

**LES MOUILLAGES ATLAS DANS LE PACIFIQUE EQUATORIAL**

(Joël PICAUT et Stanley P. HAYES\* )

\* Pacific Marine Environmental Laboratory, National Oceanic  
and Atmospheric Administration, Seattle, Washington, Etats Unis

## INTRODUCTION

Dans le cadre du programme international TOGA a été définie toute une série de programmes de mesures à la mer afin d'aboutir à une meilleure compréhension du système couplé océans tropicaux-atmosphère globale et ses relations avec les changements climatiques interannuels. Il a ainsi été demandé, à l'échelle du bassin Pacifique, la mise en place d'un réseau de mesures précises du vent de surface et une amélioration des mesures du champ thermique de sub-surface.

Des mesures de champ thermique ont été assurées, depuis 1979 et dans le cadre d'un accord ORSTOM-SIO, par des lâchers systématiques de sondes à tête perdue (XBT) à partir d'un réseau de navires marchands. Ce réseau s'est développé pour TOGA avec la coopération du CSIRO australien. Il est restreint, par définition, aux lignes de navigation et l'échantillonnage temporel peut être très irrégulier. Aussi, dans des régions particulières nécessitant une meilleure résolution spatiale et temporelle, il est apparu nécessaire de le compléter par des chaînes à thermistances mouillées ou en dérive. De par l'ampleur des réponses directes aux sollicitations de vent et l'effet de guide d'ondes qui se traduit par des fluctuations de courants très marquées et une propagation de ces réponses océaniques, la bande équatoriale apparaît être la région la plus importante du programme TOGA. Un réseau appelé TOGA-TAO (Thermal Array of the Ocean) de mouillages ATLAS (Autonomous Thermal Line Acquisition System) a donc été mis en place progressivement depuis 1985. Ces mouillages ATLAS sont équipés de capteurs de vent et température de l'air et de chaînes à thermistances (Cf. p.51-61, pour la description technique des ATLAS). Grâce à la transmission de toutes les données correspondantes par ARGOS, ce réseau répond aussi à l'aspect opérationnel du programme TOGA.

## OBJECTIFS ET MISE EN PLACE DU RESEAU TOGA-TAO

Les objectifs détaillés de ce réseau sont les suivants:

- décrire en temps réel la variabilité basse fréquence de la structure thermique de sub-surface dans la zone du guide d'onde équatoriale.
- améliorer la description en temps réel des vents de surface de la zone équatoriale.
- étudier les effets des forçages locaux et éloignés dans le guide d'onde équatoriale.
- procurer un indice de variation des courants géostrophiques à grande échelle.
- fournir des données précises pour être assimilées dans des modèles et/ou valider ces modèles.

Ce réseau a démarré en 1985, soit dès le début du programme TOGA, par l'installation de mouillages ATLAS le long des méridiens 110°W et 165°E. Dans l'Est du Pacifique la mise en place a pu être assurée grâce au soutien du programme américain EPOCS (Equatorial Pacific Ocean Climate Studies). Dans l'Ouest deux premiers mouillages ont été mis en place en Juillet 1985 lors de la campagne TOGA-SURTROPAC 4 du N/O Coriolis de l'IFREMER. Cette opération a pu se faire dans le cadre d'une coopération entre le Groupe SURTROPAC du Centre ORSTOM de Nouméa et le PMEL-NOAA de Seattle. Le soutien financier a été assuré principalement par l'US-TOGA.

Devant l'intérêt des mesures correspondantes pour le programme TOGA, ce réseau s'est développé, côté américain, par une aide accrue des programmes US-TOGA et EPOCS et, côté français, par l'aide du MRES et du PNEDC (Programme National de la Dynamique du Climat). L'aide du MRES a permis de financer et d'installer un système ATLAS complet afin de compléter la partie du réseau à 165°E. Cette partie est régulièrement visitée pour vérification et remplacement des ATLAS par le N/O Coriolis à l'occasion des campagnes semi-annuelles TOGA-SURTROPAC.

A la date de rédaction du présent rapport (août 1988), le réseau TOGA-TAO comporte 14 mouillages ATLAS (Fig.1) dont certains encadrent des mouillages courantométriques à 110°W et 140°W (mis en place par une équipe du PMEL-NOAA sous la responsabilité du Dr. M.J. McPhaden et financés par EPOCS) et à 165°E (mis en place par cette même équipe dans le cadre d'un accord entre les Etats Unis et la Chine Populaire). En 1989 ce réseau devrait être augmenté de trois éléments sur financement ORSTOM, EPOCS et US-TOGA et toutes les données correspondantes, qui sont transmises par ARGOS, devraient être envoyées en temps quasi réel sur le GTS (Global Transmission System).

#### UTILISATION DES DONNEES ET RESULTATS SCIENTIFIQUES

Les données transmises par ARGOS sont récupérées et vérifiées au PMEL-NOAA de Seattle. Dans le cas d'un léger déplacement vertical de la ligne de mouillage, les températures de sub-surface sont ramenées à un niveau constant de profondeur grâce aux capteurs de pressions montés sur la ligne. La figure 2 est un exemple des séries de mesures ainsi obtenues en temps quasi réel. Toutes les données des ATLAS le long du méridien 165°E sont envoyées mensuellement au Centre ORSTOM de Nouméa via le réseau français TOMPAC de transmission de données par paquets du Pacifique.

L'ensemble des données de vent et de température du réseau TOGA-TAO servent directement au suivi des conditions climatiques dans le Pacifique Tropical. Des résumés sont distribués chaque mois à la communauté scientifique internationale concernée et sont publiés dans le bulletin mensuel "Climate Diagnostics Bulletin" du Climate Analysis Center de la NOAA. La table 1 et les figures 3a-b sont des exemples de tels résumés. On a vu ainsi apparaître, au cours du deuxième trimestre 1988, des anomalies négatives assez marquées de la température des couches proches de la surface dans l'Est et le centre du Pacifique Equatorial.

Ce type de mesures a surtout permis de suivre en temps quasi réel le déclenchement et l'évolution du dernier ENSO (El Niño Southern Oscillation) de 1986-87. Toutes les données de température de l'ATLAS à 2°S-165°E, lissées et interpolées pour combler quelques trous (Cf. Fig. 5) et reportées sur un diagramme temps-profondeur (Figure 4), semblent montrer que la thermocline a tendance à remonter de fin 1986 à mi-1987 pour progressivement revenir à son état initial en 1988. Si on s'attache aux détails des variations temporelles des hauteurs dynamiques (déduites des températures des mouillages ATLAS et courantométriques et des relations T-S moyennes des mesures sondes des campagnes SURTROPAC), on constate que le schéma précédent est quelque peu

simpliste (Figure 5). La remontée des isothermes et le refroidissement associé des couches de sub-surface se fait sentir à 2°S dès le début de 1986. Ce phénomène s'accroît effectivement, et sur toute la bande 2°N-2°S, à la fin de 1986 pour atteindre son apogée en août 1987. Par contre le retour à l'état "normal" (s'il était possible de définir un état normal entre deux El Niño) semble se faire très progressivement (à 2°S la hauteur maximale de fin 1985-début 1986 n'est pas encore atteinte en 1988). Ce retour est associé à des fluctuations de quelques mois, particulièrement importantes à 5°S. On voit ainsi que l'idée générale d'une accumulation d'eau préalable à un El Niño dans l'Ouest Pacifique suivie d'un déversement rapide dans l'Est Pacifique, est par trop simplifiée. La comparaison des séries temporelles ATLAS avec les données sonde de toutes les sections des campagnes SURTROPAC et PROPPAC le long de 165°E (Hénin et Picaut, étude en cours) devrait permettre de mieux connaître le cycle d'El Niño dans le Pacifique ouest.

Ces mesures de la structure thermique en continu de la surface et des couches de sub-surface, combinées avec d'autres types de mesures des programmes TOGA et EPOCS, telles que courant, niveau moyen et vent, ont permis de réaliser quelques études qui vont être prochainement publiées dans des revues de niveau international. McPhaden et al. (J. Geophys. Res., sous presse) ont étudié la réponse de l'Océan Pacifique Equatorial aux coups de vent d'Ouest de mai 1986. Hayes et al. (va être soumis à J. Geophys. Res.) testent une nouvelle hypothèse sur la génération des vents de surface à partir des anomalies de température de surface. Picaut et al. (Cf. p 17-50 du présent rapport; J. Geophys. Res., à paraître) ont comparé les courants observés juste à l'équateur avec ceux calculés à partir de la dérivée méridionale de la relation géostrophique, appliquée aux hauteurs dynamiques déduites des mesures de température des mouillages.

Les données de vent effectuées sur les bouées ATLAS servent aussi à des recherches bien précises. Reynolds et al. (Soumis à J. of Climate) les comparent aux champs de vent opérationnels à l'échelle du bassin Pacifique. Une étude en cours (Hayes, McPhaden et Picaut) a pour but de déterminer les échelles spatio-temporelles des vents mesurés sur tous les mouillages et les comparer avec celles déduites des mesures sur les îles avoisinantes.

Bien d'autres études sont en projet ou en cours qui utilisent les relevés précis des ATLAS. Citons une inter-comparaison entre les données XBT interpolées (donc bruitées), les données ATLAS et les sorties d'un modèle global non-linéaire qui met en évidence l'erreur non négligeable obtenue en assimilant des données XBT dans les modèles. Une étude générale de l'El Niño 1986-87 dans tout le Pacifique Tropical Ouest est envisagée qui regrouperait les efforts de plusieurs laboratoires américains et le Groupe SURTROPAC.

## PERSPECTIVES

Au tout début du programme TOGA, la collaboration du Groupe SURTROPAC du Centre ORSTOM de Nouméa avec le PMEL-NOAA pouvait (presque) se résumer à la mise à disposition, lors des campagnes TOGA-France semi-annuelles le long du méridien 165°E, de quelques jours du N/O Coriolis à une équipe de techniciens américains. Grâce à l'aide du MRES, le Groupe est maintenant devenu un partenaire à part entière dans le programme de recherches attaché au réseau TOGA-TAO. Cette aide initiale a permis de rajouter un troisième mouillage ATLAS le long de 165°E, et de payer un stage au PMEL-NOAA de Seattle à Jacques

Grelet, électronicien ORSTOM, afin qu'il puisse être capable de mettre en place et réparer les systèmes ATLAS (Cf. p 51-61). Cette aide a aussi facilité les déplacements scientifiques aux Etats Unis des chercheurs français impliqués dans ce programme. Suite aux premiers résultats scientifiques obtenus à partir des données de ce réseau TOGA-TAO et devant son importance dans l'aspect opérationnel du Programme TOGA, ce réseau est en train de s'améliorer grâce à une augmentation des crédits de soutien français et américains (PNEDC, ORSTOM, EPOCS et US-TOGA).

Il est important de noter que toutes les études récentes, modèles-observations, des ENSO 1982-83 et 1986-87 et tous les essais de prédiction s'accordent à prouver que la condition sine qua non pour arriver, grâce aux modèles, à une réelle connaissance de la physique des ENSO et à de bonnes prédictions, est une amélioration sensible des mesures des champs de vent et de la structure thermique de surface et sub-surface dans la zone équatoriale du Pacifique. Une extension massive du réseau TOGA-TAO à une cinquantaine d'ATLAS sur 8-10 méridiens dans toute la bande 8°N-8°S est donc fortement souhaitable.

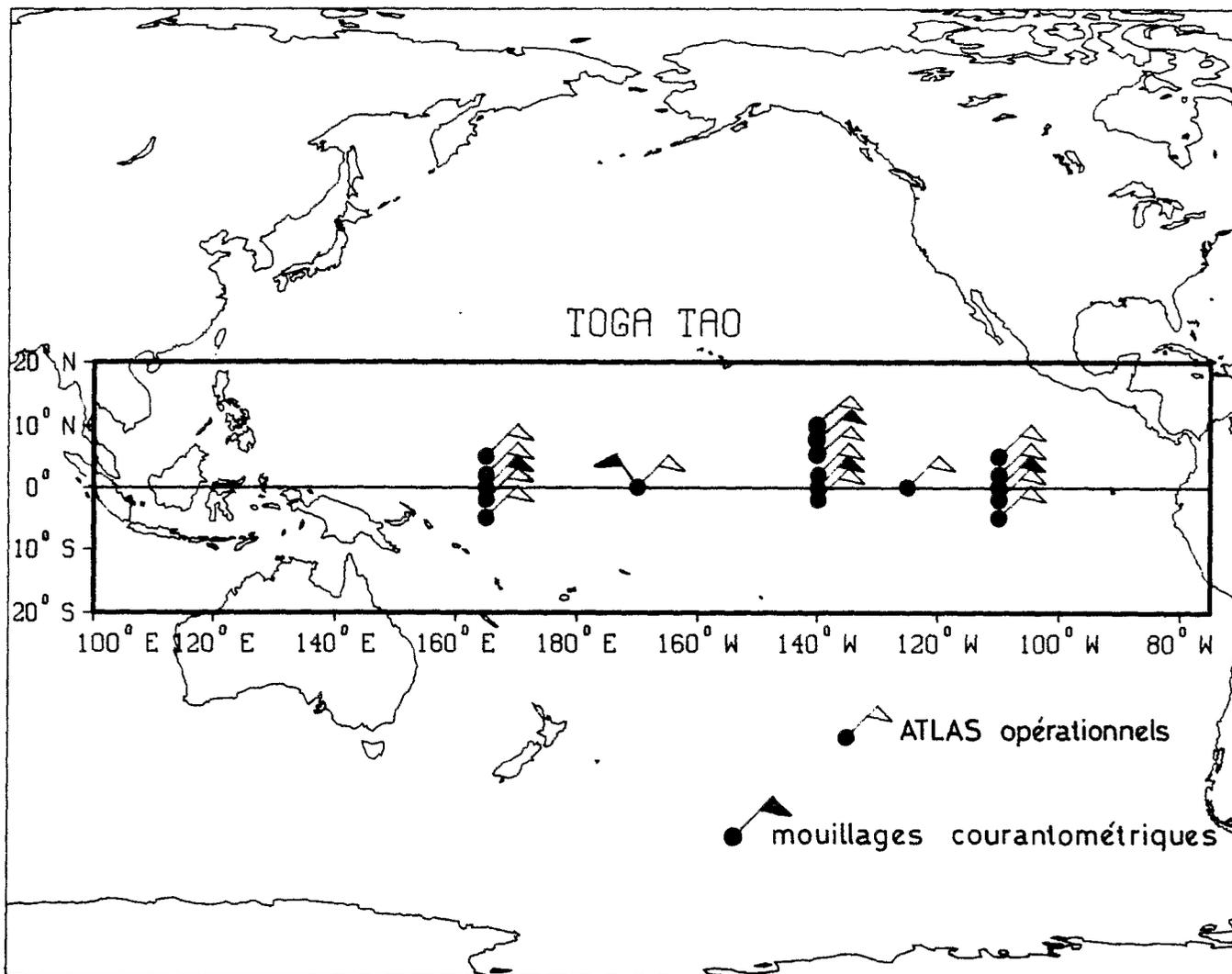


Figure 1 : Position des mouillages ATLAS du reseau TOGA-TAO et des mouillages courantométriques.

### ATLAS Moored Thermistor Chain Report

Wind (U-positive towards the east; V-positive towards the north, air temperature (AT), SST, and subsurface thermal structure is being reported by an array of 13 ATLAS moored thermistor chains in the equatorial Pacific. Monthly mean values for July 1988 are given below. Climatological winds (Wyrтки-Meyers) and SST (COADS-ICE) are given in parentheses. Sites with records significantly shorter than 30 days are indicated by an asterick.

#### July 1988

Location		U m/s	V m/s	AT deg C	SST deg C	Z(20 C) m
165 E	5 N	-3.6 (-1.7)	0.3 (-0.6)	27.8	29.1 (28.9)	142
165 E	2 S	-4.5 (-2.9)	-0.6 ( 0.1)	28.1	29.1 (29.1)	181
165 E	5 S	-3.1 (-2.8)	-0.3 ( 0.5)	28.2	29.3 (29.2)	192
170 W	EQ	-6.6 (-4.4)	0.0 ( 0.4)	26.7	27.0 (28.2)	145
140 W	9 N	-0.5 (-2.3)	3.4 ( 0.0)	26.6	27.7 (27.3)	70
140 W	5 N	-4.0 (-3.5)	5.0 ( 3.4)	25.9	26.3 (27.5)	121
140 W	2 N	---- (-5.1)	---- ( 3.0)	24.6	26.1 (27.1)	90
140 W	2 S	-7.2 (-5.7)	0.5 ( 1.4)	25.1	25.4 (27.0)	99
125 W	EQ	-4.4 (-5.0)	-0.4 ( 2.4)	21.9	21.8 (25.3)	44
110 W	5 N	-0.9 (-1.4)	6.1 ( 4.9)	24.4	26.3 (26.5)	101
110 W	2 N	-3.1 (-2.9)	5.8 ( 4.0)	22.6	24.0 (24.9)	47
110 W	2 S	-4.4 (-3.8)	2.4 ( 2.7)	22.2	22.1 (24.0)	39
110 W	5 S	-5.7 (-5.1)	2.2 ( 2.3)	23.3	23.2 (24.5)	38

#### August 1988

Location		U m/s	V m/s	AT deg C	SST deg C	Z(20 C) m
165 E	5 N	-3.8 (-1.4)	0.7 ( 0.3)	28.1	29.3 (29.0)	150
165 E	2 S	-5.3 (-2.5)	-1.3 ( 0.1)	28.0	28.7 (28.8)	179
165 E	5 S	-4.5 (-2.8)	-0.8 ( 0.6)	28.1	29.0 (28.9)	194
170 W	EQ	-6.1 (-4.8)	0.4 ( 0.3)	26.5	26.7 (27.9)	142
140 W	9 N	2.4 (-1.0)	5.7 ( 2.1)	26.1	27.6 (26.8)	93
140 W	5 N	-2.5 (-3.9)	5.6 ( 3.7)	25.1	25.4 (27.2)	143
140 W	2 N	---- (-4.8)	---- ( 2.6)	23.7	25.3 (26.4)	90
140 W	2 S	-5.6 (-5.2)	1.8 ( 1.1)	24.1	24.1 (26.1)	98
125 W	EQ	-4.4 (-3.4)	2.6 ( 1.9)	22.3	22.5 (24.9)	43
110 W	5 N	---- (-0.8)	---- ( 5.2)	23.7	26.3 (26.1)	96*
110 W	2 N	-2.3 (-2.5)	5.5 ( 4.0)	22.0	23.5 (24.1)	53
110 W	2 S	-3.9 (-3.6)	1.8 ( 2.6)	21.2	21.2 (23.0)	26
110 W	5 S	-4.6 (-4.9)	2.3 ( 3.0)	22.5	22.5 (23.6)	43

Table 1 : Exemple de résumé, moyenne mensuelle des données de toutes les ATLAS (juillet et août 1988), envoyé au "Climate Diagnostics Bulletin".

## 2S 165E

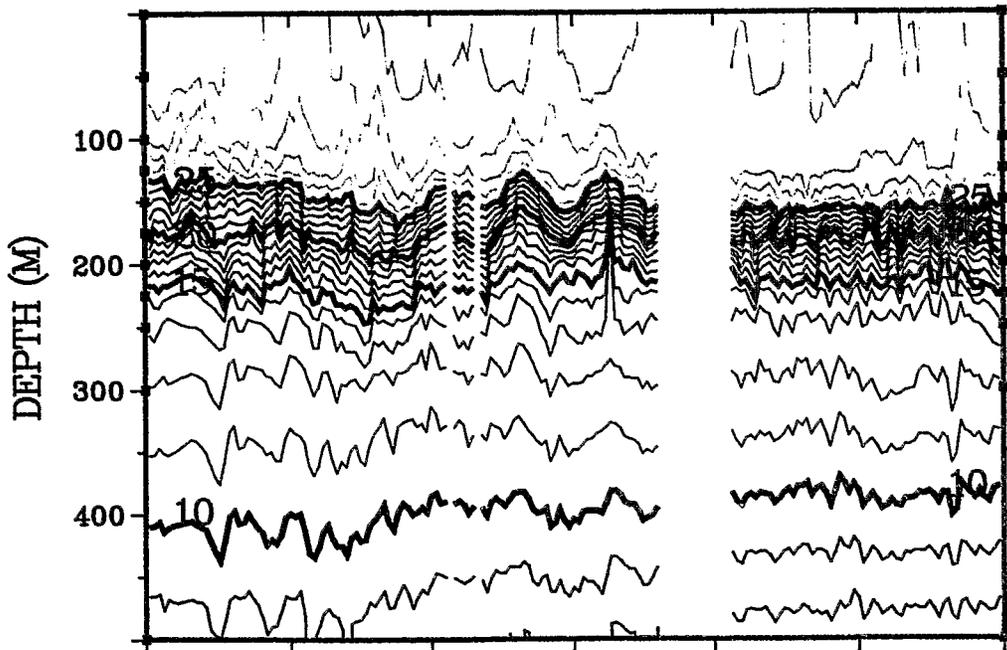
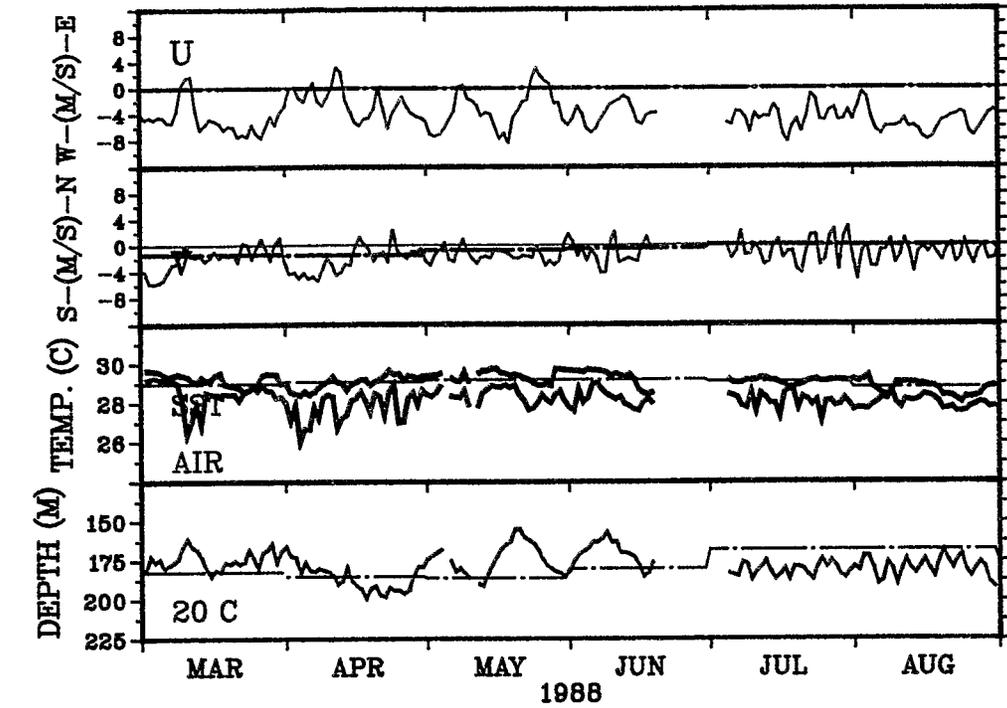


Figure 2 : Exemple de tracés déduit des mesures de la bouée ATLAS à 2° S 165° E de mars à août 1988. - Figure du haut : composantes U et V du vent (positives respectivement vers l'est et vers le nord), température de surface de l'air (trait discontinu) et profondeur de l'isotherme 20°. Les courbes en trait discontinu alterné correspondent aux moyennes climatologiques. Figure du bas : tracé des isothermes.

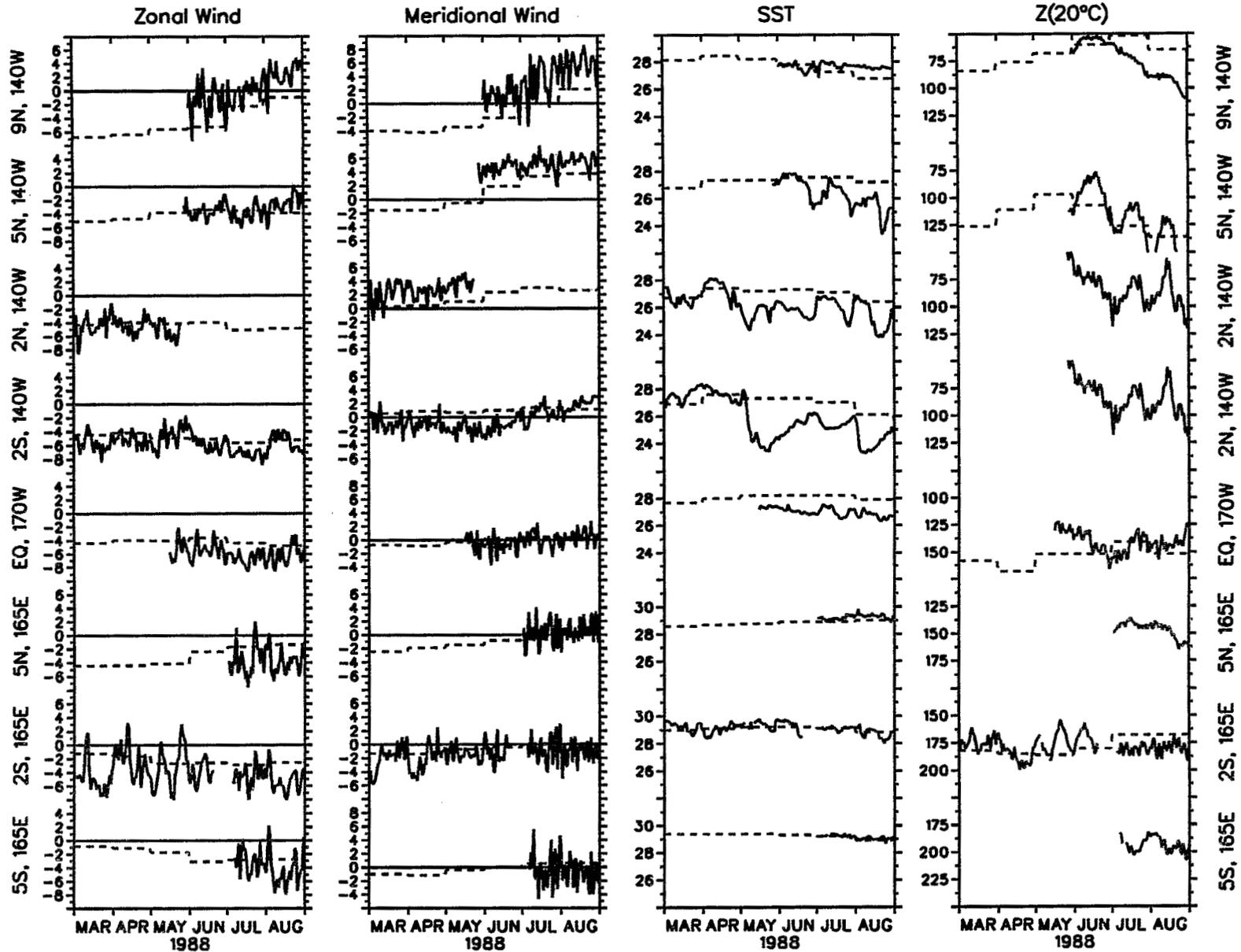


Figure 3a : Exemple de résumé graphique des dernières données ATLAS envoyées au "Climate Diagnostics Bulletin". Valeurs journalières moyennes des composantes de vent, température de surface de la mer et profondeur de l'isotherme 20° C. Les courbes en trait discontinu correspondent aux moyennes climatologiques. Mouillages ATLAS à 165° E, 170° W et 140° W.

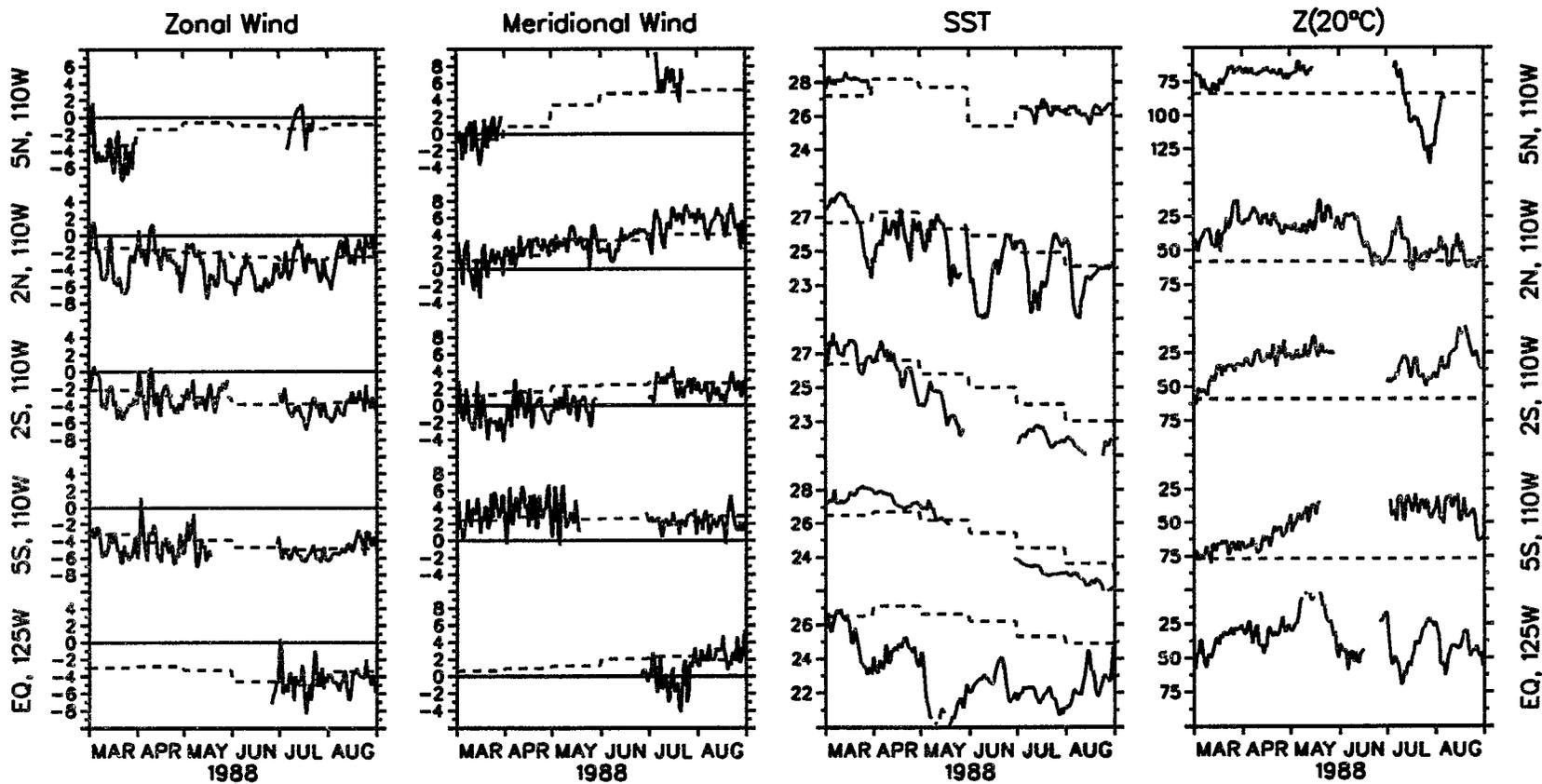


Figure 3b : Même légende que figure 3a.  
Mouillage ATLAS à 125° W et 110° W.

165.0 E 2.0 S TEMPERATURE

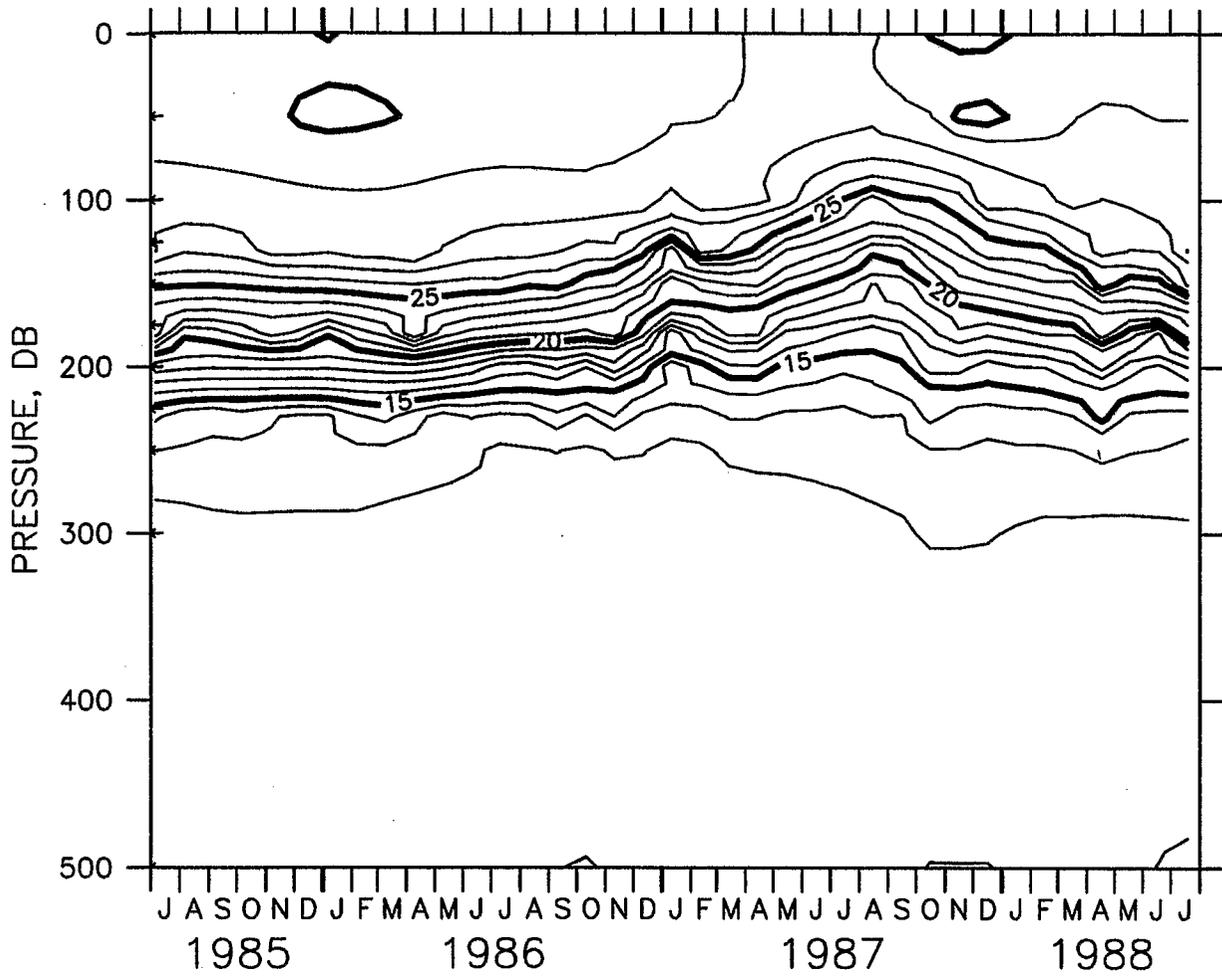
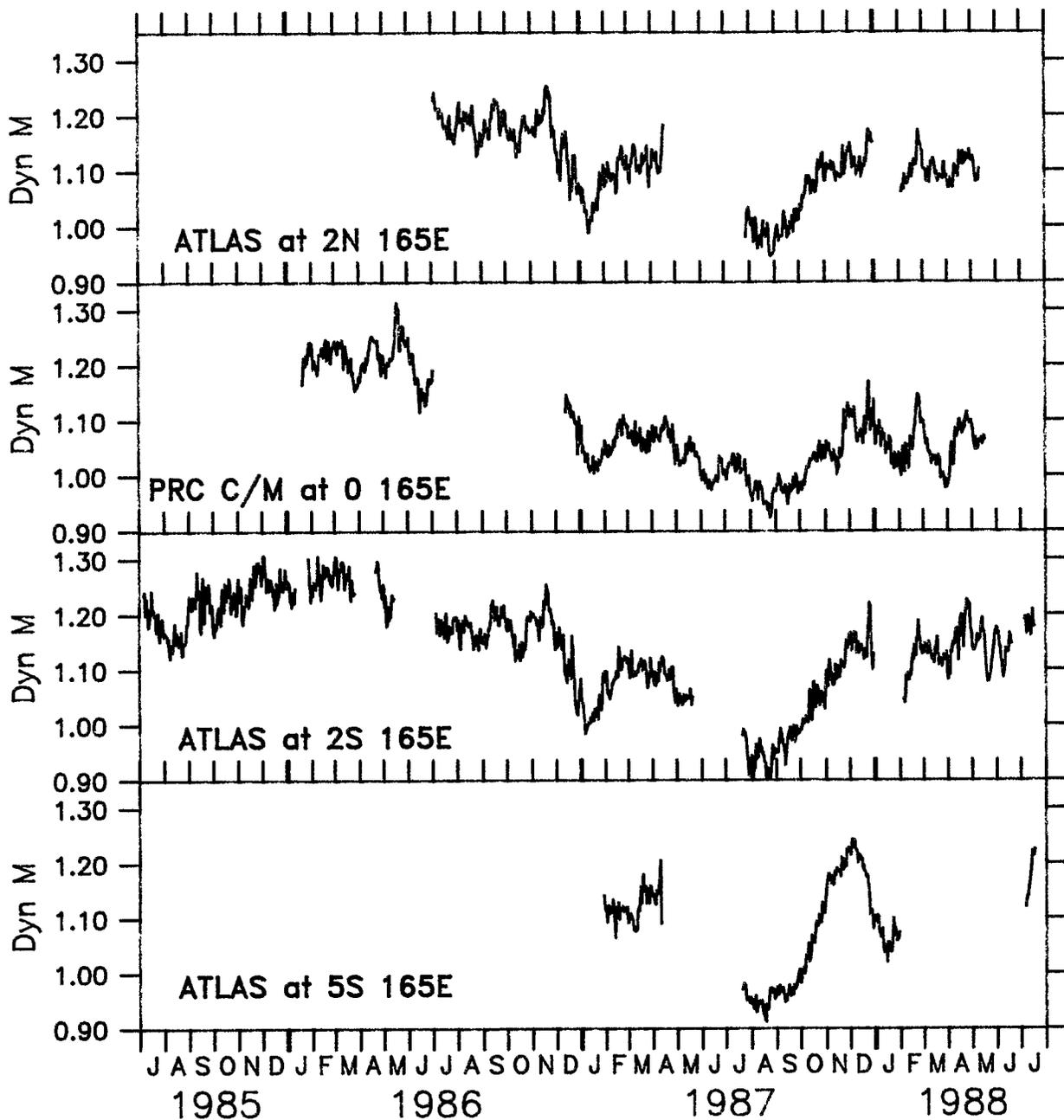


Figure 4 : Tracé des isothermes à partir des données lissées et interpolées de la bouée ATLAS à 2° S - 165° E de juillet 1985 à juillet 1988.



### Dynamic Height 0/300

Figure 5 : Tracé des hauteurs dynamiques 0/300 db déduites des températures, des mouillages ATLAS (2° N, 2° S et 5° S) et du mouillage courantométrique US/PRC à l'équateur, et de relations T-S moyenne, le long du méridien 165° E.