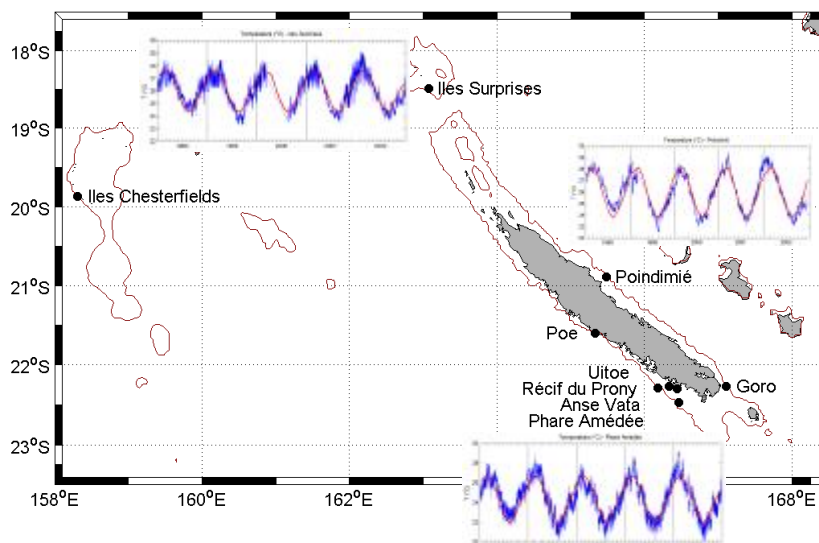


Variabilité des structures thermohalines de surface de la Zone Economique Exclusive (ZEE) de Nouvelle-Calédonie.

Rapport 2005-2007

Patrick Marchesiello, David Varillon

Alexandre Ganachaud, et Andres Vega



Variabilité des structures thermohalines de surface de la Zone Economique Exclusive (ZEE) de Nouvelle-Calédonie.

Rapport 2005-2007

Patrick Marchesiello¹, David Varillon² et Alexandre Ganachaud¹ et Andres Vega¹

1. Introduction

La continuité de séries climatiques est essentielle à l'étude du climat et de ses éventuelles répercussions sociétales. Le climat néo-Calédonien est sensible à la situation atmosphérique sur l'ensemble du Pacifique comme aux conditions océaniques régionales, ces dernières étant moins bien connues. A l'échelle du bassin, les variations climatiques sont dominées par le phénomène El Niño. Ce phénomène, qui a sa source dans les interactions étroites entre l'atmosphère et l'océan sur l'ensemble du Pacifique équatorial, provoque les modifications climatiques les plus importantes aux échelles interannuelles, c'est à dire se reproduisant tous les 2 à 7 ans. Le système climatique a une part de variabilité propre mais aussi une part due à l'apport anthropique. Une tendance au réchauffement, qu'elle soit naturelle ou pas, est par exemple perceptible par le réseau de surveillance de l'IRD (voir plus bas). Ces changements de température ont des conséquences possibles dans l'activité cyclonique, les maladies émergentes ou encore l'activité de pêche de la région calédonienne. Dans le Pacifique sud-ouest, les séries climatiques de longues durées sont rares, et il est crucial de les maintenir afin de quantifier les variations observées et de comparer l'évolution actuelle du climat aux variations passées, reconstituées par les paléo-climatologues. Dans ce but, le programme ZONECO a, depuis 1992, étendu le réseau de mesure mis en place par l'IRD, en plaçant des capteurs en différents points clés du lagon. La connaissance précise des caractéristiques océaniques et lagonaires dans la région calédonienne a également un intérêt au quotidien pour les professionnels de la mer, ainsi que pour le public. Pour la plongée professionnelle par exemple, le règlement demande que l'équipement soit adapté aux extrêmes de températures. Dans ce sens, la pertinence des mesures quotidiennes de l'océan fait écho à celles de la météo.

Ce rapport reprend le rapport 2004 présenté à ZoNéCo et présente une synthèse d'activités pour les années 2005-2007.

¹ IRD, LEGOS, UR65. Centre IRD, B.P. A5, 98848 Nouméa, Nouvelle Calédonie.

² IRD, Unité de Service Moyens à la Mer et Réseaux d'Observations (US191). Centre IRD, B.P. A5, 98848 Nouméa, Nouvelle Calédonie.

2. Le réseau de surveillance

Les océanographes du centre IRD de Nouméa ont mis en place depuis 1969 un réseau d'observations hauturières de surface par navires de commerce dans le Pacifique intertropical. Les observations se sont étendues à la subsurface en 1979 lorsque les XBTs (Expendable Bathy-Thermographes) ont été installés sur ces navires. Ces réseaux ont été modernisés en 1990 par l'installation de systèmes de thermosalinographes donnant des mesures automatiques de la température et de la salinité. Ces données sont traitées et distribuées par le centre IRD de Nouméa. Depuis 1958 notre laboratoire a parallèlement développé un réseau de stations côtières dans le Pacifique tropical sud-ouest. Une partie de ces stations est gérée dans le cadre du programme ZONECO depuis 1992. D'abord basées sur des prélèvements manuels d'eau de mer, toutes ces stations sont maintenant automatisées pour la mesure de la température de surface (entre 0 et 10 m). La station UITOE fait également l'acquisition de la salinité de surface. Ces stations, présentées sur la figure 1, sont souvent situées sur la pente extérieure de la barrière récif, ou près des passes, et permettent donc d'accéder à une information sur les conditions hauturières près de la Nouvelle-Calédonie.

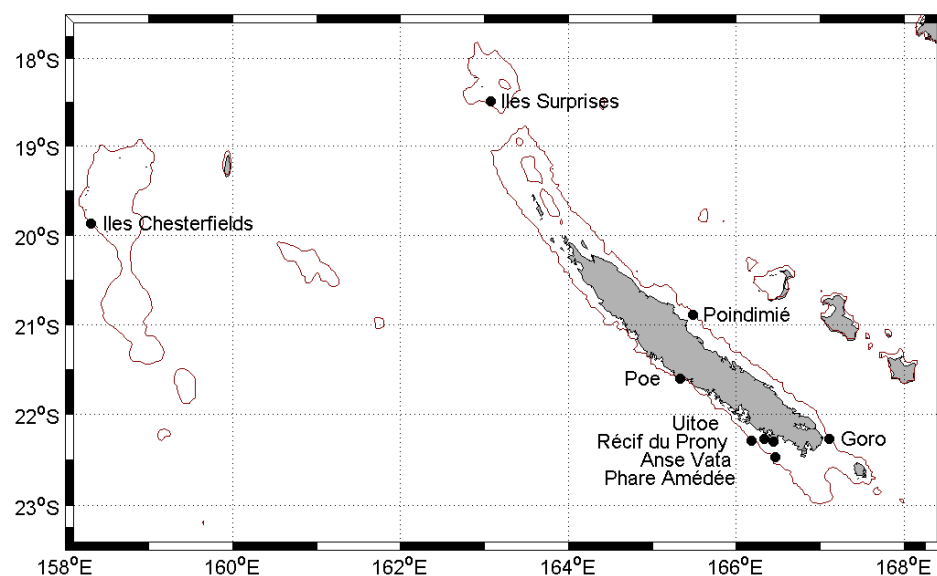


Figure 1. Position géographique des stations côtières instrumentées de capteurs de température et/ou de salinité.

Cette opération ne constitue pas une action de recherche, mais elle vise à maintenir un réseau de mesures simples (température et salinité) et peu onéreuses qui permet de suivre la variabilité océanique et lagunaire sur le long terme en relation avec la variabilité du climat. Ces mesures sont aussi utiles aux différents acteurs qui étudient l'environnement lagunaire et océanique de la Nouvelle-Calédonie. En 2005 et 2006, les données de température ont été utilisées pour valider notre modèle de circulation océanique. A présent l'utilisation de ces données rentre dans le cadre d'un projet opérationnel (PREVIMER, supporté par l'IRD et l'IFREMER) qui vise à organiser la surveillance et la prévision de l'évolution du milieu océanique dans la ZEE et le lagon calédonien. Dans le cadre de ce projet l'accès aux données et à des produits dérivés sera rendu direct et bénéficiera à l'ensemble de la communauté scientifique, aux professionnels de la mer et au grand public. Nous continuerons donc, et de manière plus efficace, à assurer un service d'information actualisé. Parmi les types de service

rendu récemment grâce au réseau, on peut citer, par exemple, l'aide apportée aux plongeurs professionnels dans le choix de leur équipement en conformité avec les règlements de plongée.

Les mesures ont été utilisées également dans le cadre de nos recherches, d'une part pour la caractérisation saisonnière de l'upwelling calédonien (Alory et al., 2006), et d'autre part pour la validation du modèle océanique de la ZEE (Marchesiello et al., 2006). En 2004, ce modèle de circulation océanique hauturière a été mis en place à l'IRD pour étudier et prévoir l'état de l'océan dans la région du Pacifique sud-ouest avec des zooms sur la ZEE. Ce modèle sera utilisé dans le cadre du nouveau projet ZONECO 2007-2008 pour l'évaluation des relations existant entre la circulation océanique et l'écosystème pélagique de la ZEE avec l'objectif principal de prévoir la relation thon-climat à l'échelle régionale.

Ce projet de surveillance est donc soutenu par le LEGOS (Laboratoire en Etudes Géophysiques et en Océanographie Spatiale) et co-financé par ZONECO, l'IRD, l'Ifremer (à travers PREVIMER), et le programme National d'Etudes Côtières (aspect interaction-lagon). Dans ce cadre, il est envisagé de compléter le réseau actuel avec un thermosalinographe à KOUMAC. Ce réseau viendra compléter les mesures par campagnes à la mer, mouillages et satellites.

3. Opérations menées entre 2005 et 2007 et état du réseau

La surveillance s'appuie sur un réseau local d'observations composé de deux thermosalinographes, l'un embarqué et l'autre mouillé dans le lagon, et sur de nombreux capteurs de température placés à des endroits clés du lagon.



Les thermosalinographes (modèle SEA-BIRD SBE16, photo ci-contre) sont des appareils qui mesurent la température et la conductivité (et donc la salinité) de la mer en continu. Deux appareils sont utilisés dans ce réseau de mesures, un appareil acheté par l'IRD et un appareil acheté en 1994 grâce au programme ZONECO. Ils sont calibrés une fois par an chez le constructeur à Seattle (Etats-Unis).

Les capteurs de températures sont de marque ONSET (StowAway XTI). Une thermistance est insérée dans un boîtier contenant une mémoire qui permet de stocker jusqu'à 2 ans de mesures. Les capteurs sont doublés pour plus de fiabilité, et relevés en général tous les 6 mois. Le pas d'échantillonnage des instruments a été fixé à 30 minutes pour optimiser le rapport entre autonomie et qualité de l'échantillonnage.

Le réseau se compose de :

- Ø mesures de température et de salinité de surface effectuées, depuis 1995, grâce à un thermosalinographe embarqué sur le M/S Havannah (en prise directe et en amont du circuit de refroidissement du moteur) qui a remplacé en 2003 le M/S Lady Géraldine. Le pas d'échantillonnage est de 5 minutes.

- Ø mesures de température et de salinité effectuées par un thermosalinographe à la fausse passe de UITOE (Figure 1). Les deux capteurs sont placés dans un tube de Plexiglas à 12 m de profondeur.
- § En 2002, des capteurs de température supplémentaires ont été posés par 30 m et 60 m de profondeur afin de mieux comprendre l'origine d'anomalies de température froide détectées avec les capteurs de surface.
- Ø mesures de température de surface des stations côtières de la côte ouest (AMEDEE, ANSE VATA, RECIF DU PRONY, POE), de la côte est (GORO, POINDIMIE), des îles SURPRISES et CHESTERFIELD (Figure 1).
- § En 2006, on a cherché des moyens plus économiques de remplacement des capteurs. Pour les capteurs de POE et POINDIMIE, nous faisons appel aux clubs de plongée locaux, ce qui réduit beaucoup les frais de missions et le transport. Le club *Bourail Sub loisir* de POE s'occupe du capteur de Poe tandis que le capteur de POINDIMIE est remplacé tous les 6 mois par le club *Tieti diving*.
- § Les mesures manuelles de la station côtière de l'ANSE VATA sont interrompues depuis le départ en retraite de P. Waigna. Seules sont poursuivies les mesures automatiques à 5 mètres de profondeur (relevé tous les 6 mois).
- § En général les capteurs sont régulièrement remplacés tous les 6 mois, mais aux CHESTERFIELD, les remplacements sont effectués sur des campagnes d'opportunité (sur bateau militaire) avec une fréquence plus réduite. De plus, depuis 2001, le site du capteur était resté introuvable par les plongeurs après 2 tentatives. Très récemment, le capteur a finalement pu être localisé et les données récupérées pour les années 2001-2004 (après quoi la mémoire était pleine et les batteries vides). Une interruption de 3 ans est donc faite sur cette série, mais la série reprend à présent.
- § En 2002, la station manuelle du Phare AMEDEE a été arrêtée car elle devenait redondante de la station automatique et aussi pour un problème de logistique. La disponibilité des données manuelles et automatiques sur une période de temps commune suffisamment longue permet de calibrer une série par rapport à l'autre.
- § En Décembre 2004, deux nouveaux capteurs ont été installés dans le sud du lagon Calédonien dans le cadre d'un projet MOM pour l'étude et modélisation de la circulation côtière autour de la Nouvelle Calédonie. Il s'agit des capteurs MATO (22°34S- 166°47E) et NGEDEMBI (22°57S – 167°02E).

Les dates de début de l'ensemble des mesures automatiques de température et salinité de surface effectuées dans la ZEE sont présentées dans le tableau 1 et la profondeur et la position des stations dans le tableau 2.

<i>Stations ou Navire</i>	<i>Paramètre</i>	<i>Début</i>	<i>Interruptions</i>
Anse Vata	T	04/1997	
Phare Amédée	T	06/1997	
Passe Uitoé (extérieur)	T, S	05/1992	
Passe Uitoé (extérieur)	T (10 m)	09/1997	
Passe Uitoé (extérieur)	T(30 m)	07/2001	
Passe Uitoé (extérieur)	T(60 m)	07/2001	
Récif du Prony	T	01/1996	
Poé	T	08/1999	
Goro	T	04/1997	
Poindimié	T	12/1996	
Iles Surprise	T	09/1997	
Iles Chesterfield	T	09/1997	2004-2007
M/S Havannah	T, S	11/1995	

Tableau 1. Liste des stations ou navire équipés de capteurs de température (T) et/ou de salinité (S) dans le cadre du programme ZONECO.

	Station	Profondeur	Latitude	Longitude
<i>Nouvelle-Calédonie: extérieur côte ouest</i>				
	Récif du Prony	5 m	22°16.1 S	166°20.0 E
	Anse Vata	5 m	22°18.2 S	166°26.5 E
	Phare Amédée	5 m	22°28.5 S	166°28.0 E
<i>Nouvelle-Calédonie: extérieur côte ouest</i>				
(T,S)	Extérieur Fausse Passe Uitoë	12 m	22°17.7 S	166°11.3 E
	Extérieur Fausse Passe Uitoë	10 m	22°17.7 S	166°11.3 E
	Extérieur Fausse Passe Uitoë	30 m	22°17.7 S	166°11.3 E
	Extérieur Fausse Passe Uitoë	60 m	22°17.7 S	166°11.3 E
	Poe	5 m	21°60.0 S	165°33.0 E
<i>Nouvelle Calédonie: extérieur côte est</i>				
	Goro	5 m	22°16.3 S	167°06.4 E
	Poindimié	5 m	20°53,5 S	165°29,1 E
<i>Pacifique Tropical / ZEE</i>				
	Iles Surprise	5 m	18°29.1 S	163°04.7 E
	Iles Chesterfields	5 m	19°52.4 S	158°18.4 E

Tableau 2. Position des stations côtières et profondeur des capteurs.

On notera que les données dans la zone économique de Nouvelle-Calédonie, thermosalinographe embarqué ou stations côtières, font partie et complètent un ensemble de données récoltées sur l'ensemble du Pacifique tropical par l'IRD Nouméa. La liste de l'ensemble des stations et les bateaux gérés dans le cadre de ce réseau est disponible sur le WEB à l'adresse suivante <http://www.ird.nc/ECOP/siteecopfr/donnees.htm>.

5. Valorisation des mesures

Les analyses scientifiques ayant utilisé ces mesures ont fait l'objet de publications dans des revues internationales dans la période 2005-2007.

Marchesiello P., J. Lefevre, and A. Vega, 2006: L'océan à haute résolution autour de la Nouvelle-Calédonie. Projection Mercator, N°7, July 2006.

Alory G., A. Vega, A. Ganachaud, M. Despinoy, A new upwelling index to hindcast New Caledonian cooling events, Submitted at J. Geophys. Res., 2005.

Delcroix T., M.J. McPhaden, A. Dessier, and Y. Gouriou, 2005. Time and space scales for sea surface salinity in the tropical oceans. Deep Sea Res., 52/5, 787-813, doi:10.1016/j.dsr.2004.11.012.

Delcroix, T., et O. Lenormand, ENSO signals in the vicinity of New Caledonia, South Western Pacific, Oceanologica Acta, 20, 3, 481-491, 1997.

6. Bilan financier

Pour le mode de gestion, les paiements sont effectués directement par l'ADECAL sur présentation des factures. La liste ci-dessous énumère les frais relatifs au maintien du réseau par l'ADECAL. Il faut noter qu'une autre partie des dépenses liées au maintien du réseau est prise en charge par l'IRD. Ceci entre dans le cadre d'une participation de l'IRD à ce projet mais il faut aussi y voir le résultat d'une contrainte interne à l'IRD. En effet, l'utilisation des moyens côtiers de l'IRD (bateaux dont le CORIS notamment, équipe de plongée) fait l'objet d'une facturation interne et il n'est donc pas possible actuellement d'émettre une facture pour l'ADECAL dans ce cas de figure. Pour résumer, les interventions de remplacement des capteurs qui sont effectués avec les moyens de l'IRD ont été pris en charge par l'IRD (budget de fonctionnement de l'UR65), tandis que l'achat ou le calibrage des capteurs ainsi que les frais des clubs de plongée privés ont été facturés à l'ADECAL. Nous présentons ces derniers dans le tableau ci-dessous.

Date	Facturé par	Opération	Coût en FCFP	Coût en euros
28/09/05	Tiéti Diving	Remplacement ONSET Poindimié	26 000	218
28/10/05	Bourail Sub Loisir	Remplacement ONSET Poe	20 800	174
03/05/06	Bourail Sub Loisir	Remplacement ONSET Poe	21 525	180
18/04/06	Tiéti Diving	Remplacement ONSET Poindimié	249 578	2092
14/03/07	SEABIRD	Calibration de 2 SBE 16 récupérée de Brest pour installation future a Koumac	218 362	1830
04/07	Tiéti Diving	Remplacement ONSET Poindimié	26 250	220
04/07	Controlord	Remplacement cartes mémoires pour Amédée	62 014	520
17/04/07	SEABIRD	Calibration SBE 16 Uitoe	94 725	794
05/07	Bourail Sub Loisir	Remplacement ONSET Poe	21 525	180

7. Applications

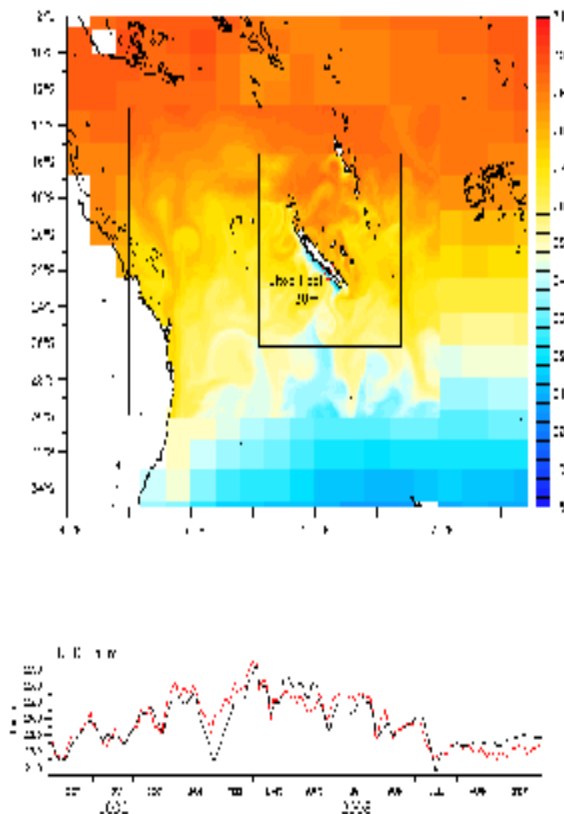
Tendance au réchauffement climatique

La série temporelle de l'Anse Vata, qui remonte à 1958, représente la plus longue série de mesures directes de température dans les îles du Pacifique Sud (un demi-siècle). Elle a donc à ce titre une grande valeur pour l'identification des variations lentes du climat local, en rapport avec les variations globales. Une régression linéaire faite sur cette série montre un réchauffement des eaux du lagon d'environ 1°C en un demi-siècle. C'est assez important mais toutefois comparable aux variations observées durant le petit âge glaciaire avec des mesures paléoclimatologiques réalisées à partir des coraux.

Validation du modèle de la ZEE

La Zone Économique Exclusive (ZEE) de la Nouvelle-Calédonie recouvre 1.740.000 km² et, malgré un rôle économique et social important, ses caractéristiques océanographiques sont encore mal connues. Celles-ci sont associées à une distribution locale des masses d'eau, à la présence de fronts thermiques, de tourbillons intenses et de phénomènes de résurgence d'eau profonde (upwelling côtier), ayant un effet potentiellement important sur les écosystèmes de la région. De plus, la dynamique océanique régionale peut affecter le potentiel cyclonique, très présent en Nouvelle-Calédonie. Ces caractéristiques océanographiques sont en tous cas complexes : des études récentes dans le Pacifique Sud-ouest ont montré que la présence de vastes archipels et d'îles de grande taille module la circulation océanique et atmosphérique ; de plus, il faut prendre en compte le lagon, qui communique avec l'océan par les passes et par l'intermédiaire de la houle au-dessus du récif barrière.

Nous avons utilisé les données de Mercator sur 1993-2005 du modèle global basse résolution à 2°, qui fournit les conditions aux limites sur la zone au modèle régional ROMS (*Regional Ocean Modeling System*). Ainsi, le modèle régional bénéficie de l'assimilation des données effectuée dans Mercator et opère un transfert des informations des grandes échelles vers l'échelle de la ZEE (« *downscaling* »). On utilise deux grilles emboîtées : la grille « parent », avec une résolution spatiale de 18 km, couvre la mer de Corail à l'ouest et s'étend jusqu'à 180°E ; la grille « enfant », à 6 km de résolution, est centrée sur la Nouvelle-Calédonie. La simulation sur la grille « parent » sert elle-même à fournir les conditions aux limites sur la grille « enfant », la plus fine. La méthode d'implémentation est décrite dans Marchesiello et al. (2001).



Emboîtement ROMS dans Mercator : Situation du 30 janvier 2003 (haut). Comparaison de la température à 30 m, Run enfant vs Station Uitoé

Des mesures *in situ* de température de 5 thermographes ONSET du réseau de surveillance calédonien, ainsi que la climatologie régionale du CSIRO (Atlas of Regional Seas, CARS, Ridgway and Dunn, 2003) et des images satellites, sont utilisés pour vérifier les capacités du modèle. Le tableau 1 présente la localisation des thermographes et les statistiques de performance du modèle comparé aux observations. Le signal saisonnier a été préalablement supprimé dans les séries temporelles. Les corrélations varient entre 0.83 et 0.93 lorsque le signal saisonnier est conservé. Le biais moyen est alors de +0.1°C. Nos analyses suggèrent donc que le modèle régional reproduit les valeurs

observées avec une très bonne précision, corrigeant par endroit les erreurs inhérentes à la basse résolution du produit Mercator. Certains processus qui ne pouvaient pas être représentés par le modèle global comme l'upwelling côtier (l'île y est manquante), paraissent bien reproduits, tout comme la limite méridionale qui limite l'upwelling.

Onset	Depth	Time serie	Location	ROMS rms	Obs. rms	Bias (°C)	R	Number of Obs
Sabine	10 m	Nov98-Feb04	15.9°S, 166.1°E	1.13	0.80	-0.26	0.78	919
Surprise	10 m	Sep97-Dec04	18.3°S, 163.0°E	1.10	0.63	-0.12	0.73	633
Uitoé 1	10 m	Sep99-Mar-06	21.8°S, 166.1°E	0.65	0.55	-0.72	0.69	633
Uitoé 2	35 m	Jul01-Mar-06	21.8°S, 166.1°E	0.30	0.22	0.26	0.47	816
Uitoé 3	62 m	Jul01-Mar-06	21.8°S, 166.1°E	0.18	0.29	0.25	0.46	669

Les résultats permettent également une compréhension nouvelle du phénomène d'upwelling Calédonien. En particulier, le modèle montre que la limite nord de l'extension de la zone d'upwelling est le résultat de l'affrontement de la dynamique d'upwelling dans la partie sud-ouest d'une part, et d'autre part d'une branche du Jet Nord Calédonien bifurquant vers le sud le long de la côte ouest de la Grande Terre. Ceci pourrait permettre de comprendre certaines caractéristiques de l'écosystème calédonien, notamment l'observation d'espèces marines adaptées aux milieux tempérés dans la zone d'upwelling. Et permettra peut-être également de prévoir comment les phénomènes du type ENSO vont s'exprimer à l'échelle locale.

8. Conclusions

Le réseau de mesures de température et de salinité de l'océan a été mis en place à l'origine par l'ORSTOM / IRD pour l'étude du phénomène ENSO. Ce réseau s'est fortement développé en Nouvelle-Calédonie grâce au concours du programme ZONECO et son utilité s'étend progressivement à d'autres champs disciplinaires tels que la paléo-climatologie et les études environnementales du lagon. L'aspect opérationnel des mesures constitue à présent une part importante de nos développements.

9. Remerciements

L'ensemble du réseau mis en place en Nouvelle-Calédonie est géré par David Varillon de l'Unité de Service de l'IRD "Moyens à la mer et réseaux d'observations" (US191). La mise en place des capteurs de température et leur remplacement ne pourrait se faire sans les plongeurs de l'IRD, qu'ils en soient remerciés. La contribution de la Marine Nationale pour la maintenance des capteurs aux îles Chesterfields est très appréciée.