\rho_{\text{sw}}}$$

dans lequel ρ_{sw} correspond à la densité de l'échantillon à la température de prélèvement (Millero and Poisson,1981).

3.3.6 Précision des analyses

- Station « test »

La précision des résultats de mesure est appréciée principalement par la répétitivité des résultats sur des séries d'échantillons identiques prélevés à un même niveau de profondeur au cours de la station "test" présentée ci-après (Tableau 4). Les 12 bouteilles ont été claquées à 2000m pour la station « test » (station 4). Deux bouteilles (1 et 12) n'ont pas été prises en compte suite à une fuite importante (bouteille 12) et à un écart de mesure grossier (bouteille 1).

Station 4	
Niveau de fermeture des bouteilles	2000
Nombre de bouteilles	10
Valeur moyenne de l'Oxygène ($\mu\text{mol kg}^{-1}$)	151.68
Ecart type des valeurs mesurées ($\mu\text{mol kg}^{-1}$)	0.72

Tableau 4 : Précision des mesures d'oxygène faites à la station test

On peut donc considérer d'après les résultats de l'ensemble de la station "test", que la précision des mesures de concentration en oxygène dissout durant la campagne est en moyenne $0,7 \mu\text{mol kg}^{-1}$.

- doublets d'échantillons

La précision des mesures est également estimée par l'analyse des doublets d'échantillons obtenus à partir de deux bouteilles fermées au même niveau à différentes stations: 22 doublets ont ainsi été réalisés pendant la campagne. 21 doublets ont été retenus (1 doublet présentant une valeur aberrante, probablement suite à des incidents lors des prélèvements, a été rejeté) à une pression comprise entre 0 et 2000 dbar.

Le calcul de l'écart-type ('Standard deviation' selon le manuel DOE, 1994), sur le lot des doublets, par la formule:

$$S = \left\{ \frac{\sum d_i^2}{2n} \right\}^{1/2}$$

di: écarts entre les doublets
n: nombre de doublets

permet d'estimer la répétitivité des résultats de concentration en oxygène dissous à $0.25 \mu\text{mol/kg}$.

3.4 XBT et XCTD

Les problèmes mécaniques du bateau lors de la dernière section de la campagne entre le Vanuatu et la Calédonie ont empêché de faire les stations prévues. Afin de pouvoir malgré tout échantillonner cette section, des tirs XBT et XCTD ont été effectués en route.

3.4.1 Déroulement de l'opération

5 XBT (type « Deep Blue Sippican », 0-760m) et 8 XCTD (type « CT01 Sippican », 0-1000m) ont été lancées le long de cette section. La figure 10 donne la localisation des tirs valides et la répartition temporelle et géographique des tirs XBT (rouge)/XCTD (bleu) est présentée en Annexe 1.

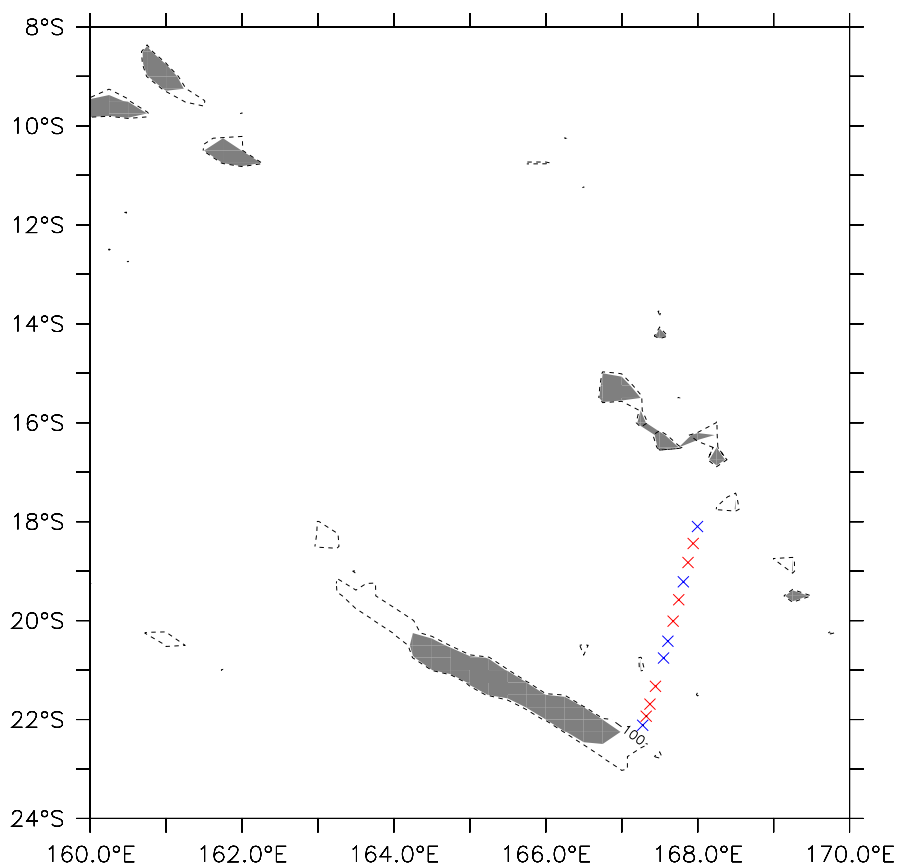


Figure 10 : Position des tirs XBTs (en rouge) et les tirs XCTDs (en bleu)

3.4.2 Traitement des données

XBT

Sur les 7 profils, référencés td_00009.edf, td_00010.edf, td_00012.edf, td_00013.edf, td_00016.edf, td_00017.edf, td_00021.edf, un seul profil a du être tronqué à 582 m (td_00012.edf). Les profils ou parties de profil douteux ont été éliminés visuellement. Ces profils ont été interpolés tous les mètres à partir de la surface (immersion 1m) jusqu'à 760m. Les fichiers résultant sont au format « export » (.edf). L'ensemble des 7 profils XBT est présenté sur la Figure 11.

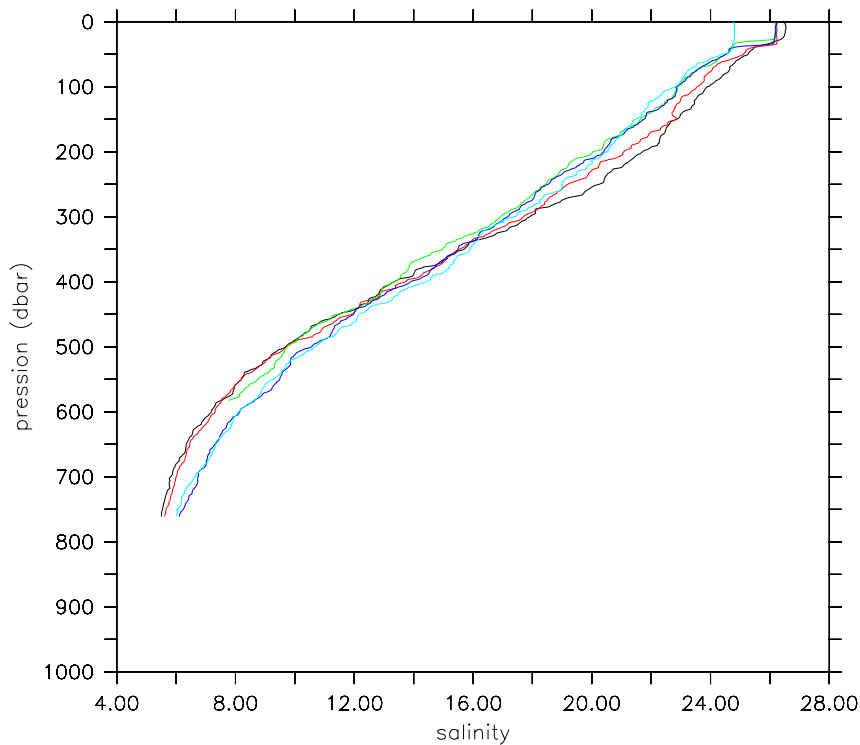


Figure 11 : Profils de température XBT

XCTD

Sur les 8 profils, référencés c3_00008.edf, c3_00011.edf, c3_00014.edf, c3_00015.edf, c3_00018.edf, c3_00019.edf, c3_00020.edf, c3_00022.edf, 3 tirs sont inexploitable (c3_00018.edf, c3_00019.edf, c3_00020.edf). Le capteur de conductivité étant plus lent à s'équilibrer que le capteur de température, il y a une perte de signal de salinité sur les 4 premiers mètres. Les profils ou parties de profils douteux ont été éliminés visuellement. Les profils validés ont été interpolés tous les mètres de la surface (1m) à 1000 mètres (Fig. 12).

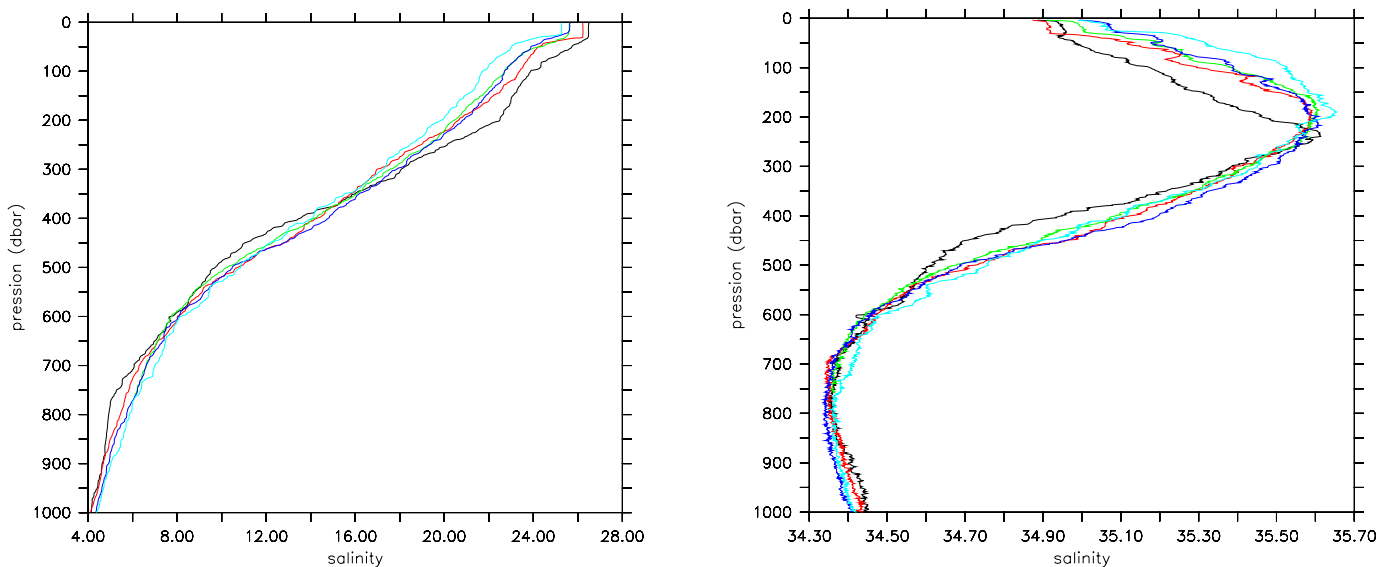


Figure 12 : XCTD : A gauche les profils de température, à droite les profils de salinité

3.4.3 XCTD/XBT

L'ensemble des tirs XBT et XCTD permet de tracer la section de température entre Efaté (Vanuatu) et la Havannah (Nouvelle Calédonie) (figure 13)

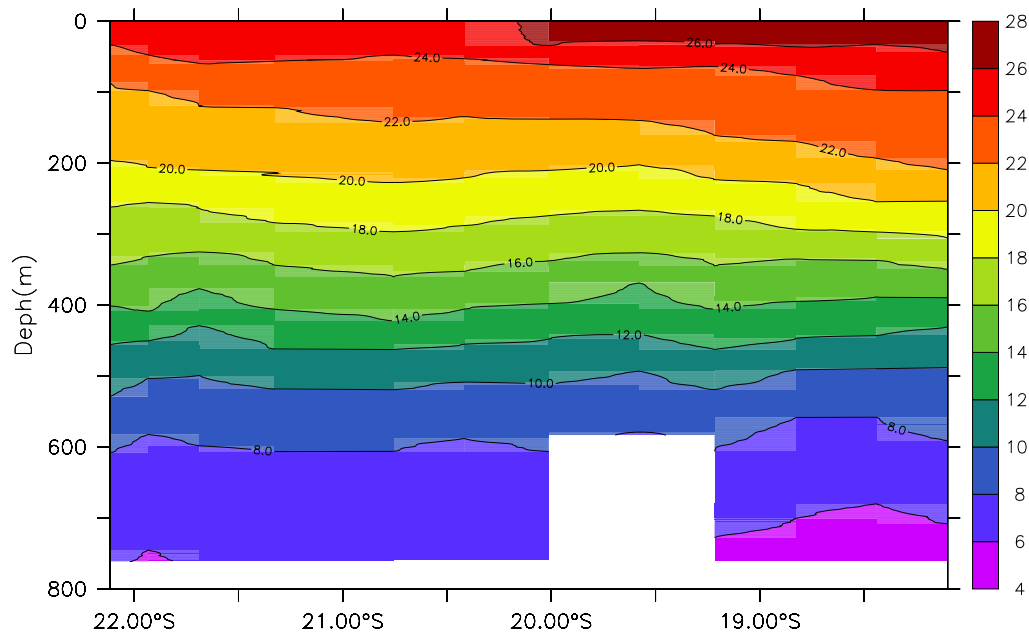


Figure 13 : Section de température entre Efate et la Havannah mélangeant les données XBT et XCTD

3.5 Thermosalinographe

La température et la salinité de surface (ou de la proche surface) ont été mesurées toutes les minutes pendant la durée de la campagne par un thermosalinographe (TSG) SBE-21 du fabricant SeaBird. L'acquisition des données TSG et de leurs positions a été réalisée avec le logiciel LabView. Le TSG SBE-21 muni d'un débulleur était identique aux TSG installés par le programme ECOP sur les navires de commerce. L'installation est décrite dans Hénin et Grelet (1996).

Les capteurs du TSG ont été étalonnés chez Seabird Inc. juste avant la campagne (Tableau 5.)

Capteurs	Pré-étalonnage
SBE21, T 2642	29/09/2006
SBE21, S 2642	29/09/2006

Tableau 5 : Dates de pré étalonnage des capteurs de température et de salinité

Les mesures instantanées de salinité TSG ont été comparées aux mesures effectuées par prélèvement de surface et aux données de salinité de la CTD SBE911+ pour chaque station, à une profondeur de 2,5 m correspondant à la prise d'eau du TSG (Figures 14,15). Les données TSG de salinité de surface ont été corrigées en enlevant une tendance linéaire caractéristique des différences avec les données de la SBE911+ plus nombreuses que les mesures des échantillons (noter les différences très faibles entre ces deux types de mesures):

$$\text{Salinité (SBE911+-SBE21)} = 0.0037dt - 0.0716$$

La température de la SBE21 présente un biais chaud de 0.354°C, du au réchauffement de l'eau dans les conduits, par rapport aux mesures de la CTD SBE911+ (Figure 15). Ce biais a été corrigé.

Après correction, la moyenne et l'écart type des différences entre mesures TSG et CTD ont été calculées et sont reportées dans le tableau 6.

	Moyenne des différences	Ecart type des différences
Salinité (prélèvements-SBE21, psu)	-0.0002179 psu	0.025 psu rms
Température (SBE911+-SBE21)	7.710 ⁻⁷ °C	0.04°C rms

Tableau 6 : Moyennes et écart-types des différences entre les salinités et températures mesurées par TSG (SBE21) et celles mesurées par prélèvements en surface, après correction des mesures TSG basée sur un ajustement aux mesures prélèvements.

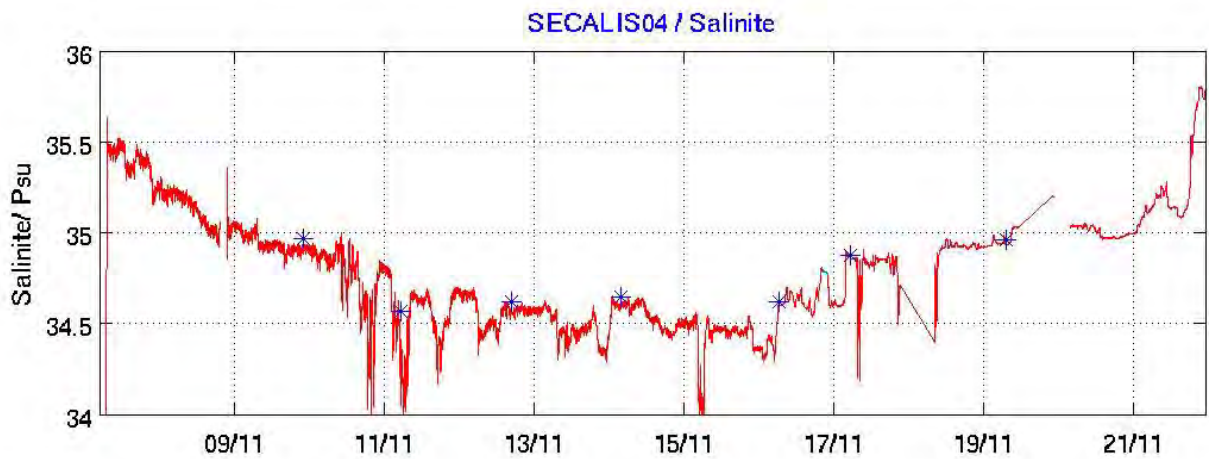


Figure 14 : Comparaison de la salinité du TSG SBE 21 avant ajustement avec les prélèvements bouteille (croix).

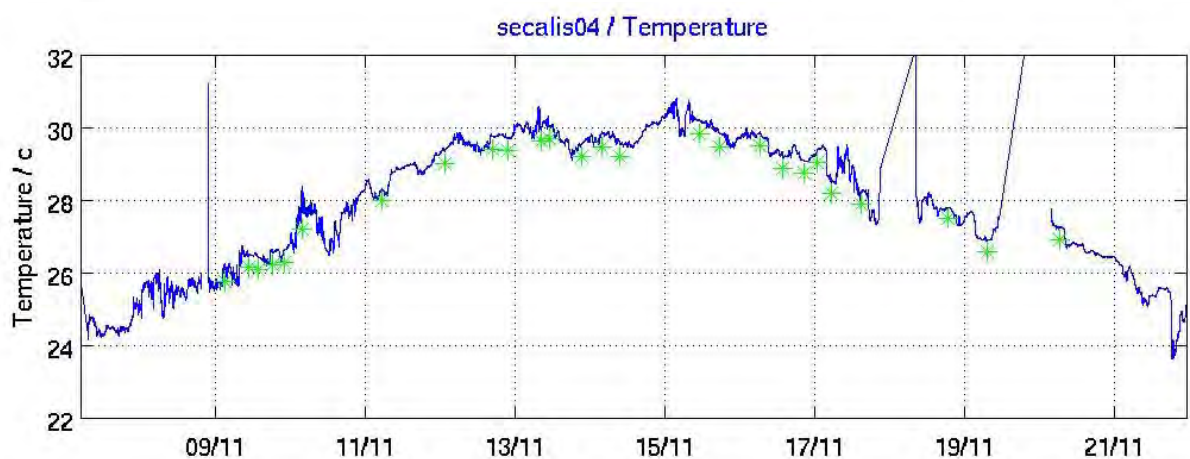
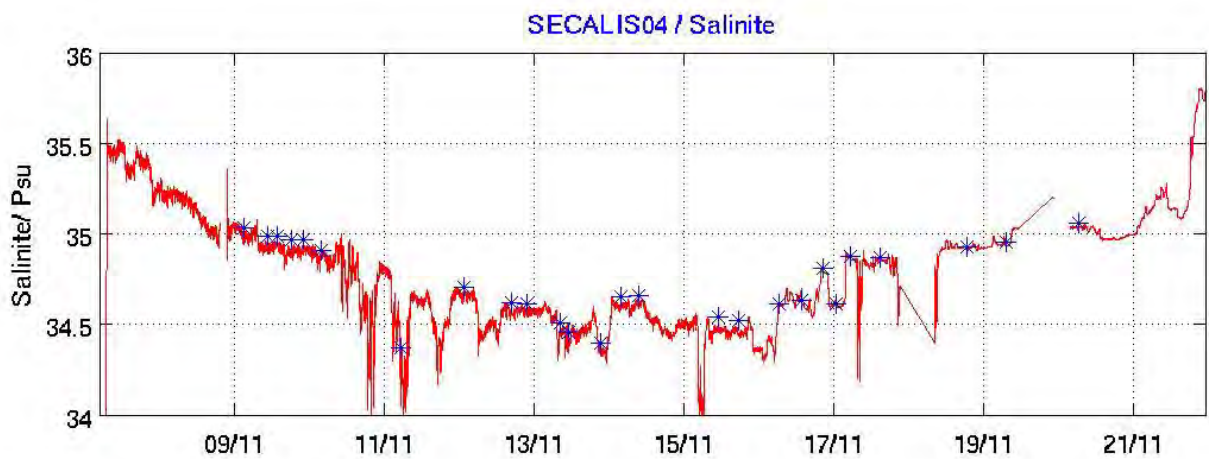


Figure 15 : Comparaison de la salinité et de la température du TSG SBE 21 avant ajustement avec les mesures en station de la CTD en surface (croix).

Les mesures TSG de température et salinité de surface de la campagne sont présentées sur la Figure 16.

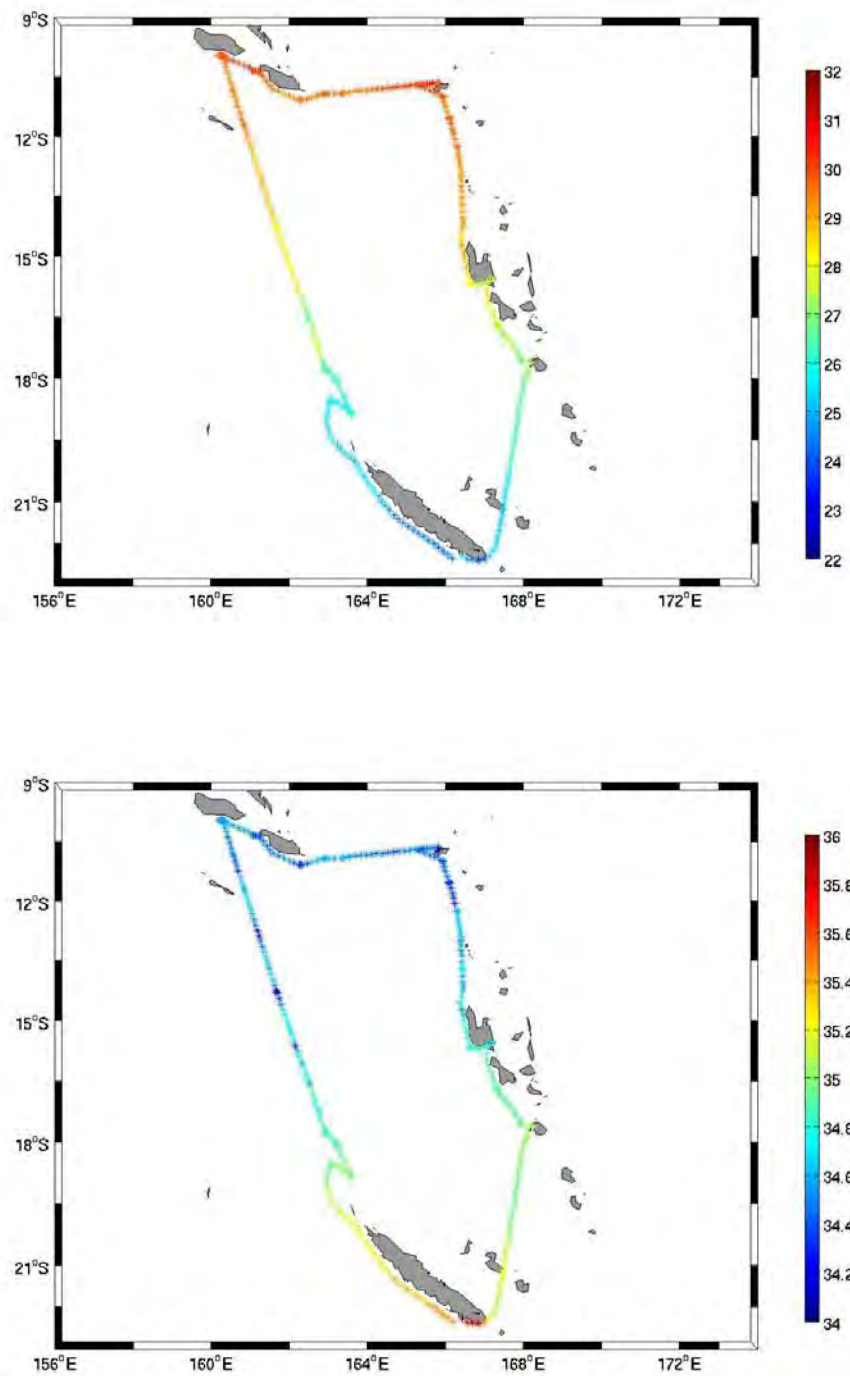


Figure 16 : Température et Salinité de surface du TSG 21 le long du parcours de la campagne.

4. Courantométrie ADCP de rosette (LADCP)

Des mesures de courant absolu en continu de la surface au fond de l'océan sont accessibles depuis quelques années en fixant un courantomètre à effet Doppler sur une bathysonde, le « Lowered Acoustic Doppler Current Profiler », ou LADCP (Fischer et Visbeck, 1993). Le système L-ADCP comporte deux profileurs « Workhorse 300 » (Modèle WH300, numéros de série 3992 et 3777) de la société RD Instruments (RDI), fonctionnant à une fréquence de 300 KHz. Nous décrivons ici brièvement le principe des mesures et leur traitement, avant de présenter les résultats obtenus.

4.1 Principe de la mesure

Ces appareils sont installés sur le bâti de la CTD/Rosette Sea-Bird, un à la base, émettant vers le bas (« looking down»), et un au sommet du bâti, émettant vers le haut (« up looking »). Comme tous les appareils ADCP, ces appareils émettent des trains d'ondes sonores ('ping') qui se réfléchissent sur les particules en suspension dans l'eau, supposées sans mouvement propre, et qui se déplacent avec les courants. La différence entre fréquence émise et réfléchi (l'effet Doppler) est proportionnelle à la composante de la vitesse des particules suivant l'axe de propagation de l'onde. Pour obtenir les 3 composantes de la vitesse, 4 faisceaux sont utilisés, inclinés à 30° de la verticale. La configuration tête-bêche permet que l'un des 2 appareils enregistre toujours un profil complet lorsque la bathysonde approche le fond ou la surface.

Pour chaque cycle de mesures, les appareils ADCP évaluent les composantes horizontales et verticales du courant, corrigées du roulis et du tangage, et ce sur un profil dont la profondeur (ou portée) et la résolution verticale sont fonction de la configuration des appareils. Chaque profil est découpé en segments uniformes, appelés cellules ('bins'); la vitesse associée à chaque cellule est une moyenne des vitesses mesurées sur l'épaisseur de la cellule. Les appareils ADCP enregistrent: l'indice du cycle de mesures, le nombre de cellules, l'heure de l'acquisition, température, cap, tangage et roulis mesurés par capteurs internes, la vitesse du son utilisée. Outre les trois composantes de la vitesse, sont enregistrés aussi: l'erreur de vitesse (différence des 2 estimations de vitesse verticale), l'intensité d'écho des ondes sonores, l'amplitude de corrélation et le pourcentage de données correctes. Ces paramètres sont indispensables pour déterminer la qualité des mesures lors du traitement. Pendant l'acquisition, les mesures de vitesse sont transformées et enregistrées en coordonnées terrestres.

Lorsque la rosette se déplace verticalement, les mesures individuelles des appareils ADCP sont entachées d'un bruit très élevé à cause du mouvement propre tridimensionnel du système. Mais chaque cellule de mesure est sondée un grand nombre de fois, successivement par l'appareil regardant vers le bas et celui regardant vers le haut. C'est cette superposition des profils qui permet d'obtenir un profil continu de la surface au fond et qui diminue le bruit aléatoire de chaque 'ping'.

4.2 Acquisition des mesures

En principe, les 2 WH300 doivent être synchronisés pour « pinger » en même temps, par une option du programme d'acquisition. Systématiquement, avant chaque profil les horloges des ADCP sont contrôlées et l'acquisition initialisée; après chaque profil, les données sont récupérées et sauvegardées sur PC via liaisons RS-232; la mémoire des WH300 est ensuite vidée et la charge des batteries vérifiée. Un premier traitement des données (voir ci-dessous) est alors effectué.

Les paramètres d'acquisition utilisés sont résumés dans le tableau 7.

Nombre d'impulsions ('ping') par cycle de mesures ('ensemble') :	1
Temps entre deux impulsions (en secondes) :	~1
Nombre de cellules ('bins') par cycle de mesures :	20
Épaisseur des cellules (en mètres) :	10
Vitesse du son (en m.s-1) :	1500
Salinité de l'eau de mer :	35

Tableau 7 : Principaux paramètres d'acquisition

4.3 Traitement des mesures

Le traitement des mesures des appareils L-ADCP a été effectué avec la version v8b du logiciel de Martin Visbeck (<http://www.ldeo.columbia.edu/~visbeck/ladcp/>) adaptée à ce système à 2 ADCPs. Ce logiciel est écrit en MATLAB. Contrairement au VM-ADCP (voir section suivante), le L-ADCP, au cours de son mouvement vertical avec la rosette, va enregistrer des profils successifs; on obtient alors plusieurs mesures pour une même profondeur. Lors du traitement, la constitution d'un profil unique des courants horizontaux de la surface au fond se fait en prenant en compte toutes les mesures, c'est-à-dire en associant tous les profils effectués au cours du mouvement vertical du L-ADCP.

Le LADCP n'est pas muni de capteur de pression. La profondeur du LADCP, et donc des mesures, peut être déterminée de deux manières:

1. Par intégration de la vitesse verticale mesurée par le LADCP à partir d'un temps initial. Ce calcul suppose que les mouvements verticaux des particules d'eau sont très faibles par rapport à la vitesse de descente de l'appareil.
2. En utilisant les mesures de pression fournies par la sonde CTD. La comparaison des mesures de temps de l'horloge interne du LADCP et de celle de la CTD à chaque mesure de la sonde permet d'attribuer une profondeur à chaque mesure du LADCP. Ceci réclame une bonne synchronisation au départ des horloges CTD et LADCP.

Pour chaque cycle de mesures, les vitesses et l'épaisseur de chaque cellule dépendent de la vitesse du son. Lors de l'acquisition, la vitesse du son est supposée égale à 1500 m/s. Celle-ci est recalculée lors du traitement pour chaque cycle de mesures à partir de la profondeur et de la température de la sonde CTD.

Les mesures effectuées par le LADCP sont la résultante de la vitesse des masses d'eau et de son propre mouvement, lié à celui de la bathysonde. Pour chaque cycle de mesures, le mouvement propre de l'appareil, étant identique pour les différentes cellules du cycle, peut être éliminé par différenciation des vitesses entre cellules adjacentes. Cependant, cette différenciation élimine également la composante moyenne de la vitesse.

En raisonnant d'une façon intégrale, c'est-à-dire en considérant l'ensemble des mesures obtenues pendant la descente et la montée lors du traitement, la composante moyenne de la vitesse verticale peut être reconstituée en connaissant parfaitement la position du LADCP en début et en fin de la station. Avec le système CTD employé, les temps et positions du navire sont enregistrés à chaque mesure CTD; ceci fournit une contrainte supplémentaire permettant de préciser les mouvements propres de la bathysonde. De même si le profil atteint le fond (ce qui n'est pas le cas ici), les mesures « bottom track » fournissent une autre contrainte sur les mouvements de la CTD.

Le compas et les capteurs de roulis et tangage placés dans les 2 ADCP permettent d'avoir une image du comportement du châssis de la bathysonde lors des profils. On peut ainsi définir

des seuils d'inclinaison et de rotation de la bathysonde au delà desquels les mesures ne sont plus considérées comme valables.

Les principales opérations sont, pour chaque station :

1. Chargement des fichiers des 2 WH300, « up » et « down », avec vérification des checksums
2. Corrélacion entre les profils « up » et « down » pour détection et correction d'une éventuelle erreur d'horloge entre les deux.
3. Elimination des bins présentant des valeurs de vitesse d'erreur, vitesse verticale, ou d'inclinaison des appareils supérieure à certains seuils. Elimination sur les données brutes des « outliers » à 3 puis à 4 écart-types.
4. Chargement du fichier CTD comprenant pression, température, temps et position GPS à chaque seconde, avec correction de décalage d'horloge par détection du point le plus profond atteint.
5. Calcul des vitesses « bottom track » si le fond est à portée.
6. Calcul par intégration des vitesses verticales de la profondeur de la sonde, avec correction de la vitesse du son grâce aux mesures CTD.
7. Calcul de profil de « super-ensembles », en moyennant toutes les données par tranches de profondeurs choisies par l'utilisateur ; élimination des « outliers » à 3 puis à 4 écart types (deux éditions successives avec une nouvelle estimation des « super-ensembles » entre les deux passages). Vérification des valeurs des caps des 2 WH300, corrections si nécessaires par comparaison, correction de la déviation magnétique, passage en coordonnées terrestres avant moyennes.
8. Calcul du « meilleur profil », intégrant la montée et la descente. Les composantes de courant sont calculées comme solutions d'un système d'équations linéaires intégrant les déplacements du bateau, les déplacements de la sonde par rapport au bateau, les données de bottom-track et les données VM-ADCP.
9. Sortie de différents graphiques correspondant à chaque étape, et enregistrement des profils et de données annexes sous différents formats : MATLAB, ASCII, et en option, NetCDF. Le format MATLAB comprend 4 structures, dr, f, p, ps. La structure dr contient date, position et les tableaux z,u,v.

Un premier traitement a été effectué à bord après chaque station, avec les paramètres par défaut du logiciel. Après la campagne, les stations ont été retraitées en essayant différentes valeurs des paramètres (par exemple, valeurs des seuils d'élimination de données). Les valeurs retenues lors du traitement final sont données dans le tableau 8 ;

Prof. 1er niveau	Niveaux verticaux	Utilisation positions CTD	Utilisation P et T CTD	Utilisation VM-ADCP	Max. vitesse d'erreur	Max horizontal vel.	Max cisaillement W	Inclinaison maxi.
10m	10m	oui	oui	oui	0.2 m/s	2.5 m/s	0.008 s-1	22°

Tableau 8: Principaux paramètres du traitement par le logiciel LDEO.

4.4 Qualité des mesures

Il n'y a pas eu de problème particulier affectant les données et les bonnes conditions météorologiques font que la majorité des profils sont considérés comme fiables. Le traitement des données a été effectué une première fois sans prendre en compte les SADCP puis de nouveau

en prenant en compte la contrainte des SADCP. Dans certains cas, cette contrainte améliore le profil. Un indice de confiance a été établi prenant en compte les différentes méthodes (inverse et cisaillement), les profils de descente et de remontée, et les mesures SADCP au cours des stations. Cet indice de confiance(IC) est sur une échelle de 1 à 10 :

- IC= 10: satisfaisant ++
- IC= 9: satisfaisant +
- IC= 8: satisfaisant
- IC= 7 satisfaisant –
- IC= 6: satisfaisant – –
- IC= 5: moyen
- IC= 4: douteux
- IC= 2: très douteux
- IC= 0: à jeter

Le tableau 9 résume l'indice de confiance pour chaque profil.

Station	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14
IC	7	9	10	8	6	0	9	8	8	9	7	7	7

Station	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
IC	9	10	10	9	10	10	7	7	9	7	8	4	9	10

Tableau 9 : Indice de confiance des profils LADCP

26 profils LADCP sont exploitables.

Seul un profil n'a pu être conservé (station 6), suite à une défection probable de la batterie.

Les stations aux extrémités de la section Nouvelle Calédonie-Guadalcanal ont été doublées afin d'estimer les erreurs dues aux signal haute fréquence (marée, ondes internes...)

La position des profils LADCP est représentée sur la Figure 17 :

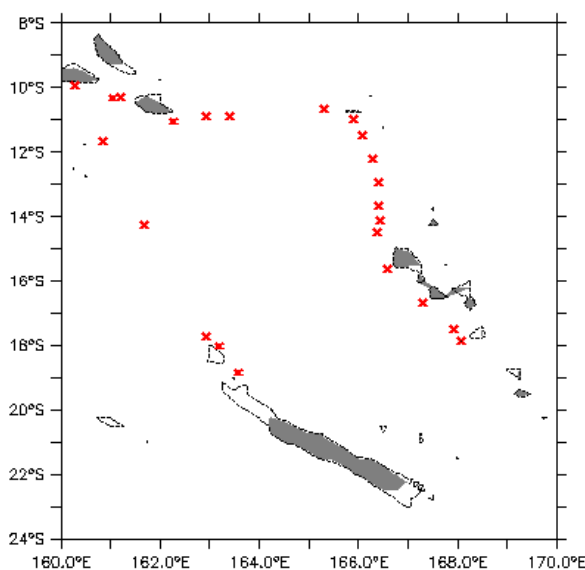


Fig. 17 : localisation des profils LADCP

4.5 Présentation des profils

Le faible nombre de profils et leur disparité géographique fait qu'une seule section LADCP peut être présentée entre Lata (10°S-166°E) et le Vanuatu (18°S-168°E) (Fig.18). Chacun des profils de vitesses zonale et méridienne sont présentés dans l'Annexe 4.

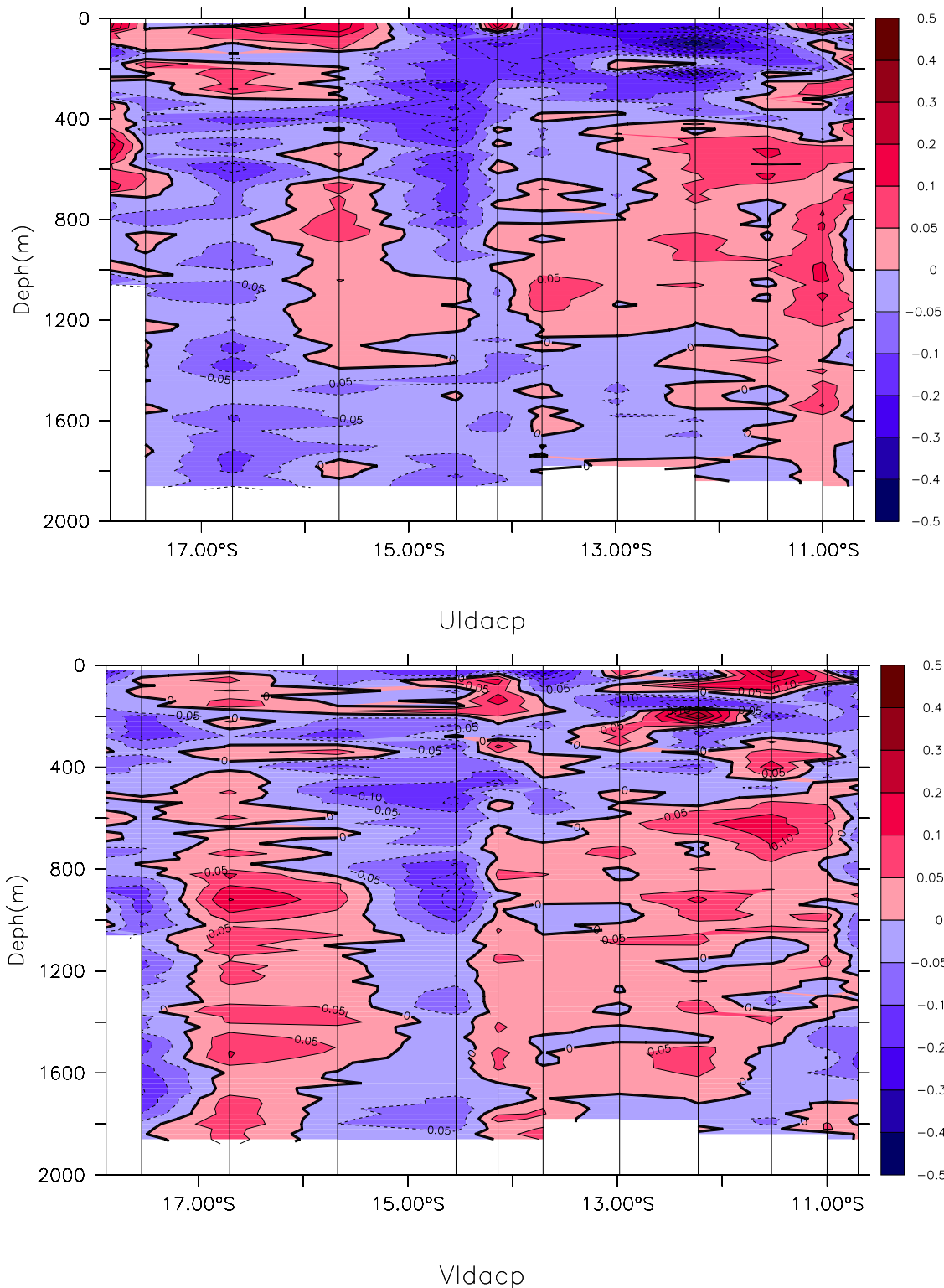


Figure.18 : Section LADCP entre Lata (10°S-166°E) et le Vanuatu (18°S-168°E) (m/s)

5. Mesures de courants par le profileur de coque à effet Doppler (VM-ADCP)

5.1 Introduction

Les mesures de courant dans les premières centaines de mètres de l'océan permettent de décrire précisément la circulation océanique de surface associée à la variabilité climatique dans les tropiques. Pour cela, les profileurs de coque à effet Doppler (VM-ADCP) procurent des profils de courant en continu le long de la route du navire. De plus, ces mesures permettent une comparaison avec les mesures effectuées par le courantomètre à effet Doppler installé sur la rosette (L-ADCP).

5.2 Equipement

Le NO Alis est équipé depuis octobre 1999 d'un VM-ADCP, modèle BB-150, fabriqué par la société RDI. Cet appareil (« broadband », 150 kHz) est normalement de portée moyenne (~200-300 m), et s'utilise avec une résolution verticale de 4-8 m. Le transducteur est placé dans une nacelle profilée sur bâbord avant, immergé dans l'eau douce, et isolé par une fenêtre acoustique. L'unité de pont est interfacée au gyroscope central du navire par liaison synchro 1/1. Un récepteur GPS multi-antennes Sercel NR-230 fournit au PC d'acquisition des trames de navigation GPGGA par liaison directe RS-232, ainsi que des données d'attitude (cap, roulis, tangage), à une cadence de 0.6 sec.

5.3 Acquisition

L'appareil fonctionne avec 4 « beams ». Le VM-ADCP était réglé en mode 7 du fait des bonnes conditions de mer et le premier bin était à 14m (parfois 12m). L'acquisition se fait sur un PC. La configuration d'acquisition est résumée dans le tableau 10. Le logiciel d'acquisition VM-DAS (v. 1.42) qui a été utilisé. Ce programme stocke à la fois les pings individuels et des moyennes temporelles et nécessitent un espace disque important, de l'ordre de 3 Go pour un mois de campagne.

Acquisition BB-150 pour Secalis 4	
Programme d'acquisition	VM-DAS v. 1.42
Longueur de « bin »	8 m
« Blanking interval »	4 m
Mode d'acquisition	1
Durée d'ensemble	300 s
Passage en coordonnées géographiques à chaque « ping »	oui
Corrections roulis/tangage	non
Calcul vitesse du son à chaque « ping »	oui
Prof. du premier « bin »	14 m (parfois 12m)

Tableau 10 : Caractéristiques d'acquisition du S-ADCP.

Dés le début de campagne une antenne de la Sercell, dont la fonction est de fournir un cap et une position précise, s'est montrée défailante. Un GPS a suppléé la Sercell pour la position mais nous n'avons pas disposé de données pour corriger le cap Gyro.

La distribution géographique des données acquises est présentée sur la Figure 19 :

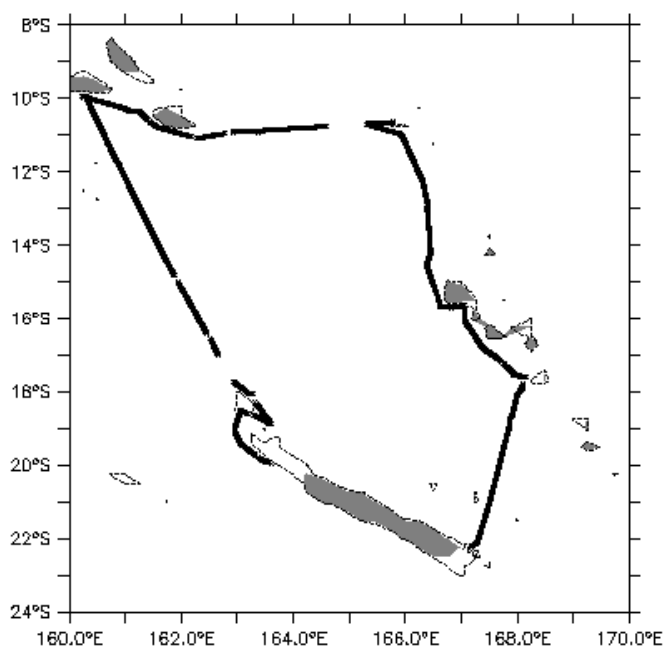


Figure 19 : Distribution géographique des données S-ADCP

5.4 Traitement des données

Le traitement est basé sur le logiciel CODAS-3 (Common Oceanographic Data Access System, version 3), développé à l'Université d'Hawaii (i.e., Bahr *et al.*, 1989). C'est la version « mgw » de ce logiciel qui a été utilisée ici, sur un PC sous Windows XP avec Cygwin et WindowMaker. Les paramètres de configuration (matrice de rotation) de l'instrument fournis par RDI étaient erronés, L'étalonnage et le traitement des données ont donc été repris après la campagne.

5.4.1 Constitution d'une base de données

Les fichiers .LTA issus de VMDAS contiennent les profils moyens de courant sur 5mn, mesurés par rapport à la vitesse relative du bateau, les données annexes et les positions GPS en début et fin de profil. Ils sont chargés dans une base au format CODAS.

5.4.2 Vérification/Edition des profils relatifs

L'ADCP fournit des profils de vitesse de l'eau relative au navire. Avant de calculer les courants absolus, il convient de vérifier la qualité de ces profils. La vitesse du son utilisée pour le calcul de l'effet Doppler dépend de la température mesurée au niveau de l'embase et de la valeur de salinité entrée dans le logiciel d'acquisition. La température mesurée par le VM-ADCP est restée à moins de 1°C des données calibrées de la CTD, précision suffisante pour le calcul Doppler. Les profils peuvent être entachés de diverses erreurs provenant d'un niveau de bruit excessif ou de réflexions sur le fond ou des objets. Des tests statistiques sur les dérivées verticales des vitesses ou d'autres paramètres permettent de détecter, de visualiser et de corriger les profils s'écartant de la moyenne. Cette étape est effectuée sur chaque profil individuel. La figure 20 ci-dessous montre un exemple d'une fenêtre temporelle de 100 profils. Les croix représentent les bins ou les profils flaggés dus à des réflexions dans des eaux peu profondes.

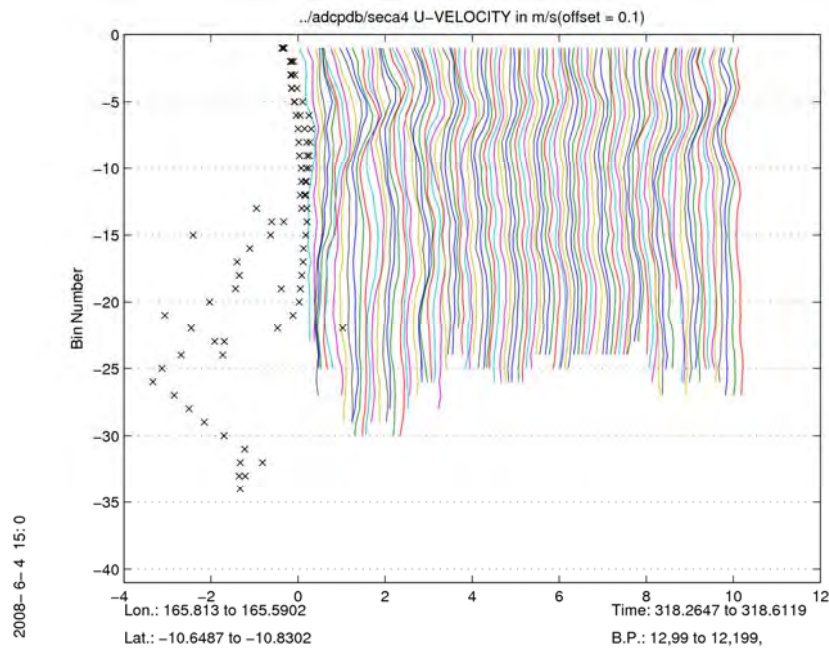


Figure 20 : Exemple de bins et profils flaggés du fait des réflexions dans des eaux shallow water (croix).

5.4.3 Intégration de la navigation

Les positions GPS (\$GPGGA) enregistrées à la fin de chaque profil et les vitesses relatives ADCP permettent de calculer le courant absolu dans une couche de référence (« bins » 4 à 12 soit 38-102 m). Un exemple de couche de référence est montré sur la Figure 21 ; ce courant est filtré (filtre de Blackman de $\frac{1}{2}$ largeur 30 mn) et la vitesse du navire par rapport à cette couche lissée est stockée dans la base. Le courant absolu pourra être calculé à chaque niveau à partir de cette vitesse.

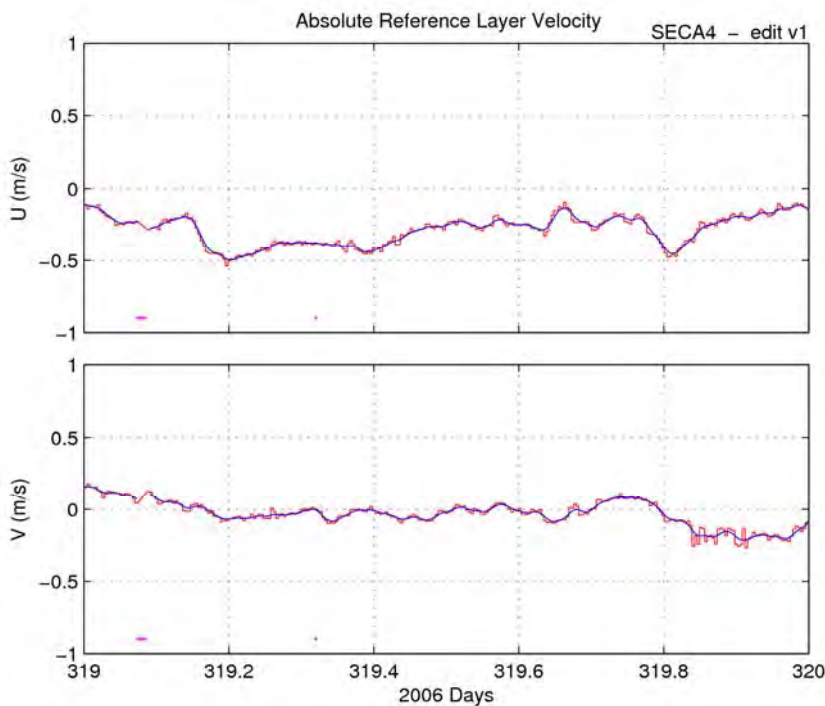


Figure 21 : Exemple de courant dans la couche de référence 38-102m, après nettoyage des profils individuels (« édition ») et lissage.

5.4.4 Etalonnage

Deux types d'erreur interviennent dans le calcul des vitesses absolues de courant : une erreur d'orientation horizontale en coordonnées géographiques associée à la fois à la dérive du gyro et à l'erreur sur l'embase de l'instrument et une erreur sur l'amplitude de la vitesse associée à un problème d'électronique ou de calcul de l'effet Doppler (vitesse du son).

Dû à l'absence de Sercell il n'a pas été possible d'estimer la partie variable de l'erreur d'orientation associée aux erreurs gyro

En ce qui concerne les erreurs associées à l'embase, il a été montré (Pollard and Read, 1989) que la comparaison des vitesses de courant absolues avant/après les changements importants de vitesse du navire (stations) permet une estimation statistique d'un angle ϕ et d'un facteur multiplicatif A à appliquer aux profils relatifs. Dans le cas présent ϕ représentera l'angle résiduel entre l'axe des antennes du GPS d'attitude et l'axe de l'ADCP. Pour déterminer l'amplitude et la phase, la méthode appliquée est le « water-track », basée sur les décélérations et les accélérations du navire lors des arrivées/départs en station. Les valeurs trouvées sont données dans le tableau 11 ; les rotations et homothéties correspondantes sont appliquées aux profils relatifs. La figure 22 présente les histogrammes des valeurs calculées de A et de ϕ avec l'écart d'horloge ADCP-GPS.

Secalis4	BB-150
A	1.0034
ϕ	-1.27

Tableau 11: Valeurs des coefficients d'étalonnage déterminés après correction des erreurs dues au gyro du navire.

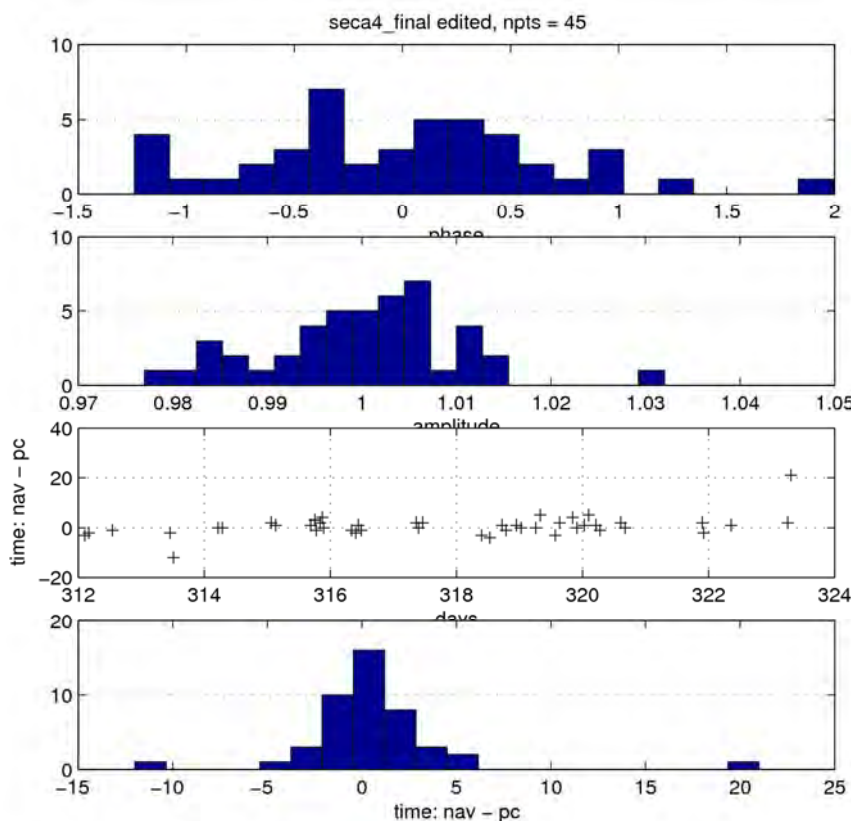


Figure 22 : Histogrammes de A et ϕ et différences d'horloges GPS-ADCP après étalonnage.

5.4.5 Base finale

Une fois les corrections appliquées (nettoyage des profils, calibration par Water-Track) la couche de référence est de nouveau calculée (Figure 23) et la navigation lissée est intégrée à la base de données.

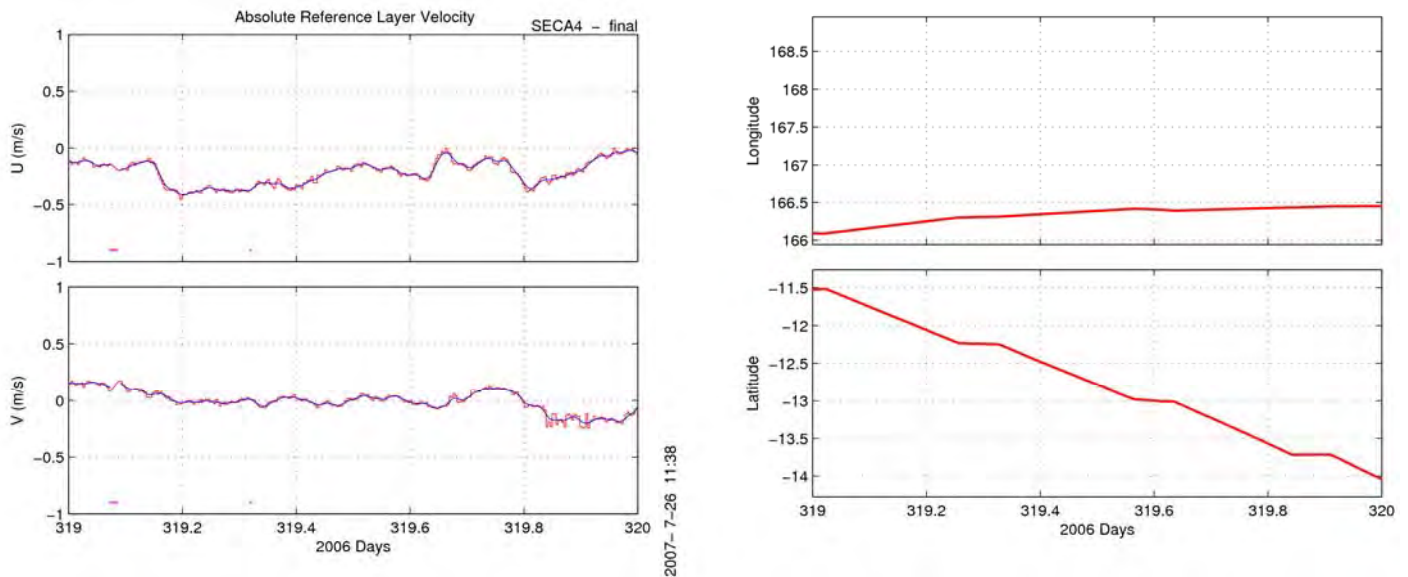


Figure 23 : Courant dans la couche de référence, comme sur la Figure 19 après application de toutes les corrections. Il subsiste un bruit ponctuel qui est éliminé par un lissage sur 30 min.

5.4.6 Contrôle de qualité

Des statistiques sur les profils sont calculées pour estimer la qualité des données et avoir un suivi des performances de l'appareil. En particulier, les valeurs moyennes du pourcentage de bon « pings » en fonction de la profondeur (PGOOD) renseignent sur la portée utile des appareils. La portée moyenne (donnée par la profondeur où PERCENT-GOOG = 30%) est de 230 m en station et de 220 m en route (Figure 24). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles obtenus au cours de Secalis3. La différence de portée entre ces missions peut s'expliquer par de bonnes conditions météorologiques lors de Secalis4.

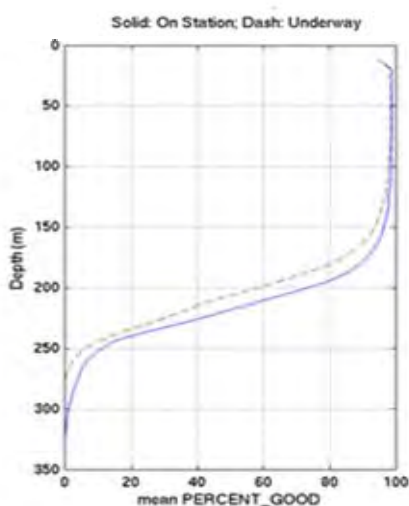


Figure 24 : pourcentage de bon « pings » en fonction de la profondeur estimée en route (pointillé) et en station (trait plein). La portée moyenne est donnée par la profondeur où PERCENT_GOOD = 30%.

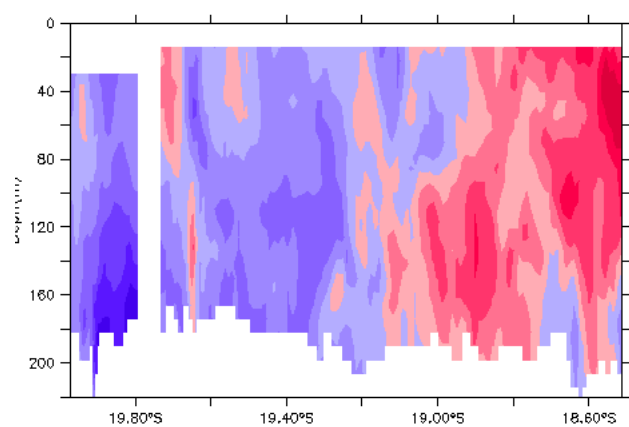
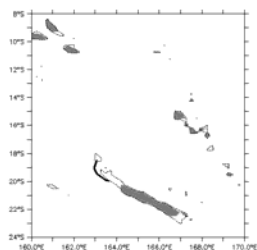
La précision des mesures SADCp, suite au problème de la Secerl, a été estimée à l'aide des stations LADCPs validées de manière indépendante. Elle est de l'ordre de 5cm/s.

5.5 Présentation des résultats

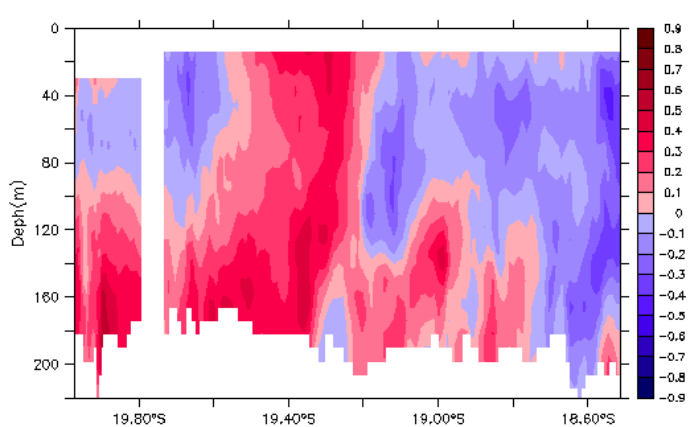
Les coupes des composantes de vitesse U et V sont présentées pour les différentes sections de la campagne (Figure 25).

Figure 25 : Sections verticales des composantes zonale et méridienne du courant mesurées par VM-ADCP.

a) Section Côte ouest de la Nouvelle Calédonie

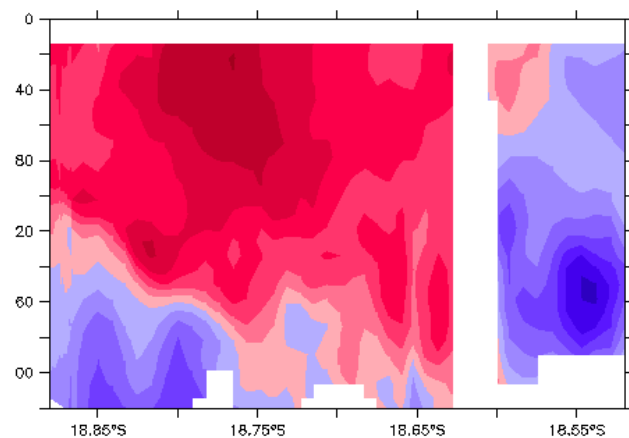
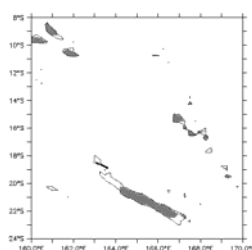


U_{sdacp}

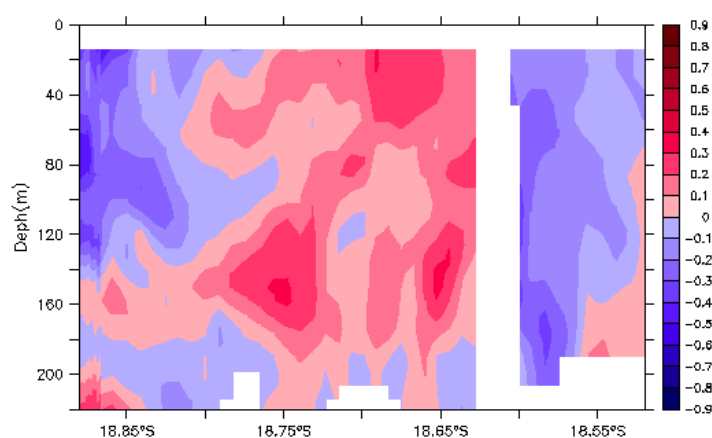


V_{sdacp}

b) Section Côte ouest de la Nouvelle Calédonie

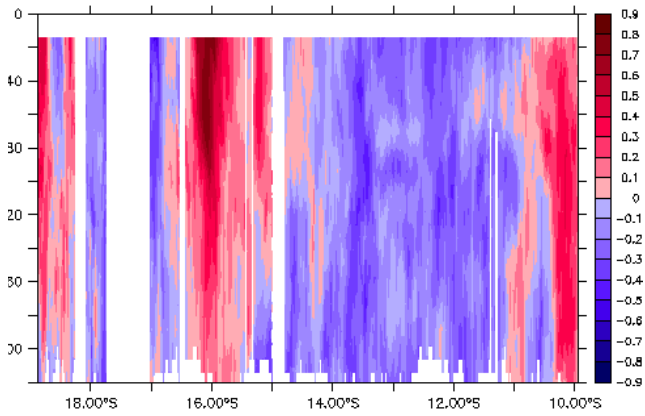
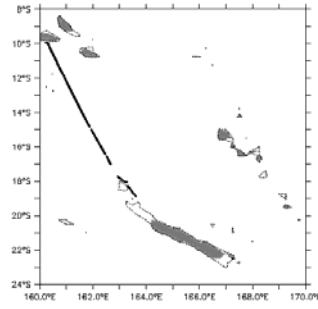


U_{sdacp}

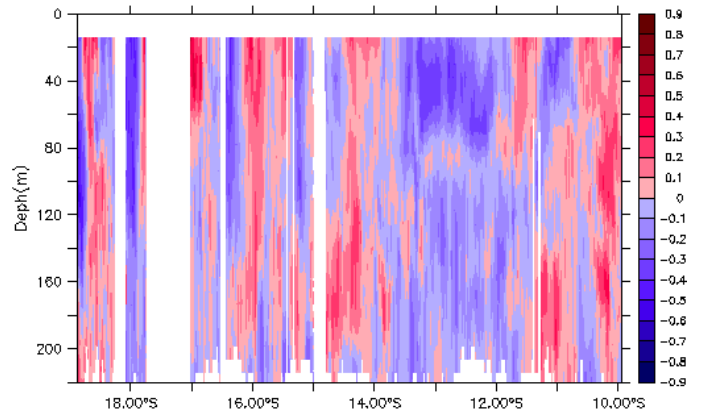


V_{sdacp}

c) Section Nouvelle Calédonie-Guadalcanal

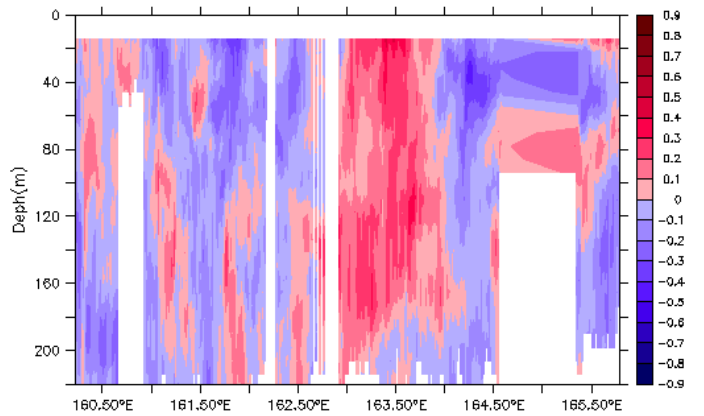
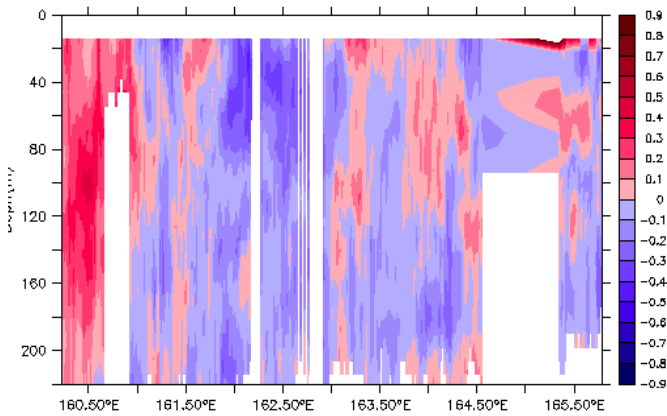
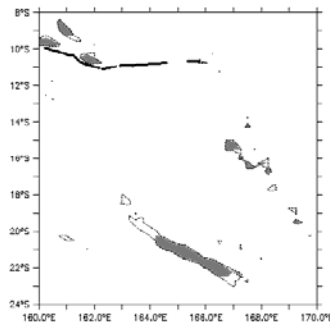


Usdacp

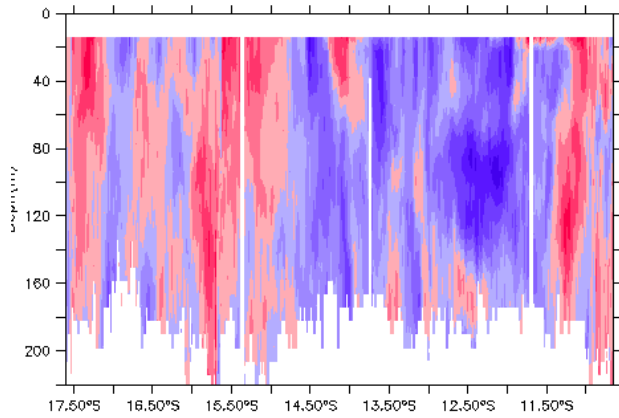
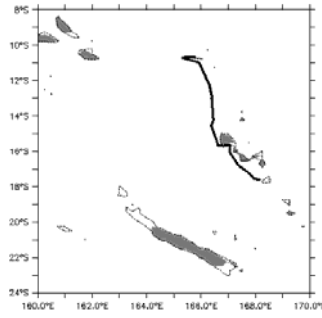


Vsdacp

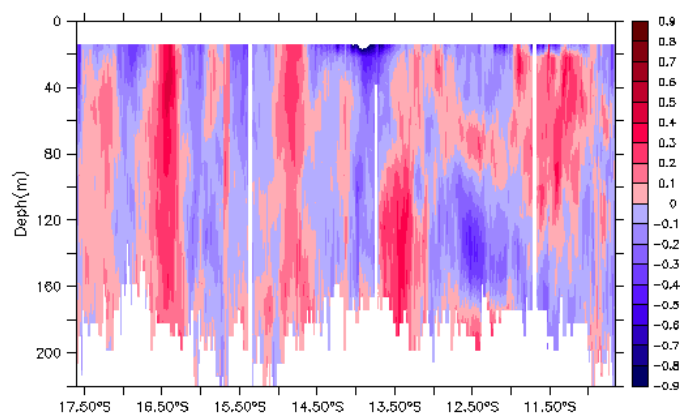
d) Section Guadalcanal-Lata



e) Section Lata- Efate

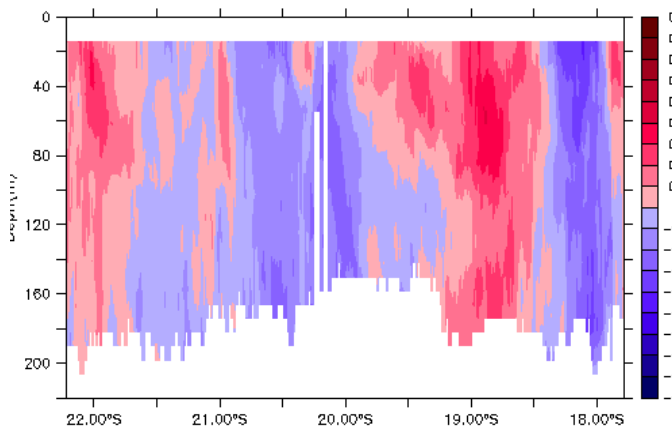
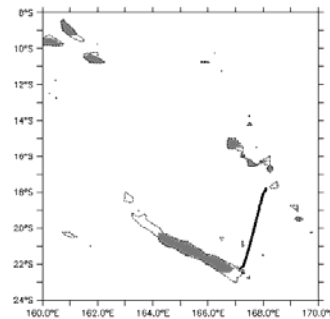


Urdacp

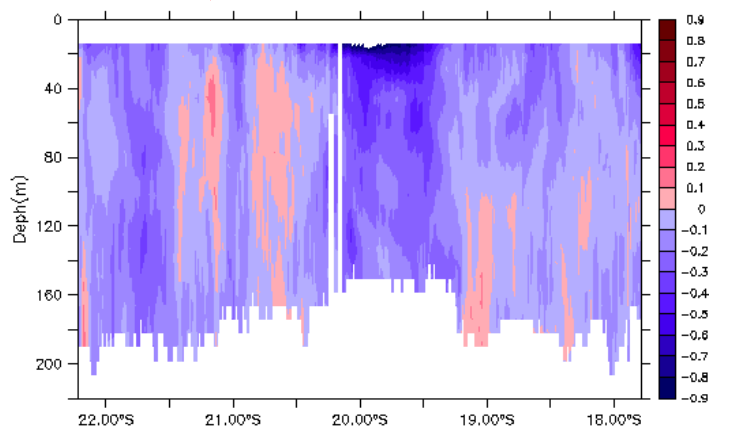


Vrdacp

f) Section Efate-Noumea :



Urdacp



Vrdacp

6. Mesures météorologiques

Une station de type Batos était installée pendant la campagne. Les paramètres mesurés ont été les suivants : température de l'air, température de la mer, pression atmosphérique, humidité relative, vitesse et direction du vent. L'ensemble des paramètres a été mesuré toutes les minutes via le logiciel Lab_view installé sur PC. Les observations de vents sont représentées sur la Figure 26, les autres paramètres sur la Figure 27.

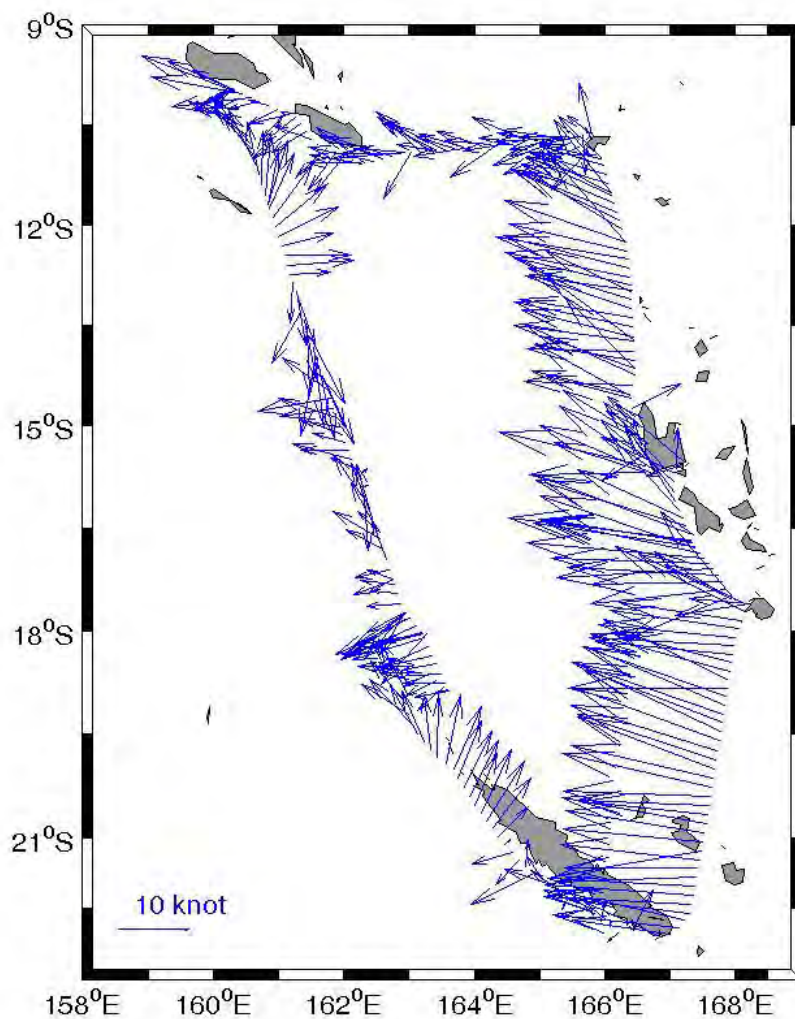


Figure 26 : Vent relevé le long du parcours par la station BATOS.

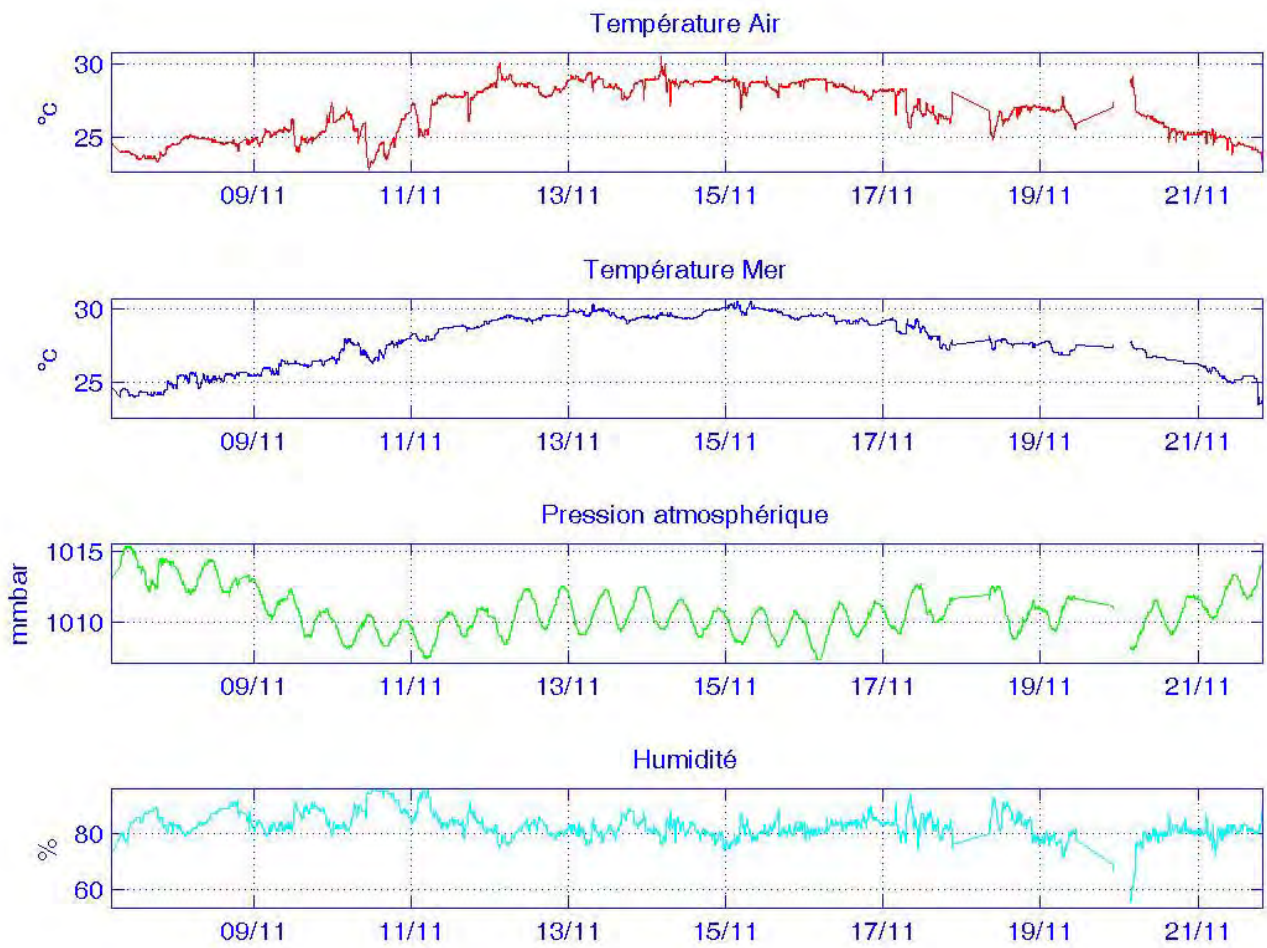


Figure 27 : Séries temporelles des paramètres atmosphériques enregistrés par la station BATOS

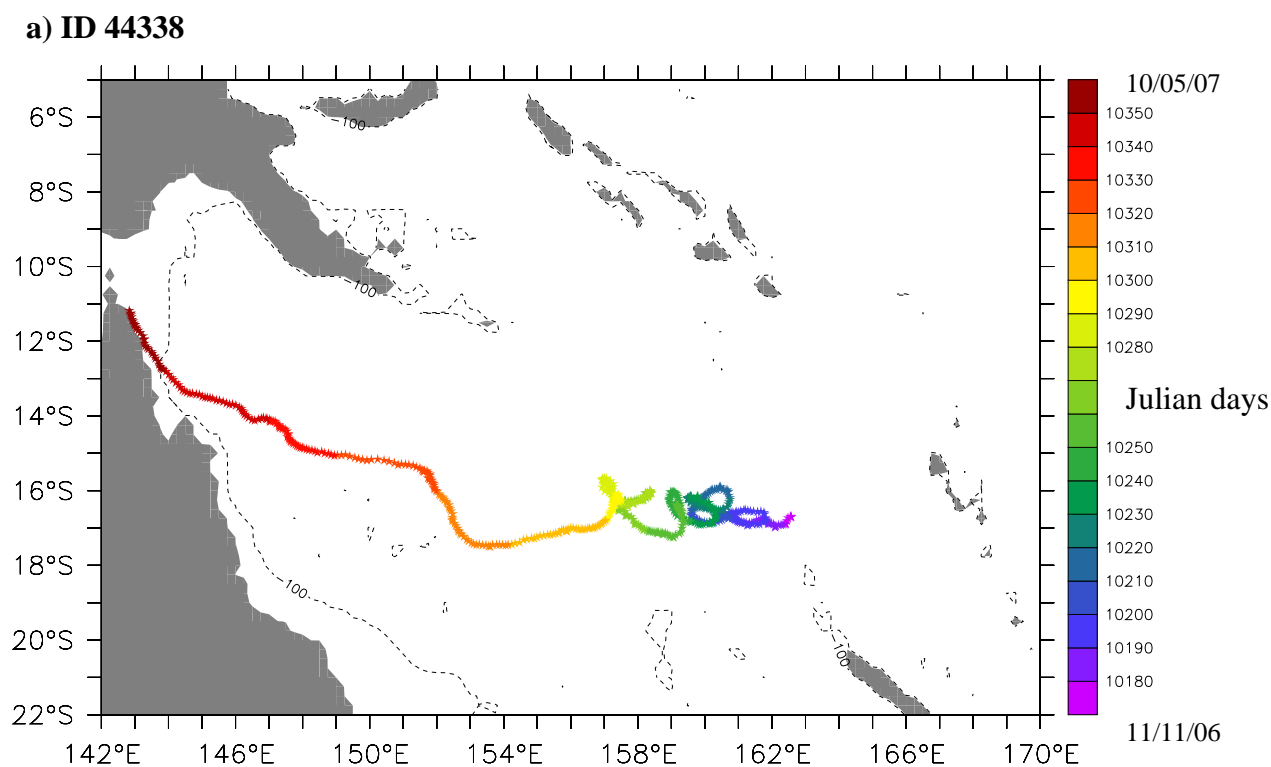
7. Bouées dérivantes

Dans le cadre du Global Lagrangian Drifter (GLD, anciennement Surface Velocity Programme), et afin d'appréhender la circulation des eaux au voisinage de la Nouvelle-Calédonie, Trois bouées dérivantes fournies par l'Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory (Miami, <http://www.aoml.noaa.gov>) ont été déployées (Tableau 12). Ces bouées sont munies d'émetteurs ARGOS et d'un capteur de température. Les trajectoires de ces bouées sont représentées sur la figure 28.

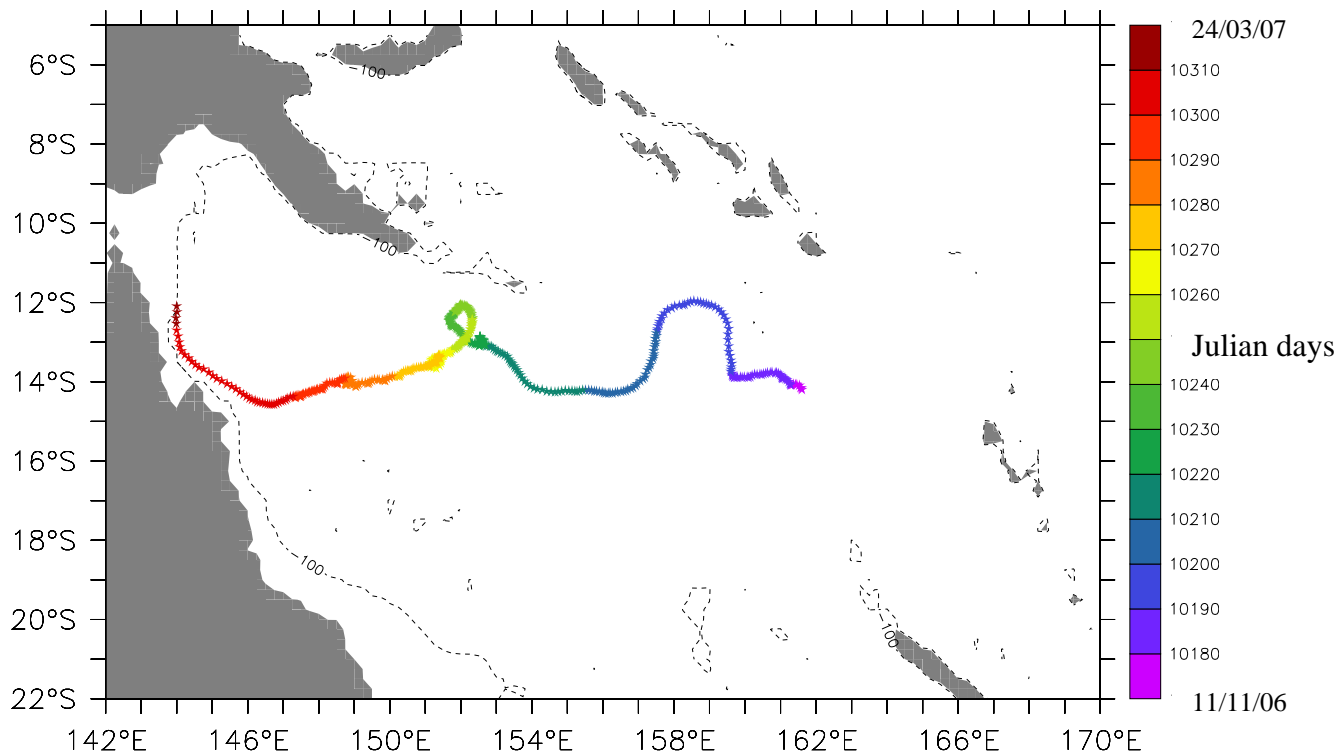
ID	WMO	Latitude	Longitude	Date TU DEP	Date TU FIN
44338	55622	16°32.27S	162°30.18E	11/11/06	10/05/07
44336	55610	14°11.02S	161°38.84E	11/11/06	24/03/07
44337	55623	12°09.30S	166°16.67E	16/11/06	6/06/07

Tableau 12: Numéro d'identification (ID/WMO), position et dates de largage des bouées dérivantes.

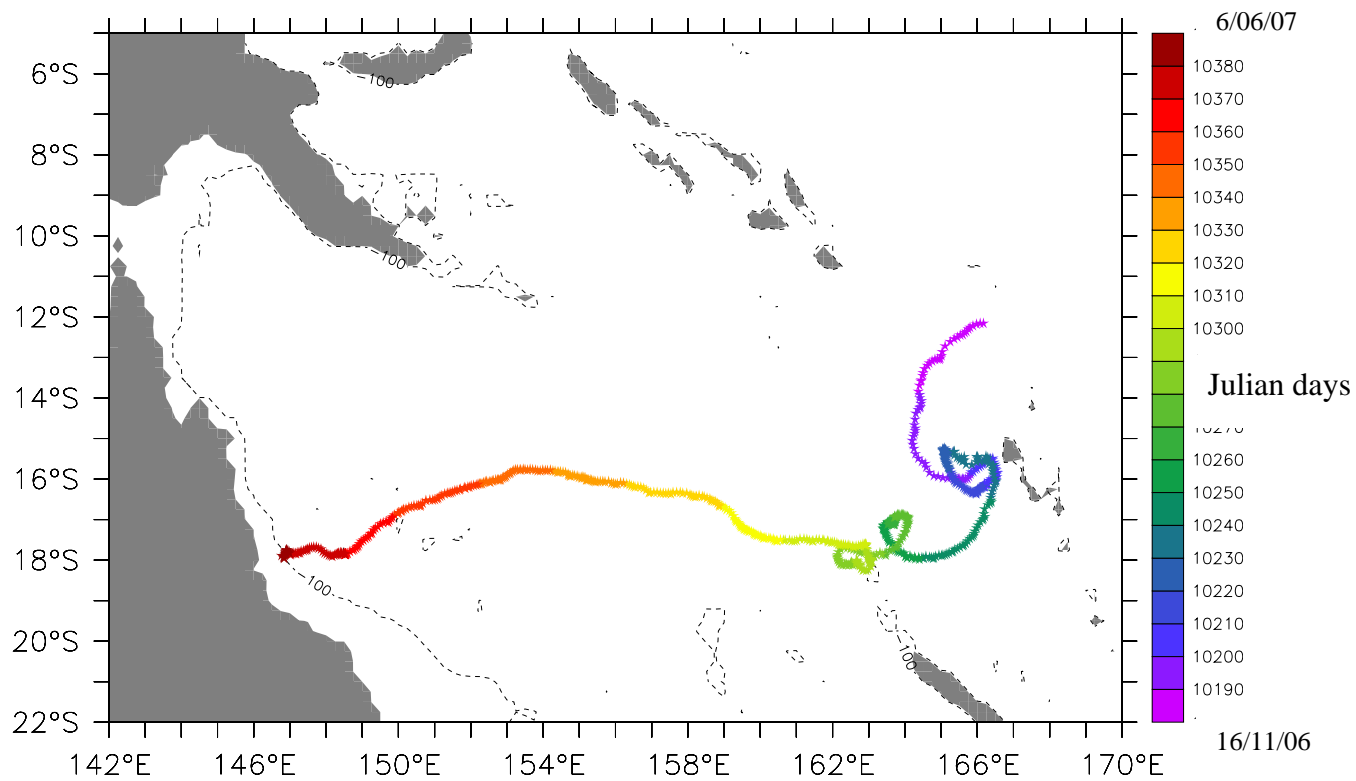
Figure 28 : Trajectoires des bouées dérivantes



b) ID 44336



c) ID 44337



8. Glider

L'IRD Nouméa a la chance de bénéficier d'un planeur sous marin (Spray glider) suite à la collaboration instaurée avec la Scripps. Lors de la mission Secalis 3 (juillet 2005) un premier instrument avait été déployé au large de Guadalcanal avec pour mission d'échantillonner les 600 premiers mètres de l'océan entre les îles Salomon et la Nouvelle Calédonie. Lors de Secalis 4 nous avons mis à l'eau un nouvel appareil avec pour mission d'échantillonner une nouvelle fois cette section. L'appareil, déployé le 12/11/2006, a été récupéré au large de la Nouvelle Calédonie le 03 Mars 2007 (Figure 29) après avoir effectué 475 profils de température et salinité le long de sa route. Une avarie au niveau de l'empennage, qui s'est produite vers 12°S, a rendu difficile le contrôle de la trajectoire du glider et ne permet pas l'exploitation des estimations des courants absolus intégrés sur la verticale. Seuls les profils T et S sont exploitables. A partir de la plongée 315, des problèmes sont apparus au niveau du capteur de salinité.

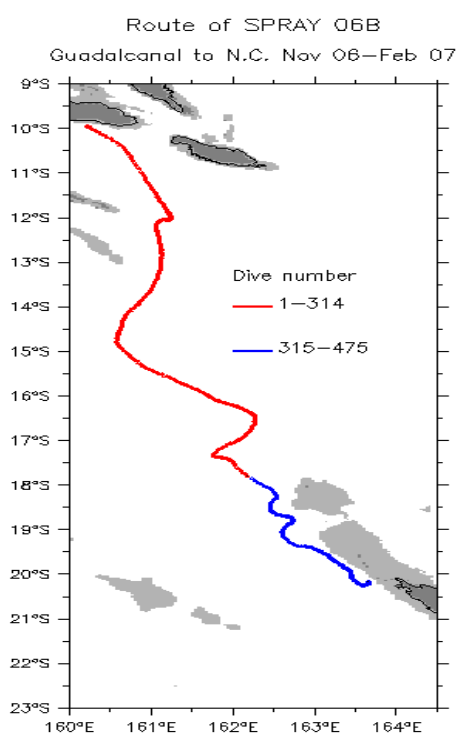


Figure 29 : Trajectoire du glider entre Novembre 2006 et mars 2007. Récupération du glider au large de la Nouvelle Calédonie (passe de Yandé à Poug)



Références

- Bahr, F., E. Firing and S. Jiang, 1990. Acoustic Doppler current profiling in the western Pacific during the US-PRC TOGA Cruises 5 and 6, JIMAR Contr. 90-0228, U. of Hawaii, 162 pp.
- Benson, B. et D. Krauss, 1984. The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol. Oceanogr.*, 29, 620-632.
- Bernardi, C., 2003. Logiciels développés pour la restitution des données Hydrosat-6, contrat Ingénieur, LODYC, 10 pp.
- Billant A. et P. Branelllec, 1994. Mesures de salinité et oxygène dissous. In : Recueil de Données, Campagne CITHER1, volume 3/4 : Traceurs Géochimiques, Doc Scient. ORSTOM Cayenne, N°O.P. 15,7-30.
- Billant, A., et P. Branelllec, 1994. Calibration des mesures CTD-O2 ; Campagne CITHER-1 N/O ATALANTE (2 janvier – 19 mars 1993), Recueil de données, Vol.2 : CTD-O2, Rapport Interne LPO (94-04)
- Carpenter J.H., 1965. The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol. Oceanogr.*, 10, 141-143.
- Chuchla, R. et B. Bourlès, 2001. Calibration des mesures CTD-O2, Campagne EQUALANT-2000, N.O. Thalassa, 24 juillet-21 août 2000, Rapport de campagne à la mer, Document Scientifique et Technique du Centre IRD Bretagne, n°89 Décembre 2001.
- Chuchla, R., B. Bourlès et Y. Gouriou, 2000. Calibration des mesures CTD-O2, Campagne EQUALANT 99, N.O. Thalassa 13 juillet – 21 août 1999, Rapport de campagne à la mer, Rapport interne LODYC n°2000-01, décembre 2000.
- Chuchla, R., E. Kestenare et F. Baurand, 2000. Mesures d'oxygène, Campagne EQUALANT-99, N.O. Thalassa, 13 juillet-21 août 1999, Recueil de données, Rapport Interne LODYC n°2000-01.
- Chuchla, R., A. Paumier, B. Rigobert et F. Baurand, 2001, Mesures d'oxygène, Campagne EQUALANT-2000, N.O. Thalassa, 24 juillet-21 août 2000, Rapport de campagne à la mer, Document Scientifique et Technique du Centre IRD Bretagne, n°89 Décembre 2001.
- Chuchla, R. et F. Marin, 2000. Mesures de salinité, Campagne EQUALANT-99, N.O. Thalassa, 13 juillet-21 août 1999, Recueil de données, Rapport Interne LODYC n°2000-01.
- Chuchla, R. et B. Le Vu, 2001, Mesures de salinité, Campagne EQUALANT-2000, N.O. Thalassa, 24 juillet-21 août 2000, Rapport de campagne à la mer, Document Scientifique et Technique du Centre IRD Bretagne, n°89 Décembre 2001.
- Dandonneau, Y., 1995. Sea-surface partial pressure of carbon dioxide in the eastern equatorial Pacific (August 1991 to October 1992): A multivariate analysis of physical and biological factors. *Deep-Sea Res. II*, 42, 349-364.
- Dirberg, Guillaume, 2004. Rétrodiffusion Hydrosat-6 des *Trichodesmium* dans le Pacifique Tropical Sud Ouest. Rapport de stage Ingénieur 3^{ème} année ENGEES et MSC Southampton Oceanography Center. 10 janvier-30 juin 2004, 28 pp. Centre IRD de Nouméa.
- Delcroix, T., F. Baurand, G. Eldin, F. Gallois, Y. Gouriou, M. Rodier et D. Varillon, 2002. Rapport de la mission FRONTALIS à bord du Navire Océanographique l'Alis (Frontalis Cruise Report), 29 mars – 26 avril 2001, 22°S-5°N / 155°E-165°E. UMR LEGOS, Toulouse, document interne, 130 pages.
- Dupouy, C., Neveux, J. and J. M. André, 1997. Spectral absorption coefficient of photosynthetically active pigments in the equatorial Pacific ocean (165°E-150°W). *Deep Sea Research II*, 44, 9-10, 1881-1906.
- DOE, 1994. Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water ; version 2. A.G. Dickson & C. Goyet, eds.
- Eldin, G., T. Delcroix, and M. Rodier, 2004: The frontal area at the eastern edge of the western equatorial Pacific warm pool in April 2001. *J. Geophys. Res.*, 109, C07006, doi:10.1029/2003JC002088.
- Fischer J., and M. Visbeck, 1993. Deep Velocity Profiling with self-contained ADCPs, *J. Atmos. Oceanic Technol.* p 764-773.
- Fournier P., C. Oudot et F.Baurand, 1997a - Mesures d'Oxygène dissous, Campagne ETAMBOT-1, Recueil de données, volume 2/2, Documents Scientifiques du Centre ORSTOM de Cayenne, n°O.P. 23.
- Fournier P., C. Oudot et F.Baurand, 1997b - Mesures d'Oxygène dissous, Campagne ETAMBOT-2, Recueil de données, volume 2/2, Documents Scientifiques du Centre ORSTOM de Cayenne, n°O.P. 25.

- Ganachaud, A., G. Eldin, M. Rodier, R. Chuchla, F. Gallois, A. Lapetite, 2006a. Rapport de la campagne FRONTALIS-2 à bord du NO ALIS du 22 avril au 22 mai 2004, Rapports de Missions Sciences de la Mer numéro 18, Centre IRD de Nouméa, BP A5, Nouvelle-Calédonie.
- Ganachaud, A., A. Vega, F. Gallois, B. Vignal, L. Jamet, M. Rodier, L. Gourdeau, G. Alory, Rapport de la campagne SECALIS-2 du 4 au 18 décembre 2004, Rapports de Missions Sciences de la Mer, Centre IRD de Nouméa, BP A5, Nouvelle-Calédonie, 2006.
- Garcia and Gordon (1992) "Oxygen solubility in seawater: Better fitting equations", *Limnology & Oceanography*, vol 37(6), p1307-1312.
- Giese, B., C. Uzinar, and N. Fučkar, 2002. Southern hemisphere origins of the 1976 climate shift, *Geophys. Res. Lett.*, 29 (2), doi: 10.1029/2001GL013268.
- Gourdeau L., E. Kestenare, A., F. Gallois, A. Ganachaud, J.Y. Panche, L. Jamet, M. A. Di Matteo, J. Verron, X. Couvelard, Rapport de la mission SECALIS-3 à bord du navire océanographique l'Alis du 11 au 24 juillet 2005, Rapports de Missions Sciences de la Mer, 21, Centre IRD de Nouméa, BP A5, Nouvelle-Calédonie, 2007.
- Gouriou, Y., 1997a. Calibration des mesures CTD-O₂, dans « Campagne ETAMBOT 1, Recueil de données, Vol.1/2 : Introduction, Mesures 'en route', Courantométrie ADCP, mesures CTDO₂, Coupes de distributions verticales », Doc. Scient. du Centre ORSTOM de Cayenne, O.P. 22.
- Gouriou, Y., 1997b Calibration des mesures CTD-O₂, dans « Campagne ETAMBOT 2, Recueil de données, Vol.1/2 : Introduction, Mesures 'en route', Courantométrie ADCP, mesures CTDO₂, Coupes de distributions verticales », Doc. Scient. du Centre ORSTOM de Cayenne, O.P. 24.
- Gu D. and S. G. H. Philander, 1997: Interdecadal climate fluctuations that depend on exchanges between the tropics and extratropics. *Science*, **275**, 805-807.
- Hall M.M. and H.L. Bryden, 1982. Direct estimates and mechanisms of ocean heat transport, *Deep-Sea Res.*, 29, 339-359.
- Hénin, C. and J. Grelet, 1996, A merchant ship thermosalinograph network in the Pacific ocean, *Deep Sea Res.*, I, 43, 1833-1855.
- HOBILabs, 2004. HydroScat-6 Spectral Backscattering Sensor, User's Manual, revision 2, October 2004, 59 pp.
- Holmes R. M., Aminot A., Kérouel R., Hooker B.A., Petersen B.J., 1999. A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems, *Can. J. fish. Aquat. Sci.*, 56, 1801-1808
- Joyce, T., et C. Corry, 1994. Requirements for WOCE hydrographic programme data reporting, WHP Office Report 90-1, WOCE Report n°67/91, Woods Hole, Mass., USA.
- Kleeman, R., J. P. McCreary and B. A. Klinger, 1999: A mechanism for generating ENSO decadal variability. *Geophys.Res.Lett.*, **26**(12) 1743-1746.
- Lagarias, J.C., J. A. Reeds, M. H. Wright, and P. E. Wright, "Convergence Properties of the Nelder-Mead Simplex Method in Low Dimensions," *SIAM Journal of Optimization*, Vol. 9 Number 1, pp. 112-147, 1998.
- Le Bouteiller, A., Blanchot J., Rodier M., 1992. Size distribution patterns of phytoplankton in the western Pacific: towards a generalization for the tropical ocean. *Deep-Sea Res.*, 39, 803-823.
- Luo, J.-J., and T. Yamagata, 2001: Long-term El Niño-Southern Oscillation (ENSO)-like variation with emphasis on the South Pacific. *J. Geophys. Res.*, 106, 22,211-22,227
- Luo, J.-J., S. Masson, S. Behara, P. Delecluse, S. Gualdi, A. Navarra and T. Yamagata, 2003: South Pacific origin of the decadal ENSO-like variation as simulated by a coupled GCM. *Geophys.Res.Lett.*, **30**, doi:10.1029/2003GL018649
- Kattner G., 1999. Storage of dissolved inorganic nutrients in seawater: poisoning with mercuric chloride, *Mar. Chem.*, 67, 61-66.
- Maes C., E. Kestenare, A. Ganachaud, F. Gallois, M. Rodier, D. Varillon, G. Eldin, R. Chuchla, A. Lapetite. Rapport de la mission FRONTALIS 3 à bord du N.O. Alis du 22 avril au 19 mai 2005, 22°S-2°N / 161°E-172°E. Noumea : IRD, 2006. (Sciences de la Mer. Oceanographie Physique. Rapports de Missions, No 20), 167 pp.
- Maffione, R. A., and D. R. Dana, 1997. Instrument for measuring the backward scattering coefficient of ocean waters, *Appl. Opt.*, 36, 6057-6067.
- McCreary J.P., and P. Lu, Interaction between the subtropical and equatorial ocean circulations: the subtropical cell, *J. Phys. Oceanogr.*, 24, 466-497, 1994.
- McPhaden, M. and D. Zhang, 2004. Pacific Ocean circulation rebounds. *Geophysical Research Letters*, 31, L18301, doi:10.1029/2004GL020727

- McTaggard, K.E. et G.C. Johnson, 1997. CTD/O2 Measurements collected on a climate and global change cruise (WOCE P14S and P15S) during January-March 1996, NOAA data report ERL PMEL-63, NOAA/PMEL, 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115.
- Owens, W. et R. Millard, 1985. A new algorithm for CTD oxygen calibration. *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 621-631.
- Millard, R. 1993. WHP operations and methods, October 1993. <http://whpo.ucsd.edu/manuals.htm>.
- Millero F. J. and A. Poisson, 1981. International one-atmosphere equation of the state of Sea Water, *Deep Sea Res.*, 28, 625-629.
- Murphy J., Riley J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Anal. Chem. Acta*, 26, 31-36.
- Murray C. N., J. P. Riley and T.R. S. Wilson, 1968. The solubility of oxygen in Winkler reagents used for the determination of dissolved oxygen. *Deep Sea Res.*, 15,237-238.
- Murphy, D., N. Larson and B. Edwards, Improvements to the SBE 43 Oxygen Calibration Algorithm, Owen, W.B., et R.C. Millard, 1985. A new algorithm for CTD oxygen calibration, *Journal of Physical Oceanography*, 15, 621-631.
- Owens, W. et R. Millard, 1985. A new algorithm for CTD oxygen calibration. *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 621-631.
- Pollard, R. and J. Read, 1989. A method for calibrating shipmounted acoustic Doppler profilers, and the limitations of gyro compasses, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 6, 859-865.
- Press, W., B. Flannery, S. Teukolsky, et W. Vetterling, 1986. *Numerical Recipes: The art of scientific computing*. Cambridge University Press, 818 pp.
- Qu, T. and E. J. Lindstrom, 2002: A climatological interpretation of the circulation in the western South Pacific. *J.Phys.Oceanogr.*, **32**, 2492-2508.
- Raimbault P., Slawyk G., Coste B., Fry J., 1990. Feasibility of using an automated colorimetric procedure for the determination of seawater nitrate in the 0 to 100 nM range: examples from field and culture. *Mar. Biol.*, 104, 347-351.
- Seabird Electronics, Inc., 1998. CTD Data Acquisition software, SEASOFT, version 4.234, Washington, USA, 2 octobre 1998 (email : seabird@seabird.com) .http://www.seabird.com/technical_references/paperindex.htm.
- Strickland J., Parsons T., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Canada Bull.*, 167, 310pp.
- UNESCO, 1968. Zooplankton sampling. *Monographs on Oceanographic Methodology*, 2, Paris, 174pp.
- UNESCO, 1981. Background papers and supporting data on the practical Salinity Scale 1978. *UNESCO Technical Papers in marine Science*, N°37, 144
- WOCE, 1994. WOCE Operations Manual. Vol. 3,Part 3.1.3 : WHP Operations and methods.WHP Office Report WHPO 91-1, WOCE report N°68/91, Revision 1, November 1994.
- World Ocean Circulation Experiment, 1994. WOCE Experiment Manual, WHP Office Report 90-1, WOCE Report No. 67/91, Rev.2, Woods Hole, Mass., USA, May 1994.
- WOCE, 1994. WOCE Operations Manual. Vol. 3, Part 3.1.3 : WHP Operations and methods.WHP Office Report WHPO 91-1, WOCE report N°68/91, Revision 1, November 1994.

ANNEXE 1



CONTACTEZ NOUS : Les Nouvelles Calédoniennes - #1 rue de Sébastopol - BP 65 - 98649 Nouméa Cedex
Tél. : 06 687 27 25 84 Rédaction : inc@canl.nc Publicité : incpub@canl.nc
Abonnements : scs.abonnement@nc.nc Petites annonces : inc.pa@nc.nc



Lundi 27 Novembre
2006

ACTUALITE

[A la Une](#)

[Nouvelle-Calédonie](#)
[Noumea](#)
[Grand Noumea](#)
[Les Provinces](#)
[Sports](#)
[Pacifique](#)

[Actu internationale](#)
[Sport international](#)

DOSSIERS

[Terre de Nickel](#)

NOS SUPPLEMENTS

[Week-end](#)

SERVICES

[Abonnement au journal](#)

[La météo du jour](#)

 [NRPJ en ligne](#)

[Recouvrir la Calédonie](#)

[Contacter-nous](#)

[convertisseur CFP - Euro](#)

Nouvelle-Calédonie / La vie du port

L'Alis sauve la vie de quatre personnes à la dérive

L'Alis, navire océanographique de l'IRD, a recueilli il y a deux semaines quatre personnes à la dérive sur une petite barque à 220 milles nautiques dans l'ouest de Vanikoro.

De retour de la mission océanographique Secalis 4 dans les eaux de l'île salomonaise de Mala ta, le navire de l'IRD (Institut de recherche pour le développement) Alis se trouvait dans la soirée du mardi 14 novembre à 80 milles nautiques dans le sud-est de l'île San Cristobal, aussi appelée Makira.

Vers 19h50, le matelot de quart, Jean Lamata, a remarqué une lueur clignotante très faible sur tribord et a alerté le capitaine Raymond Proner, qui a alors décidé de dérouter le navire. Une décision providentielle car l'Alis n'a pas tardé à découvrir une petite embarcation de 7 mètres à la dérive. À son bord : quatre personnes épuisées, un homme et trois femmes qui avaient utilisé une lampe torche pour attirer l'attention.

Neuf jours de dérive

Ils ont immédiatement été hissés à bord du navire, puis reconfortés et lentement rehydratés par son équipage. Quand ils ont été en mesure de parler, l'homme a commencé un incroyable récit. Responsable des pêches à Lata, capitale de l'archipel des Santa Cruz (ou Te Motu), il s'est rendu au début du mois à Vanikoro, à 85 milles nautiques dans le sud-est, avec ce petit bateau seulement doté d'un moteur de 25 CV.

Le lundi 6 novembre, il a entrepris de rentrer à Lata en compagnie de trois femmes de sa famille. La visibilité étant mauvaise et, en l'absence de compas de route et de carte marine, il a fini par rater Utupua, une île située entre Vanikoro et Lata. Effrayé, il a alors décidé de faire demi-tour mais n'a pas réussi à retrouver son point de départ.

Il a alors décidé de couper le moteur pour économiser le peu d'essence qui lui restait et de partir à la dérive. Une dérive qui a duré neuf jours, presque sans eau ni nourriture. À un moment, ils ont vu un palangrier asiatique, et ont démarré le moteur pour tenter de le rejoindre. Le bateau de pêche a alors pris la fuite pour éviter de les rencontrer. Il n'était sans doute pas tout à fait en règle...

L'Alis a donc hissé le canot à son bord et s'est dérouter pour ramener les quatre rescapés à Lata où il a reçu un accueil extraordinaire. Il faut dire

NAVIGUEZ

[Tous les articles](#)
[Précédent](#) | [Suivant](#)



À l'arrivée à Lata, le canot intact a été remis à l'eau. Photos Alis

que, depuis de nombreuses années, le navire de l'IRD accompagne et sert de base logistique aux différentes missions archéologiques de l'association Salomon sur les épaves de Laperouse à Vanikoro. Il y est très apprécié car il rend de multiples services aux gens de l'île et de l'archipel. Et cette fois-ci, encore plus fort, il ramène à bon port quatre d'entre eux que tout le monde croyait perdus ! Inutile de préciser que l'accueil qui lui a été réservé a été indescriptible. Un accueil qui ne pourra que resserrer encore un peu plus les liens qui unissent la Nouvelle-Calédonie et Vanikoro.

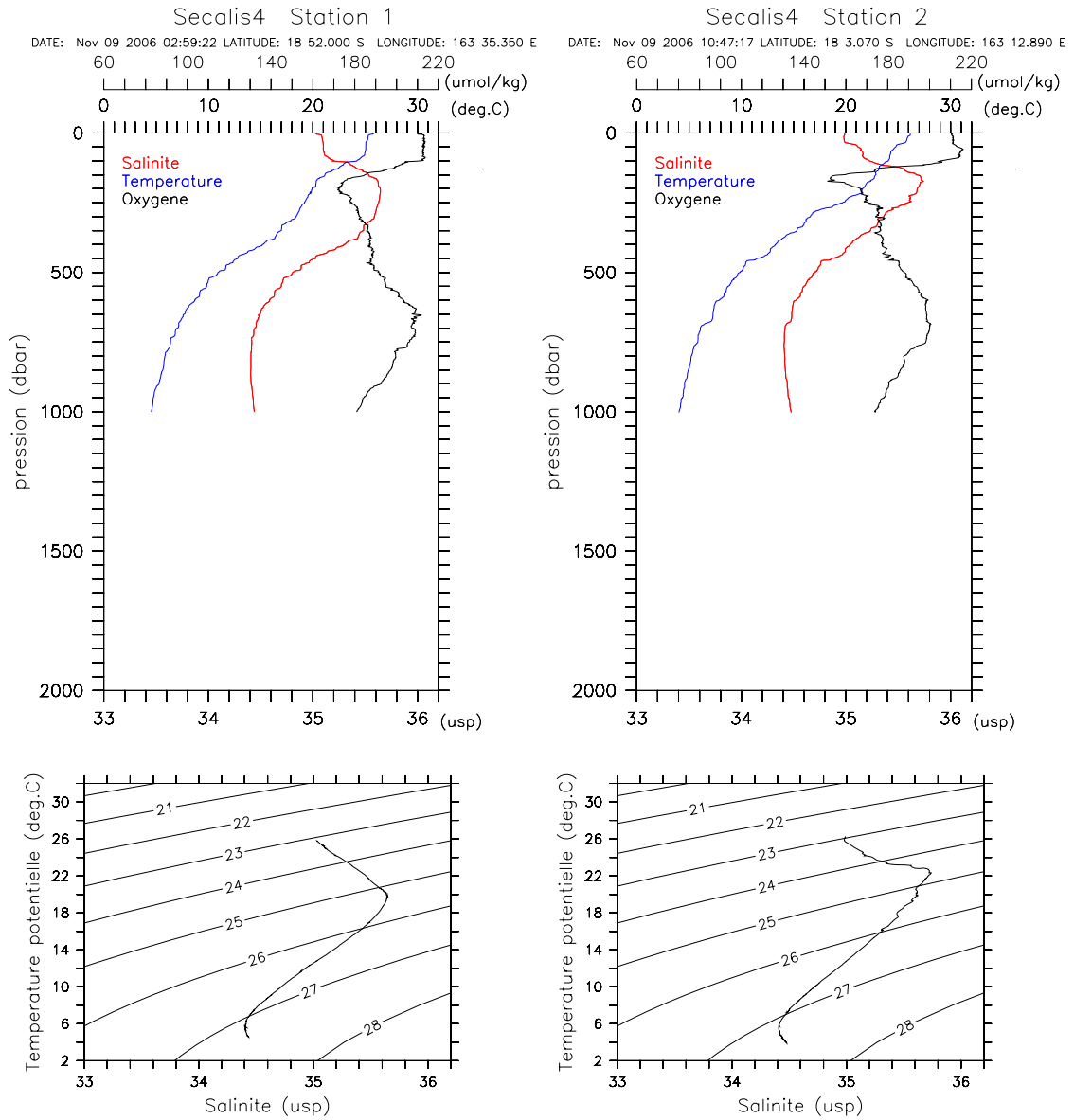
Michel Martin

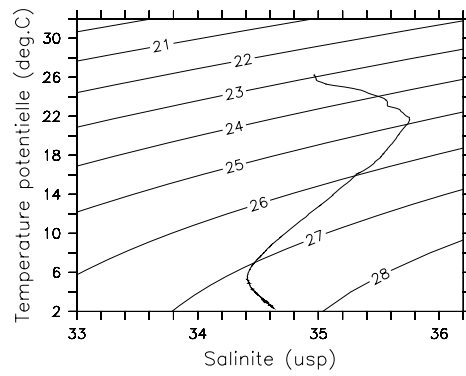
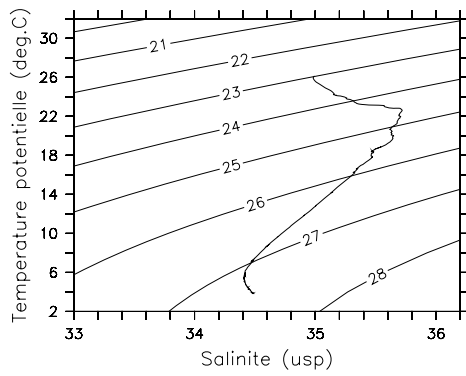
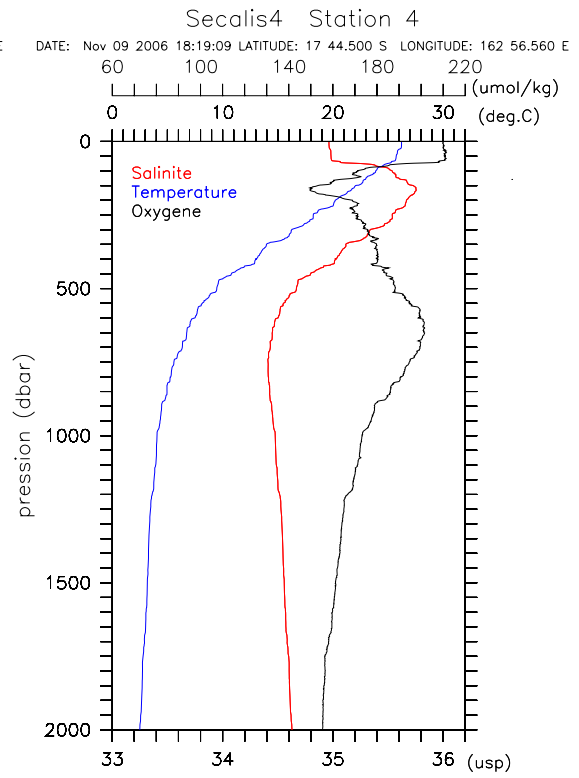
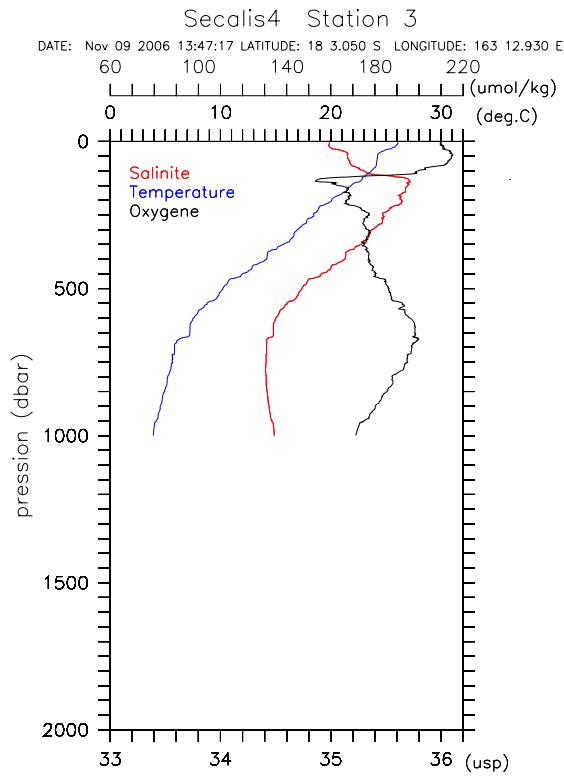
Annexe 2 : Chronologie détaillée de la campagne

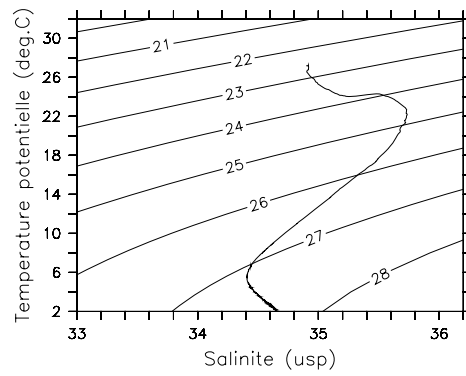
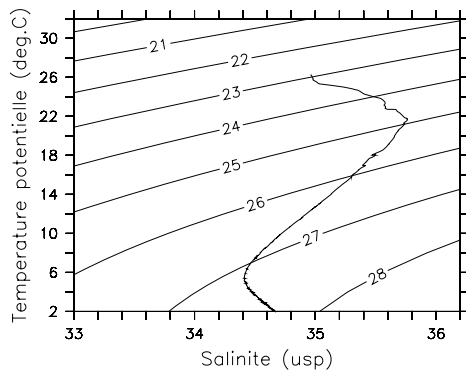
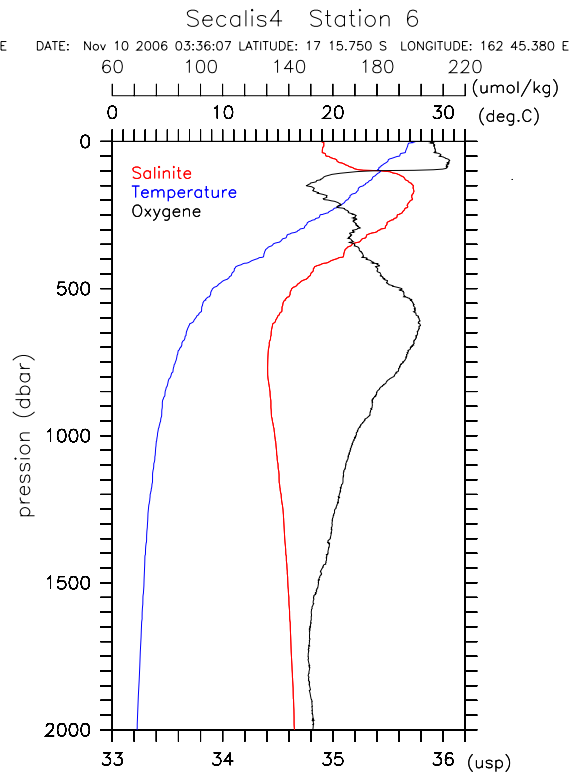
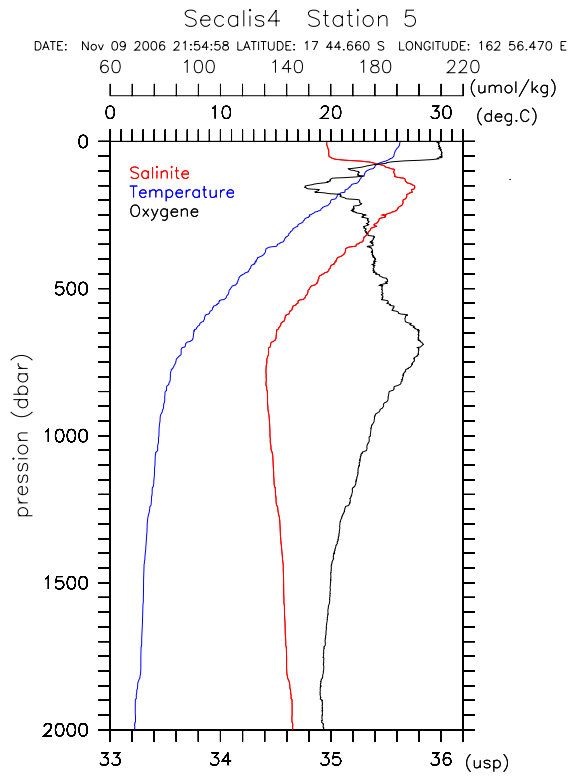
	N° Station	Latitude dd°mm'	Longitude dd°mm'	Date et heure TU jj/mm/aaaa hh:mm	Temps entre station(en hr)	Distance cumulée en milles	Distance entre station	Durée station hh.mm	CTD	Profondeur (en m)	Nbre Bouteilles
Nouméa		-22,16	166,20	07/11/2006 09:00	0,00	0	0	00:20	0	0	
pt mer		-20,54	164,2	07/11/2006 23:28	23,08	138,47	138,47	01:00	1	0	
surprises		-18,29	163,04	09/11/2006 03:24	26,95	300,16	161,69	00:20	0	0	
	1	-18,52	163,35	09/11/2006 04:30	6,22	337,47	37,30	00:00	1	1000	12
	2 3	-	163,1235	09/11/2006 13:22	8,88	390,74	53,27	04:30	2	1000	11-0
	4 5	-	162,565	09/11/2006 21:53	4,01	414,80	24,06	05:02	2	2000	12-10
	6	-17,16	162,45	10/11/2006 08:00	5,09	445,34	30,55	03:08	1	2000	2
SVP 44338	7	-16,32	162,31	10/11/2006 11:15	7,67	491,34	45,99	02:20	0	0	0
SVP 44336	8	-14,17	161,41	11/11/2006 06:00	23,89	634,68	143,35	01:48	1	2000	12
	9	-11,42	160,51	12/11/2006 02:16	27,08	797,16	162,48	02:08	1	2000	11
Glider	10 11	-9,58	160,18	12/11/2006 17:13	18,16	906,09	108,93	08:52	2	2000	12 - 12
	12	-10,21	161,05	13/11/2006 08:50	13,69	988,25	82,16	02:08	1	2000	11
	13	-10,2	161,14	13/11/2006 11:14	9,89	965,44	59,35	01:26	1	1000	3
	14	-11,05	162,18	13/11/2006 22:04	12,89	1042,77	77,33	01:26	1	1000	11
	15	-10,55	162,56	14/11/2006 05:56	6,44	1081,39	38,62	02:08	1	2000	12
	16	-10,55	163,24	14/11/2006 10:15	4,58	1108,88	27,49	02:08	1	2000	12
	17	-10,42	165,19	15/11/2006 11:45	18,95	1222,59	113,71	02:08	1	2000	12
	18	-10,58	165,57	15/11/2006 18:09	6,77	1263,19	40,61	02:18	1	2000	12
	19	-11,32	166,05	15/11/2006 23:41	5,82	1257,48	34,89	01:48	1	2000	0
SVP 44337	20	-12,14	166,18	16/11/2006 08:47	7,31	1301,37	43,88	02:08	1	2000	12
	21	-12,59	166,25	16/11/2006 14:24	7,59	1346,88	45,52	02:08	1	2000	12
	22	-13,43	166,26	16/11/2006 21:03	7,34	1390,89	44,01	00:00	1	2000	12
	23	-14,08	166,27	17/11/2006 01:13	4,17	1415,91	25,02	00:30	1	2000	0
	24	-14,33	166,23	17/11/2006 05:56	4,22	1441,21	25,30	00:00	1	2000	12
	25	-15,4	166,36	17/11/2006 15:22	11,36	1509,37	68,17	02:08	1	2000	0
	26	-16,4	167,18	18/11/2006 18:22	12,05	1581,67	72,30	02:08	1	2000	0
	27	-17,32	167,56	19/11/2006 07:04	10,57	1645,10	63,43	02:08	1	2000	12
	28	-17,53	168,05	20/11/2006 06:43	3,78	1667,78	22,68	01:26	1	1000	9
	XCTD	-18,07	167,59	20/11/2006 09:00	2,52	1682,90	15,12	00:00	0	1000	
	XBT	-18,27	167,56	20/11/2006 11:49	3,37	1703,10	20,20	00:00	0	700	
	XBT	-18,5	167,52	20/11/2006 14:56	3,89	1726,41	23,31	00:00	0	700	
	XCTD	-19,13	167,49	20/11/2006 18:07	3,86	1749,59	23,17	00:00	0	1000	
	XBT	-19,35	167,45	20/11/2006 20:50	7,58	1771,90	45,48	00:00	0	700	
	XBT	-20,01	167,41	21/11/2006 00:07	4,38	1798,17	26,27	00:00	0	700	
	XCTD	-20,25	167,36	21/11/2006 03:15	4,08	1822,62	24,45	00:00	0	1000	
	XCTD	-20,45	167,33	21/11/2006 05:45	3,37	1842,82	20,20	00:00	0	1000	
	XBT	-21,2	167,27	21/11/2006 10:10	5,91	1878,26	35,45	00:00	0	700	
	XBT	-21,42	167,22	21/11/2006 13:00	3,75	1900,75	22,49	00:00	0	700	
	XBT	-22,56	167,19	22/11/2006 00:41	8,17	1871,66	49,03	00:00	0	700	
	XCTD	-22,07	167,17	21/11/2006 16:31	4,24	1926,18	25,43	00:00	0	1000	
Nouméa		-22,16	166,20	22/11/2006 13:23	11,26	1939,24	67,58	00:00	0	0	

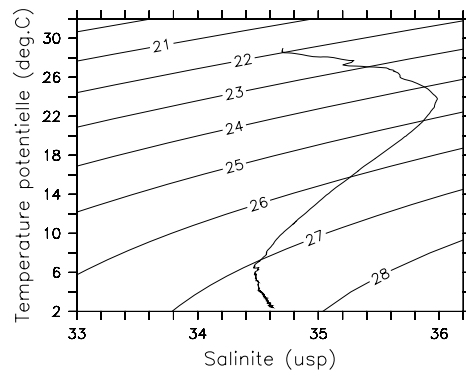
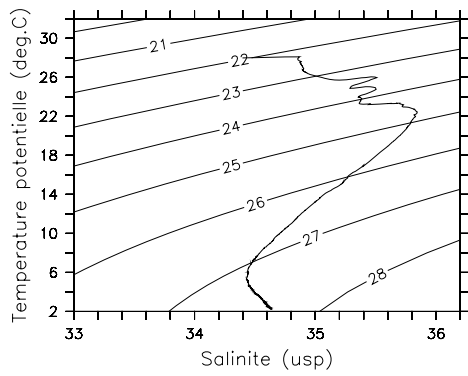
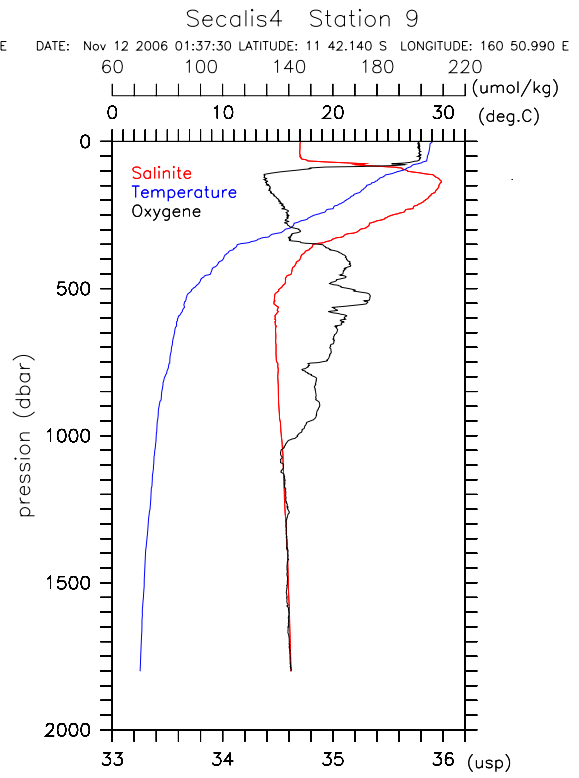
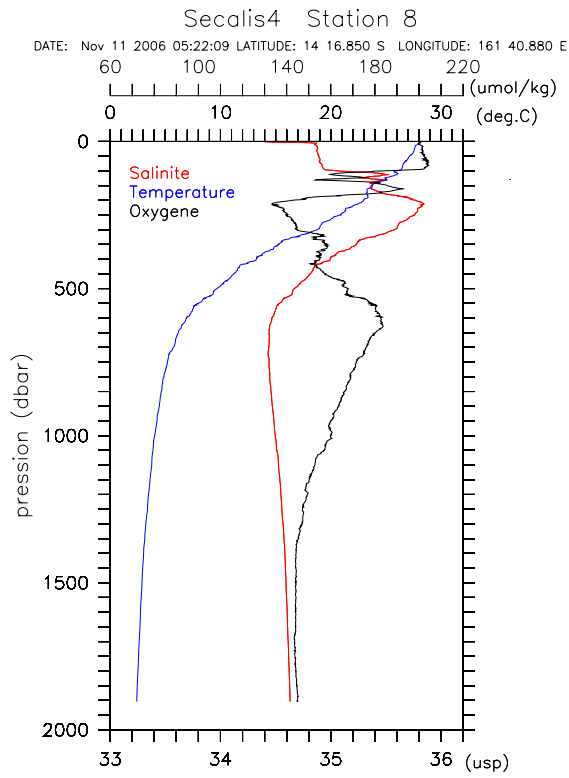
Annexe 3 : Profils CTD

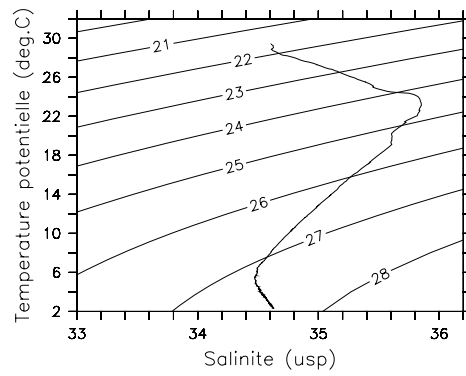
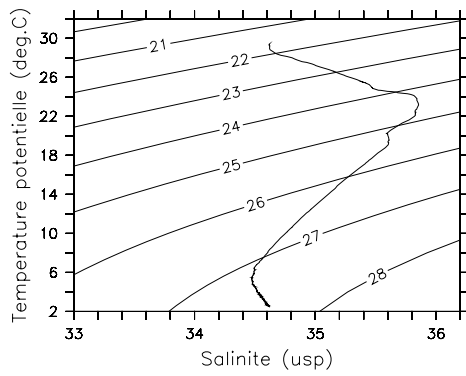
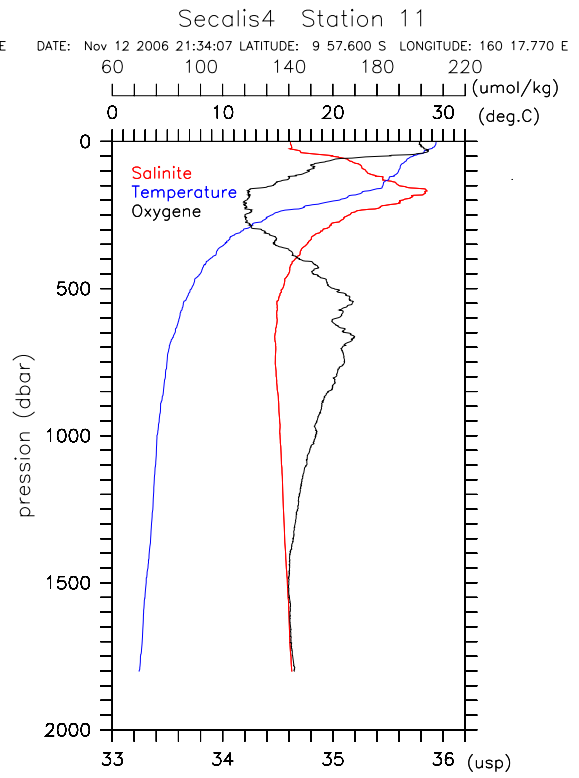
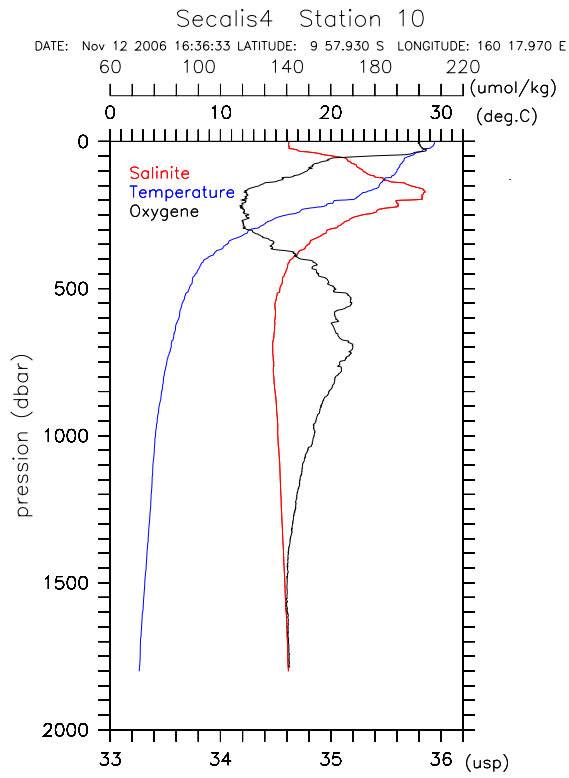
Les figures suivantes montrent les données CTD-O2 après calibration, pour chaque station

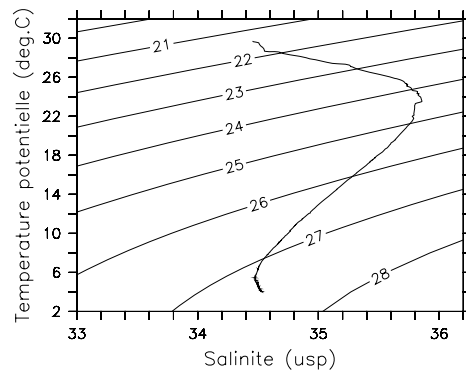
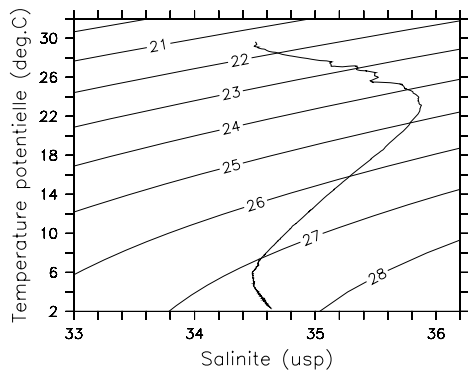
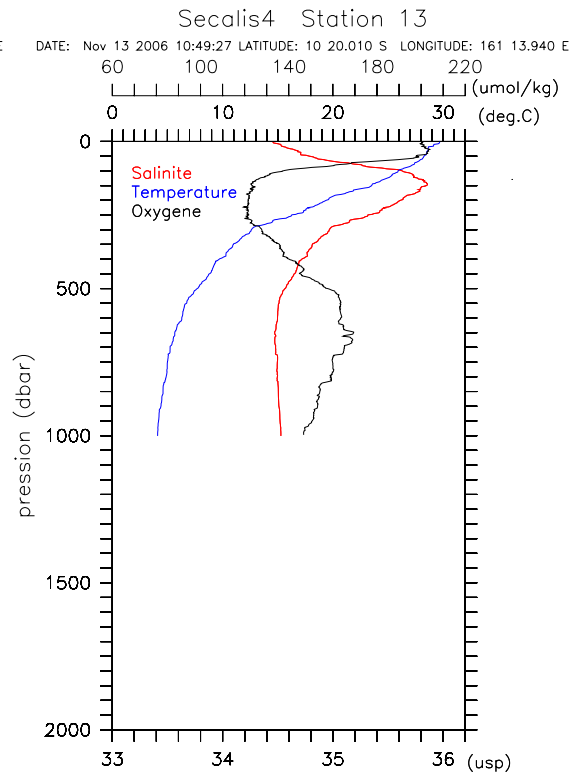
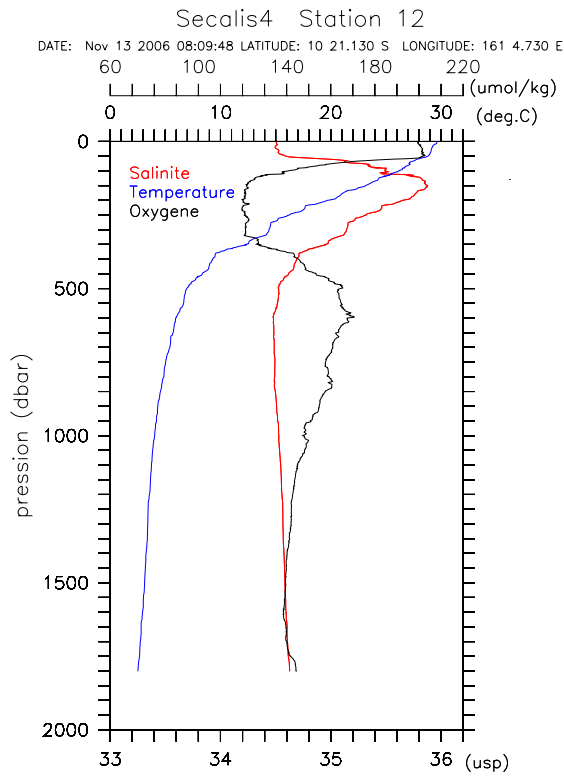


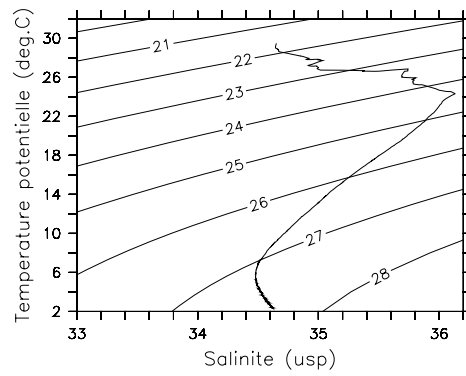
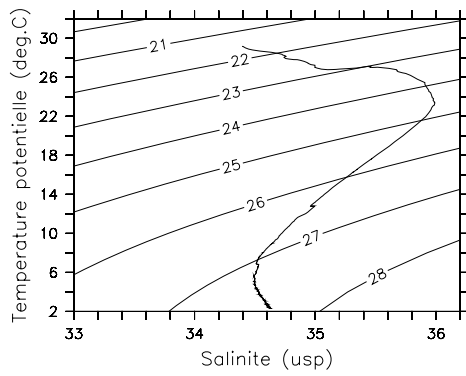
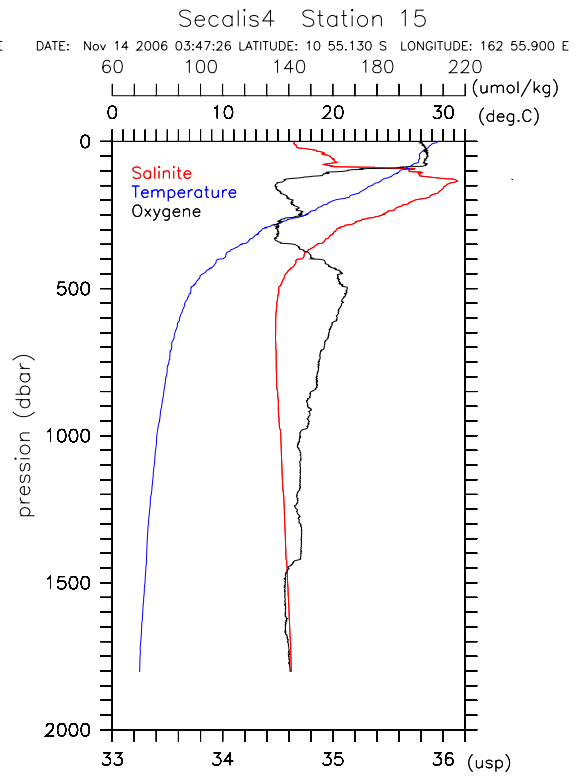
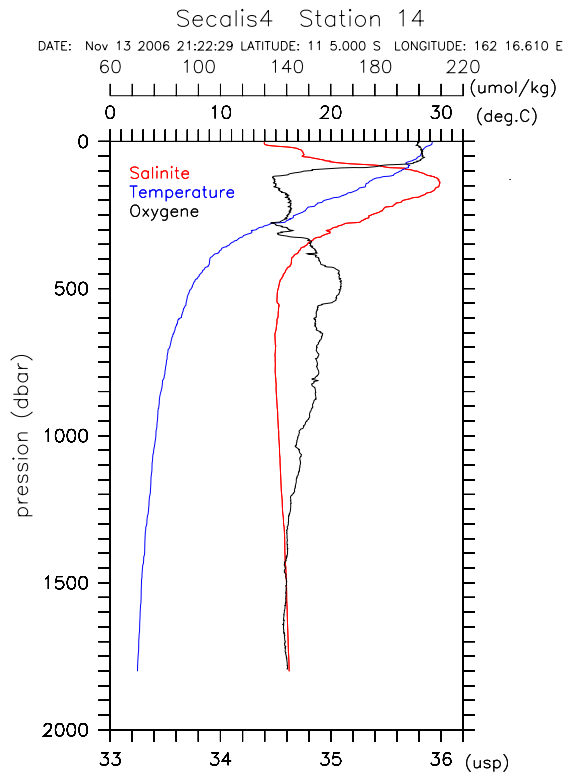


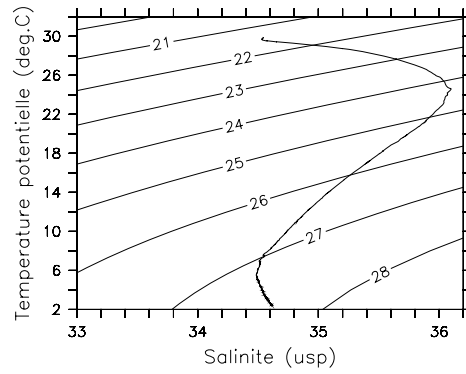
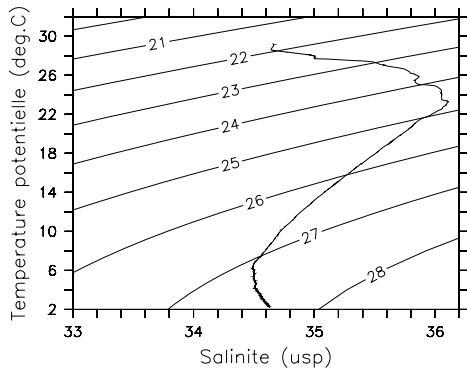
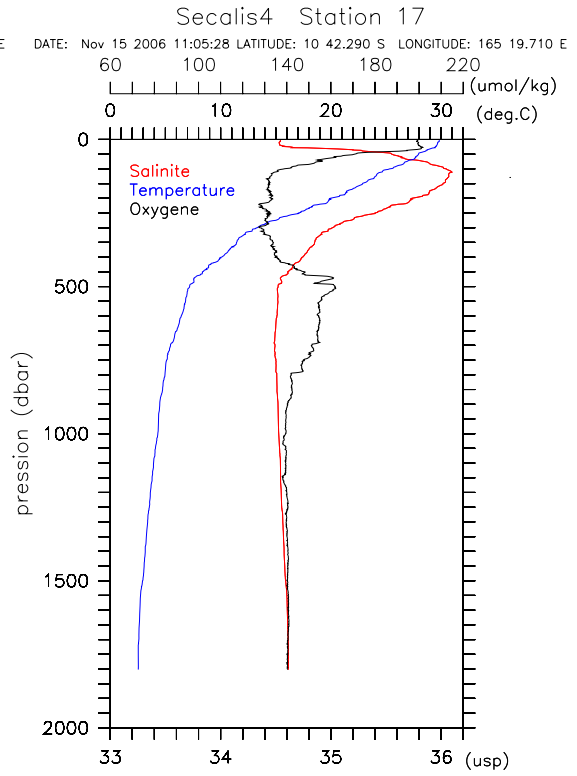
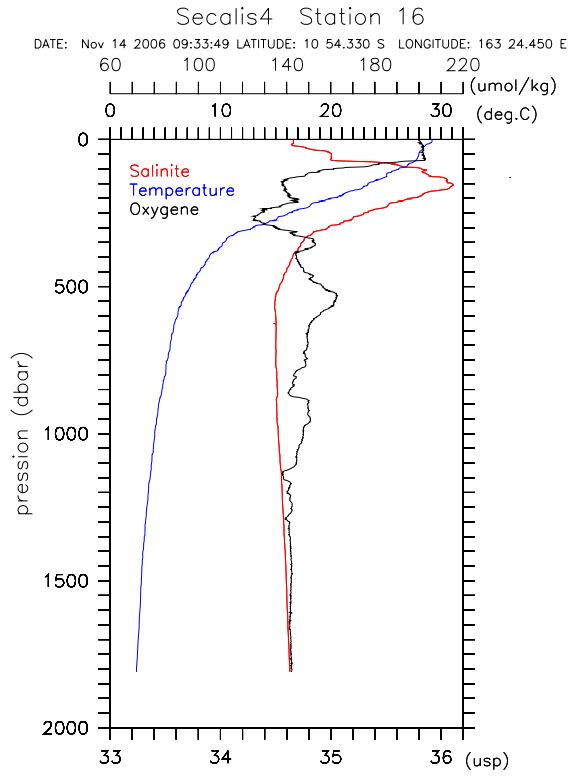


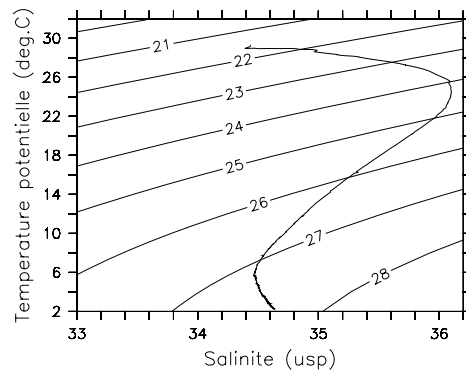
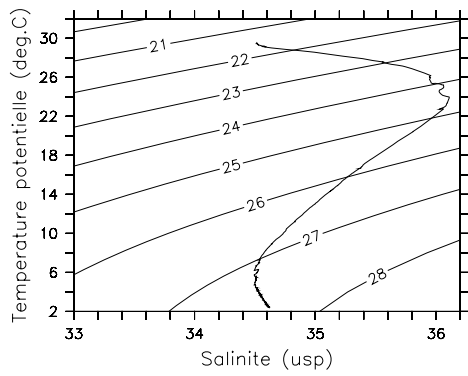
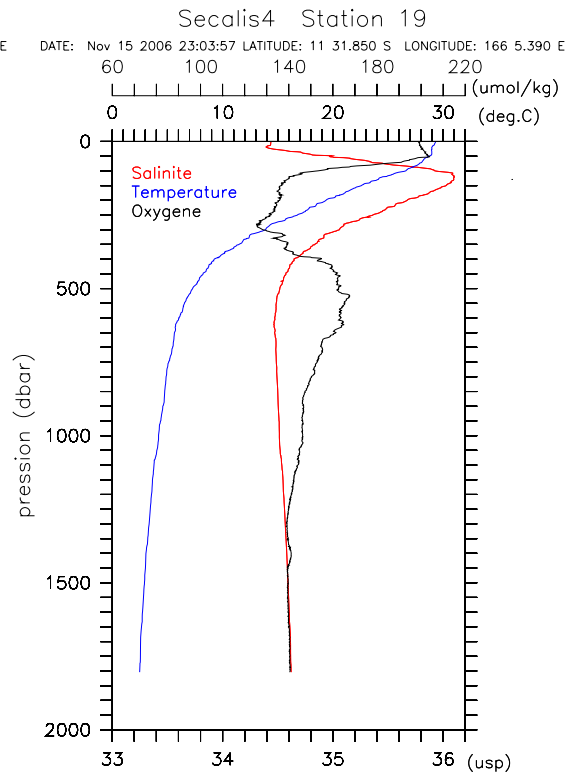
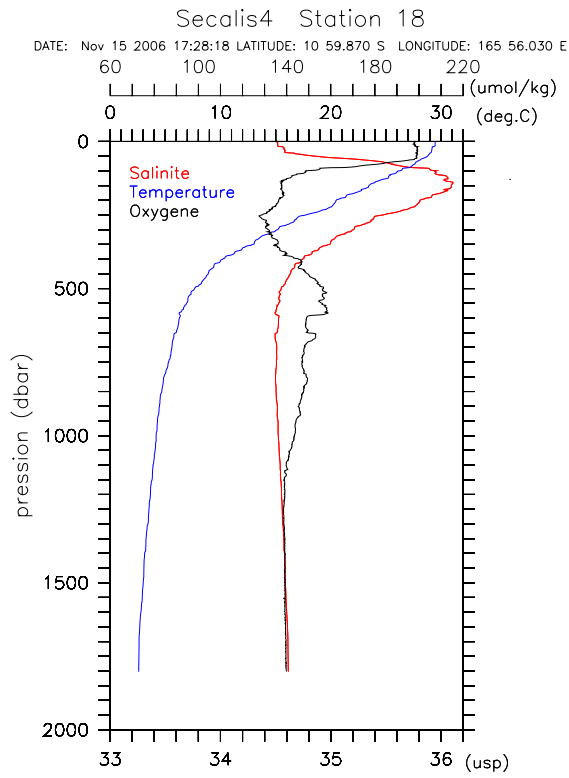


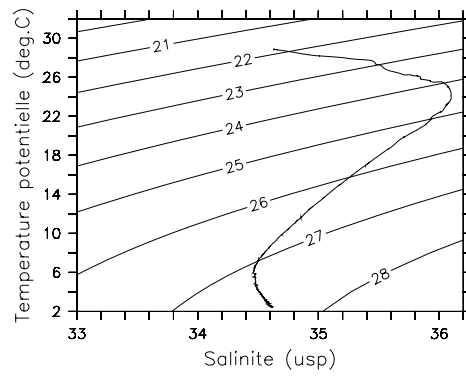
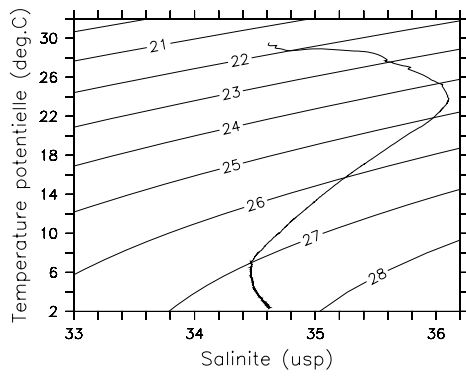
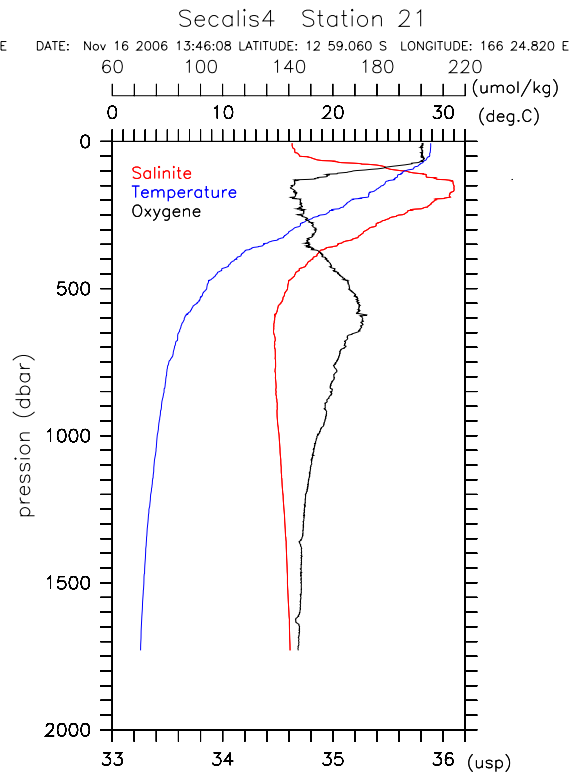
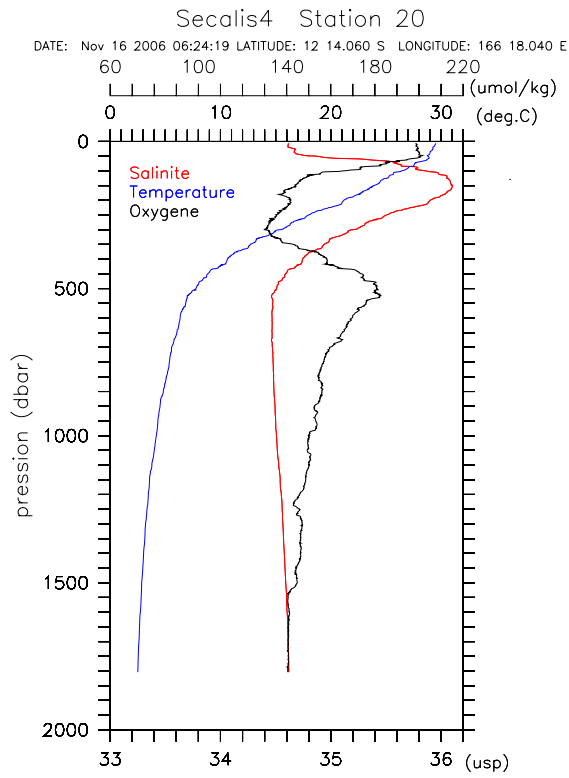


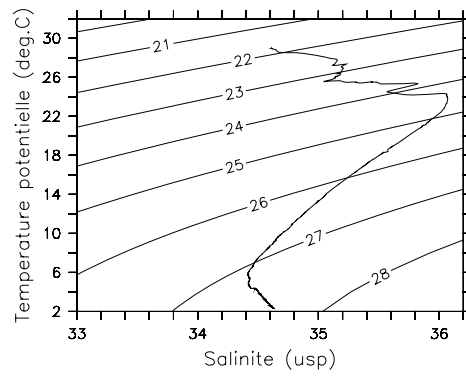
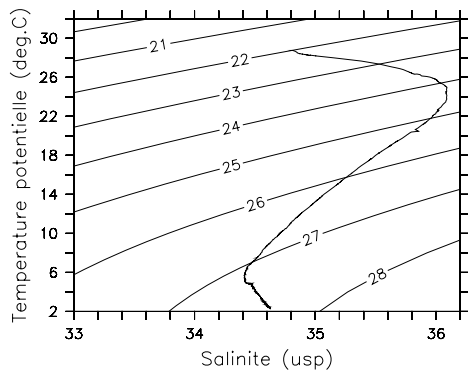
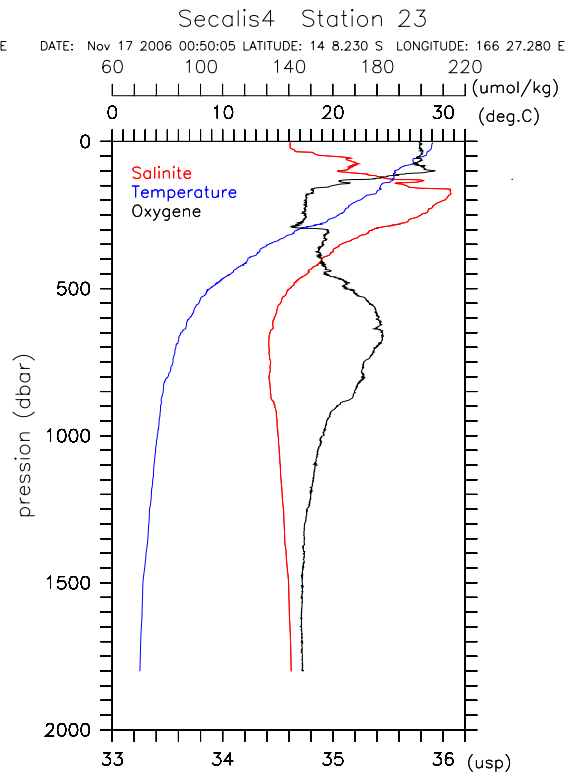
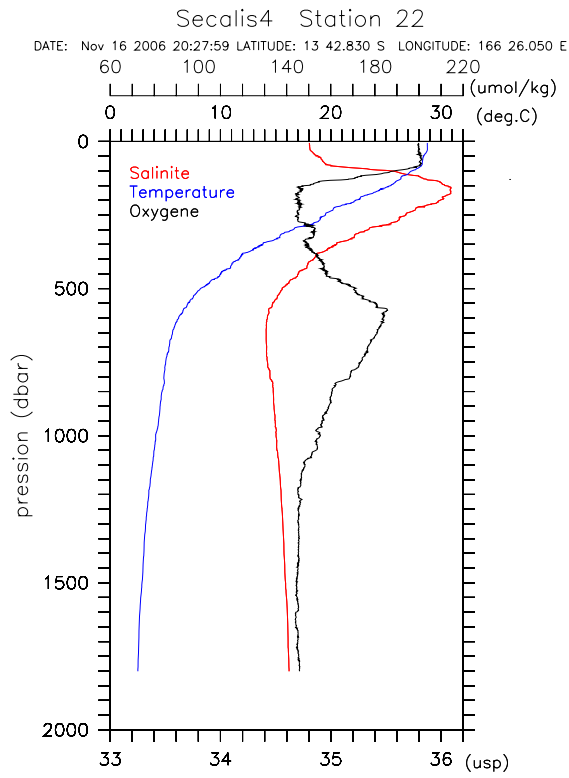


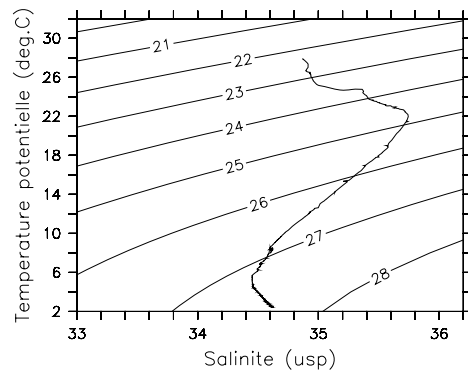
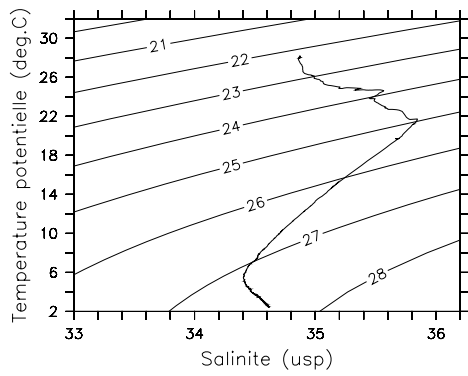
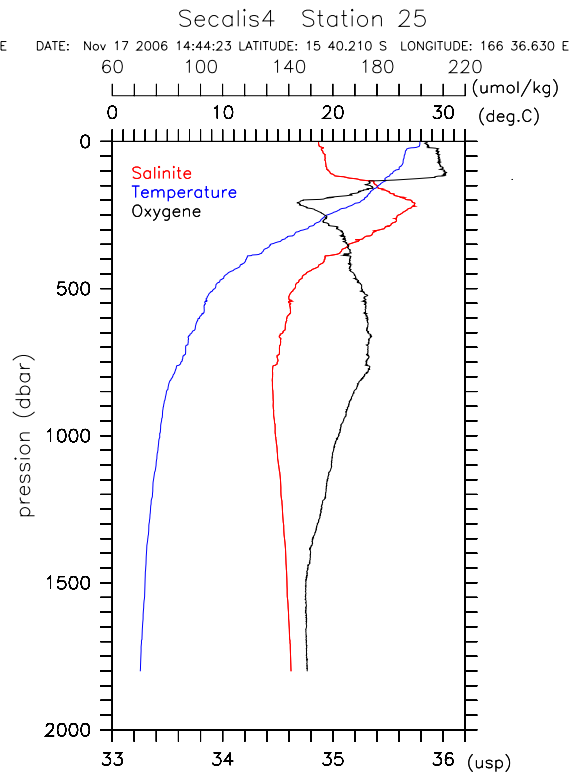
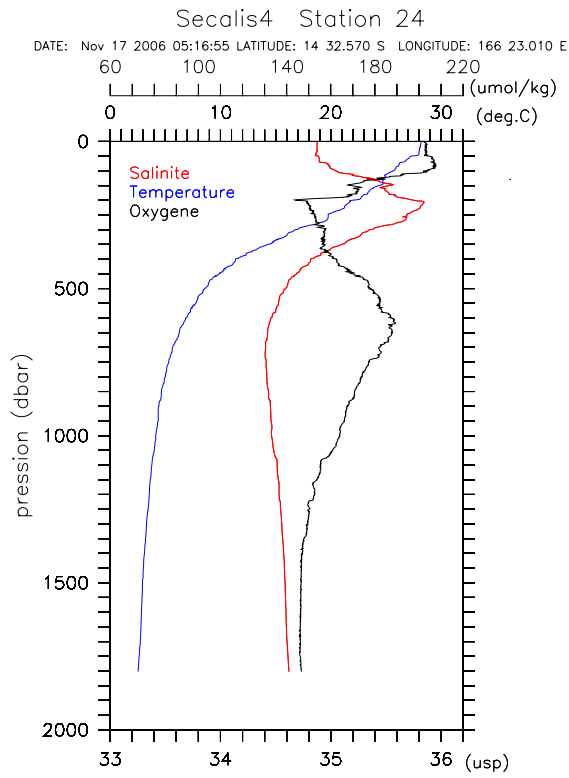


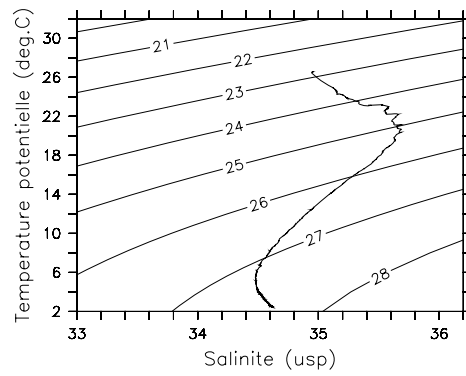
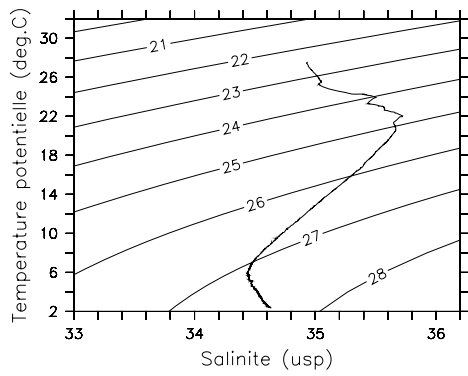
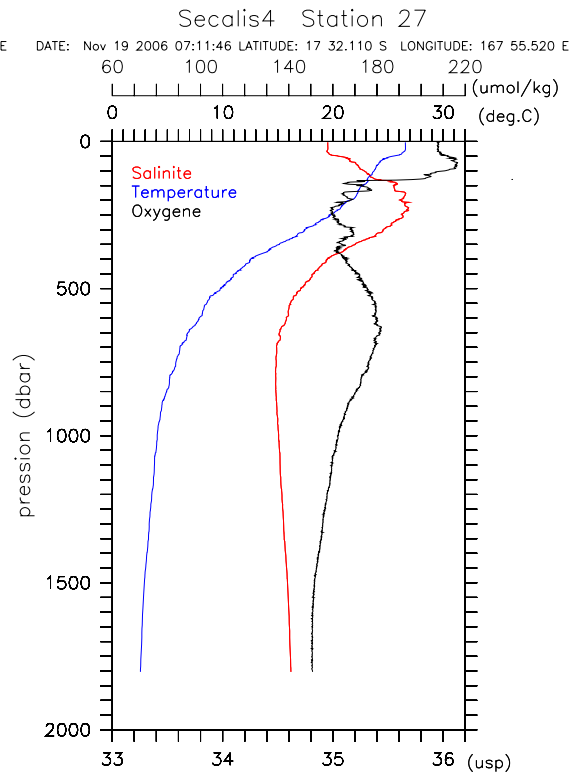
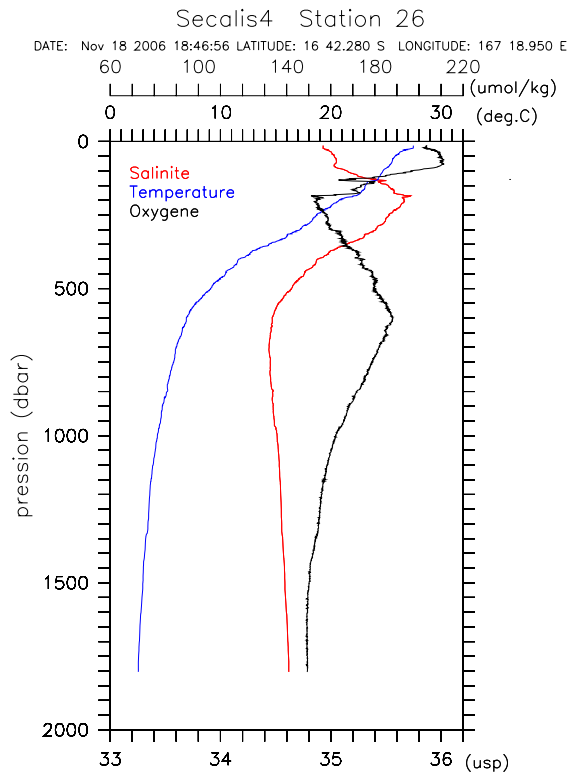






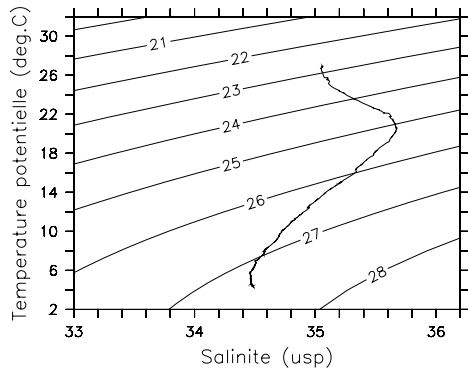
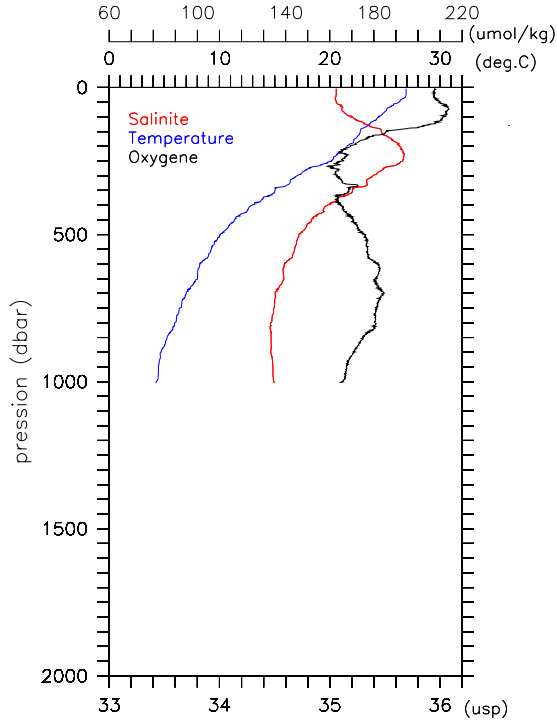






Secalis4 Station 28

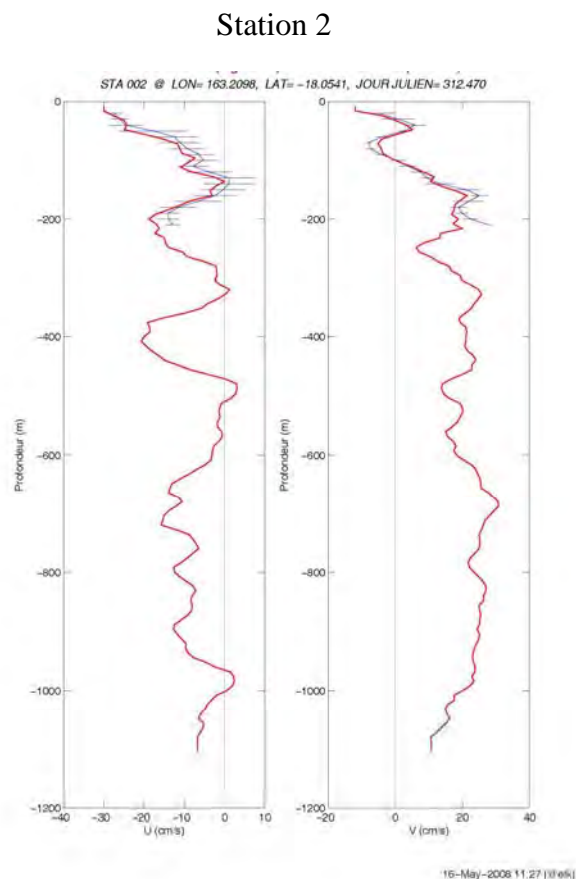
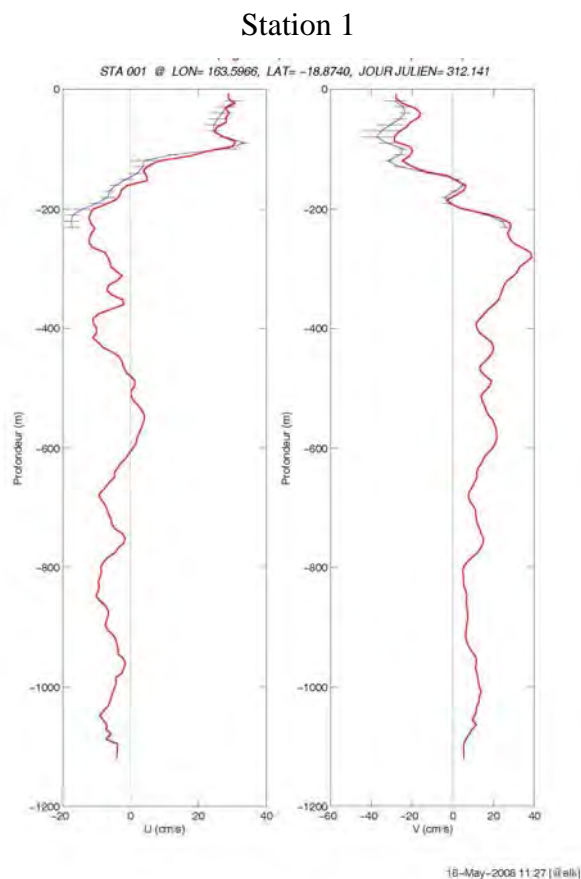
DATE: Nov 20 2006 06:20:57 LATITUDE: 17 52.950 S LONGITUDE: 168 5.050 E



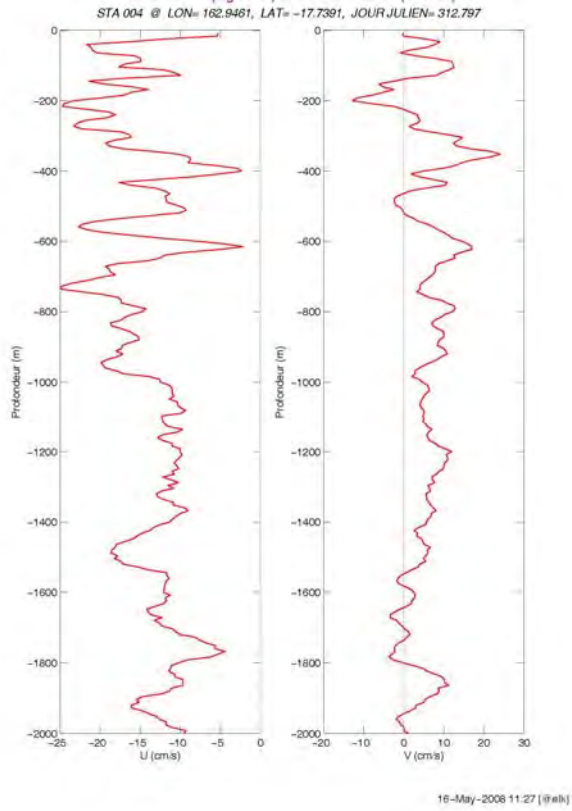
Annexe 4

Courantométrie ADCP de sonde (LADCP) et de surface (SADCP)

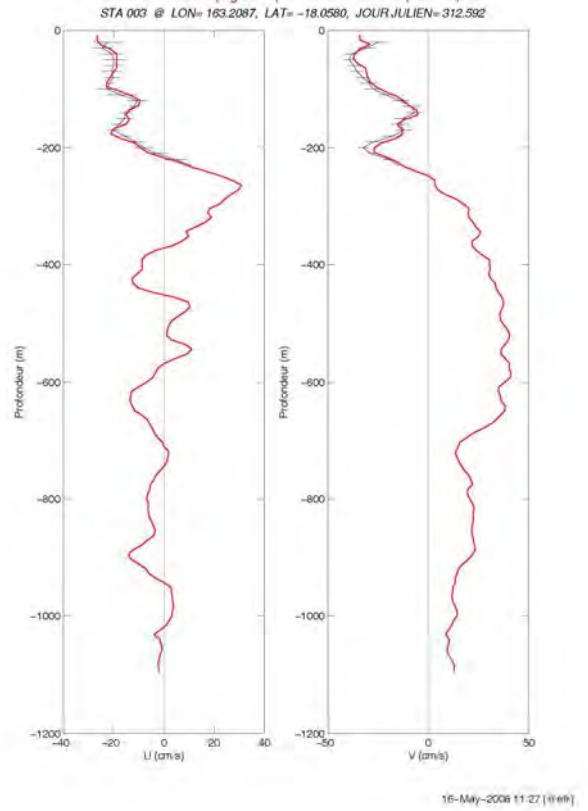
Les figures suivantes donnent les courants zonaux et méridiens en fonction de la profondeur pour chaque station LADCP valide (trait rouge). Moyenne du courant VM-ADCP correspondant (trait bleu) et écart type du module (trait fin) pendant la station.



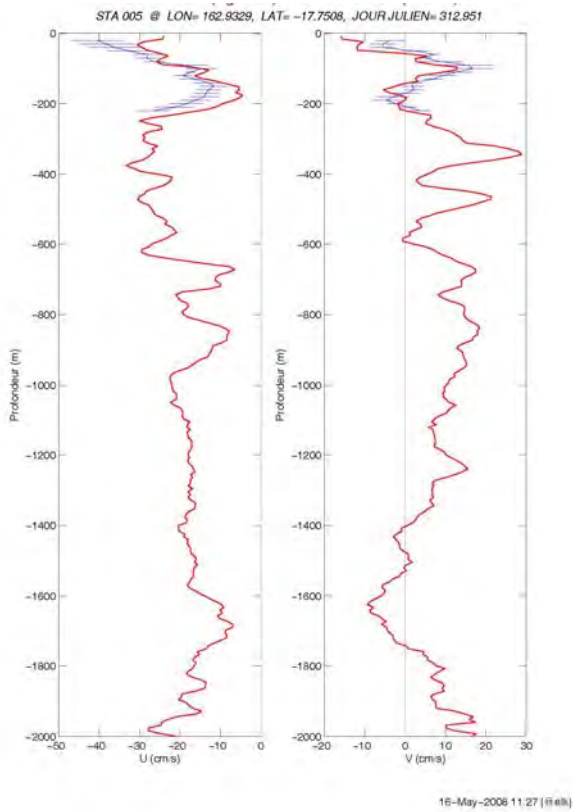
Station 3



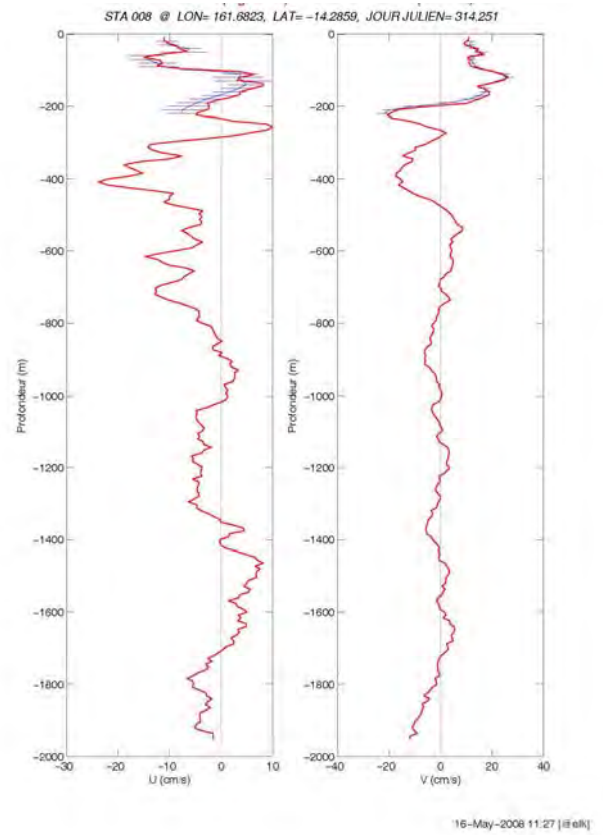
Station 4



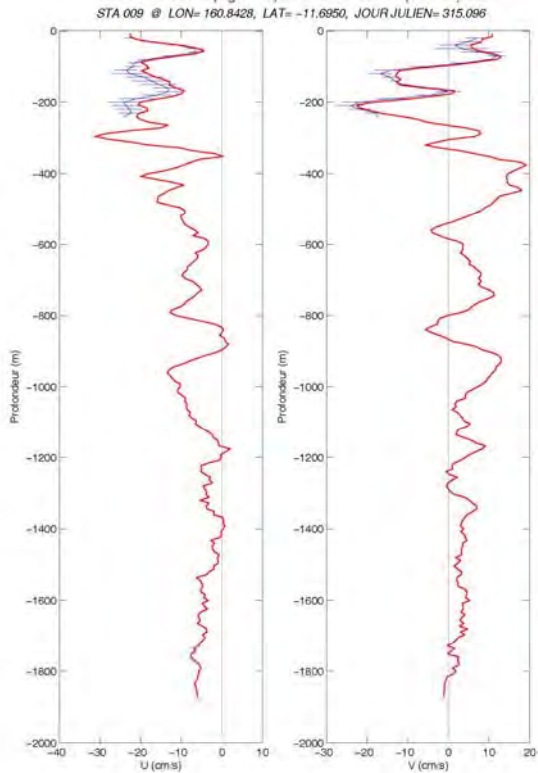
Station 5



Station 8

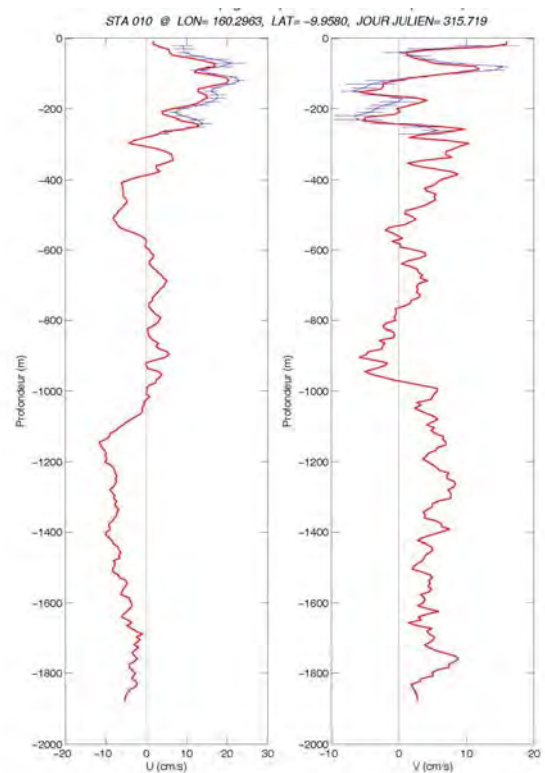


Station 9



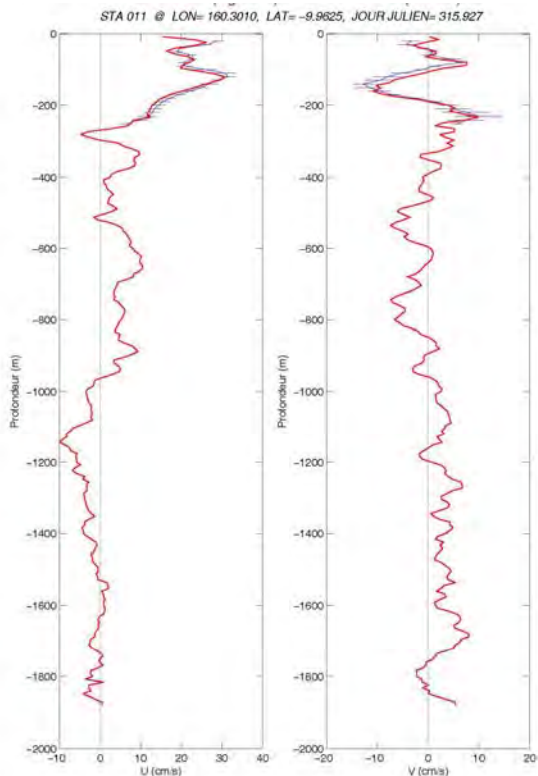
18-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 10



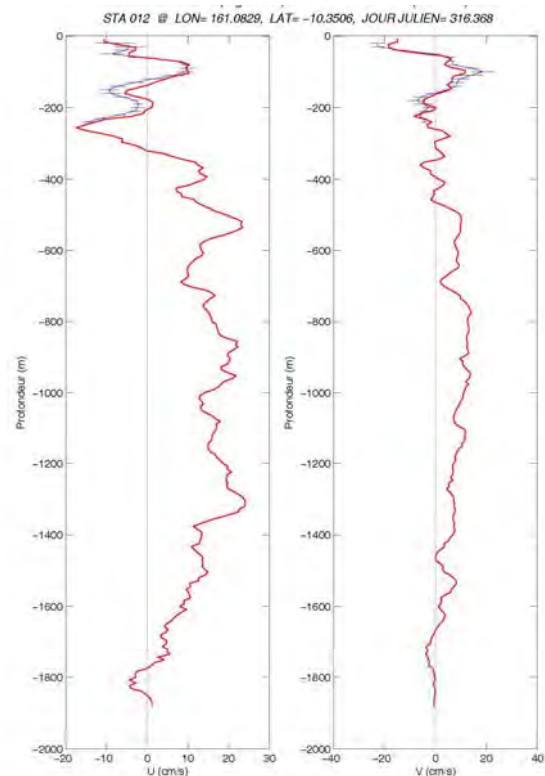
18-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 11



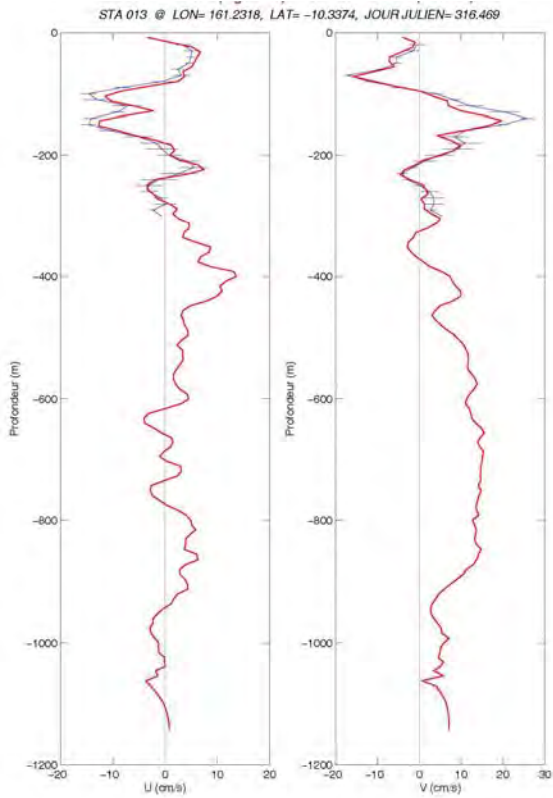
18-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 12



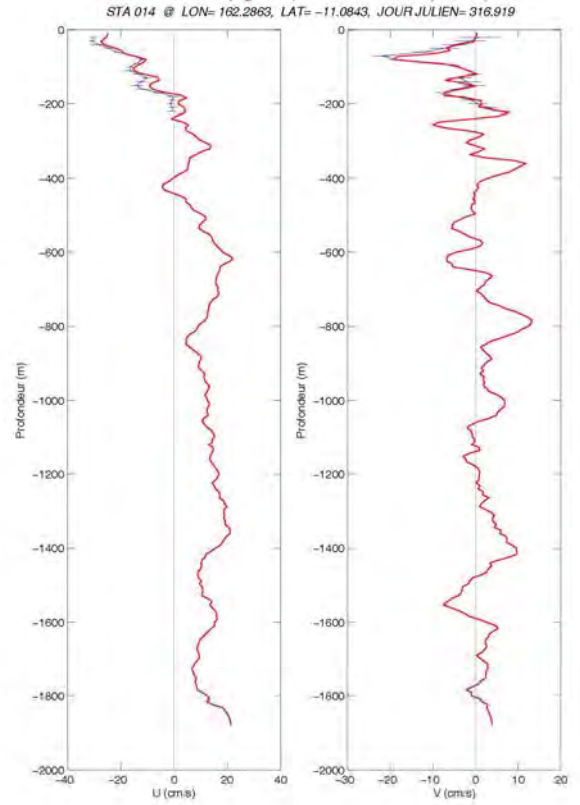
18-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 13



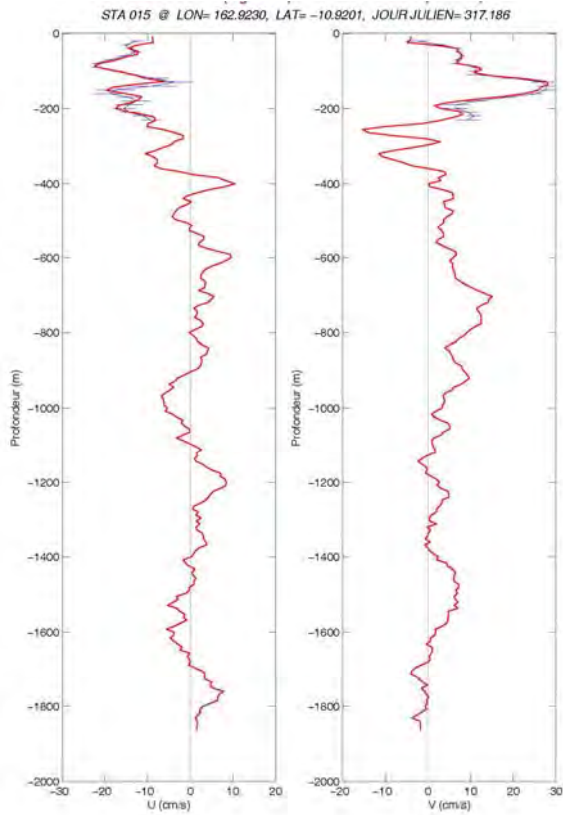
16-May-2008 11:27 (i|elk)

Station 14



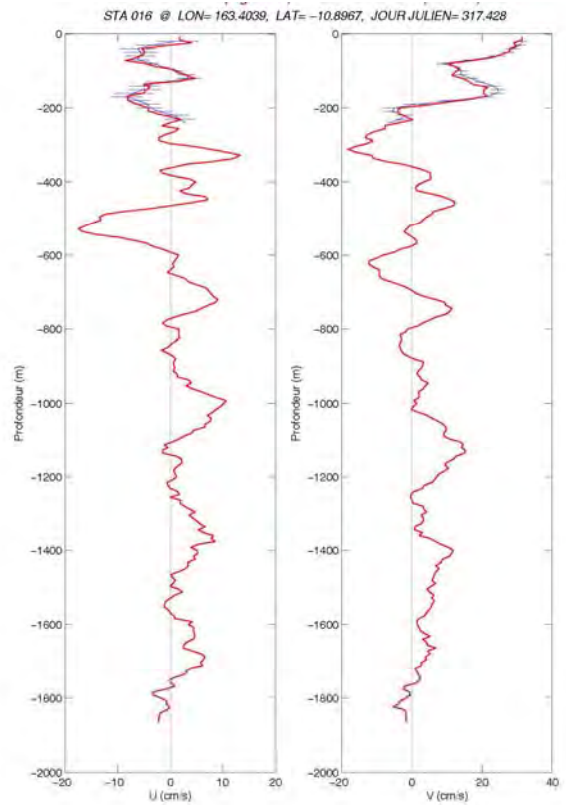
16-May-2008 11:27 (i|elk)

Station 15



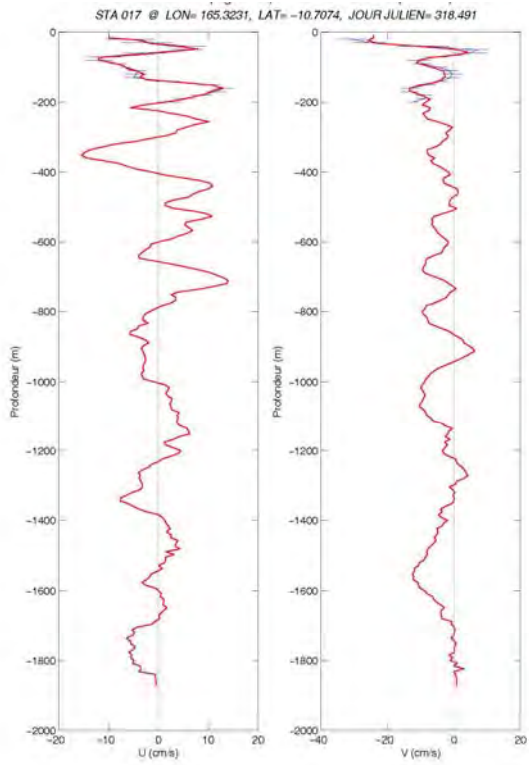
16-May-2008 11:27 (i|elk)

Station 16



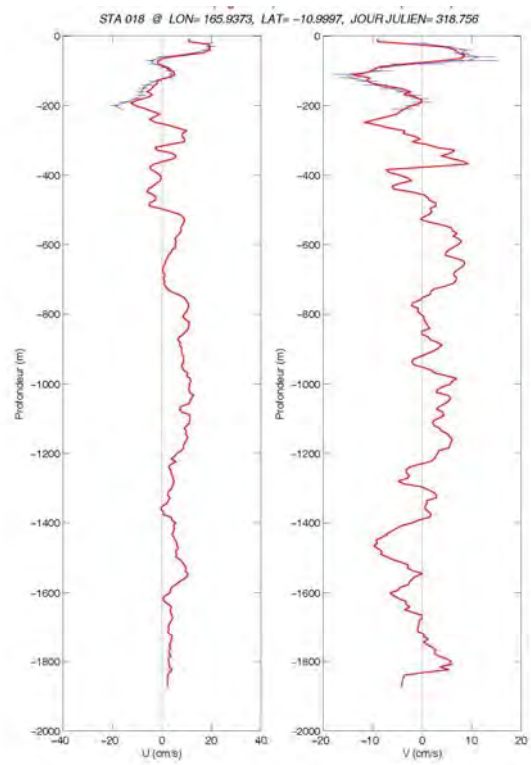
16-May-2008 11:27 (i|elk)

Station 17



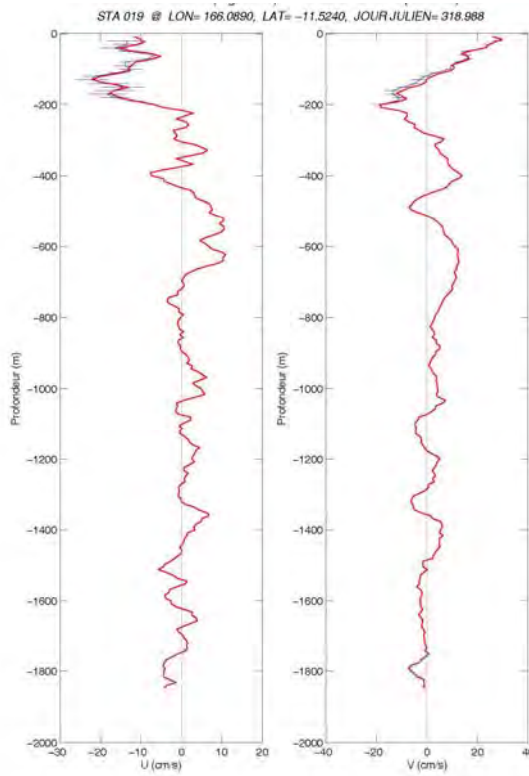
16-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 18



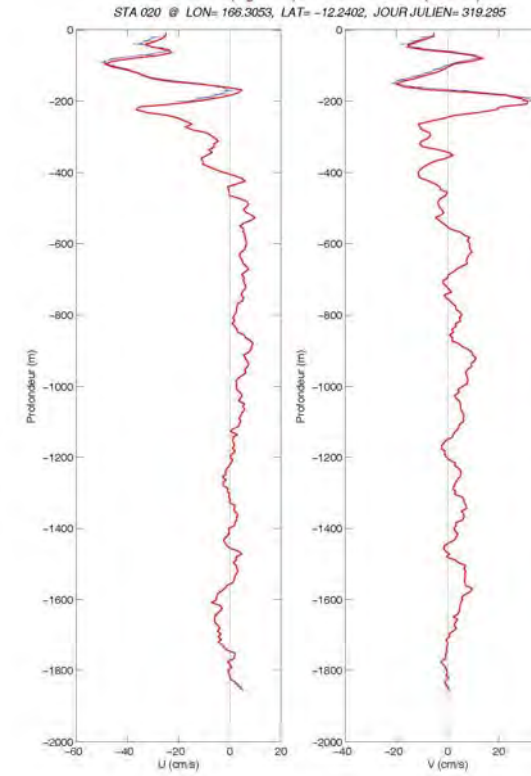
16-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 19



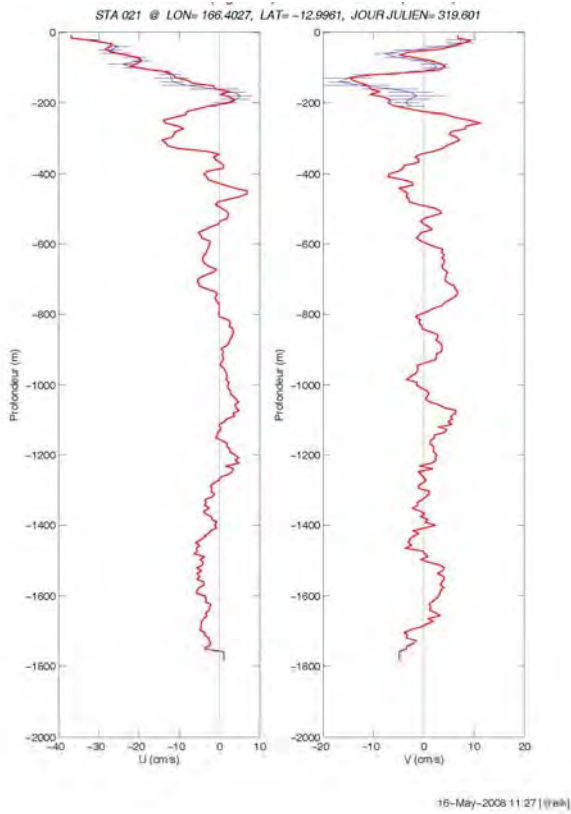
16-May-2008 11:27 [i@ek]

Station 20

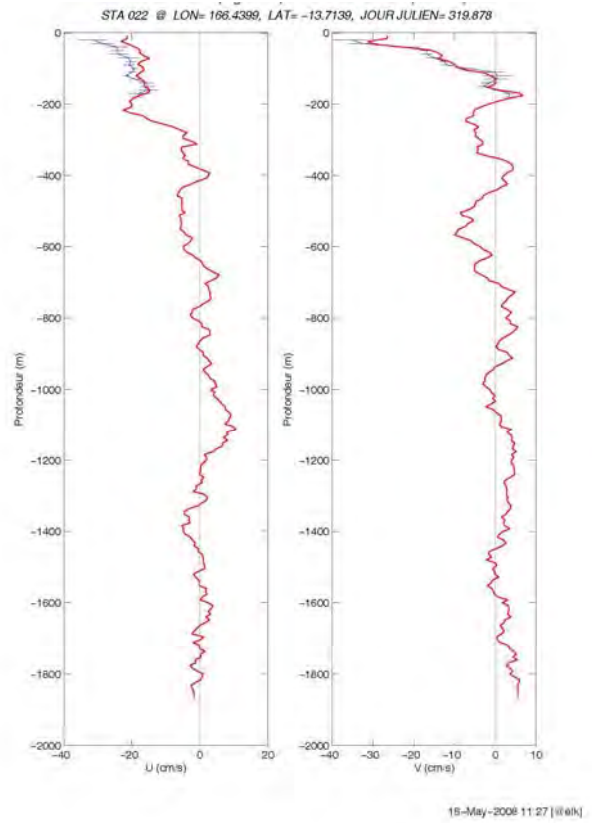


16-May-2008 11:27 [i@ek]

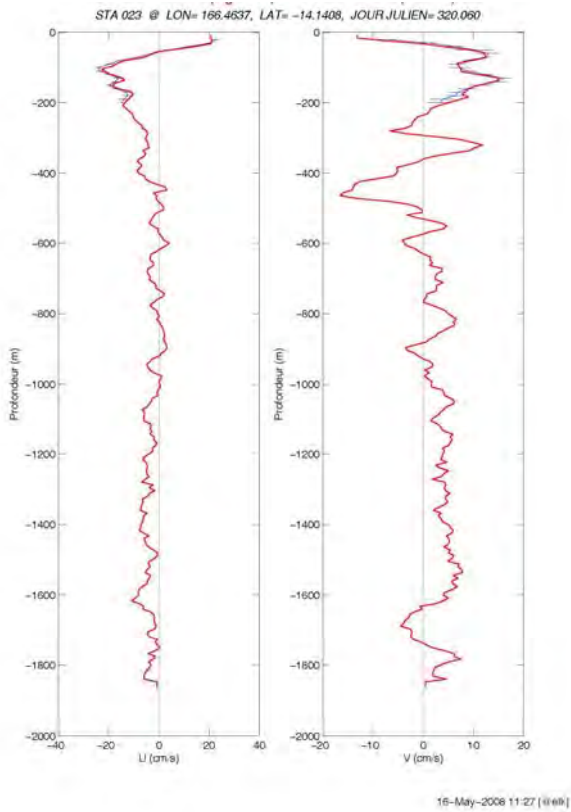
Station 21



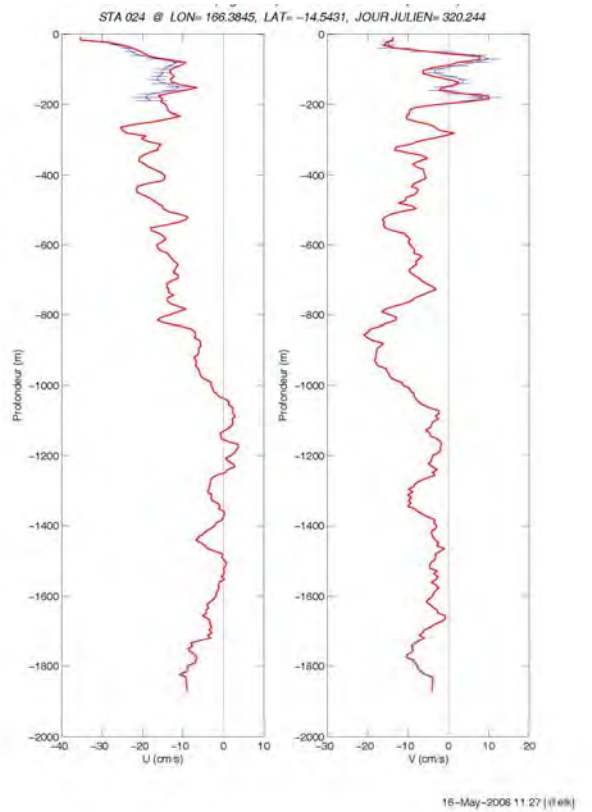
Station 22



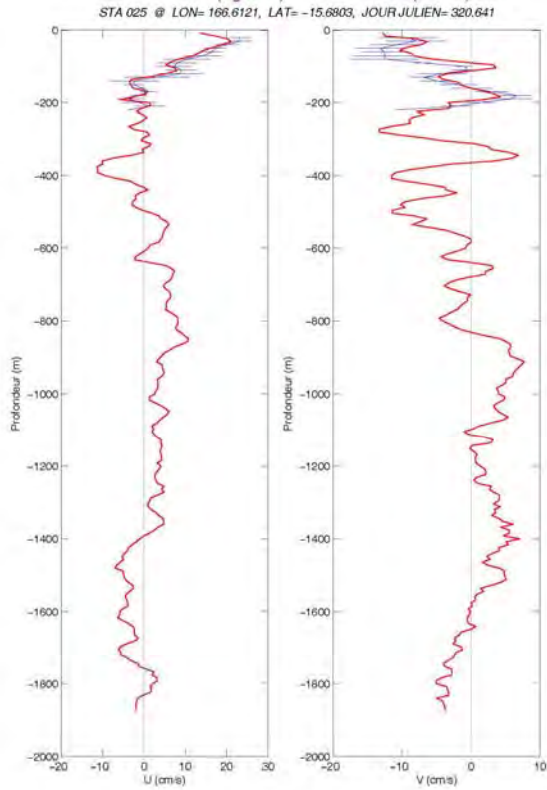
Station 23



Station 24

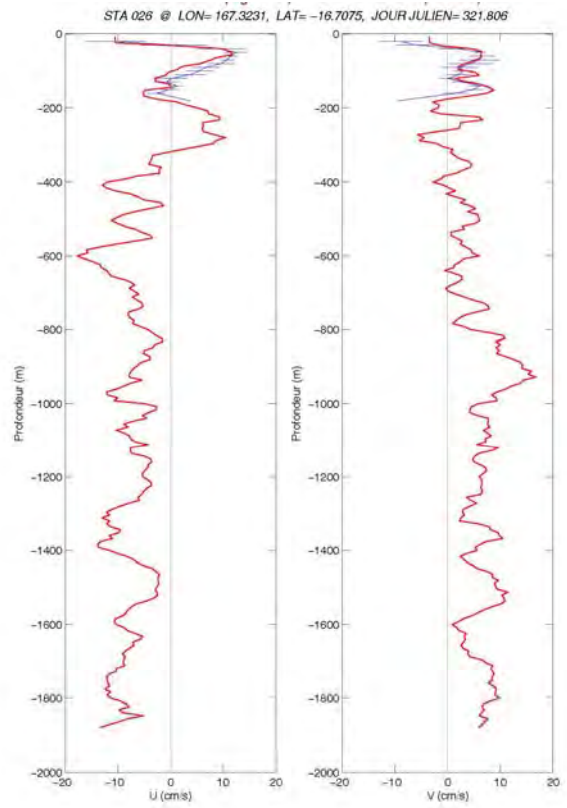


Station 25



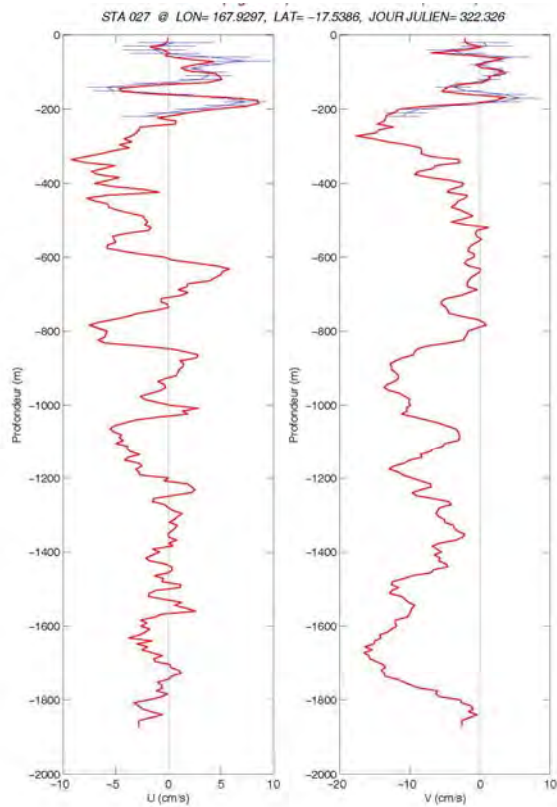
16-May-2008 11:27 [i@elk]

Station 26



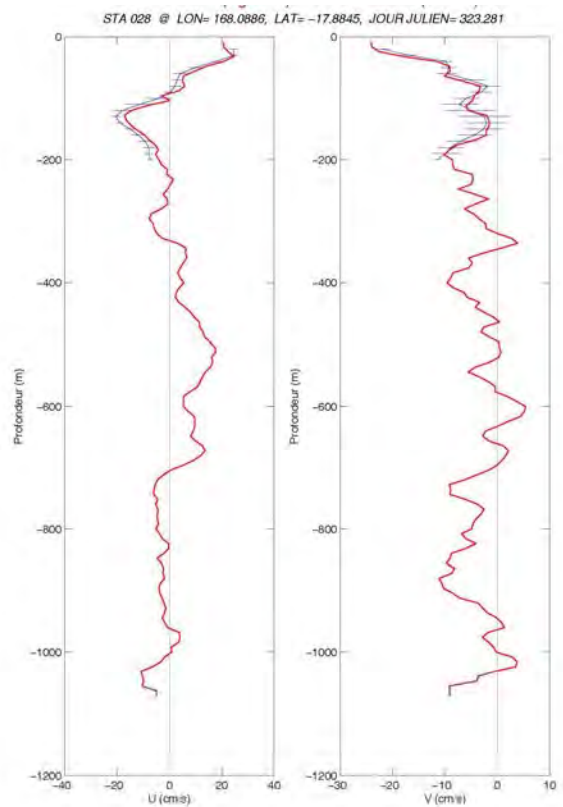
16-May-2008 11:27 [i@elk]

Station 27



16-May-2008 11:27 [i@elk]

Station 28



16-May-2008 11:27 [i@elk]