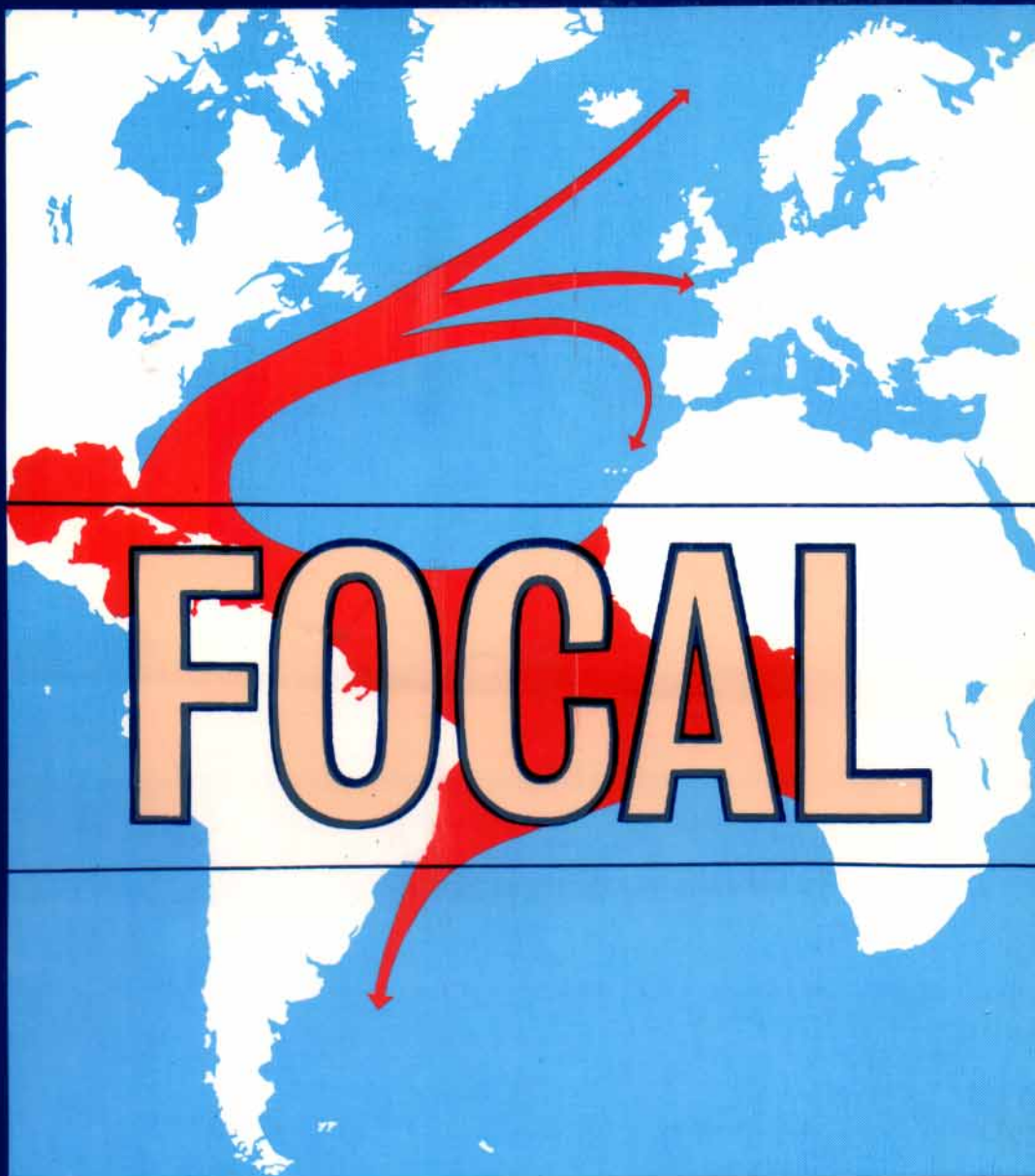


Programme
Français Océan et Climat Atlantique équatorial
(FOCAL)

ORSTOM - CNRS/LOP.MNHN
UNIVERSITES/UBO - IFREMER



FOCAL
Volume 3
(MOCAL)

VENT, COURANTS ET TEMPERATURE
à 0°, 4° W
de février 1983 à octobre 1984
C. COLIN

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Programme
Français Océan et Climat Atlantique équatorial
(FOCAL)
ORSTOM - CNRS/LOP.MNHN
UNIVERSITES/UBO - IFREMER

VENT, COURANTS ET TEMPERATURE
à 0°, 4° W
de février 1983 à octobre 1984

WIND, CURRENTS AND TEMPERATURE
OBSERVED at 0°, 4° W
from February 1983 to October 1984

Programme
Français Océan et Climat Atlantique équatorial
(FOCAL)
ORSTOM - CNRS/LOP.MNHN
UNIVERSITES/UBO - IFREMER

VENT, COURANTS ET TEMPERATURE
à 0°, 4° W
de février 1983 à octobre 1984

WIND, CURRENTS AND TEMPERATURE
OBSERVED at 0°, 4° W
from February 1983 to October 1984

FOCAL
Volume 3
(MOCAL)

G. COLIN (1), R. CHUGHLA (1), D. CORRE (2)
G. HESLOIN (1) et M. PRIVE (2)

(1) CRO/ORSTOM, B.P. V 18, ABIDJAN (COTE d'IVOIRE)

(2) Antenne ORSTOM/COB, B.P. 337, 29273 BREST CEDEX (FRANCE)

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **TRAVAUX et DOCUMENTS** n° 217

PARIS 1989

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

AVANT-PROPOS

Eu égard à la similitude des objectifs scientifiques des deux programmes océanographiques FOCAL (France) et SEQUAL (USA) et à la complémentarité des moyens mis en oeuvre pour leur commune exécution, ce document se devait être rédigé dans les deux langues, français et anglais.

Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce document.

PREFACE

Because of the similarity of the scientific objectives of the two oceanographic programs FOCAL (France) and SEQUAL (USA) and their synergistic field operations, this report has been written in French and English.

The authors thank all the people who have supported the publication of this document.

SOMMAIRE

	RESUME
I.	INTRODUCTION
II.	SPECIFICITE DE LA ZONE EQUATORIALE ATLANTIQUE
III.	CHRONOLOGIE ET METHODOLOGIE
IV.	MOYENS LOURDS UTILISES
V.	TRAITEMENT DES DONNEES
VI.	COOPERATION SCIENTIFIQUE
VI.1.	NATIONALE
VI.2.	INTERNATIONALE
VII.	COMMENTAIRES SCIENTIFIQUES
VII.1.	VENT
VII.2.	STRUCTURE THERMIQUE
VII.3.	COURANTS
VIII.	CONCLUSION

CONTENTS

	ABSTRACT
I.	INTRODUCTION
II.	SPECIFICITY OF THE ATLANTIC EQUATORIAL AREA
III.	CHRONOLOGY AND METHODOLOGY
IV.	RESEARCH VESSELS USED
V.	DATA PROCESSING
VI.	SCIENTIFIC COOPERATION
VI.1.	NATIONAL
VI.2.	INTERNATIONAL
VII.	RESULTS
VII.1.	WIND MEASUREMENTS
VII.2.	THERMAL STRUCTURE
VII.3.	CURRENTS
VIII.	CONCLUSION

RESUME

Dans ce document sont présentées les observations de vent, de courants et de température obtenues sur la ligne de mouillage déployée au point 0°, 4°W (Golfe de Guinée), de février 1983 à octobre 1984. Ces mesures ont été effectuées dans le cadre du programme français FOCAL (Français Océan Climat en zone équatoriale atlantique) mené en collaboration avec le programme américain SEQUAL (SEASONAL EQUATORIAL ATLANTIC experiment).

I - INTRODUCTION

La climatologie de l'Afrique de l'ouest et pour une moindre part, celle de l'Europe, sont conditionnées par l'emplacement géographique respectif des anticyclones de Sainte Hélène et des Açores ; leurs mouvements saisonniers, en latitude, modifient considérablement l'intensité du champ de vent, que ce soit au large ou le long des côtes. C'est ainsi que pour le Golfe de Guinée, l'on assiste, à partir du mois d'avril environ, à une intensification des alizés de sud-est et à l'apparition, pour l'Afrique de l'ouest, de la mousson de sud-ouest qui déclenche d'importantes chutes de pluie, sur le littoral et l'intérieur du continent. Parallèlement aux variations observées dans l'intensité du vent, la température de surface de la mer subit, elle aussi, d'importantes fluctuations ; à titre indicatif, l'amplitude thermique observée, peut atteindre 5°C ce qui est considérable pour une région considérée il n'y a pas encore si longtemps comme thermiquement stable !

Plusieurs programmes internationaux et nationaux (EQUALANT, GATE, campagnes océanographiques du N.O. CAPRICORNE) ont permis, grâce à des observations ponctuelles, la mise en évidence de fortes fluctuations, tant thermiques que dynamiques, qui affectent l'ensemble de la zone intertropicale atlantique.

L'importance de la variabilité saisonnière du champ de vent et de son impact global sur le contenu thermique de surface ne fut soulignée qu'à partir des années 1978-1979 (programmes CIPREA et PEMG) ; c'est à cette période que la notion de "remote (lointain) forcing" fut, en effet, introduite et développée par ADAMEC et O'BRIEN (1), MOORE et al. (4) ; elle permettait de montrer que les fluctuations thermiques observées en un point, pouvaient ne pas dépendre exclusivement du "forcing" local, mais également de celui s'exerçant sur toute une aire géographique (partie équatoriale ouest, par exemple) ; une totale compréhension de la variabilité saisonnière du contenu thermique passait donc par une observation globale et continue des paramètres océanographiques (principalement les courants...) et météorologiques (vitesse et direction des vents, pression atmosphérique...) ; c'est dans cet esprit que fut conçu et réalisé le programme FOCAL (2) sous ensemble du PNEDC (Programme National d'Etude de la Dynamique des Climats).

Dans ce document, sont présentés les résultats du projet MOCAL (MOuillage de surface du programme foCAL) ; il consiste en des observations continues des champs de vent, de courants et de température effectuées en un point fixe (0°, 4°W) du Golfe de Guinée, de manière à saisir les déclenchements de l'intensification des alizés de sud-ouest et les refroidissements concomitants des eaux de surface, à l'Equateur.

II - SPECIFICITE DE LA ZONE EQUATORIALE ATLANTIQUE

L'observation continue des paramètres météorologiques et océanographiques s'avère nécessaire en zone équatoriale à cause du faible temps de réponse de l'océan aux fluctuations de l'atmosphère ; ce temps de réponse varie, en effet, comme $\frac{\sin 2 \varphi}{\cos \varphi}$, où φ représente la latitude et décroît d'autant plus vite que l'on se rapproche de l'Equateur.

A 5°N, ce temps de réponse est de l'ordre de 4 à 5 mois. La redistribution de l'énergie atmosphérique est accélérée en zone équatoriale grâce à la présence, outre des ondes de Rossby, de l'onde de Kelvin qui est liée à l'annulation de la force de Coriolis à l'équateur et pour l'Océan Atlantique à la faible dimension en longitude de son bassin équatorial (3000 milles nautiques comparée aux 8500 du Pacifique).

Si, donc, une intensification des alizés se produit sur la partie ouest de la zone équatoriale, moins d'un mois après, les effets se feront sentir dans la partie Est (en effet la célérité du premier mode barocline de l'onde de Kelvin est de 2.3 m/s) ; pour le "forcing" local, le temps de réponse est encore bien plus petit (de l'ordre de la semaine). Les campagnes océanographiques saisonnières ne peuvent donc décrire que des situations "instantanées", voire relier la structure thermique observée aux advections longitudinale et verticale ; c'est afin de saisir l'aspect transitoire du processus de répartition de l'énergie atmosphérique, locale et extra-locale, au niveau océanique (3) qu'il a été déployé, à 0°-4°W, une ligne de mouillage équipée de matériel météorologique et océanographique (cf. CHRONOLOGIE ET METHODOLOGIE).

III - CHRONOLOGIE ET METHODOLOGIE

Afin d'appréhender la variabilité saisonnière des conditions de vent et d'éviter de restreindre les observations à une seule année qui aurait pu se révéler anormale, tant au niveau des causes que des effets, il a été proposé d'étendre la période d'observation sur deux années consécutives ; c'est ainsi que les opérations à la mer ont débuté le 13 février 1983 pour s'achever le 27 septembre 1984.

Compte tenu du "fouling" observé, en 1978, sur des appareils scientifiques immergés à profondeur équivalente et pour des périodes de temps comparables, la maintenance de la ligne du mouillage a été assurée tous les 3 mois environ ; les dates des opérations de mouillage effectuées au cours des différentes campagnes océanographiques sont recensées dans le tableau I (années 1983 et 1984) ; les paramètres mesurés furent pour :

- l'unité climatologique :

- vitesse et direction du vent
- température de l'air,
- pression atmosphérique,
- température de surface de la mer ;

- les courantographes VACM :

- vitesse et direction des courants (10, 35, 60, 85, 110, 310 m)
- température de la mer au niveau considéré.

Afin d'obtenir une meilleure définition de la structure thermique, d'autres enregistreurs de température Aanderaa ont été fixés sur la ligne, à des profondeurs et en nombre variables (cf. schéma de la ligne de mouillage utilisée). Ces enregistreurs étaient équipés également de capteurs de pression, permettant de s'assurer de la stabilité en profondeur des appareils scientifiques et de salinité (ces derniers étant trop sensibles au "fouling", les enregistrements n'ont pu être correctement exploités).

Les interruptions qui apparaissent dans les enregistrements, sont dues, pour les courantographes, soit :

- à une mauvaise qualité des matériaux utilisés (rupture de la chaîne d'acier supportant les Benthos, en avril et mai 1983),

- aux interventions extérieures : en novembre 1983 et février 1984, la ligne a été sectionnée par un thonier afin de dégager sa senne qui s'était, suite à une mauvaise manoeuvre, accrochée aux appareils scientifiques,

- aux défauts de fonctionnement des appareils, le plus souvent provoqués par les très fortes vibrations enregistrées sur la ligne, et pour le paramètre vitesse, à l'usure excessive des portées de rotor due aux très fortes vitesses enregistrées (généralement à l'immersion 60 mètres).

TABLEAU 1

<u>CAMPAGNES</u>	<u>NAVIRES</u>	<u>DATES & HEURES</u>	<u>OPERATIONS EFFECTUEES</u>
MOCAL 1	CAPRICORNE	13. 02. 83 à 16.00	- Mise à l'eau de la ligne de mouillage
MOCAL I (bis)	ANDRE NIZERY	16. 04. 83 à 13.00	- Récupération de la ligne en dérive (*)
MOCAL II	CAPRICORNE	06. 05. 83 à 16. 00	- Remise à l'eau de la ligne de mouillage
MOCAL II (bis)	ANDRE NIZERY	20. 05. 83 à 12. 00	- Récupération de la ligne en dérive
MOCAL II (ter)	ANDRE NIZERY	30. 05. 83 à 20. 00	- Remise à l'eau du mouillage
MOCAL III	CAPRICORNE	du 02. 08. 83 à 09. 00 au 13. 08. 83 à 19. 00	- Maintenance du mouillage
MOCAL IV	CAPRICORNE	du 22. 11. 83 à 12. 00 au 26. 11. 83 à 17. 00	- Récupération de la ligne posée sur le fond et remise en place (**)
MOCAL V	CAPRICORNE	du 20. 02. 84 à 13. 00 au 23. 02. 84 à 16. 00	- Récupération de la ligne posée sur le fond et remise en place (**)
MOCAL VI	CAPRICORNE	du 09. 05. 84 à 07. 00 au 12. 05. 84 à 19. 00	- Maintenance du mouillage
MOCAL VII	ANDRE NIZERY	27. 09. 84 à 07. 00	- Récupération définitive de la ligne de mouillage

(*) La ligne de mouillage s'est brisée au niveau de la chaîne d'acier supportant les bouées Benthos (les largueurs restés au fond ont par la suite été récupérés).

(**) Ligne cassée par un thonier après accrochage dans la senne au niveau des appareils scientifiques).

Quant à l'unité climatologique, placée sur la bouée de surface, qu'elle soit de fabrication française (Météorologie Nationale) ou étrangère (Aanderaa), elle a également connu des aléas de fonctionnement consécutifs aux fortes trépidations provoquées par le rappel de la ligne de mouillage et aux interventions extérieures (thoniers). En février 1984, l'interruption de l'enregistrement du vent est due à la perte de la bouée de surface (a-t-elle sombré ou cabané ?) intervenant après la coupure du câble d'acier par un thonier.

Une voie importante d'étude continue des interactions océan-atmosphère en un point réside dans le déploiement d'une ligne de mouillage avec bouée de surface ancrée ; la technologie utilisée, dite de "mouillage tendu" (cf. schéma joint) a été développée par D. HALPERN, de l'Université de Washington à SEATTLE (USA), pour l'Océan Pacifique ; elle a aussi été utilisée par R. WEISBERG pour (SEQUAL).

L'analyse statistique, des points géographiques obtenus via le système ARGOS, fait apparaître, pour une ligne d'une longueur de 5000 mètres, un cercle d'évitage dont le diamètre avoisine le kilomètre ; l'influence sur l'immersion nominale des appareils reste toutefois très faible (de l'ordre de 0,5 %).

IV - MOYENS LOURDS UTILISES

Ce sont les N.O. CAPRICORNE de l'IFREMER et ANDRE NIZERY de l'ORSTOM (cf. tableau I) ; qu'il nous soit permis ici de remercier chaleureusement les officiers et équipages de ces navires pour le sérieux et la compétence dont ils ont fait preuve au cours de chacune des opérations effectuées.

V - TRAITEMENT DES DONNEES

Le dépouillement et le traitement des enregistrements obtenus à 0°, 4°W, ont été effectués à l'Atelier Informatique de l'Antenne ORSTOM du Centre Océanographique de Bretagne, à BREST ; le software utilisé est celui développé pour la W.H.O.I. (Woods Hole Océanographic Institution) aux U.S.A., qui fut implanté sur l'IRIS 80 de l'IFREMER ; les tracés des enregistrements présentés ont été obtenus par l'utilisation d'un traceur Benson. Les auteurs ont choisi de présenter dans ce rapport les données originales, laissant aux utilisateurs éventuels le soin de ne conserver que les fluctuations correspondant aux périodes de temps choisies.

VI - COOPERATION SCIENTIFIQUE

VI - 1 Nationale :

Ce projet a pu être réalisé grâce à la collaboration de l'IFREMER, du CNRS (LA 175), de la Météorologie Nationale et de l'ORSTOM qui en a assuré la maîtrise d'oeuvre ; il a ainsi été possible de disposer d'une partie importante du matériel scientifique national (VACM, largueurs, bouées WHOI.. ...) et du temps bateau nécessaire à sa réalisation.

VI - 2 Internationale :

Elle concerne uniquement le programme SEQUAL (7) regroupant le M.I.T., les Universités de Princeton, Columbia et Caroline du Nord, puis la WHOI ; eu égard à l'importance des objectifs scientifiques fixés, seul un programme scientifique conjoint pouvait permettre une étude globale du bassin équatorial atlantique.

VII - COMMENTAIRES SCIENTIFIQUES

Ils concernent seulement l'échelle de temps correspondant aux fluctuations saisonnières observées au point 0°, 4°W.

VII - 1 Vent (Figure 1 et 2)

La vitesse du vent instantané est normalement distribuée autour de la valeur moyenne 8 m/s (le vent moyen représente les 2/3 du vent instantané pour le pas d'échantillonnage considéré) ; l'absence de fortes variations est due à la présence permanente de l'anticyclone de Sainte Hélène ; on peut toutefois noter deux périodes maximales relatives, en avril-mai et septembre-octobre ; celle de printemps ("spring-pulse"), qui correspond au début de la mousson, est mieux marquée en 1983 qu'en 1984.

La direction du vent subit, elle aussi, des fluctuations à l'échelle de la saison ; à partir de la mi-mars, le vent passe du secteur Sud-Ouest au secteur Sud-Est puis, à partir de septembre, la direction du vent est à nouveau au secteur Sud-Ouest. De mars à septembre, elle est donc localement favorable à la génération d'un "upwelling" du type d'Ekman.

VII - 2 Structure thermique (Figures 1 à 15)

En mars-avril, à tous les niveaux de mesure, la température décroît ; cette décroissance correspond, par référence à l'isotherme 20°C, à une montée progressive de la thermocline vers la surface ; les valeurs minimales sont observées, courant juillet, de la surface à l'immersion 110 mètres, mais en mai pour l'immersion 310 mètres ; puis, à partir de début août, les températures croissent assez brutalement entraînant une homogénéisation des 35 premiers mètres de la couche d'eau ; en novembre-décembre, cette croissance cesse, pour faire place, en subsurface, à un plateau qui pourrait correspondre à la petite saison froide, mise en évidence, en hiver boréal, le long du plateau continental ivoirien ; rien dans la distribution locale du vent ne peut expliquer cette tendance qui est imputable au guide d'onde équatoriale.

Les années 1983 et 1984, si elles sont semblables au niveau des fluctuations saisonnières, présentent de février à juin, des valeurs absolues différentes ; en effet, les valeurs observées en 1984, à l'immersion 10 mètres, sont en moyenne de 0,5 à 1°C supérieures à celles de 1983 ; en subsurface, à l'immersion 35 mètres, cette différence est bien supérieure, puisqu'elle atteint +2°C ; cette anomalie positive engendre un accroissement sensible du contenu thermique et semble concerner l'ensemble du bassin équatorial (cf. cartes METEOSAT) ; les effets, sur la pêche au thon, ont été néfastes, puisque l'on a enregistré, par rapport à 1983 et pour la période considérée, un déficit de plusieurs milliers de tonnes.

VII - 3 Courants (Figures 3 à 16)

Ils présentent également, à l'échelle de la saison, des variations importantes tant en surface (Courant Equatorial Sud) qu'en subsurface (Sous-courant Equatorial appelé courant de Lomonosov).

L'intensification du courant de surface, vers l'Ouest, se produit en février-mars ; les maxima principaux se situent en juin-juillet ; un maximum secondaire semble exister en novembre-décembre sans qu'il corresponde, apparemment, à une intensification similaire du vent . Aux maxima de courant Ouest correspondent, pour les immersions supérieures (35 mètres principalement), des minima de courant Est ; en revanche, en janvier-février et septembre-octobre, l'on assiste au développement vertical maximum de ce sous-courant de Lomonosov ; l'on peut toutefois souligner que, si la

partie centrale du sous-courant se trouve entre les immersions 35 et 60 mètres en hiver boréal, elle se situe au dessous de l'immersion 60 mètres en automne. Aux maxima de courant Ouest correspondent des minima de température en surface ; l'advection horizontale des eaux froides baignant le Congo et l'Angola pourrait, en partie, expliquer les refroidissements observés à l'équateur, à la longitude considérée.

VIII - CONCLUSION

Les premiers résultats scientifiques obtenus au point fixe 0,4°W montrent la liaison, à l'échelle saisonnière, qui existe localement entre les distributions du vent, de la température et des courants ; l'influence extra-locale ne sera déterminée qu'après examen des enregistrements obtenus le long de l'Equateur (mouillages profonds, échosondeurs inversés. ...) ; ce travail essentiel sera entrepris en France et aux U.S.A.

ABSTRACT

Wind, current and temperature measurements, presented in this report, are issued from a surface mooring deployed at 0°, 4°W (Gulf of Guinea), from February 1983 to October 1984 ; they belong to the French FOCAL (Français Océan Climat en zone équatoriale à l'Antique) program which has been carried out simultaneously with the US SEQUAL (SEasonal eQUatorial AtLantic) one.

I - INTRODUCTION

The climatology of the western part of Africa and probably, to a lesser extent, of Europe, depends upon the latitudinal positions of the Saint Helena and Azores anticyclones ; their north-south seasonal positions lead to very important modifications of the wind field along the Equator and the northern and southeastern boundaries of the Gulf of Guinea. The increase of the southeast trade winds generally occurs in April and augments precipitation over the western part of Africa ; this corresponds to the west African monsoon which lasts until October.

Many national and international oceanographic programs (EQUALANT, GATE, French Guinea cruises ...) have been carried out in the equatorial basin of the Atlantic Ocean and they have contributed to a better understanding of the :

- hydrography and dynamics of the equatorial current regimes,
- low frequency variability (between inertia-gravity and bimonthly periods).

Studies of seasonal variations, which were initiated in 1978-1979, indicated that seasonal variability cannot be explained entirely by local wind forcing and/or advection and diffusion ; an improvement of their knowledge was realized when remote wind forcing of the equatorial area was considered (Adamec and O'Brien (1) MOORE et al (4)) then, adjustments of the thermal field were primarily accounted for by forced Kelvin and Rossby wave propagation (see Moore and Philander (5) for a detailed review). The objective of the FOCAL Program (2) was, from direct temperature, current and sea level measurements, to study the responses of the equatorial Atlantic area to seasonal wind forcing.

In this report, observations from the MOCAL (surface MOorings of the foCAL program) project (3) are presented. They consist of almost 20 months of continuously recorded wind, temperature and current measurements at 0°, 4°W, in the Gulf of Guinea.

II - SPECIFICITY OF THE ATLANTIC EQUATORIAL AREA

Low latitude oceans are characterized by rapid temporal response to atmospheric forcing. The response time varies approximately as $\frac{\sin^2 \varphi}{\cos \varphi}$, (φ is latitude). For

example, the response time at 5°N is about 125 times smaller than at 60°N. Moreover, the longitudinal extension of the equatorial area of the Atlantic Ocean is smaller (one-third less than the Pacific Ocean, for example) with the following consequences :

- the preponderant signal is found on a seasonal time scale, whereas in the Pacific Ocean the interannual one is the more important : the Atlantic equatorial area adjusts within 3 months to atmospheric forcing,

- less ship time is needed for getting synoptic data over the entire basin.

According to the energy maximum associated with the seasonal frequency band, seasonal cross-equatorial sections (CTD, profiling current measurements ...) can only afford an instantaneous description. Knowledge on how the ocean continuously

adjusts to global wind forcing variability can efficiently be obtained with surface moorings equipped with wind recorder and current temperature sensors.

III - CHRONOLOGY AND METHODOLOGY

The MOCAL project has been carried out, at sea, for 20 months, from February 13th, to September 27th, 1984. Due to heavy biological fouling which has previously been observed (CIPREA Program) in the same area, the sequence of recovery-deployment was planned for every 3 months ; the oceanographic cruises which involved during this project are listed in table I.

The different scientific parameters which were measured are :

- *at the surface*
 - wind speed and direction (2.5 meters above sea level),
 - air temperature,
 - air pressure,
 - sea surface temperature ;
- *in subsurface*
 - velocity and direction of the current. (10,35,60,85,110,310 m)
 - temperature at the same levels

In order to get a more precise description of the thermal field and of the vertical stability of the mooring line, some Aanderaa recorders (cf. scheme of the equipped mooring line) were added : one to three in the first 100 metres and one deeper, at 310 metres, just below the second thermocline.

The gaps in the records are due :

- for current meters to
 - line cut by tuna boats (this happened twice, in November 1983 and February 1984),
 - failure in chain on which the glass spheres were fixed,
 - failure in scientific equipment (rotor bearings and electronic part) ;
- meteorological unit to
 - damage of the upper part of the surface buoy following shock with tuna boats (February 1984),
 - sensors failure (anemometers and/or vane) due to very strong high frequency vertical motions mainly due to the swell.

In spite of all these difficulties, the surface mooring experiment still remains an efficient procedure for continuous atmosphere-ocean interactions studies at one point.

The technology used was that developed by D. Halpern, NOAA Laboratory in Seattle (Washington, U.S.A.), for the Pacific Ocean, and was also used by R. Weisberg for SEQUAL.

IV - RESEARCH VESSELS USED

They are the R/V CAPRICORNE (IFREMER) and ANDRE NISERY (ORSTOM) ; the timetables of the different cruises carried out are listed in table I. We take here the opportunity to thank all the officers and crew members who greatly assisted the scientific team in executing field operations.

V - DATA PROCESSING

Data processing was performed at the "Atelier Informatique" of Antenne ORSTOM in C.O.B. (BREST) ; the software used was that developed by WHOI and the plots obtained from a Benson plotter. Only raw data are presented in this report.

TABLE 1

<u>CRUISES</u>	<u>VESSELS</u>	<u>DATES & HOURS</u>	<u>OPERATIONS</u>
MOCAL I	CAPRICORNE	13. 02. 83 at 16. 00	- Mooring at sea
MOCAL I (bis)	ANDRE NIZERY	16. 04. 83 at 13. 00	- Recovery of the mooring adrift (*)
MOCAL II	CAPRICORNE	06. 05. 83 at 16. 00	- Mooring at sea
MOCAL II (bis)	ANDRE NIZERY	20. 05. 83 at 12. 00	- Recovery of the mooring adrift (*)
MOCAL II (ter)	ANDRE NIZERY	30. 05. 83 at 20. 00	- Mooring at sea
MOCAL III	CAPRICORNE	from 02. 08. 83 at 09. 00 to 13. 08. 83 at 19. 00	- Mooring maintenance
MOCAL IV	CAPRICORNE	from 22. 11. 83 at 12. 00 to 26. 11. 83 at 17. 00	- Recovery of the line lying on the bottom, mooring at sea again (**)
MOCAL V	CAPRICORNE	from 20. 02. 84 at 13. 00 to 23. 02. 84 at 16. 00	- Recovery of the line lying on the bottom, mooring at sea again (**)
MOCAL VI	CAPRICORNE	from 09. 05. 84 at 07. 00 to 12. 05. 84 at 19. 00	- Mooring maintenance
MOCAL VII	ANDRE NIZERY	27. 09. 84 at 07. 00	- Gear on board, operation over

(*) The steel chain bearing the Benthos buoys broke, releasing the line (triggers remained on the bottom and were later recovered).

(**) The line was broken by a tuna boat fishing in the area.

VI - SCIENTIFIC COOPERATION

VI - 1 NATIONAL :

The following French organizations have been involved in this experiment :

- IFREMER
- CNRS (LA 175)
- Météorologie Nationale,
- ORSTOM, which was responsible for leadership.

VI - 2 INTERNATIONAL :

The FOCAL Program was simultaneously conducted with the U.S. SEQUAL Program (7) including the M.I.T., W.H.O.I. and the University of Princeton, Columbia and North Carolina (State University). Only a joint Program was able to perform such a global study.

VII - RESULTS

The following results concern only the seasonal time scale variability at 0°, 4°W.

VII - 1 Wind measurements (Figures 1 and 2)

The instantaneous wind speed is normally distributed around a mean of 8 m/s (the 3 hourly mean averaged wind speed represents 2/3 of the instantaneous wind speed). The southeast trade winds increase in April, remaining constant until mid-October, and decrease slowly until the relaxation period in February-March. For 1983 and 1984, the speed exhibits a very strong annual signal, but lacks a semiannual component which appears, for the Gulf of Guinea, in historical data.

The direction of the wind, also, exhibits seasonal variations ; when the speed increases, the direction turns from the south to the southeast and remains stable until mid-October. Thereafter the direction reverts to the south and the southwest until February-March. However, when comparing the two years, the wind blew earlier from the southeast (January) in 1983 than it did in 1984 (March).

VII - 2 Thermal structure

VII - 2.1 Sea surface (Figures 1 and 2)

The sea surface temperature (SST) observed in 1983 and 1984 also indicates a very clear annual signal ; the temperature begins to decrease in April, reaches a minimum value (T 22°C - 24°C) in July-August and then increases until February-March (T 29°C - 30°C). There is a good covariation between wind and SST fluctuations ; the SST starts to decrease a couple of weeks after the increase of the wind. This time lag corresponds to that found by Philander and Pacanowski (6) from a nonlinear model using cross-equatorial winds (this is the case for the Gulf of Guinea). The SST in 1984 was higher by around 2°C than in 1983, so interannual differences may also appear in the equatorial area of the Atlantic Ocean, but, as it was pointed out before, the amplitude of these thermal fluctuations is small compared to the amplitude of the seasonal signal.

VII - 2.2 Subsurface (Figures 3 to figure 15)

Similar features appear at depth. The record at 10 meters is very coherent with that of the SST. Below 10 meters, the temperature decreases earlier around March 15th and reaches a minimum value around July 15th except deeper, at 310 meters, where this minimum value is observed a couple of months before. Then the temperature increases at all depths. For 1983, the temperature stops its increase around October 15th, decreases until November 15th, and increases again until April 1984. In subsurface, the temperature records decrease before the increase of the local wind and, moreover, they present a semi-annual signal which does not appear in the wind fields. The coolings at 0°,4°W, except for the surface, cannot be entirely explained in terms of local wind forcing. Other physical processes have to be considered, such as :

- horizontal and vertical advection,
- turbulence and mixing,
- and particularly the equatorial wave guide effect.

VII - 3 Currents (Figure 3 to figure 15)

They also exhibit large seasonal fluctuations, either at the surface (**South Equatorial Current**) or in the subsurface layer (**Equatorial UnderCurrent**).

VII - 3.1 S.E.C.

This westward current increases at the end of February, reaches its maximum development in May-June (75 cm/s) and then decreases ; it disappears in September and from December to February, when it is replaced by an eastward current ; generally confined in the surface layer, it can extend to depth. This happened in October, but its speed does not however exceed 50 cm/s. This surface current exhibits a seasonal cycle.

VII - 3.2 E.U.C.

This subsurface current, flowing eastward, is situated inside the thermocline ; the mean depth of the core is around 60 meters. The maximum vertical extension of this current occurs when the southeast trade winds are weak (boreal winter). At this time, speeds of 0.8 m/s are observed at 35 and 60 meters. Afterwards, the velocity slightly decreases at all levels (however, at 110 meters, the changes are less obvious) ; this corresponds to the upwelling season, during which the E.U.C. is also deepening and moving upwind (cf. sections of FOCAL 3 and FOCAL 4, at 4°W). At the beginning of August, the velocity of the eastward current slightly increases until September-October, but first at the lowest levels (at and below 60 meters) and then at all levels (from December to January-February) ; between these two periods, a relative minimum of eastward flow is observed ; this might correspond to the secondary increase of the westward surface current.

VIII - CONCLUSION

The preliminary results which follow the observations carried out at 0°,4°W show, on a seasonal time scale, the partial relationships which exist between the wind, temperature and current distributions. For a more global interpretation of the thermal field fluctuations, the influence of remote forcing mechanism must be included. This study will jointly continue in the U.S.A., by considering all the records obtained along the Equator, either from surface moorings and/or other sources (sections, I.E.S., tide gauges ...).

BIBLIOGRAPHIE / REFERENCES

- 1) ADAMEC, D., and J.J. O'BRIEN, 1978. The seasonal upwelling in the Gulf of Guinea due to remote forcing. J. Phys. Oceanogr., 8, 1050-1060.
- 2) FOCAL, 1981. Programme Français Océan Climat de la zone équatoriale atlantique. (MERLE J. et coll., document PNEDC).
- 3) MOCAL, 1981. Observations en continu des structures thermiques et dynamiques à 0°,4°W. (COLIN C. et GONELLA J., document PNEDC).
- 4) MOORE, D. W., P. HISARD, J.P. Mac CREARY, J. MERLE, J.J. O'BRIEN, J.PICAUT, J.M. VERSTREATE and C. WUNSCH, 1978. Equatorial adjustment in the eastern Atlantic. Geophys. Res. Let., 5, 637-640.
- 5) MOORE, D. W., and S. G. H. PHILANDER, 1977. Modeling of the tropical oceanic circulation. In The Sea, vol VI ; New York, Wiley - Interscience, 319-361.
- 6) PHILANDER, S. G., and R. C. Pacanowski, 1981. The oceanic response to cross equatorial winds. Tellus, 33, 201-210.
- 7) SEQUAL, 1981. SEasonal adjustment of the eQUatorial atLantic (CANE M.A., KATZ E.J. et coll.).

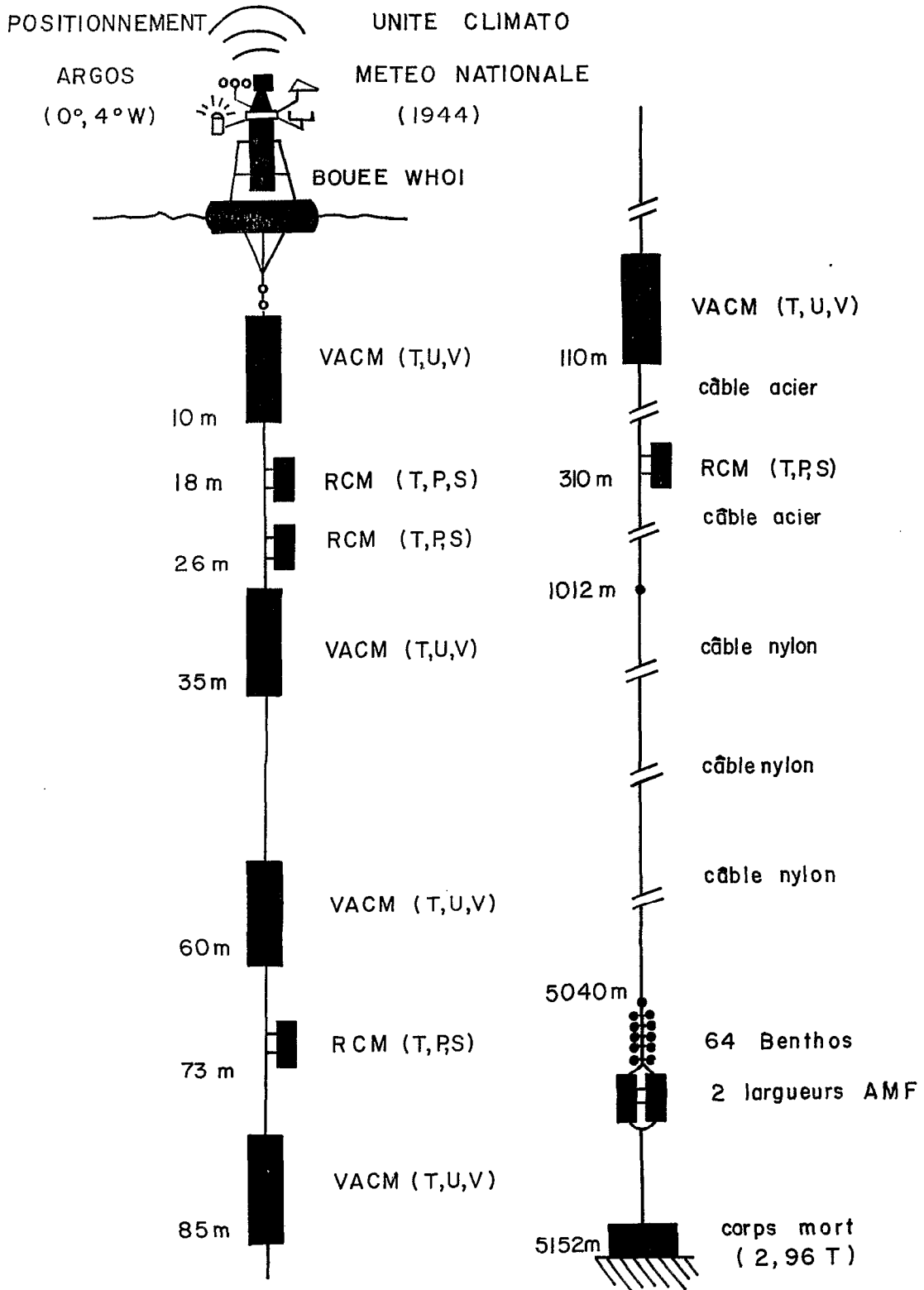


Schéma de la ligne de mouillage utilisée
Scheme of the equipped mooring line.

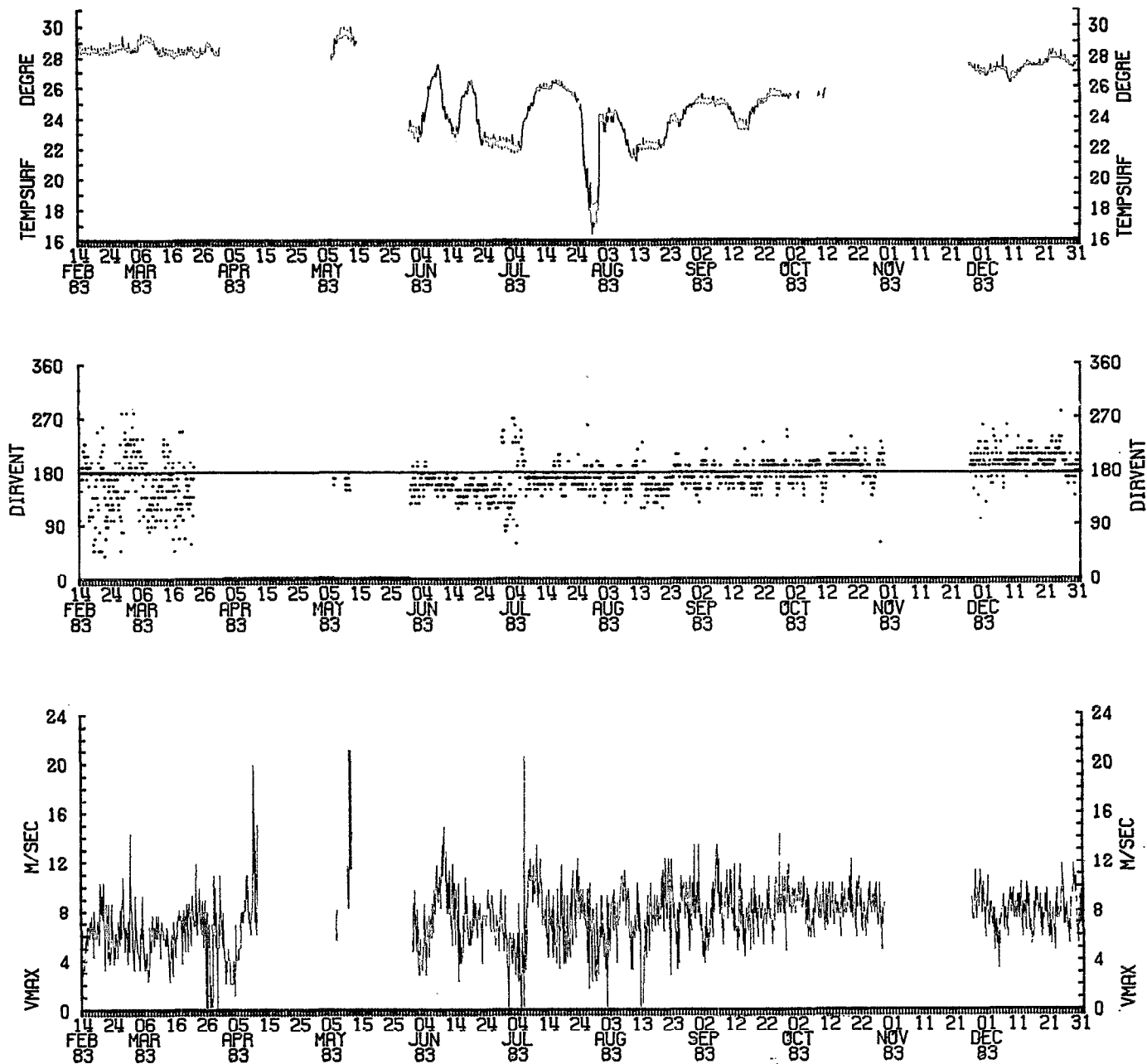


Figure 1 : Température de surface de la mer, direction et vitesse du vent à 2,5 m au dessus du niveau de la mer enregistrées en 1983 (données tri-horaires).
SST, wind directions and wind speed (2,5 meter above sea level) as observed in 1983 (3-hourly data)

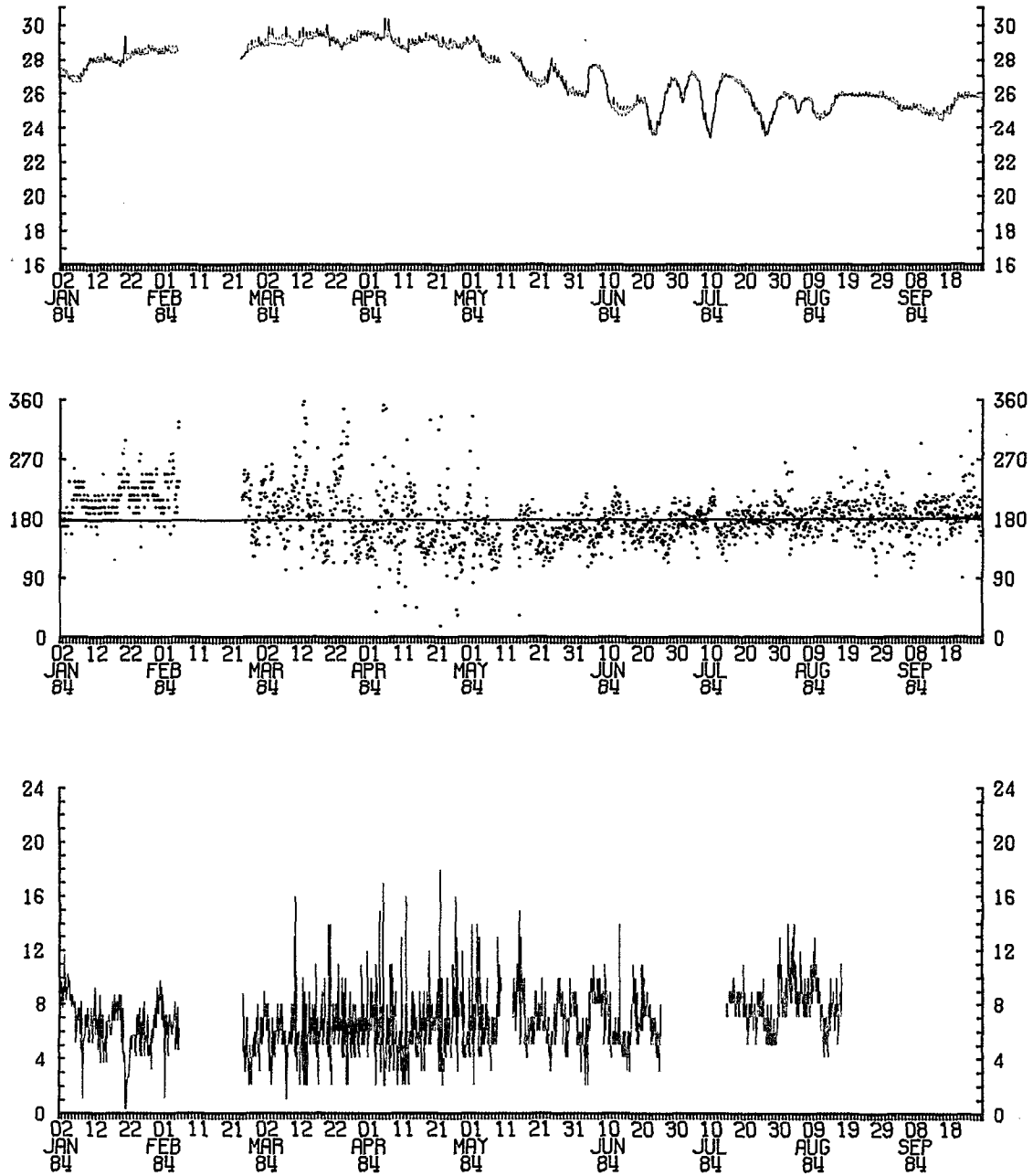


Figure 2 : Température de surface de la mer, direction et vitesse du vent à 2,5 m au dessus du niveau de la mer enregistrées en 1984 (données tri-horaires).
SST, wind directions and wind speed (2,5 meter above sea level) as observed in 1984 (3-hourly data)

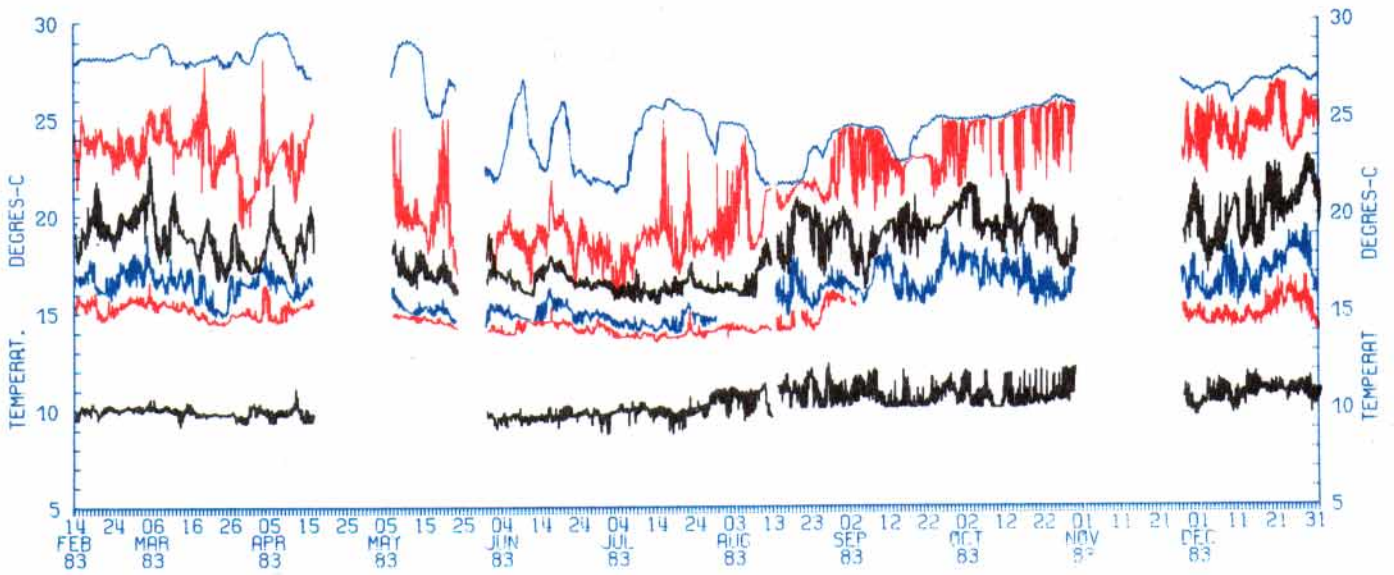


Figure 3 : Distribution de la température aux immersions 10, 35, 60, 85, 110 et 310 mètres en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature distributions at 10, 35, 60, 85, 110 and 310 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

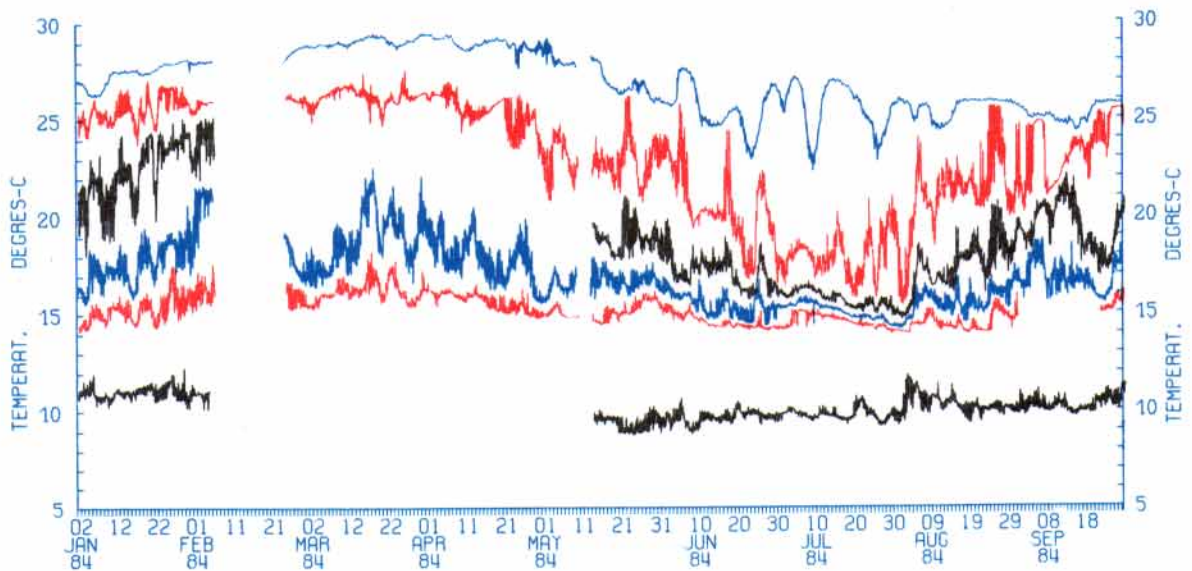


Figure 4 : Distribution de la température aux immersions 10, 35, 60, 85, 110 et 310 mètres en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature distributions at 10, 35, 60, 85, 110 and 310 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

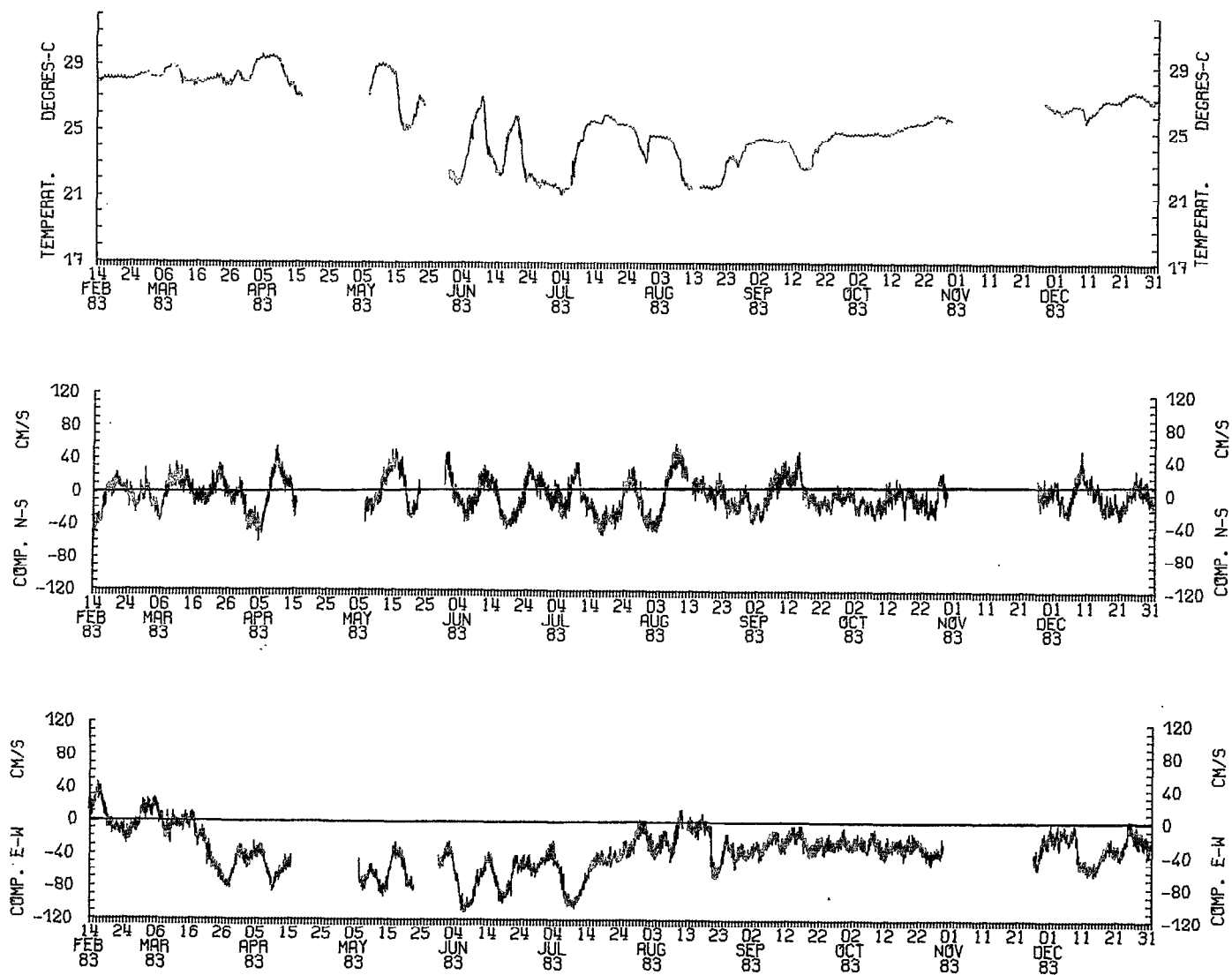


Figure 5 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 10 mètres, en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 10 meter depth in 1983 ($\Delta t = 15$ min).

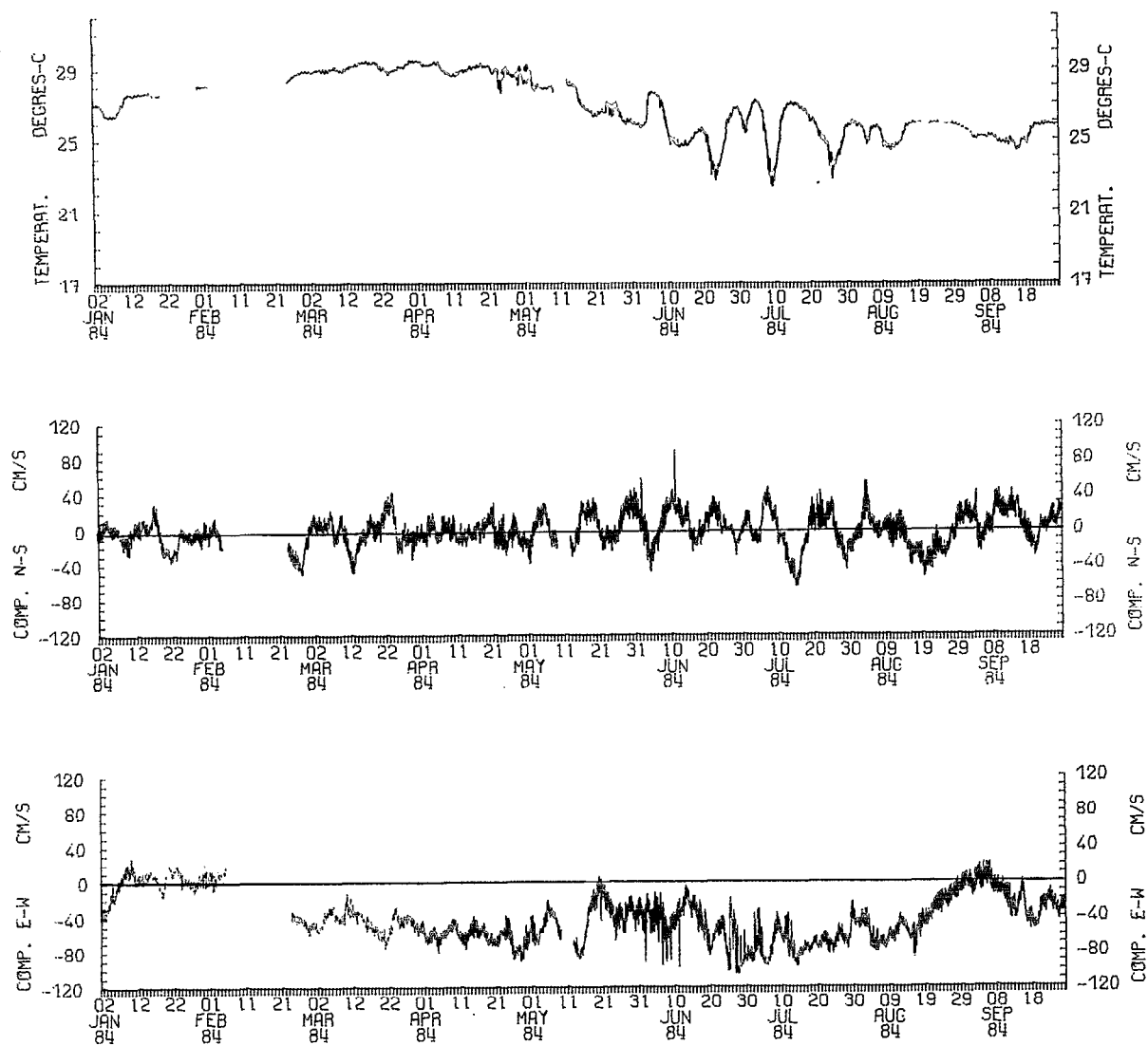


Figure 6 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 10 mètres, en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 10 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

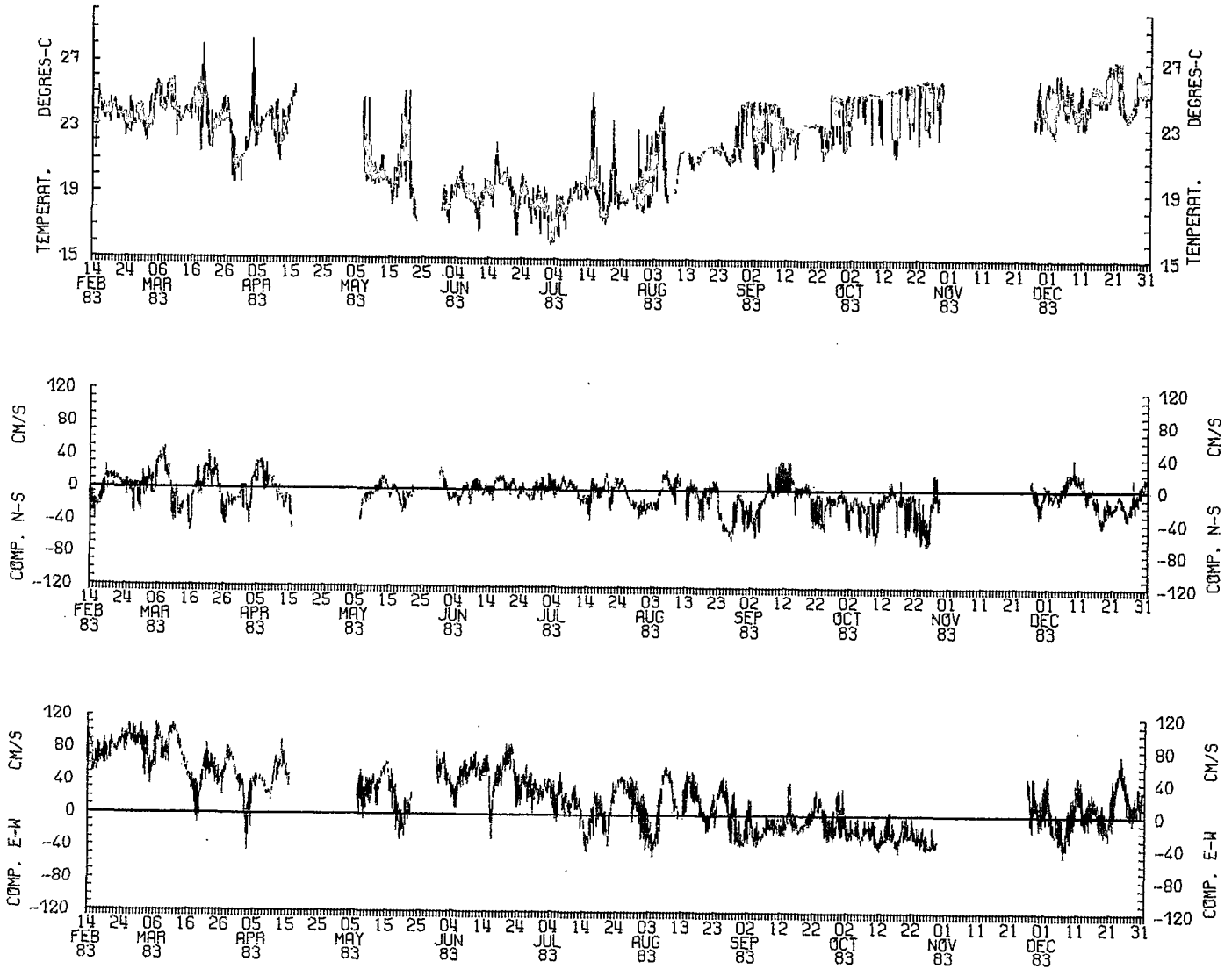


Figure 7 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 35 mètres, en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 35 meter depth in 1983 ($\Delta t = 15$ min).

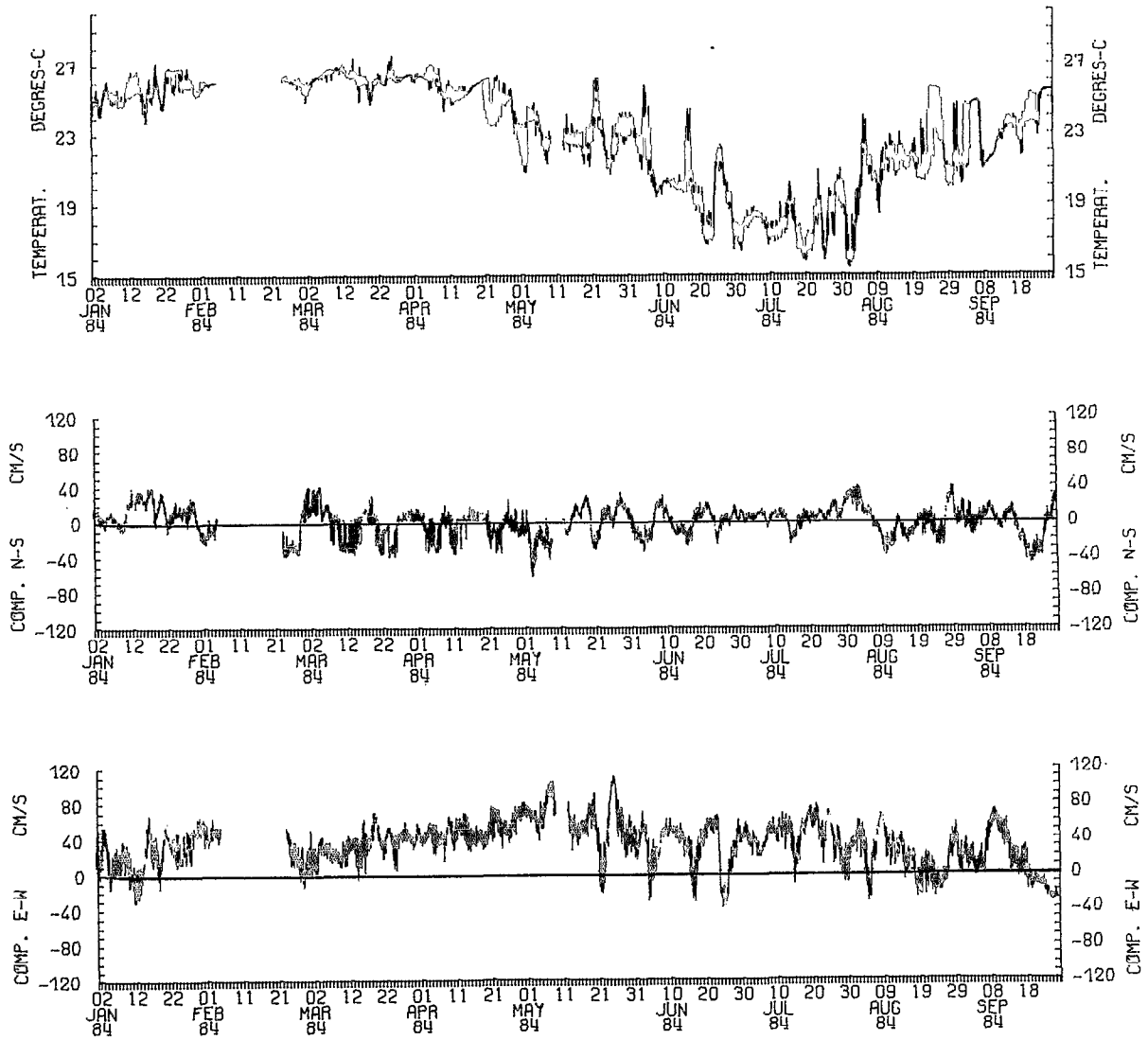


Figure 8 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 35 mètres, en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 35 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

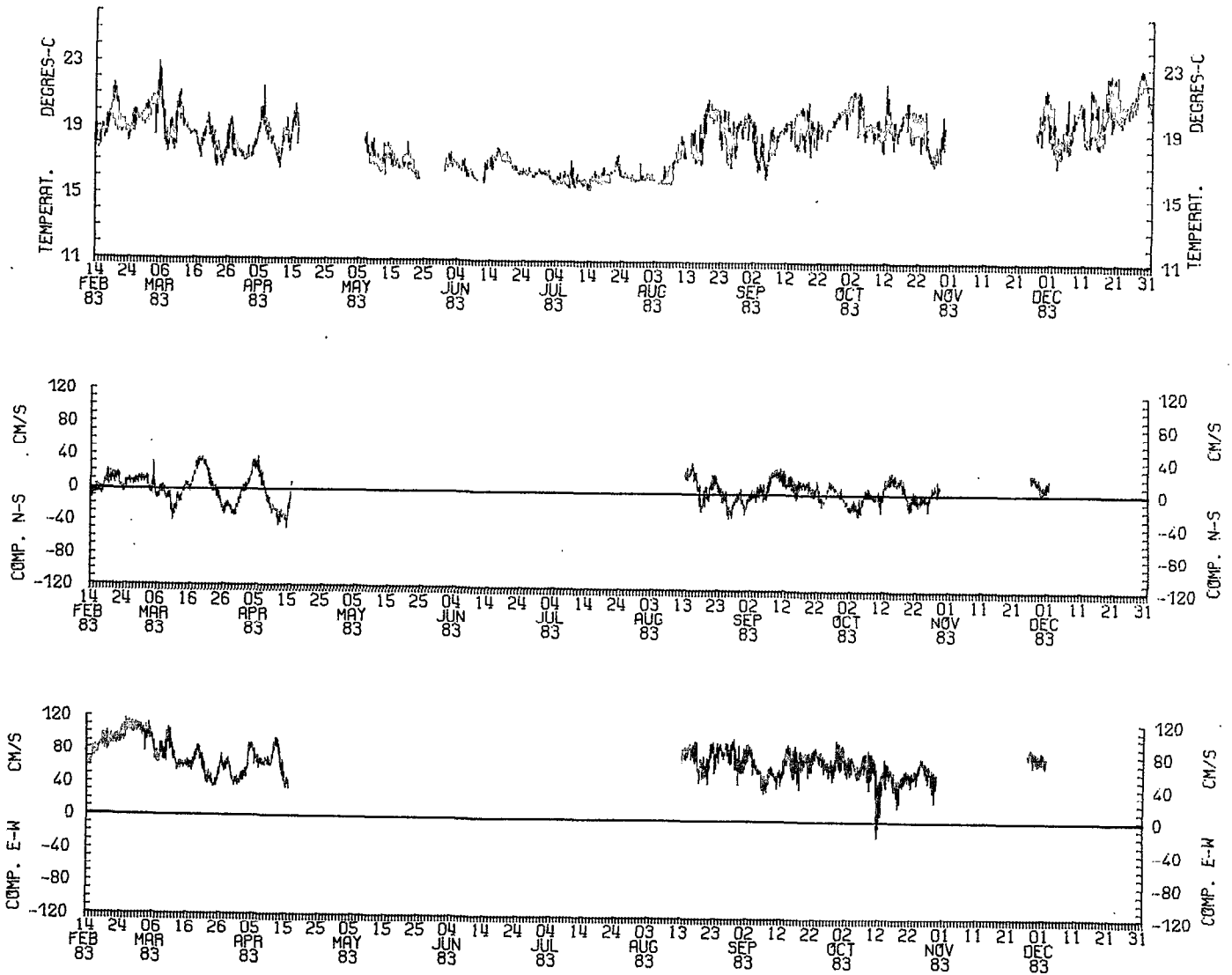


Figure 9 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 60 mètres, en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 60 meter depth in 1983 ($\Delta t = 15$ min).

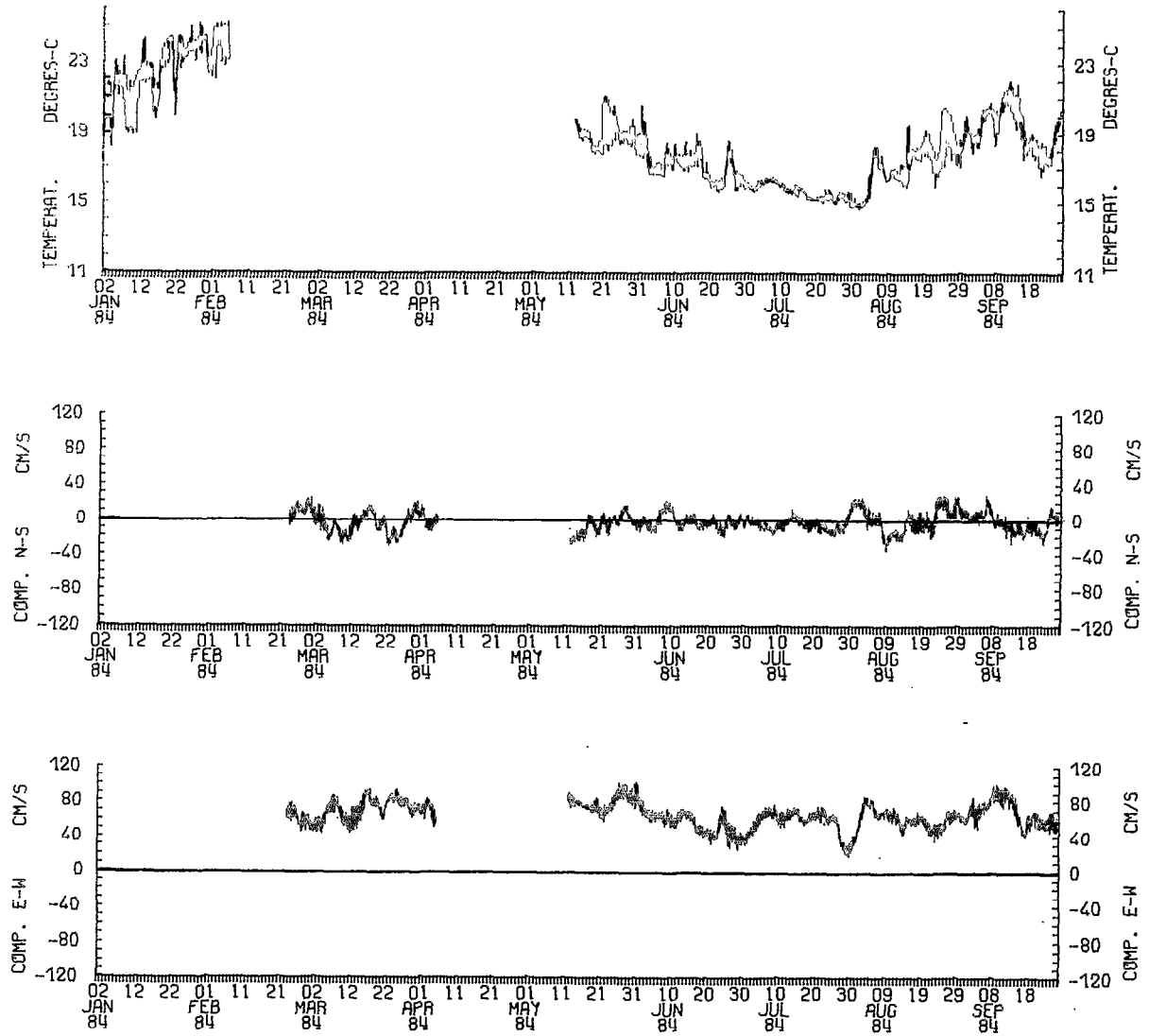


Figure 10 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 60 mètres en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 60 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

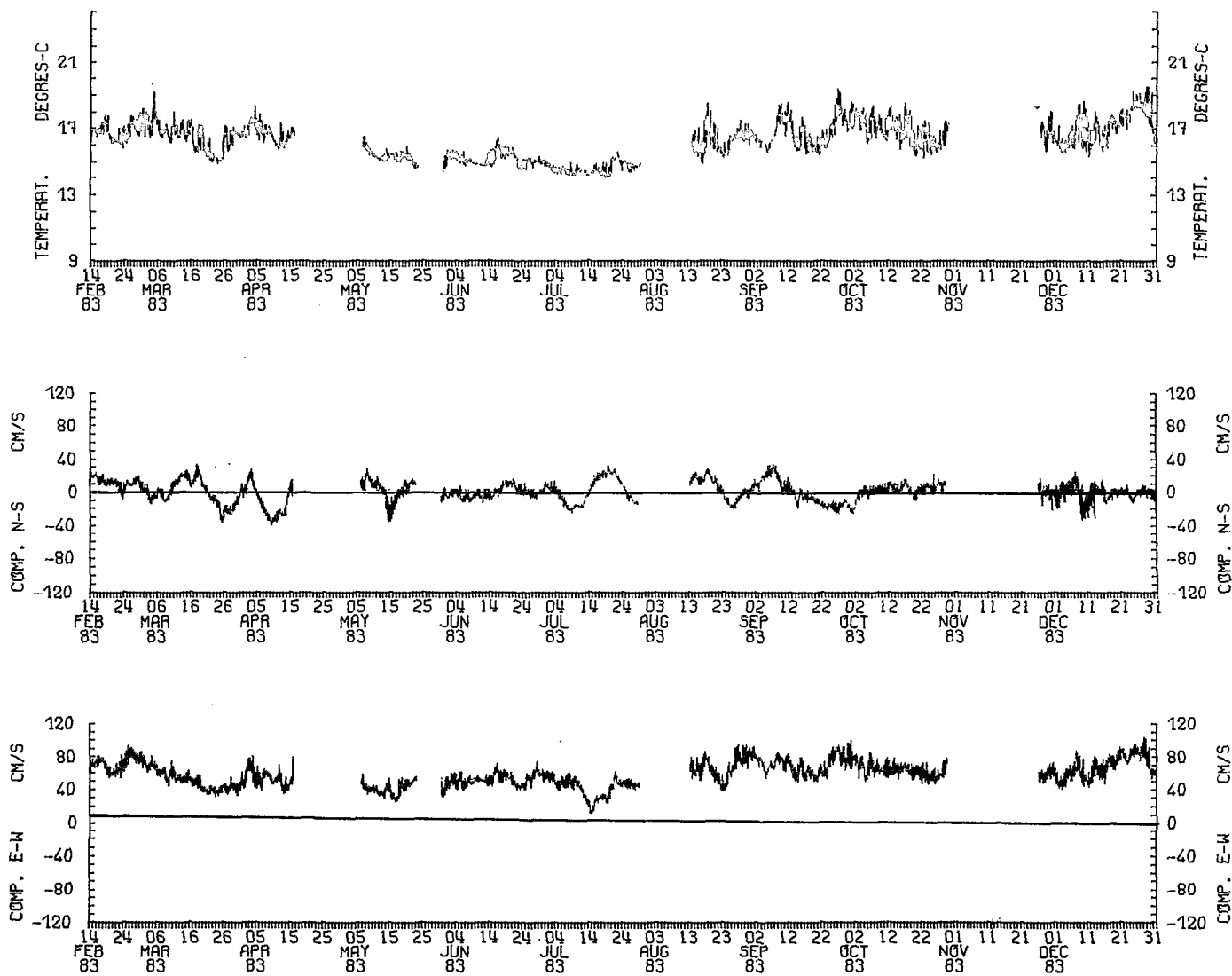


Figure 11 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 85 mètres en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 85 meter depth in 1983 ($\Delta t = 15$ min).

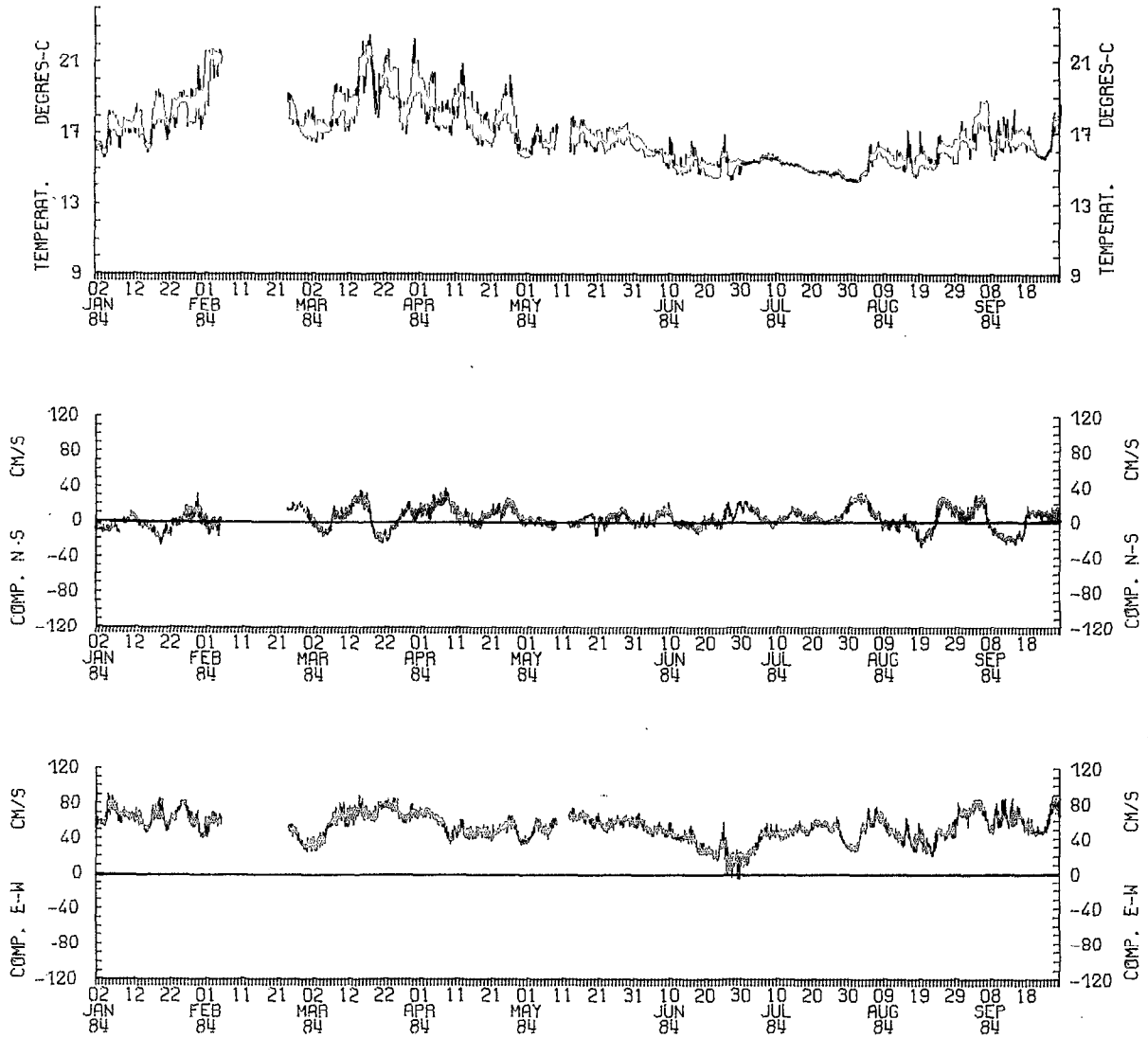


Figure 12 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 85 mètres en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 85 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

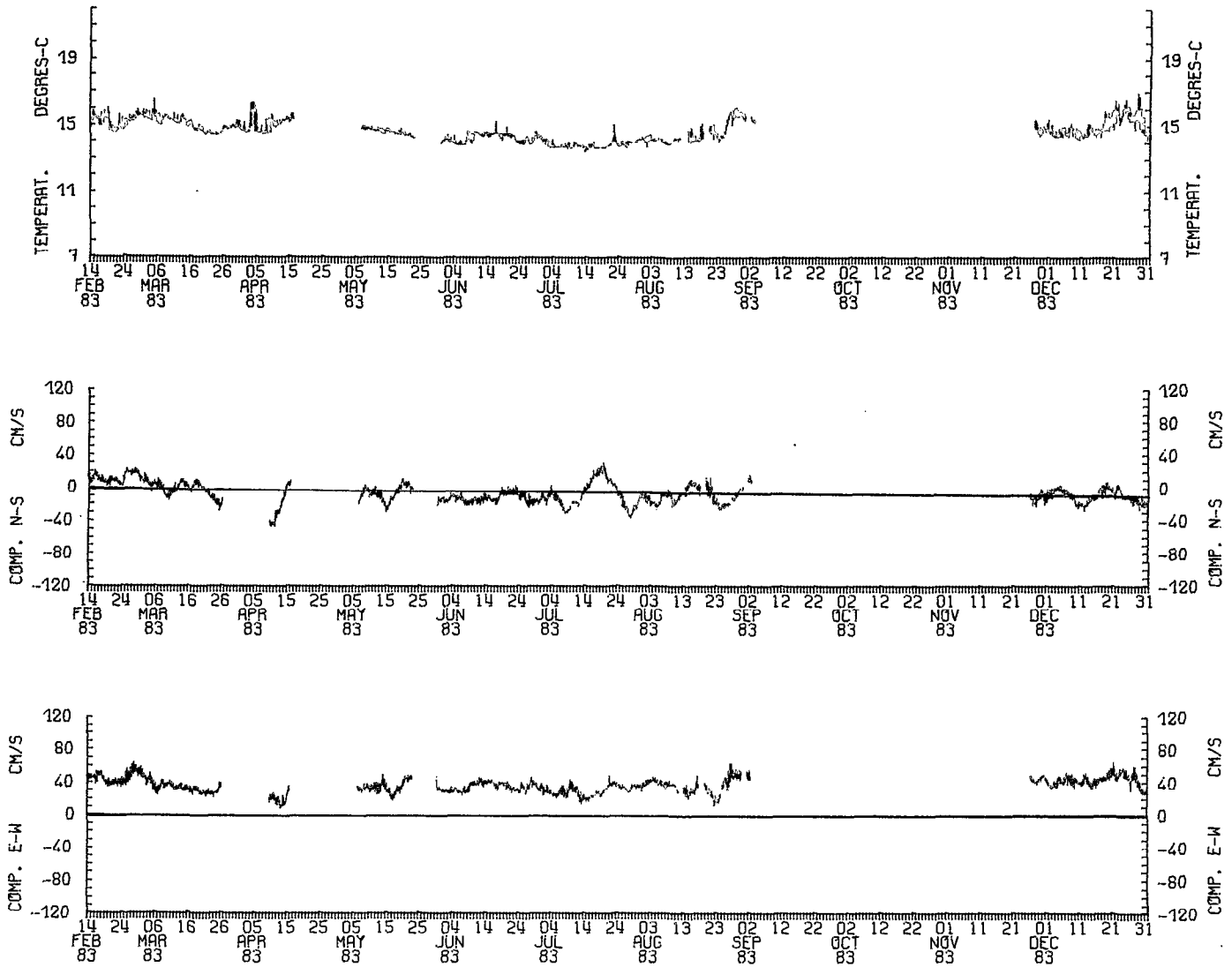


Figure 13 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 110 mètres en 1983 ($\Delta t = 15$ min).
 Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 110 meter depth in 1983 ($\Delta t = 15$ min).

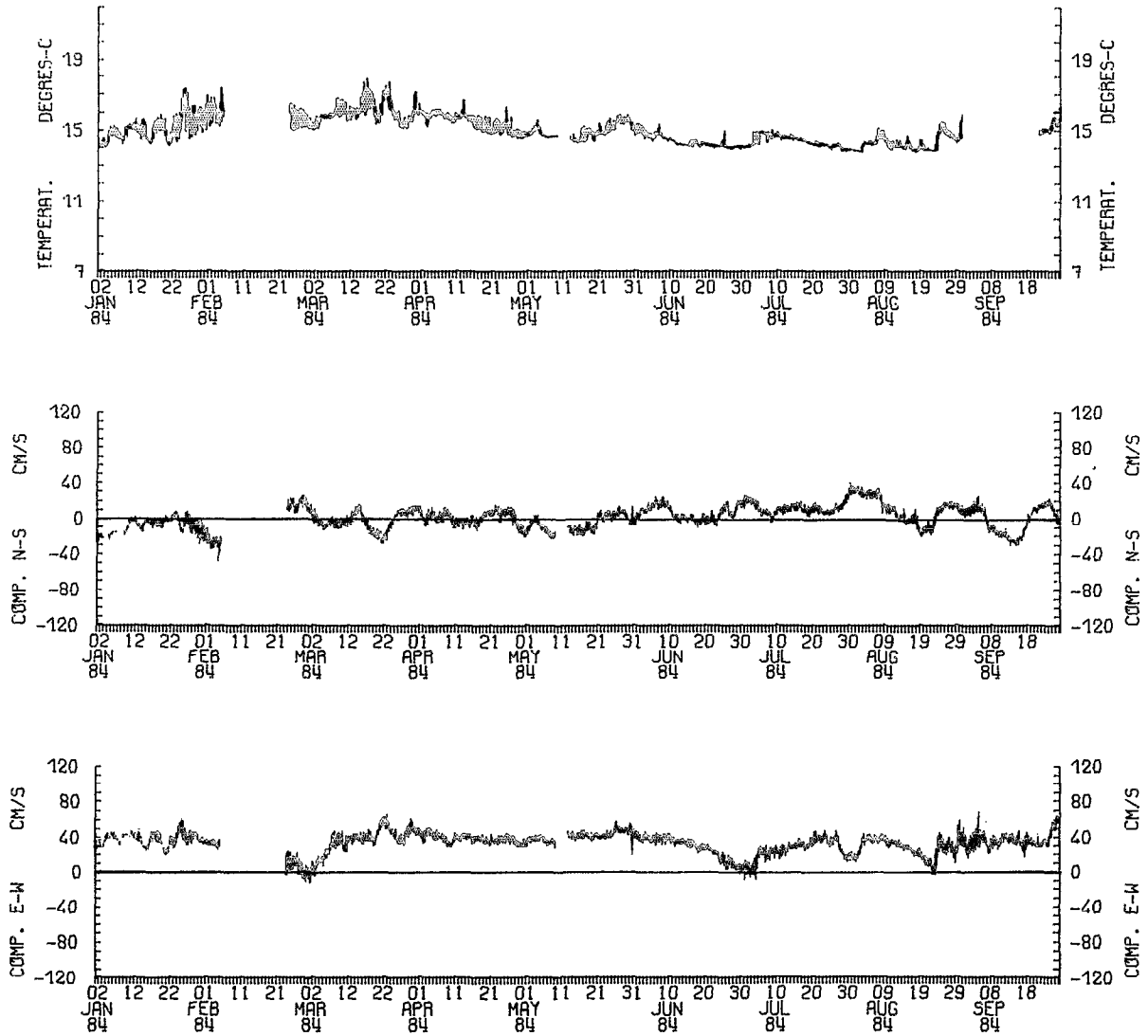


Figure 14 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 110 mètres en 1984 ($\Delta t = 15$ min).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 110 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15$ min).

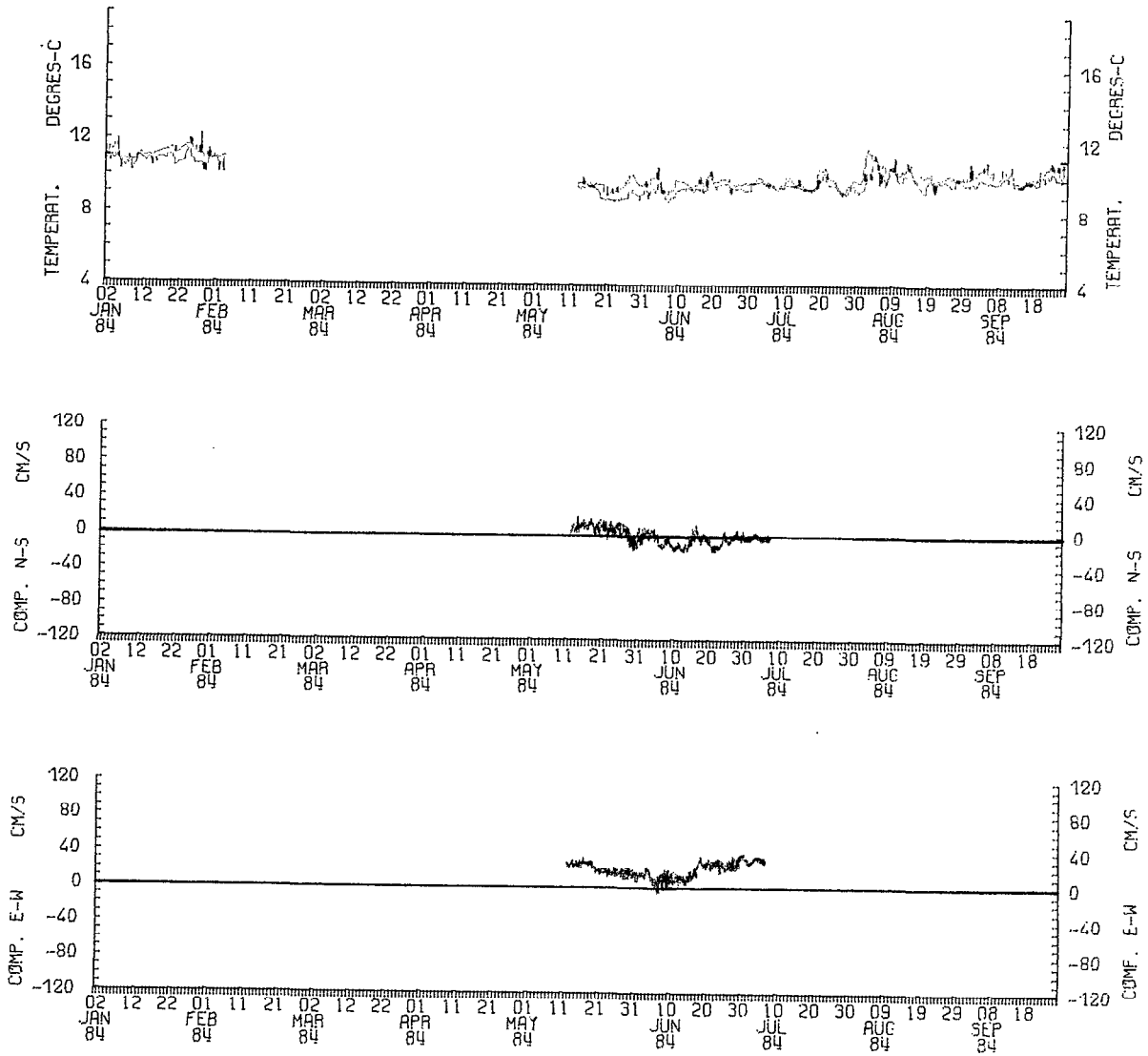


Figure 15 : Température, composantes méridienne et zonale de la vitesse du courant, à l'immersion 310 mètres, pendant l'année 1984 ($\Delta t = 15 \text{ min}$).
Temperature and meridional and zonal components of the velocity of the current at 310 meter depth in 1984 ($\Delta t = 15 \text{ min}$).

ORSTOM Editeur
Dépôt légal : janvier 1989
Composition et Impression
ORSTOM BONDY

