

COOPERATION FRANCO-INDONESIENNE

**TERRITOIRE DES TERRES
AUSTRALES ET ANTARCTIQUES
FRANCAISES**
Mission de Recherche
Océanologie

Université
Pierre et Marie Curie

Laboratoire d'océanographie
Dynamique et de Climatologie
UMR CNRS 121

BPPTechnologi
**AGENCY FOR THE ASSESSMENT
AND APPLICATION OF TECHNOLOGY**

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Indonesian Institute of Sciences

Pusat Penelitian Dan Pengembangan
Oseanologi (P3O -LIPI)
Centre for Oceanological Research
and Development

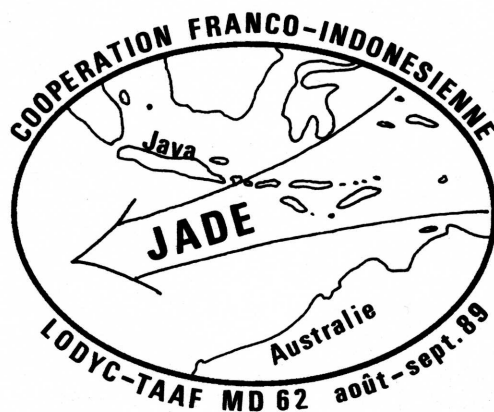
Recueil des Données de la campagne

MD 62 / JADE

à bord du "MARION DUFRESNE"

30 juillet - 9 septembre 1989

Volume 1 : Hydrologie



Michèle Fieux
Chef de Mission
et Annie Kartavtseff

Abdul Ganie Iahude
Chef de Mission Indonésien

N° 89 - 03
Septembre 1990

SOMMAIRE

	Page
I - Introduction (by Prof.M.T.Zen)	2
II - Présentation de la campagne	
1) Objectifs de la campagne	3
2) Déroulement des opérations	3
3) Opérations réalisées	4
4) Participants	5
5) Quelques résultats préliminaires	6
6) Remerciements	7
III - Données bathysonde (CTDO₂)	
1) Matériel utilisé	8
2) Etalonnage des capteurs (par L. Gamberoni)	8
3) Validation et réduction des données brutes; calcul des paramètres hydrologiques	11
4) Formules utilisées	12
5) Références	12
IV - Tableaux et figures	
Liste des opérations	38
Carte des stations	41
Carte des vents	42
Carte des dérives de surface	44
Listing réduit des données et graphiques :	
- profils verticaux de θ , S, O ₂ , σ_θ pour chaque station	
- diagrammes θ -S, θ - O ₂ et S - O ₂ pour chaque station	47
Diagrammes Θ - S, Θ - O ₂ , S - O ₂ pour l'ensemble des stations	180
Coupes de θ , S, O ₂ et σ_θ (0 - 500 m)	
" " " (0 - 1500 m)	
" " " (0 - 5000 m)	184
Annexe : Rapport d'étalonnage de la sonde (par M.Cambon)	208

I - Introduction (by Prof. M.T. ZEN, Deputy Chairman of BPPTechnology for Natural Resources Development)

To understand global change and the increasing demand of human activities, it is essential that we monitor, document, and comprehend the Atmosphere, the Ocean, and the Earth processes. The first step to this is to consider the Earth-Atmosphere-Ocean as one system.

Slowly and gradually we come to realize that natural phenomena like long droughts, El Nino effect, short term and whimsically weather changes are closely related. So does the increasing CO₂ content in the atmosphere, acid rain and the depletion of the ozone layer. It means the time is ripe to tackle the earth-ocean-and atmosphere sciences in a multidisciplinary way.

To monitor all those changes, Indonesia sets up a national program, the Earth-Ocean-Atmosphere Monitoring System.

Within this framework and also within the framework of the French-Indonesian Cooperation in Oceanology a French-Indonesian Campaign was undertaken in the Indonesian Economic Exclusive Zone which bounds the Indian Ocean, under the code name "JADE Cruise" with the TAAF vessel Marion Dufresne in July-September 1989.

The purpose of the mission is as follows :

- 1 - To quantify oceanologic processes, in particular, the mixing of the Pacific Ocean water with the Indian Ocean through narrow passages between the Indonesian Islands in East Indonesia.
- 2 - To lay the foundation for future cooperation between France and Indonesia in Physical Oceanography.

In the past, many cruises were undertaken by France and Indonesia, but the JADE cruise was the first of its kind. At the same time, it serves as a test case for the future.

The Indonesian Government is very much indebted to the French Government, in particular the French Embassy in Jakarta and to the Managers of the TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) and their staff, who made the mission possible. The Indonesian Government, in this case, the National Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPTeknologi), is grateful for the fact that 6 Indonesians had the opportunity to participate in this cruise, to learn the latest state of the art in Physical Oceanography, and to know better their French counterparts.

The Indonesian islands and the Indonesian seas which bound the Pacific as well as the Indian Ocean are an ideal place to study global changes through the ocean. Much has to be done, and this is just a beginning. Let this be the start of a long cooperation which will be fruitful, not only to France and Indonesia, but to the world scientific community as well.

Jakarta, July 17, 1990.

II - Présentation de la campagne

1 - Objectifs Scientifiques

La région de l'Indonésie est la zone de convection atmosphérique la plus importante du globe; ceci est liée à des températures de surface exceptionnellement élevées. Les météorologistes comme les océanographes ont un intérêt tout particulier pour cette zone où l'atmosphère recupère une grande quantité d'énergie et où des échanges importants d'eau, de sel et de chaleur s'effectuent entre l'océan Pacifique et l'océan Indien. De faibles anomalies, dans cette zone de très fortes températures de surface, entraînent de fortes modifications climatiques aussi bien locales que globales comme le montrent les études théoriques du système couplé océan-atmosphère .

Or notre connaissance des transports océaniques ou des échanges océan-atmosphère est très limitée. Les estimations du flux entre l'océan Pacifique et l'océan Indien, par diverses méthodes indirectes, varient entre 2 et 18 Sv ($10^6 \text{ m}^3/\text{s}$). La seule mesure directe à long terme, fut effectuée dans le détroit de Lombok, en 1985, et donna un transport moyen annuel de 1.7 Sv.

Un projet fut élaboré pour étudier le flux entre l'océan Pacifique et l'océan Indien. Dans le cadre de l'accord de coopération scientifique et technique, signé entre la France et l'Indonésie en juillet 1988, un accord de coopération spécifique à la campagne JADE fut signé entre le Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie et le BPPT (Agency for the Assessment and Application of Technology) en mars 89 à Jakarta incluant la participation de 6 scientifiques indonésiens .

Les objectifs du programme sont les suivants :

1 - Déterminer les caractéristiques des masses d'eau à l'ouvert de l'océan Indien oriental, incluant les paramètres hydrologiques et des traceurs chimiques et transitoires (Oxygène, Sels nutritifs, Tritium - Helium 3, Carbone 14, Fréons....)

2 - Estimer le flux entrant dans l'océan Indien , provenant du Pacifique, à la saison où il est maximal, entre Java et l'Australie.

3 - Déterminer les variations saisonnières du transport à l'aide de mouillages de courantométrie pendant un an .

4 - Estimer le rôle de source de CO_2 de cette zone de l'océan Indien et étudier le cycle du carbone lié aux particules (mesure de PCO_2 , TCO_2)

La campagne JADE a ainsi été programmée du 30 juillet au 9 septembre 1989, sur le navire des Terres Australes et Antarctiques Françaises, le "MARION DUFRESNE", particulièrement adapté à la multiplicité des mesures requises et permettant d'accueillir l'ensemble des équipes française et indonésienne.

Ce recueil de données présente les observations bathysonde.

2 - Déroulement des opérations

Nous avons quitté Colombo le 30 juillet à 17 h 30 . Ayant dû restreindre le programme en raison de l'incendie dans le local machine, la priorité fut mise sur les travaux dans les eaux indonésiennes . Nous avons donc rejoint le plateau australien le plus vite possible , en nous limitant à la réoccupation de la station GEOSÉCS n° 442 dans le bassin est Indien (voir figure 1).

Il s'est avéré, à la station 1, que la nouvelle sonde Neil Brown comportant un contacteur de fond présentait un capteur de conductivité douteux, nous avons donc utilisé, à partir de la station 2, l'ancienne sonde Neil Brown sans contacteur de fond et nous l'avons équipée d'un pinger.

La première section fermant le passage entre l'Australie et l'Indonésie a été réalisée avant l'escale de Bali où nous avons embarqué nos collègues indonésiens ainsi qu'un officier de liaison. . Les vents de SSE forçant et un courant de surface violent (5 noeuds) rendirent la dernière station avant Bali (st.19) très difficile ; nous avons observé un front de courant, très marqué en surface par une mer agitée et courte (par 9°24,20 S et 115°21,29 E).

Après l'escale de Bali, nous avons effectué des stations devant chaque détroit (Lombok, Sunda, Savu , Roti NO et SE) jusqu'au fond et installé deux mouillages de courantométrie dans les chenaux NO et SE de Roti-Timor. Pour réaliser la bathymétrie de la zone le GPS était indispensable, mais n'était opérationnel que de 17h à 23h30.

Après avoir terminé la section des chenaux Bali-Timor, nous avons rejoint l'île de Christmas pour y déposer le représentant australien. Mettant à profit l'avance accumulée sur le dernier trajet grâce aux vents et courants favorables, une section entre Christmas et le détroit de la Sonde, coupant une seconde fois le courant de Java, a pu être effectuée, comme prévu dans le projet original.

Puis, afin de relier la dynamique du système au large de Java à celle du système équatorial, deux autres sections ont été faites dans le courant longeant les îles Mentawai, au large de Sumatra, avant d'arriver à Padang. Nos collègues indonésiens nous ont quitté à Padang où le Professeur M.T.ZEN, Deputy Chairman of BPPT for Natural Resources Development , l'Attaché scientifique de l'Ambassade de France à Jakarta, le Professeur R.Ballestracci, et le Gouverneur de la région de Sumatra occidental sont venus nous accueillir le 3 septembre.

Nous avons quitté Padang le 4 septembre pour rallier Colombo, en effectuant une section équatoriale jusqu'à 86° E.

3 - Opérations réalisées

Le trajet de la campagne et la position des différentes stations sont indiqués sur la figure 1, page 41, et la liste des stations page 38).

A l'aide de la Bathysonde Neil Brown Mark III de grande précision permettant d'obtenir les profils continus de température, conductivité, pression et oxygène, associée à une rosette de prélèvement General Oceanics comportant 12 bouteilles de 12 litres , 67 stations ont été effectuées, parmi lesquelles 6 stations à trois palanquées et 11 stations à deux palanquées (radiale Australie-Bali), chaque palanquée permettant de récolter 12 niveaux de prélèvements pour les analyses de nombreux traceurs . La zone 0 - 600m a été privilégiée, mais dans tous les bassins, des prélèvements ont été effectués dans les eaux profondes et intermédiaires .

Les analyses réalisées sur les échantillons d'eau prélevés sur la rosette sont les suivants:

- + CFCs 11 et 12, faits à bord,
- + Hélium : les échantillons, prélevés dans des tubes de cuivre, seront analysés ultérieurement au laboratoire du CEA,
- + Oxygène : faits à bord,
- + TCO₂ et alcalinité : faits à bord,
- + Carbone 14 : 100 échantillons d'un litre ont été récoltés et seront mesurés au laboratoire de Gif,
- + Tritium : le dégazage a été fait à bord pour la première fois, et les mesures seront effectuées plus tard au laboratoire du CEA , au moins un an après pour mesurer la transformation en hélium 3,
- + Salinité : les mesures ont été faites à bord sur un salinomètre Guildline,
- + Phosphates, nitrates et silicates : mesures faites à bord ,
- + pCO₂ : les mesures de pression partielle de CO₂ dans l'air et dans l'eau ont été réalisées à bord en continu de même que le pH.

+ T et S de surface enregistrées pendant toute la campagne. Des prélèvements d'eau de surface ont été effectués pendant les transits (étalonnage de la salinité).

Les mesures de salinité et d'oxygène ont été utilisées pour étalonner la sonde Neil Brown.

A l'aide du profileur de courant direct "Pegasus", sphère descendant librement et localisée par trois transpondeurs posés sur le fond, deux profils de courant jusqu'au fond ont été réalisés dans le chenal situé entre l'île de Rôti et Ashmore reef, situé au bord du plateau continental australien.

Deux mouillages de courantométrie, comportant chacun six courantomètres Aanderaa et un largueur acoustique Oceano Instruments, ont été installés dans les chenaux nord-ouest et sud-est de Roti-Timor (voir figure 1 page 41) dans l'axe du chenal, pour un an, et devraient être récupérés avec le navire indonésien Baruna Jaya 1. Les profondeurs des appareils sont : 100m, 150 m, 200 m, 250 m, 400 m et 1000 m. L'emplacement de chaque mouillage (seuil) a pu être déterminé de façon précise grâce à l'utilisation du GPS (Global Positioning System) après avoir effectué un lever bathymétrique de la zone.

29 sondes XBT ont été lancées le long de l'équateur afin d'obtenir le profil de température jusqu'à 750m sans avoir à stopper le navire.

4 - Participants

La responsabilité des mesures revenaient aux laboratoires suivants:

CTD + salinités + courantométrie :

LODYC, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, Tour 14, 2^e ét., 75252 PARIS, Cedex 05.

Pegasus :

Institute fur Meereskunde, Hamburg, RFA.

Traceurs Tritium-Helium + Fréons :

Laboratoire de Géochimie Isotopique, DLPC/SPER, CEN SACLAY, 91191 Gif s/Yvette Cedex - ORSTOM

Oxygène + TCO₂ + alcalinité + Fréons

PCO₂ eau et air, pH en continu (surface) :

LPCM, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, Tour 24-25, 5^e ét., 75230 PARIS Cedex 05

Nutritifs (phosphates, nitrates et silicates) :

Centre d'Océanologie de Marseille, Faculté des Sciences, Luminy, 13288 MARSEILLE Cedex

Carbone 14 :

Centre des Faibles Radioactivités-91190- Gif sur Yvette Cedex

Et la participation du **Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi (P30 - LIPI) = Center for Oceanological Research and Development à Jakarta**

- Participants

	Colombo 30-7-89	Bali Christmas 17-8 28-8	Padang 3-9	Colombo 9-9
FIEUX Michèle (chef mission)	*****	*****	*****	*****
<u>CTD +salinités + courantométrie</u>				
DELECLUSE Pascale	*****			
FOUJOLS Marie-Alice	*****			
KARTAVTSEFF Annie	*****			
LANOISELLE Jacky	*****			
LEVY Claire	*****			
MOLCARD Robert		*****		
SWALLOW John (UK)	*****			
JANIN Jean-Marc	*****			
SCHULZE Klaus (FRG)		*****		
<u>Traceurs Tritium-Hélium + Fréons</u>				
ANDRIE Chantal	*****			
LELU Michelle	*****			
LELU Joseph	*****			
PLOUZENNEC Gaëlle	*****			
<u>O₂, CO₂, Fréons</u>				
POISSON Alain	*****			
BRES Bernard	*****			
BRUNET Christian	*****			
MANTISI Frederik	*****			
METZL Nicolas	*****			
SCHAUER Bernard	*****			
POISSON Nathalie	*****			
COHEN-SOLAL Em.	*****			
<u>Nutritifs</u>				
COSTE Bernard	*****			
THAURONT Florence	*****			
<u>Ingénieurs TAAF</u>				
OLLIVIER Bernard	*****			
DERVIEUX Philippe	*****			
DORDHAIN Philippe	*****			
<u>Participants Indonésiens</u>				
ILAHUDE Abdul Gani		*****		
Lt. Kol. SOEROSO		*****		
BANJARNAHOR Johny		*****		
NURHAYATI		*****		
SUPRAPTOMO Bernardus		*****		
HUTAGAOL Juniar P.		*****		
<u>Participant Australien</u>				
CRESSWELL George		*****		
<u>Représentant du Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises</u>				
Bernard OLLIVIER (Colombo-Bali)				
Yvon BALUT (Bali-Colombo)				

5 - Quelques résultats préliminaires

La campagne s'est déroulée pendant la saison de mousson de sud-est qui était bien établie sur toute la région explorée, avec des vents de 10 à 25 noeuds, sauf au sud de 15°S où ils soufflaient plutôt du secteur sud-ouest (voir page 42).

Les dérives de surface déduites de la navigation montrent que sous l'influence de la mousson de sud-est le courant général de surface porte à l'ouest sur la section Bali-Timor et dans la partie nord de la section Australie-Bali avec des vitesses entre 1 et 2 noeuds (voir page 44). Par contre, sur cette même section Australie-Bali, au sud de 13°S, les courants de surface sont plus faibles et plus variables avec une tendance vers l'est, comme les vents. En remontant vers l'équateur, le long de Java et de Sumatra, la convergence du courant de Java et du courant portant au sud-est le long de Sumatra se trouve entre les deux sections que nous avons effectuées entre 4°S et 7°S. Sur la

section située vers 4°S le courant porte au sud-est et le vent au nord-ouest. Au sud de Bali, un très fort courant de surface de plus de 5 noeuds est apparu à l'ouvert du détroit de Lombok . Ce courant pourrait comporter une forte composante de marée.

Les résultats préliminaires donnés par la bathysonde montrent que la plus forte variabilité des caractéristiques hydrologiques se situe entre 0 et 600 m, au-dessous les caractéristiques des eaux sont beaucoup plus stables. Sur la section plateau continental Australien-Bali, les diagrammes T-S montrent la présence d'eau centrale de l'océan Indien sud dans la partie sud de la section. La limite nord de l'influence de cette eau se situe vers 14°S. Au nord de 14°S et au-dessous de 150 m, le gradient vertical de salinité devient très faible; ceci est dû à l'influence de l'eau provenant du Pacifique à travers l'archipel indonésien. Dans la partie sud, apparaît un maximum d'oxygène entre 400 m et 450 m. Au contraire au nord, ce maximum est remplacé, au même niveau, par un minimum d'oxygène marquant l'influence de la masse d'eau provenant du nord de l'océan Indien. La thermocline est située entre 100 et 200 m au sud de 12°S, au nord, elle remonte vers la côte indonésienne jusqu'à la surface (à la station 19, la température de surface est seulement de 23.66°C). Les vents d'est créent un upwelling le long de la côte de Java, associé à un fort courant vers l'ouest en cette saison. Vers 10°S, des maxima de salinité situés vers 400m traduisent l'existence de résidus d'eau centrale.

Sur la section Bali - Timor, au large des différents détroits, les caractéristiques hydrologiques évoluent d'un détroit à l'autre : dans la thermocline, pour la même température, la salinité augmente vers l'est ; dans les eaux intermédiaires (entre 400 et 600 m), la salinité décroît comme les nitrates, alors que l'oxygène augmente vers l'est; ce qui pourrait impliquer un temps de résidence plus court ou un mélange avec des eaux plus oxygénées. Au milieu de chaque chenal, il existe un noyau de plus faible salinité entre 0 et 80 mètres. La plus faible salinité (33.78) a été rencontrée entre Sumba et Savu. Les plus fortes salinités de surface ont été trouvées dans le chenal sud de Roti, chenal le plus oriental, peut-être en raison d'un mélange actif près du plateau continental. C'est dans ce chenal que le gradient vertical de salinité est le plus faible . L'intense feuilletage qui apparaît sur les diagrammes θ -S semble révéler des processus de double diffusion. Dans chaque détroit, il existe un accroissement de salinité près du fond qui correspond à l'influence de l'eau profonde.

Les deux profils de courant Pegasus enregistrés dans le détroit du sud de Timor indiquent un courant vers l'océan indien de la surface jusqu'à 1000 m, et vers le Pacifique en-dessous, atteignant 30 cm/s au fond.

Sur la section située entre l'île Christmas et le détroit de Sunda, nous avons mis en évidence, vers 7°45S, le front séparant les eaux de fortes salinités venant du nord de celles moins salées au sud .

En ce qui concerne les fréons (chlorofluorocarbones), les échantillons de certaines stations ont été mesurés simultanément sur deux chaînes d'analyse. Sur l'ensemble des mesures de F11 et F12 effectuées à bord, il ne semble pas y avoir de pénétration de fréons à des profondeurs supérieures à 500-600m sur toute la région étudiée. La calibration des mesures est en cours.

6 - Remerciements

La réussite de la collaboration scientifique entre des équipes françaises et indonésiennes ouvre une nouvelle voie vers l'étude de cette région et, en particulier, vers l'étude du transport de chaleur entre l'océan Pacifique et l'océan Indien.

Nous remercions tout particulièrement le Professeur M.T. Zen, Deputy Chairman of BPPTechnology for Natural Resources Development et son équipe pour l'aide très appréciée qu'ils nous ont apportée.

Nous sommes reconnaissant au Professeur R. Ballestracci, Attaché scientifique à l'Ambassade de France à Jakarta, pour son support efficace.

Cette campagne n'aurait pu avoir lieu sans le soutien des Terres Australes et Antarctiques Françaises qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour maintenir ce programme .

L'accueil que le Commandant et son équipage nous ont réservé, leur efficacité et leur générosité dans le travail ont contribué pour une grande part à la réussite de cette campagne.

III - Données bathysonde (CTDO₂)

L'étalonnage, la validation et la réduction des données ont été effectués par Lucien Gambéroni (LOP MNHN) et Annie Kartavtseff (LODYC).

1 - Matériel utilisé.

Les mesures de la campagne MD62 / JADE ont été effectuées à l'aide de la bathysonde Neil Brown Mark III n° 01-1116, équipée d'une rosette de 12 bouteilles hydrologiques de 12 litres.

Les différentes étapes pour obtenir les données hydrologiques définitives sont les suivantes:

- Etalonnage des 4 capteurs : pression, température, conductivité et oxygène.
- Validation et réduction des données brutes.
- Calculs des paramètres hydrologiques.

2 - Etalonnage des capteurs.

Les capteurs de pression et de température sont étalonnés en laboratoire (centre de métrologie de l'IFREMER à Brest), ceux de conductivité et d'oxygène sont étalonnés in situ à partir des prélèvements effectués sur les bouteilles hydrologiques.

a) Pression

L'étalonnage a été réalisé du 24 octobre au 7 novembre 1989 par Martine Cambon (rapport n°89-161 en annexe); deux cycles de pression successifs ont été effectués entre 0 et 6000 dbar par pas de 400 dbar (tableau 1) à la température ambiante du laboratoire de 20°C ± 1°C.

Pression Référence (dbar)	Pression mesurée en décibars				Pression	
	1er cycle		2ème cycle		Moyenne des 2 cycles	
	Descente	Montée	Descente	Montée	Descente	Montée
0.	18.8	24.0	22.1	24.1	20.45	24.05
400.4	417.6	425.0	418.0	424.3	417.8	424.65
800.5	816.2	824.7	817.2	824.0	816.7	824.35
1200.6	1218.0	1224.8	1218.8	1224.1	1218.4	1224.45
1600.6	1619.9	1624.9	1620.5	1624.5	1620.2	1624.7
2000.7	2021.3	2025.1	2021.9	2024.9	2021.6	2025.0
2400.8	2422.2	2425.1	2422.7	2425.2	2422.45	2425.15
2801.0	2822.9	2825.2	2823.3	2825.2	2823.1	2825.2
3201.1	3223.2	3225.0	3223.5	3225.1	3223.35	3225.05
3601.2	3623.2	3624.7	3623.6	3624.8	3623.4	3624.75
4001.3	4023.2	4024.5	4023.6	4024.6	4023.4	4024.55
4401.5	4423.3	4424.3	4423.8	4424.5	4423.55	4424.4
4801.6	4823.4	4824.2	4823.8	4824.3	4823.6	4824.25
5201.8	5223.5	5224.2	5224.0	5224.3	5223.75	5224.25
5602.0	5623.9	5624.1	5624.1	5624.3	5624.0	5624.2
6002.1	6024.3	6024.3	6024.5	6024.5	6024.4	6024.4

Tableau 1 : Etalonnage du capteur de pression

A partir de la moyenne des deux cycles (pour la descente et la montée) on calcule, par la méthode des moindres carrés, les polynômes (degré 1 à 5) passant au mieux par les points d'étalonnage. Les figures 1 et 2 permettent de choisir le meilleur polynôme pour la pression: degré 5 pour la descente, degré 4 pour la montée. La correction passe par un minimum (-16 dbar) à 800 dbar pour la descente et par un minimum (-22 dbar) vers 5600 dbar pour la montée. Les deux polynômes choisis s'écartent, au plus, de 0.7 dbar des points d'étalonnage.

La figure 3 montre l'évolution, au cours de la campagne, de la pression sur le pont (décalage du zéro, $\text{d}\epsilon_0$) avant et après chaque profil, ainsi que les décalages du zéro à l'étalonnage.

La pression recalée est obtenue en appliquant le polynôme choisi puis en translatant les valeurs d'une quantité ΔP égale à la différence entre le décalage du zéro à l'étalonnage et le décalage du zéro du profil considéré. Cette translation ΔP varie à chaque profil; elle est maximum à la station 41.

On a alors:

$$\begin{aligned} \text{pression descente recalée} & P_{dr} = f(P_d) + \Delta P_d \\ \text{pression montée recalée} & P_{mr} = f(P_m) + \Delta P_m \end{aligned}$$

b) Température

L'étalonnage en température a aussi été effectué entre le 24 octobre et le 7 novembre à Brest (Martine Cambon, rapport n° 89-161).

Température de référence (°C)	Température mesurée (°C)	Ecart en m°C
0,182	0,07	+12
6,133	6,127	+6
12,039	9,907	+2
18,085	14,933	-1
24,170	19,978	-2
30,245	30,246	-1

Tableau 2 : Etalonnage du capteur de température

A partir des points d'étalonnage (tableau 2), on calcule les 5 polynômes par la méthode des moindres carrés (figure 4). Le degré 2 a été retenu. On peut noter qu'entre 0 et 30°C, la correction effectuée par le polynôme s'écarte de moins de 0.0003°C des points d'étalonnage.

c) Conductivité

1- Méthode

La salinité mesurée sur l'échantillon prélevé (S_{hydro}) permet de calculer la conductivité in situ (C_{hydro}), aux conditions de pression ($P_{\text{sonde recalée}}$) et de température ($T_{\text{sonde recalée}}$) du prélèvement:

$$(S_{\text{hydro}}, T_{\text{sonde recalée}}, P_{\text{sonde recalée}}) \xrightarrow[\text{relations UNESCO}]{C(35,15,0): 42.9140 \text{ mmho/cm (Culkin and Smith, 1980)}} C_{\text{hydro}}$$

Les conductivités brutes (C) données par la sonde sont tout d'abord corrigées de l'effet de température sur le capteur; cette correction est établie par le constructeur et est de la forme:

$$C_s = C (1 - \alpha (T_r - 15)) \quad \text{où } \alpha = 7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ \text{et } T_r \text{ est la température recalée .}$$

La calibration du capteur de conductivité consiste à comparer la conductivité brute corrigée de l'effet de température (C_s) et la conductivité in situ (C_{hydro}), et à faire coïncider au mieux ces deux valeurs par la méthode des moindres carrés selon le processus suivant:

Un premier calcul est fait avec l'ensemble des points retenus; on élimine ensuite les points pour lesquels la différence de conductivité est supérieure au filtre (égal à 2.8 fois l'écart-type). Le calcul est renouvelé et les points dont l'écart de conductivité est supérieur à 2.8 fois le nouvel écart-type sont de nouveau éliminés. Le processus est arrêté lorsqu'il n'y a plus de points à éliminer.

2 - Résultats

Les 90 profils de la campagne ont permis d'effectuer 1032 prélèvements. 53 points ont été éliminés avant les calculs. La distribution des écarts $C_{\text{hydro}} - C_s$ des 979 points retenus pour le processus de calcul (figure 5) montre qu'une correction du deuxième degré est nécessaire (voir figure 5)

La figure 6, donnant la répartition des écarts $C_{\text{hydro}} - C_{\text{ctd}}$ en fonction du temps, après avoir appliqué le polynôme de correction de degré 2, met en évidence une dérive significative du capteur qui nous a conduits à scinder la campagne en quatre périodes.

Pour chaque période, les écarts en fonction de la conductivité hydro sont présentés avant correction (figures 7,8,9,10).

Le processus de calcul a donné les résultats suivants:

sur les 979 points de départ, 832 points ont permis, de calculer 4 polynômes de correction de degré 2 pour les quatre périodes choisies (tableau 3):

Groupe stations	Nb points	Nb de passages	Nb de points retenus	Nb de points éliminés	Ecart-type σ	Filtre $2.8 * \sigma$
21 - 32	36	4	33(91.7%)	3 (8.3%)	0.0023	0.0064
41-83	137	7	115(83.9%)	22(16.1%)	0.0022	0.0063
91-201	272	7	235(86.4%)	37(13.6%)	0.0028	0.0079
211-671	534	12	449(84.1%)	85(15.9%)	0.0035	0.0099
TOTAL	979		832 (85%)	147 (15%)	filt.moy.=.0031,	.0086

Période	Stations	Polynômes
1	21 -32	$C_{\text{ctd}} = 0.846403.10^{-4} * C_s^2 + 0.992952 * C_s + 0.6078$
2	41 -83	$C_{\text{ctd}} = 0.384893.10^{-4} * C_s^2 + 0.997089 * C_s + 0.0684$
3	91 -201	$C_{\text{ctd}} = 0.262797.10^{-4} * C_s^2 + 0.998063 * C_s + 0.0457$
4	211 -671	$C_{\text{ctd}} = 0.450501.10^{-4} * C_s^2 + 0.996342 * C_s + 0.0810$

Tableau 3 : Capteur de conductivité: calcul des coefficients

Les quatre polynômes sont indiqués figure 11, et les écarts en fonction du temps après correction en quatre périodes sont présentées figure 12

Le bon fonctionnement des bouteilles de prélèvement est mis en évidence sur la figure 13: l'écart moyen est pratiquement nul pour chacune d'elles.

Les figures 14, 15, 16 présentent la distribution des écarts $C_{\text{hydro}} - C_{\text{bts}}$ en fonction respectivement de la pression, de la température et de la conductivité, et la figure 17 présente les écarts en salinité en fonction de la salinité; on peut noter une bonne répartition des valeurs autour du zéro de chaque variable, l'étalonnage est donc satisfaisant.

Les figures 18 et 19 donnent respectivement les histogrammes des écarts en conductivité et en salinité après étalonnage. On observe que 85% des écarts en salinité sont inférieurs ou égaux à ± 0.01 PSU.

d) Oxygène

1 - Méthode

La sonde transmet 2 paramètres oxygène: le courant oxygène (OC) et la température de l'électrolyte (OT).

L'algorithme qui permet de calculer la quantité d'oxygène dissous est inspiré de celui appliqué par le groupe Géosecs en 1975 (A. Billant, 1985).

$$O_2 \text{ (ml/l)} = \text{soc} \times \text{OC} \times \text{OXSAT} \times e^{(\text{oxtc} \times \text{oxc1} \times \text{Tr} \times \text{oxc2} (\text{OT}-\text{Tr}) + \text{oxpc} \times \text{Pr})}$$

où:

OXSAT = oxygène à saturation (formule de Benson et Krause)
 OC = courant oxygène

T_r et P_r	= température et pression de la sonde , recalées
OT	= température de l'électrolyte
soc	= facteur de recalage du courant oxygène
oxtc	= facteur de correction de l'effet de température sur la membrane
oxpc	= facteur de correction de l'effet de pression sur la membrane
oxc1	= 1
oxc2	= facteur de pondération de l'écart ($OT-T_r$)

L'étalonnage consiste à déterminer par la méthode des moindres carrés les coefficients soc, oxpc, oxct et oxc2 suivant un processus analogue à celui utilisé pour la conductivité: les calculs sont renouvelés après élimination des points pour lesquels la différence $O_2(\text{hydro})-O_2(\text{sonde})$ (ou ΔO_2) est supérieure au filtre (ici égal à 2 fois l'écart type).

L'étalonnage est compliqué par le fait que la réponse du capteur d'oxygène est différente sur les profils descente et montée. Le recalage des données se fait donc en comparant les valeurs des échantillons aux valeurs de la sonde sur le profil considéré. Pour les profils descente, le décalage dans le temps des valeurs comparées (les prélèvements se faisant toujours à la montée) est une source d'erreur importante, en particulier dans les couches superficielles.

2 - Résultats

Sur les 782 prélèvements, 438 ont été retenus pour les calculs. Les écarts ΔO_2 ($O_2(\text{échantillon})-O_2(\text{sonde})$) en fonction du temps ont conduit à grouper les mesures en une seule période. La méthode de calcul appliquée donne les résultats indiqués dans le tableau 4 ci-dessous.

Groupe stations	Nb points	Nb de passages	Nb de points retenus	Nb de points éliminés	Sigma	Filtre $2.0*\sigma$
21 - 671	782	28	438 (56%)	344 (44%)	0.023	0.046

COEFFICIENTS	
SOC	2.6469
OXPC	0.000143
OXTC	- 0.0317
OXC1	1.
OXC2	0.695

Tableau 4 : Capteur d'oxygène - Calcul des coefficients

La figure 20 présente la distribution des écarts en fonction du temps : on voit que le centrage des points est satisfaisant sur l'ensemble de la campagne.

Les figures 21 à 24 présentent les distributions de ΔO_2 en fonction respectivement du numéro des bouteilles de prélèvement , de la pression, de la température et de l'oxygène. Nous avons, là encore, une bonne répartition des valeurs autour du zéro de chaque variable. La figure 25 donne l'histogramme des écarts d'oxygène après étalonnage.

3 - Validation et réduction des données brutes ; calcul des paramètres hydrologiques

La sonde transmet 32 fois par seconde un cycle complet de 5 mesures (pression, température, conductivité, courant oxygène et température oxygène). Les 2 mesures d'oxygène sont moyennées sur 1024 millisecondes, la même valeur est donc transmise dans 32 cycles consécutifs.

La réduction des mesures consiste à obtenir des valeurs moyennes tous les décibars suivant la méthode mise au point par A. Billant (1984, 1986):

Les pressions brutes sont d'abord recalées selon la méthode indiquée en I, A.

Ensuite, à chaque cycle de mesure, chacun des paramètres est comparé à sa valeur précédente validée; si l'écart entre 2 valeurs consécutives est supérieur au filtre choisi, le cycle com-

plet de mesures est supprimé. Les mesures de chaque cycle sont rangées dans un tableau centré sur P_{ref} , entre $P_{ref}-1$ dbar et $P_{ref}+1$ dbar; la moyenne est calculée et affectée à P_{ref} .

D'autre part pour tenir compte de la différence entre les temps de réponse des capteurs, la mesure de conductivité est décalée de 5 cycles avant d'être rangée au même indice que la mesure de température correspondante.

Le programme de réduction (1 dbar) et de validation des données laisse apparaître, dans les forts gradients, des inversions de densité créées par des pics de salinité. Toutes les inversions de densité supérieures à 0.005 sont recherchées. L'examen des valeurs P, T, S, Gamma de part et d'autre de ces inversions permet de déceler les valeurs aberrantes éventuelles. Les niveaux concernés sont alors supprimés.

En ce qui concerne l'oxygène, un traitement analogue de recherche et suppression des valeurs aberrantes a été effectué.

Une seconde réduction, à 10 décibars, est obtenue en faisant la moyenne arithmétique des grandeurs mesurées T, S et O_2 dans la couche à plus ou moins 5 dbar de part et d'autre de la pression P_{ref} . A partir de ces valeurs moyennées, on calcule les températures potentielles et γ_{θ} .

En résumé, deux séries de données sont disponibles:

- données réduites au décibar: P, T, S, O_2

- données réduites à 10 décibars: P, T, T_p , S, Gamma, O_2

(Les valeurs d'oxygène sont exprimées en ml/l).

4 - Formules utilisées

- Salinité : échelle pratique de salinité 1978 (PSU 78)

- Gamma : nouvelle équation d'état de l'eau de mer, 1980 (EOS 80)

- Température potentielle : formule de BRYDEN H., 1973. *Deep Sea Res.*, 1976,23,109-11.

- Saturation de l'oxygène : formule de Benson et Krause, in *Unesco technical papers in marine science*, n° 50,1986.

En ce qui concerne les calculs de conductivité *in situ* à partir d'une salinité et inversement, d'une salinité à partir d'une conductivité *in situ*, l'algorithme de calcul est celui recommandé par le "Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards", (JPOTS).

$$C(s,t,p) = C(s,t,p) / C(s,t,0) \times C(s,t,0) / C(35,t,0) \times C(35,t,0) / C(35,15,0) \times C(35,15,0)$$

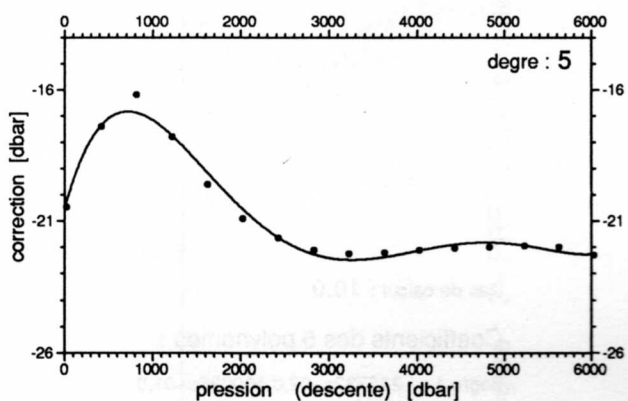
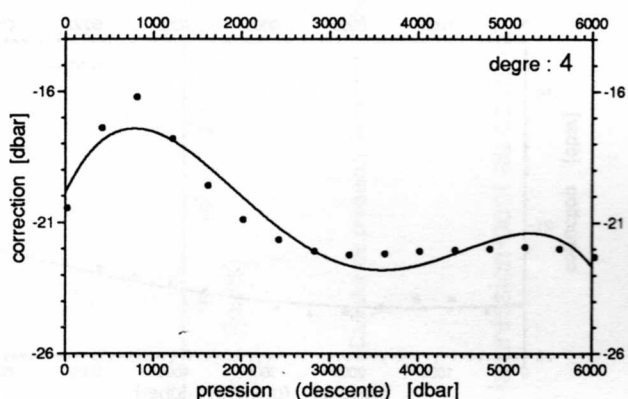
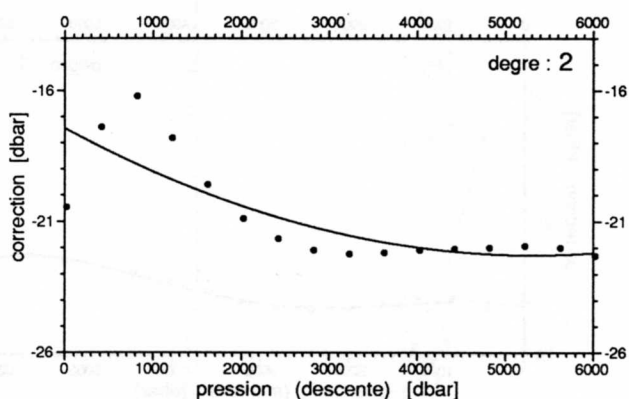
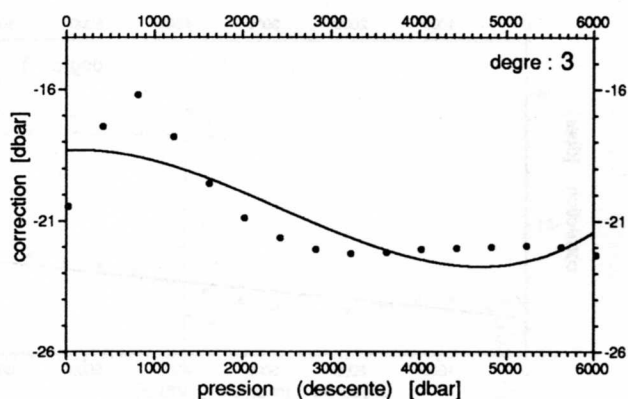
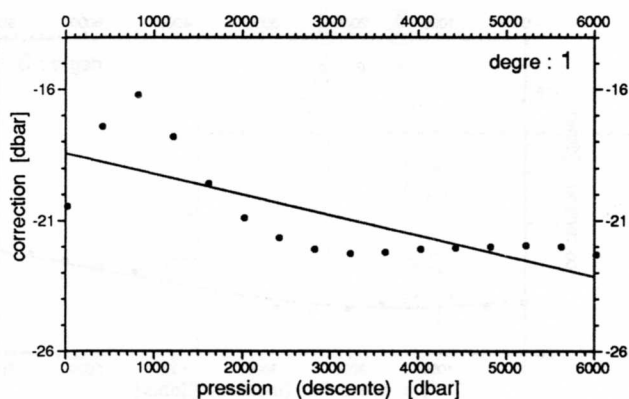
$$C(s,t,p) = R_p \times R_t \times r \times C(35,15,0)$$

avec : conductivité de l'eau, 35 PSU, à 15 °C et à P=1 atmosphère standard

$$C(35,15,0) = 42.9140 \text{ mmho cm}^{-1}, \text{ valeur proposée par Culkin and Smith, (1980)}$$

5 - Références

- BENSON B.B., and D. KRAUSE, 1984, The concentration and isotopic fractionation of oxygen dissolved in freshwater and seawater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol. Oceanogr.*, Vol. 11, pp.264-277.
- BILLANT A., 1984. Description et utilisation du système embarqué de mesures d'hydrologie recueillies par une sonde NEIL-BROWN. DERO/EO, octobre 1984. IFREMER
- BILLANT A., 1985. Calibration des mesures d'une sonde CTD02 NEIL-BROWN. Exemple de la campagne TOPOGULF.1985 IFREMER.
- BILLANT A., 1986. Mesures de la sonde Neil Brown; étude critique et améliorations apportées au traitement des données. Rapport interne DERO-87 - décembre 1986
- CAMBON M., 1989. Rapport d'essais n° 89-161 sonde Neil Brown. IFREMER/CB/DIT/EQE/E/89.159.
- CULKIN and SMITH, 1980
- MILLERO F.J., 1986. Solubility of oxygen in seawater in *Unesco Technical papers in marine science* n° 50.
- UNESCO, 1981. *Technical papers in marine science* n° 36. Tenth report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards.



Pas de calcul : 10.0

Coefficients des 5 polynomes :

degre 1 : $-1.84380e+02, 0.999215e+00, 0$.

degre 2 : $-1.74532e+02, 0.998175e+00, 0.172168e-06, 0$.

degre 3 : $-1.83200e+02, 0.100019e+01, -6.85137e-06, 0.945533e-10, 0$.

degre 4 : $-1.98761e+02, 0.100706e+01, -6.13662e-05, 0.152195e-08, -1.18063e-12, 0$.

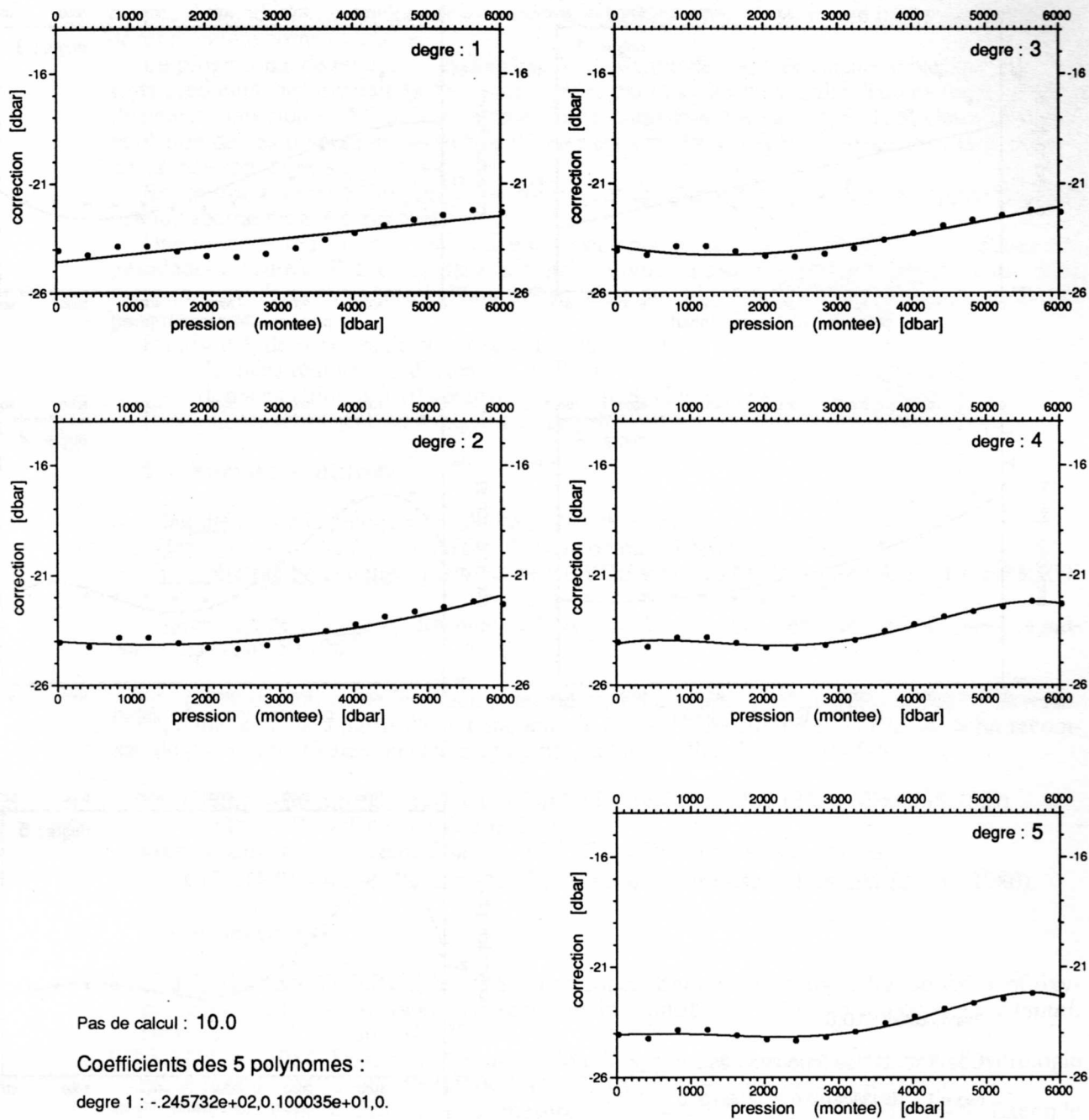
degre 5 : $-2.05076e+02, 0.101204e+01, -1.25181e-04, 0.444091e-08, -6.67914e-12, 0.363999e-16$.

Rapport d'etalonnage IFREMER no : 89-161 (nov.89)

Moyenne des 2 cycles

MD62-JADE

Figure : 1 - Pression DESCENTE : etalonnage IFREMER



Pas de calcul : 10.0

Coefficients des 5 polynomes :

degre 1 : $-.245732e+02, 0.100035e+01, 0.$

degre 2 : $-.240091e+02, 0.999757e+00, 0.981672e-07, 0.$

degre 3 : $-.238438e+02, 0.999375e+00, 0.260369e-06, -.178774e-10, 0.$

degre 4 : $-.241261e+02, 0.100061e+01, -.716503e-06, 0.237648e-09, -.211232e-13, 0.$

degre 5 : $-.240692e+02, 0.100017e+01, -.154263e-06, -.190206e-10, 0.271695e-13, -.319446e-17,$

Rapport d'etalonnage IFREMER no : 89-161 (nov.89)

Moyenne des 2 cycles

MD62-JADE

Figure : 2 - Pression MONTEE : etalonnage IFREMER

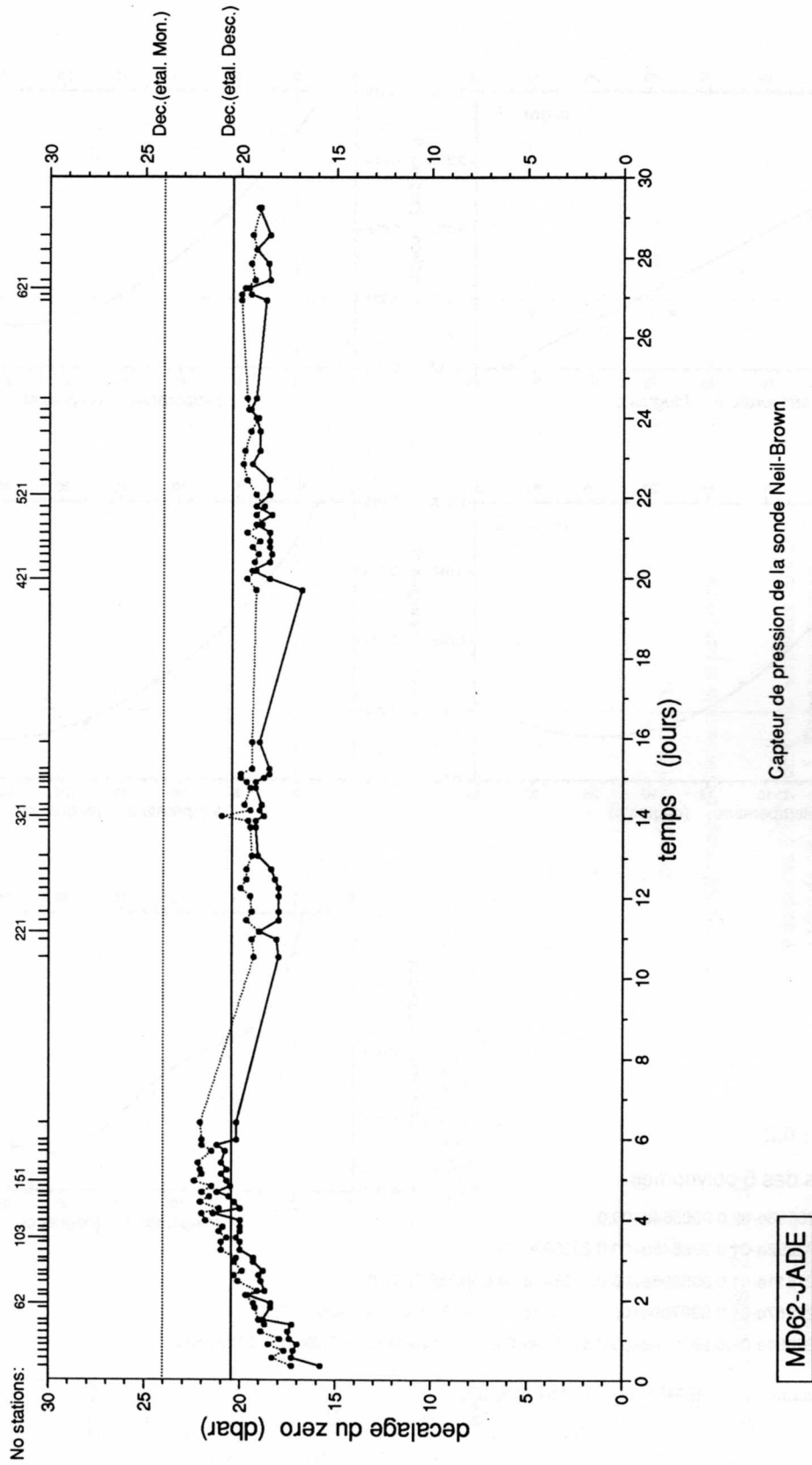
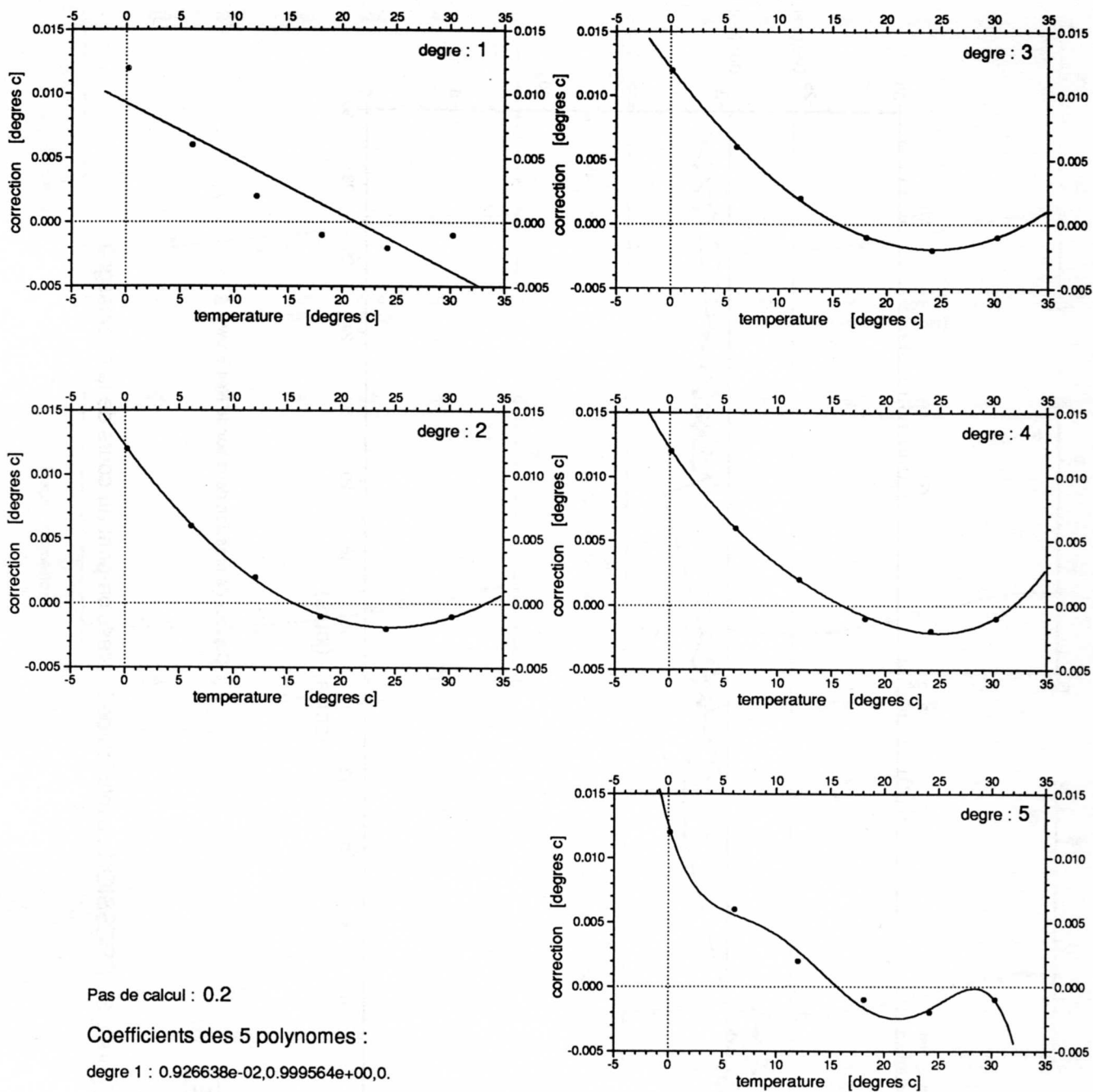


Figure : 3 - PRESSION : evolution de la pression-pont au cours de la campagne



Pas de calcul : 0.2

Coefficients des 5 polynomes :

degre 1 : 0.926638e-02,0.999564e+00,0.

degre 2 : 0.122292e-01,0.998848e+00,0.235393e-04,0.

degre 3 : 0.121611e-01,0.998895e+00,0.193547e-04,0.917567e-07,0.

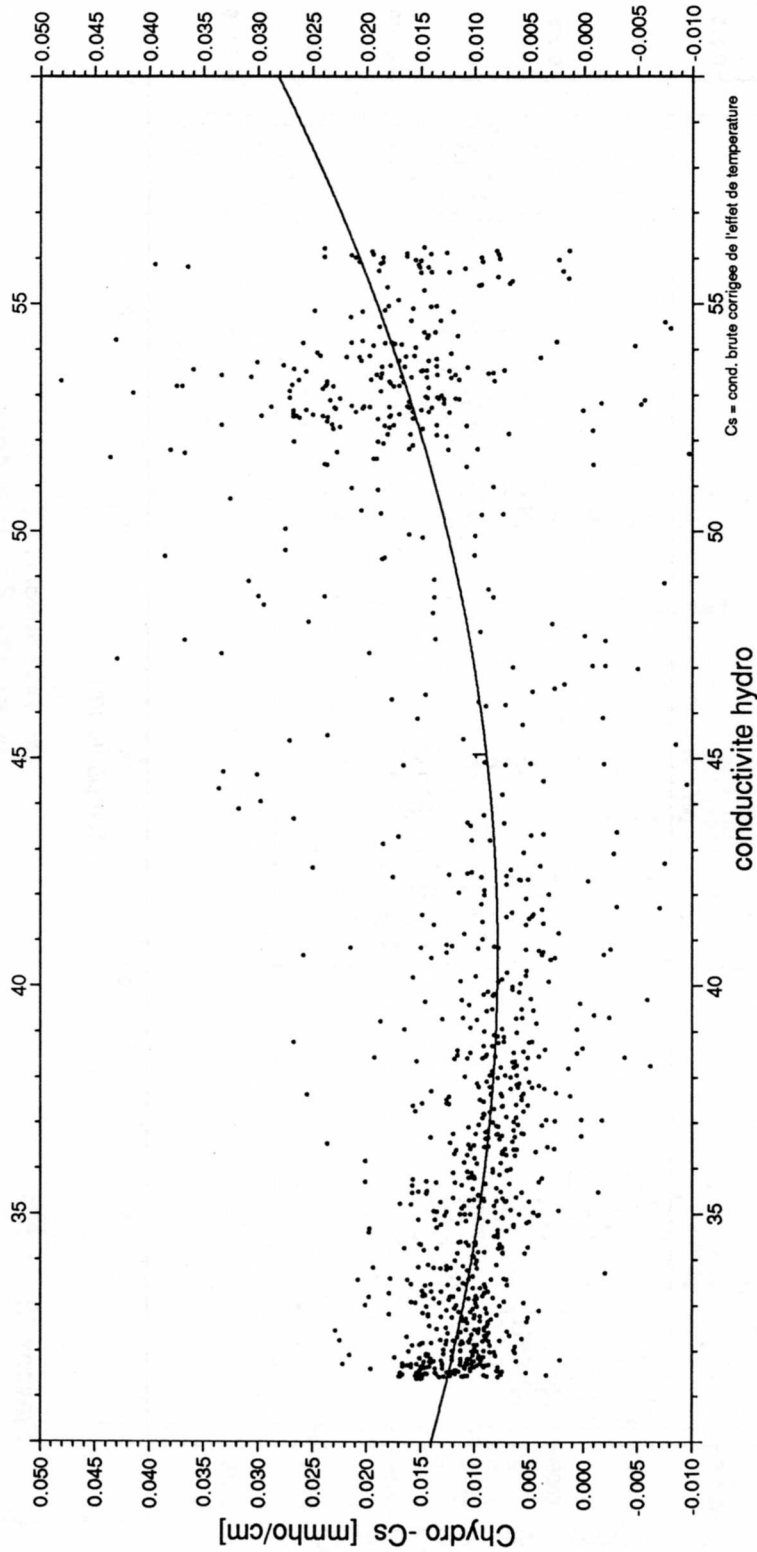
degre 4 : 0.122557e-01,0.998709e+00,0.515331e-04,-.162383e-05,0.282204e-07,0.

degre 5 : 0.126064e-01,0.997024e+00,0.513219e-03,-.444714e-04,0.164562e-05,-.213275e-07,

Rapport d'etalonnage IFREMER no : 89-161 (nov.89)

MD62-JADE

Figure : 4 - TEMPERATURE : etalonnage IFREMER



Cs = cond. brute corrigee de l'effet de temperature

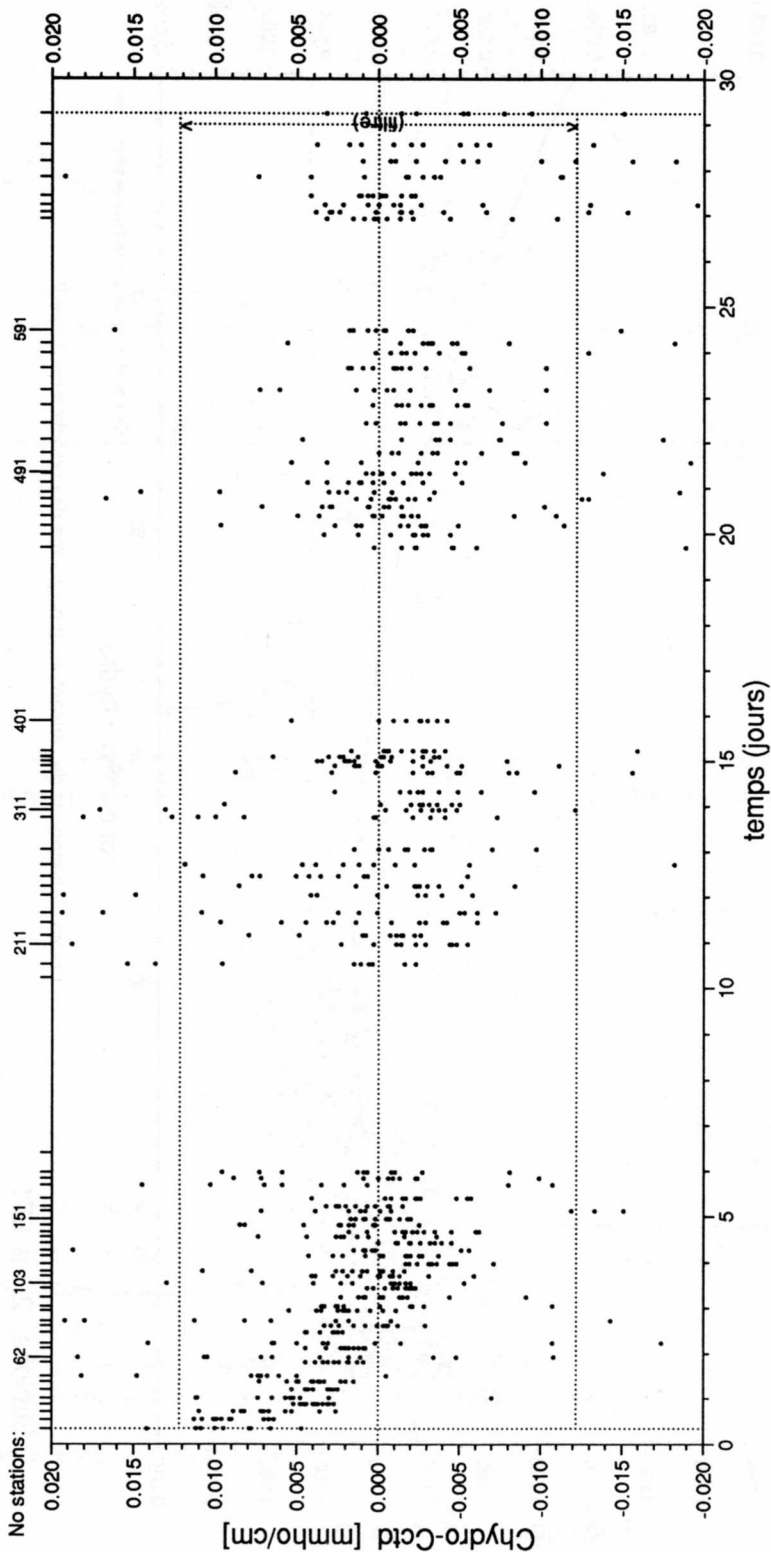
Points d'etalonnage de l'ensemble et polynome de correction de degre 2

Stations 21 a 671

Nbre de points : 979 dont 48 en dehors du cadre
Nbre total de periodes : 1 Degre des polynomes : 2

MD62-JADE

Figure : 5 - Polynome de correction de la conductivite (1 SEULE PERIODE)

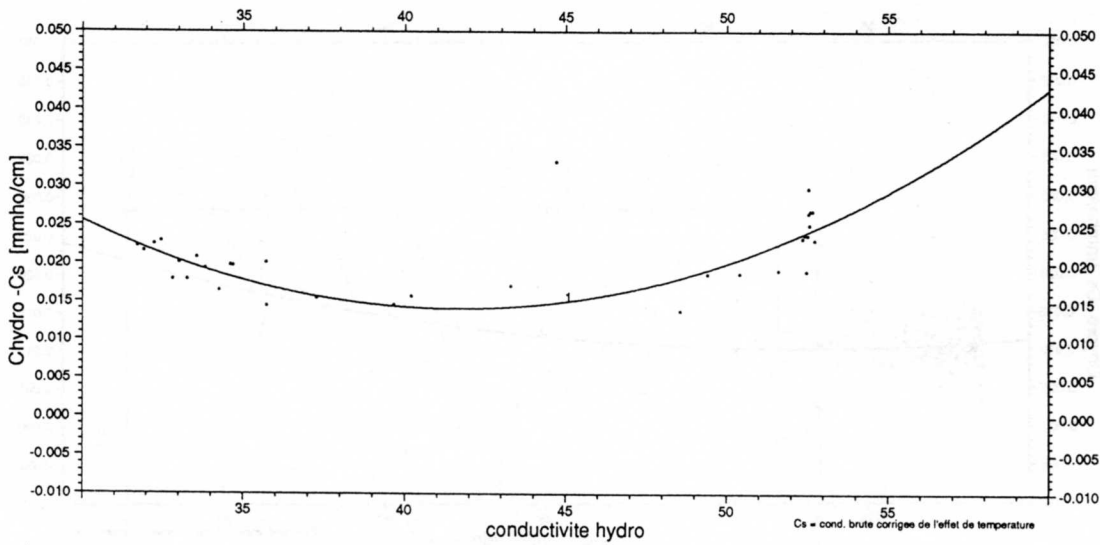


Stations 21 a 671

MD62-JADE

Nombre de periodes : 1
 Valeur du filtre : 2.8 fois l'ecart-type
 Nombre total de points 968 dont 70 en dehors du cadre
 Nombre de points a l'interieur du filtre 848 soit 87.6%

Figure : 6 - Ecart en fonction du temps : UNE SEULE periode



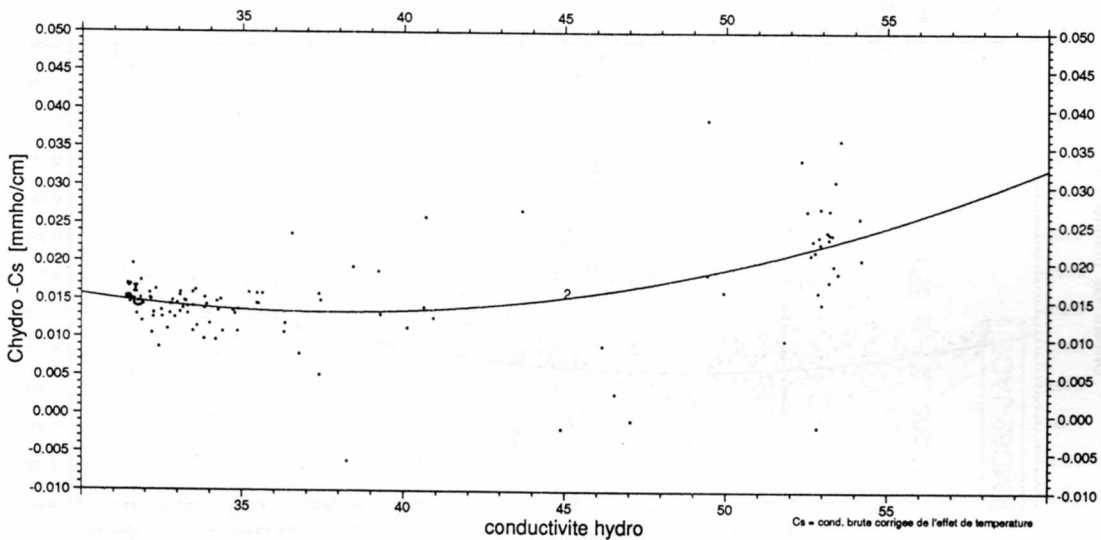
Stations 21 a 32

MD62-JADE

Periode no 1 : points d'etalonnage et polynome de correction

Nbre de points : 36 dont 2 en dehors du cadre
 Nbre total de periodes : 4 Degre des polynomes : 2

Figure : 7 - Ecart AVANT correction : PERIODE no 1



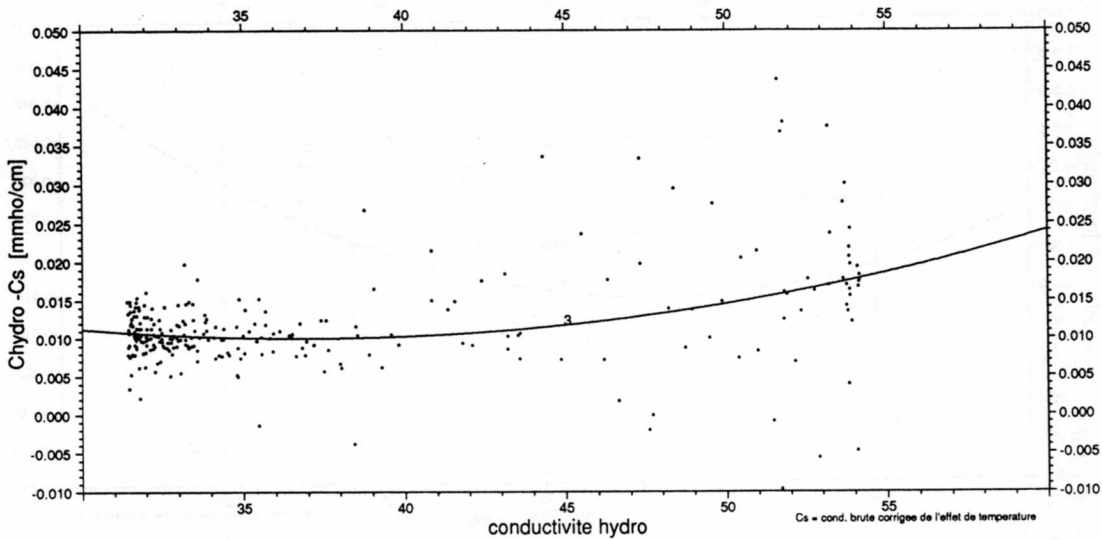
Stations 41 a 83

MD62-JADE

Periode no 2 : points d'etalonnage et polynome de correction

Nbre de points : 137 dont 6 en dehors du cadre
 Nbre total de periodes : 4 Degre des polynomes : 2

Figure : 8 - Ecart AVANT correction : PERIODE no 2



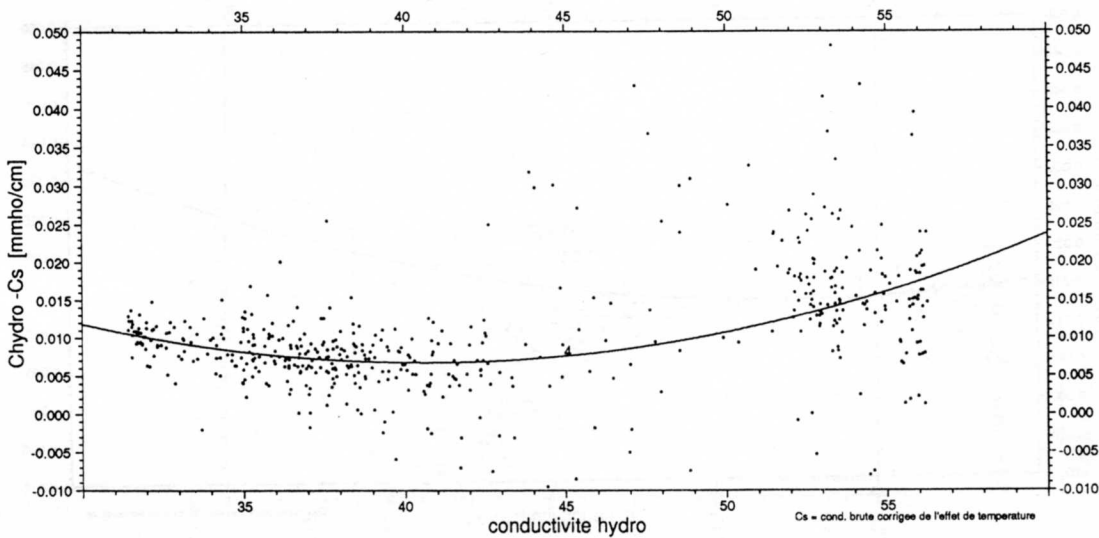
Periode no 3 : points d'etalonnage et polynome de correction

Stations 91 a 201

MD62-JADE

Nbre de points : 272 dont 11 en dehors du cadre
 Nbre total de periodes : 4 Degré des polynomes : 2

Figure : 9 - Ecart AVANT correction : PERIODE no 3



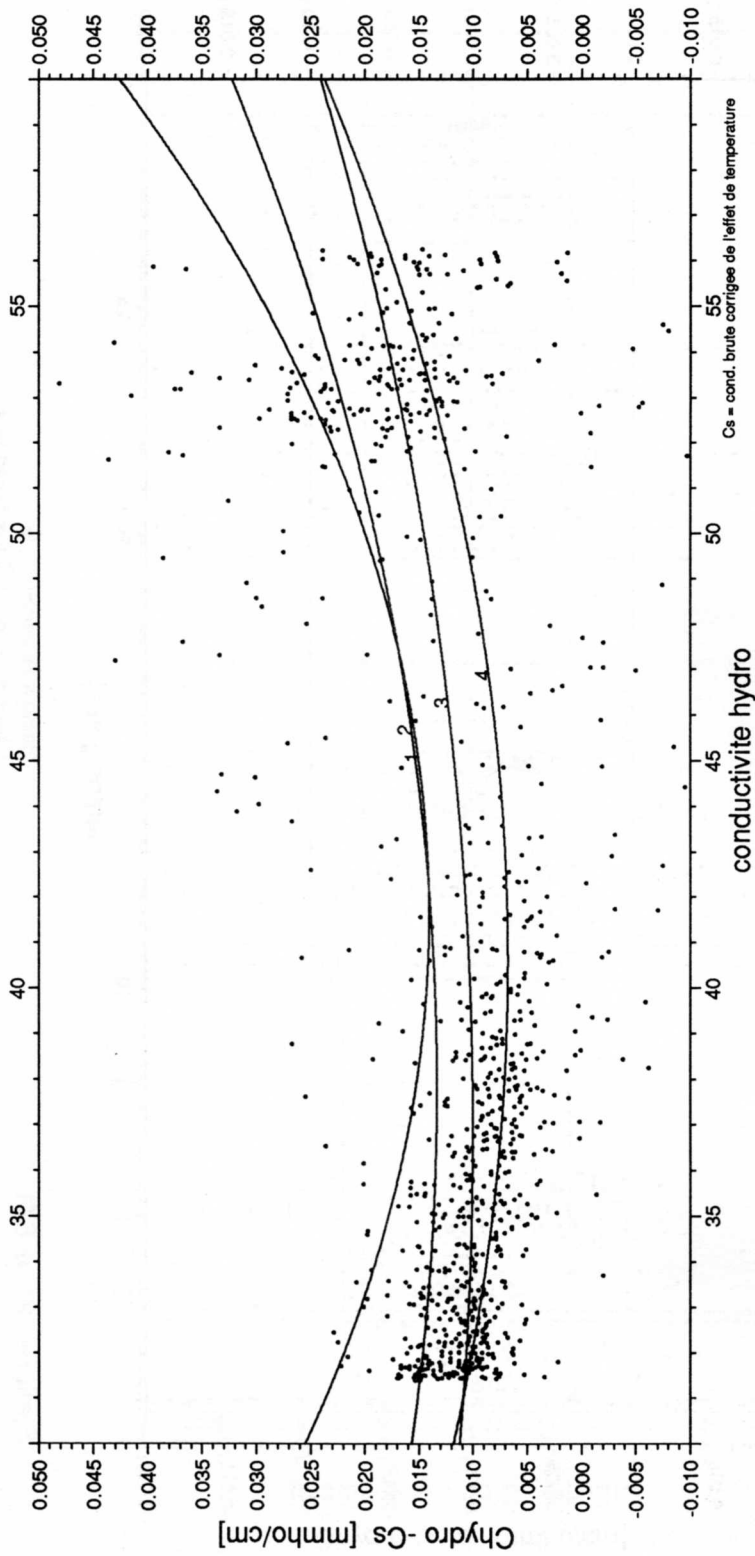
Periode no 4 : points d'etalonnage et polynome de correction

Stations 211 a 671

MD62-JADE

Nbre de points : 534 dont 29 en dehors du cadre
 Nbre total de periodes : 4 Degré des polynomes : 2

Figure : 10 - Ecart AVANT correction : PERIODE no 4



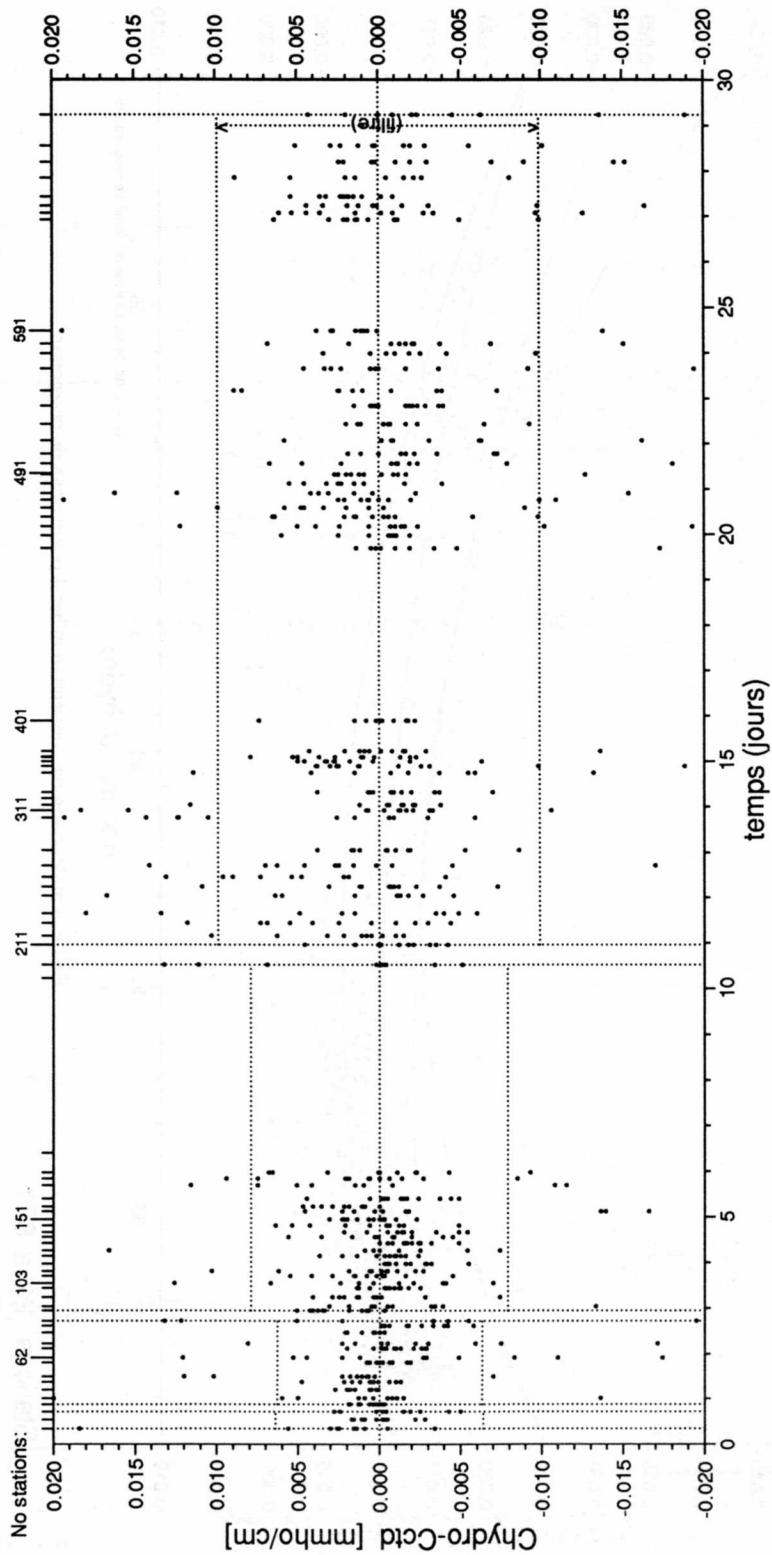
Points d'etalonnage de l'ensemble et les 4 polynomes de correction

Stations 21 a 671

Nbre de points : 979 dont 48 en dehors du cadre
Nbre total de periodes : 4 Degré des polynomes : 2

MD62-JADE

Figure : 11 - Comparaison des 4 polynomes



Stations 21 a 671

MD62-JADE

Nombre de periodes : 4
 Valeur du filtre : 2.8 fois l'ecart-type
 Nombre total de points 968 dont 69 en dehors du cadre
 Nombre de points a l'interieur du filtre 823 soit 85.0 %

Figure : 12 - Ecart en fonction du temps : QUATRE periodes

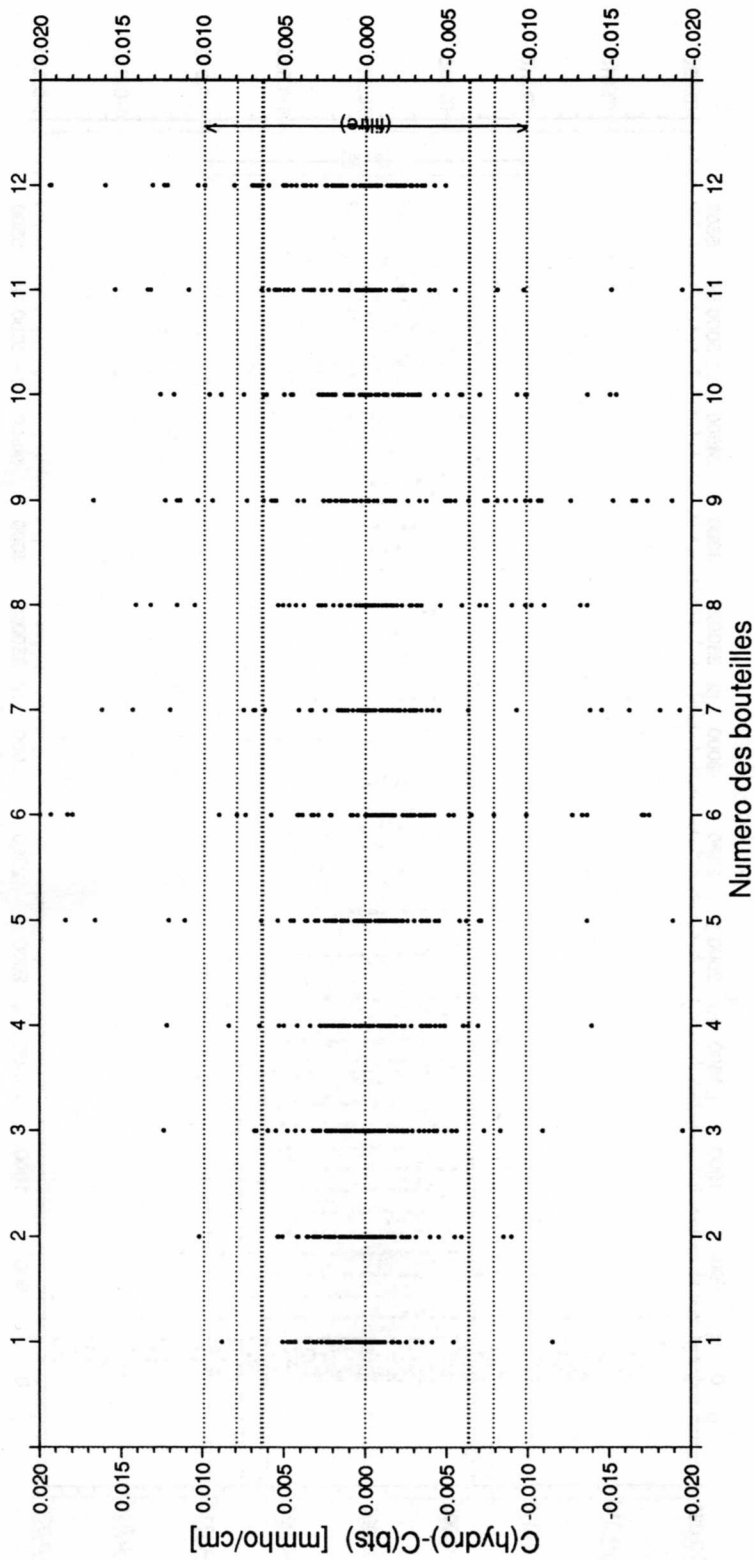


Figure : 13 - Ecart en conductivite en fonction du numero de la bouteille

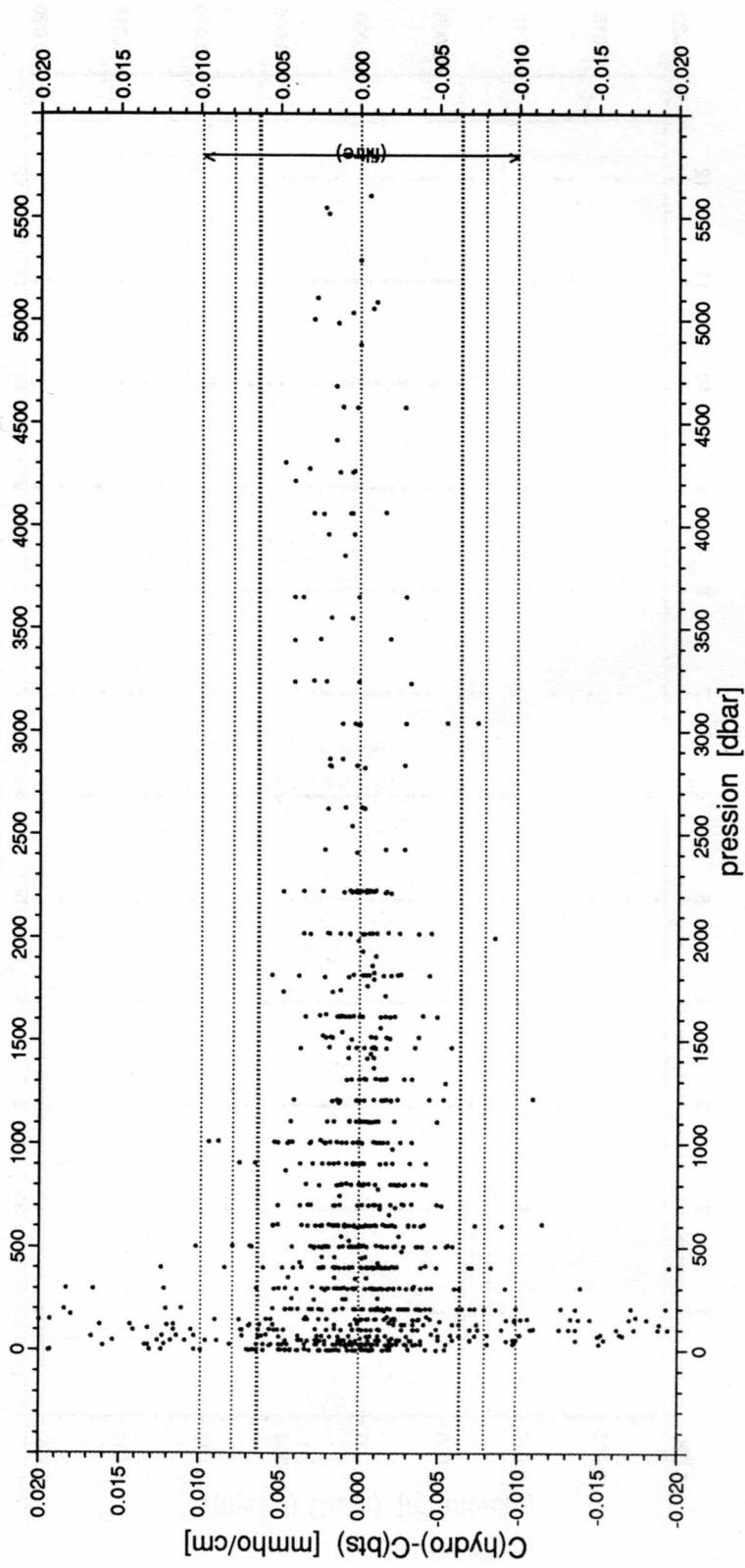


Figure : 14 - Ecartis en conductivite en fonction de la pression

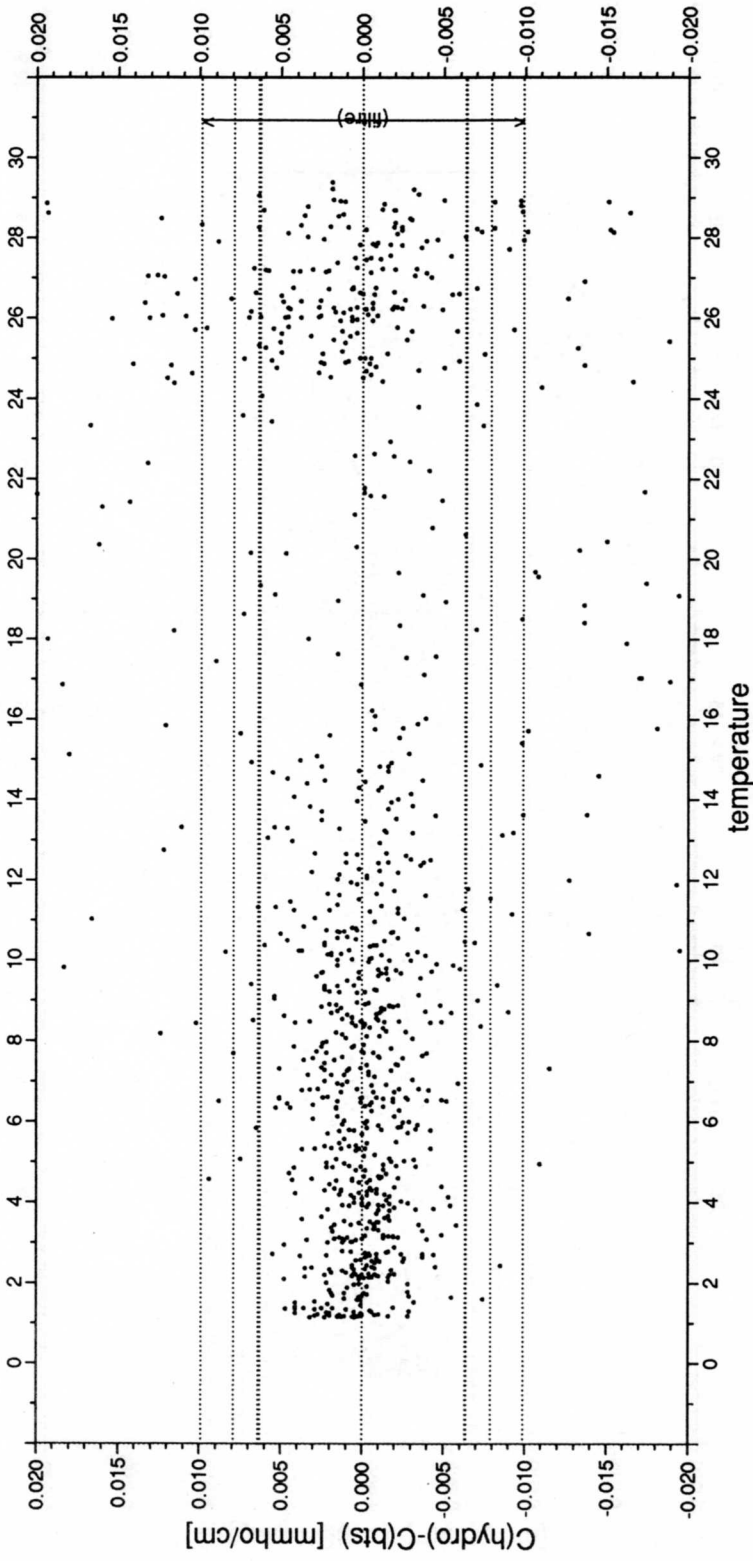


Figure : 15 - Ecart en conductivite en fonction de la temperature

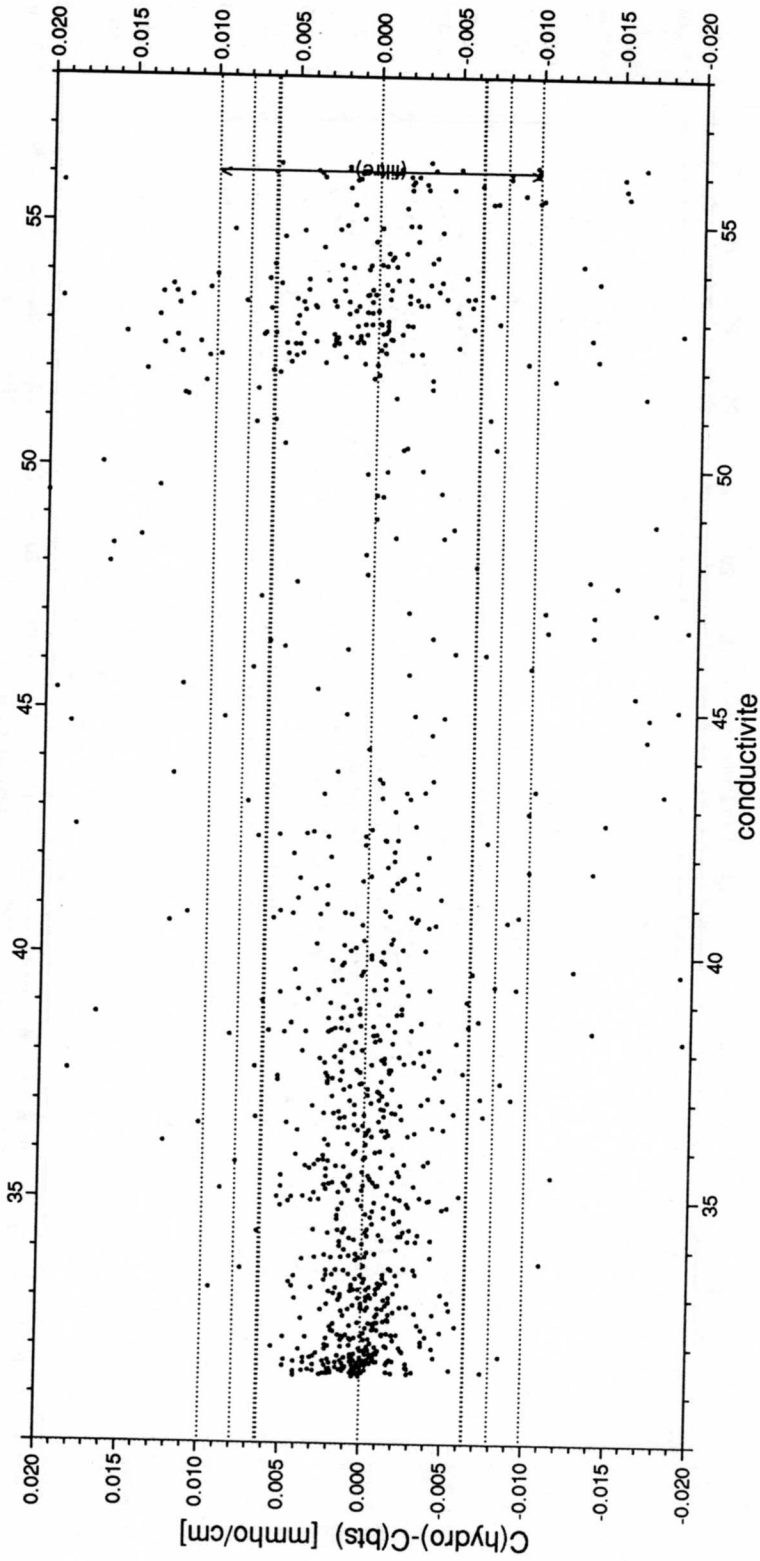


Figure : 16 - Ecart en conductivite en fonction de la conductivite

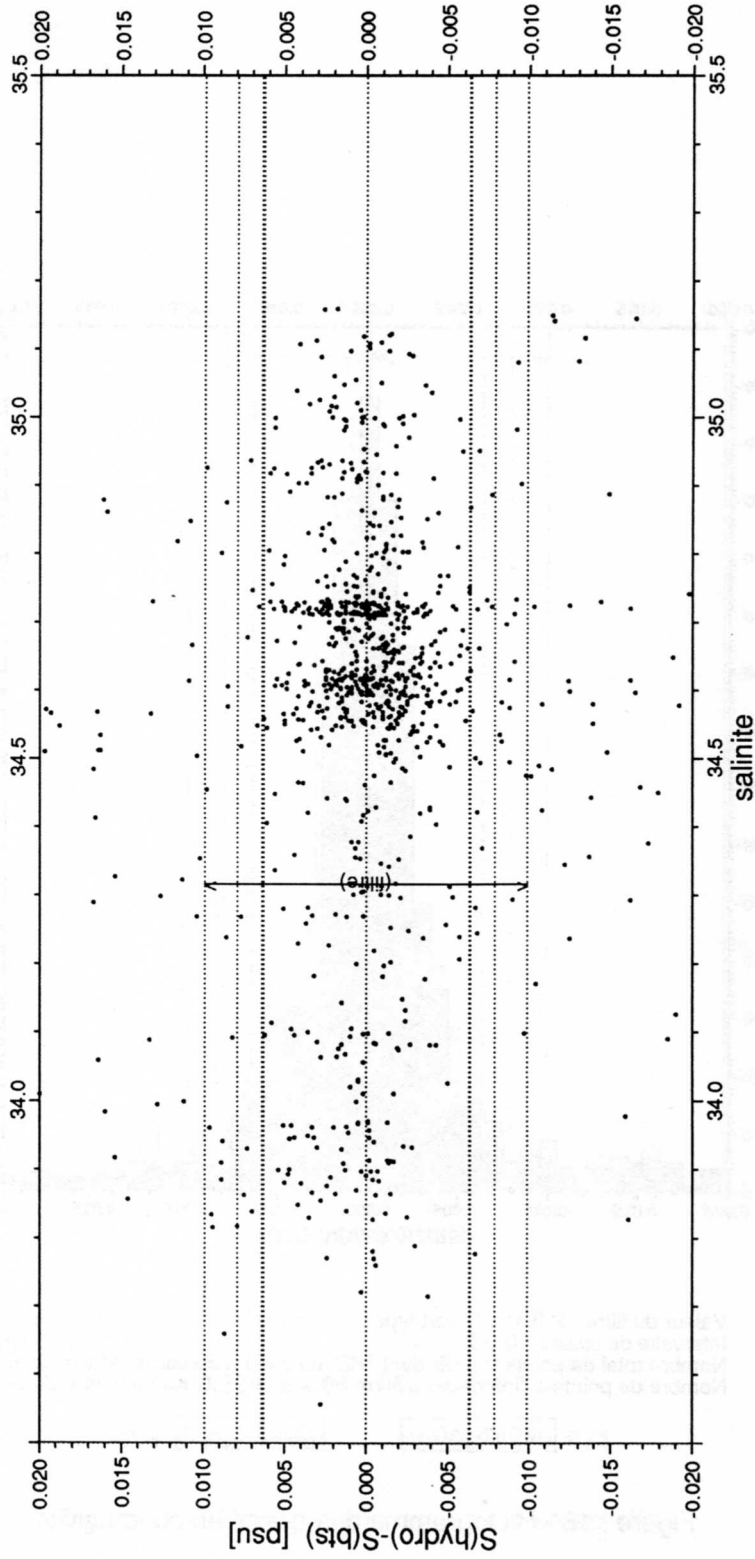
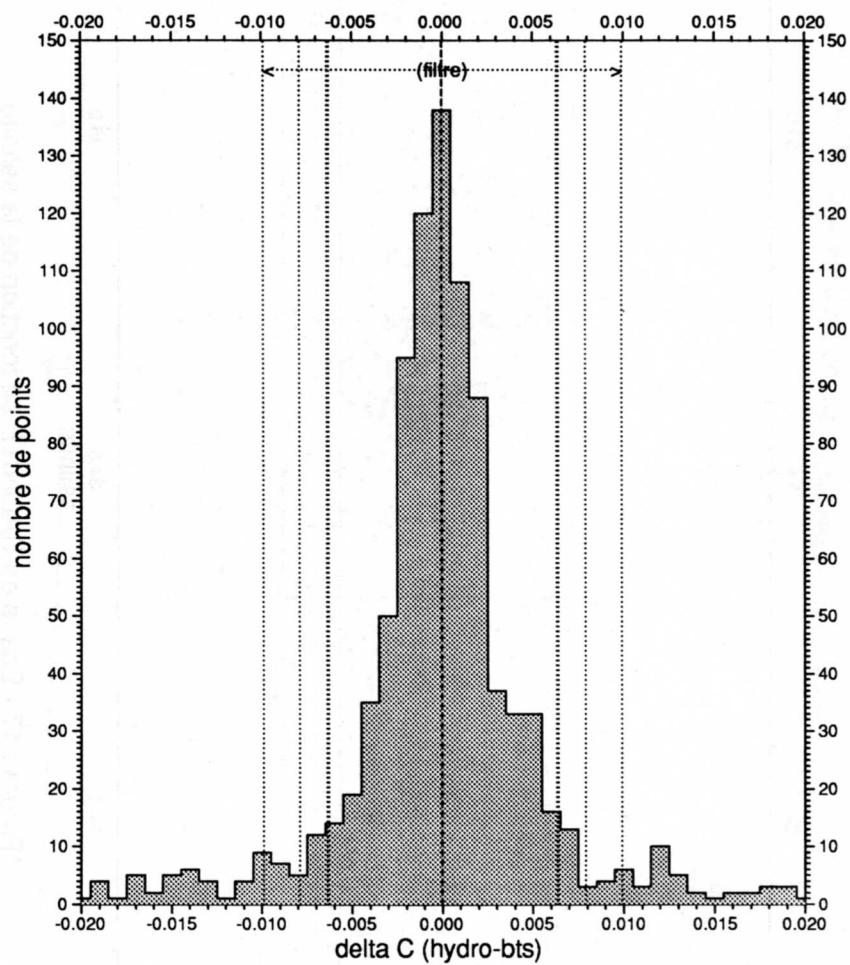


Figure : 17 - Ecart en SALINITE en fonction de la salinite

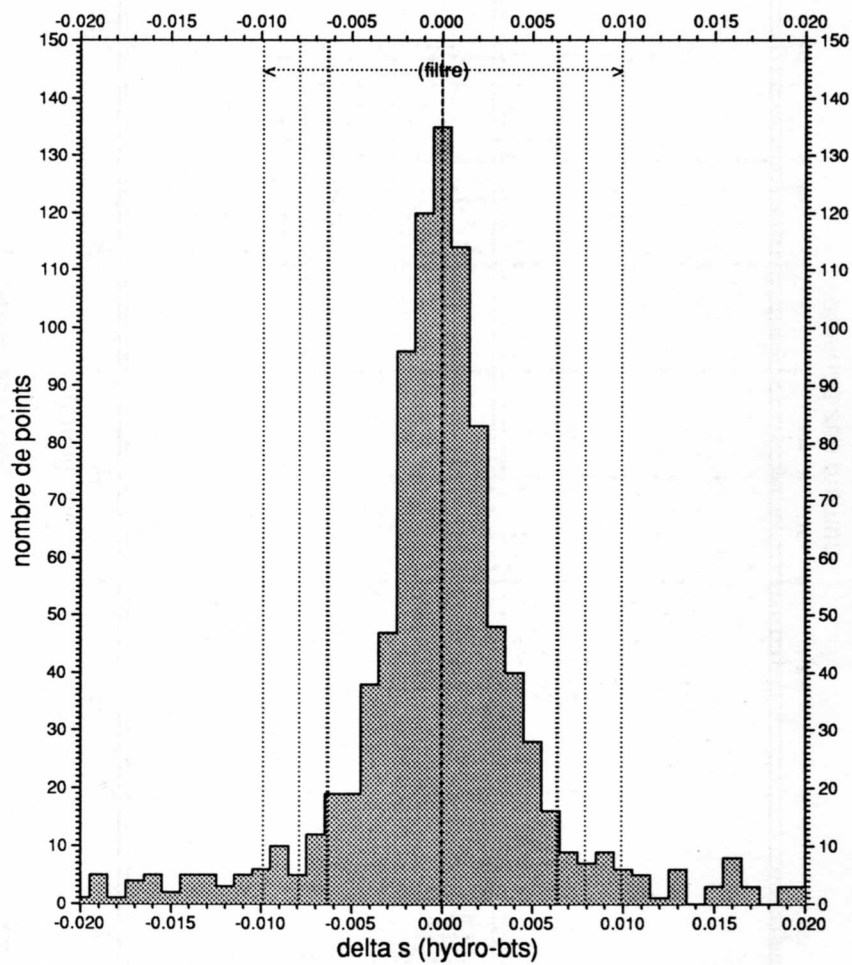


Valeur du filtre : 2.8 fois l'écart type
 Intervalle de classe : 0.001
 Nombre total de points 979 dont 69 en dehors du cadre
 Nombre de points à l'intérieur du filtre 832 soit 85.0 %

MD62-JADE

stations 21 a 671

Figure : 18 - Histogramme des écarts en conductivité

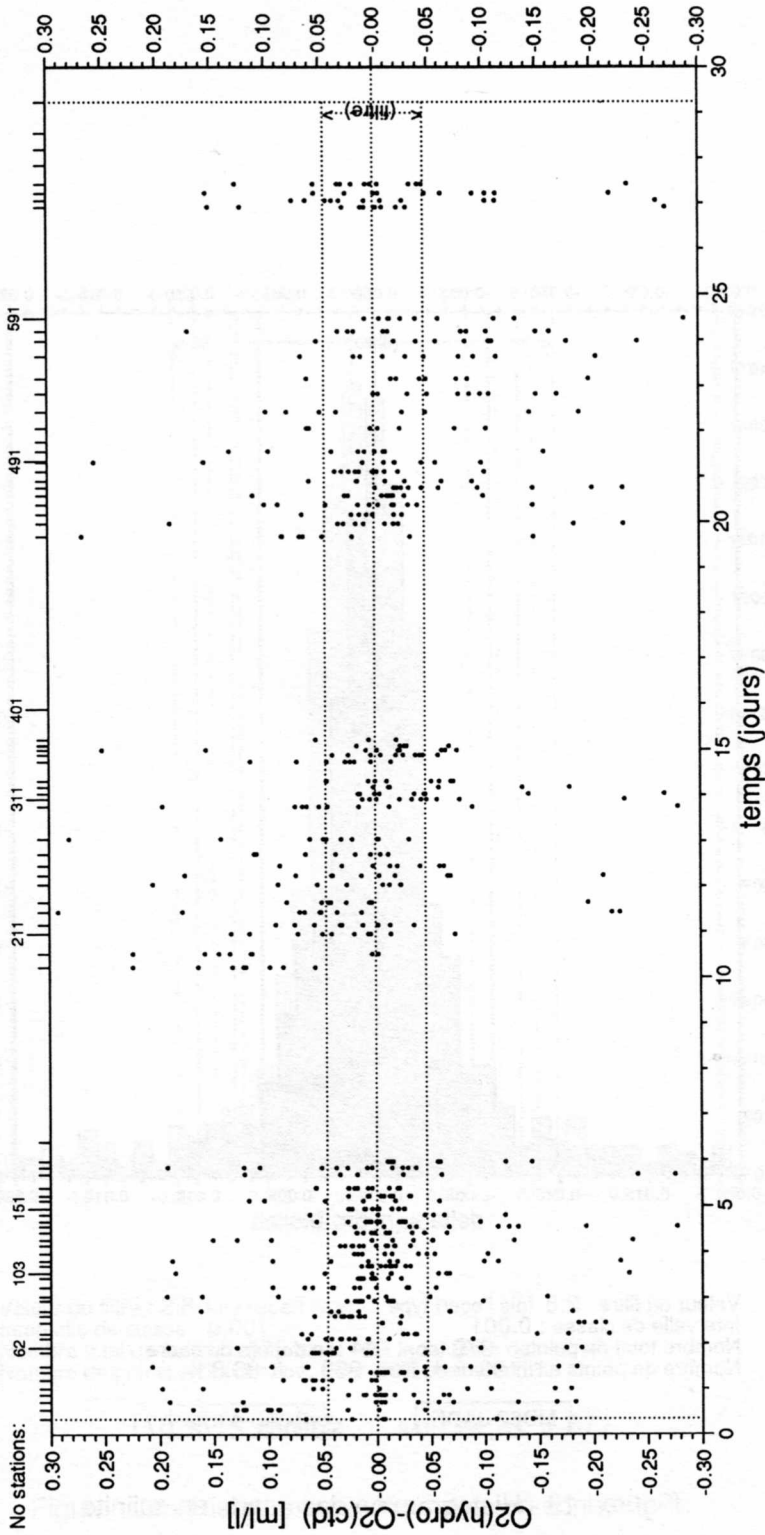


Valeur du filtre : 2.8 fois l'ecart type
 Intervalle de classe : 0.001
 Nombre total de points : 979 dont 44 en dehors du cadre
 Nombre de points a l'interieur du filtre : 850 soit 86.8 %

MD62-JADE

stations 21 a 671

Figure : 19 - Histogramme des ecarts en salinite



Nombre de periodes : 1
Valeur du filtre : 2.0 fois l'ecart-type
Nombre total de points 781 dont 26 en dehors du cadre
Nombre de points a l'interieur du filtre 438 soit 56.1 %

Stations 21 a 671

MD62-JADE

Figure : 20 - Ecart en oxygene en fonction du temps

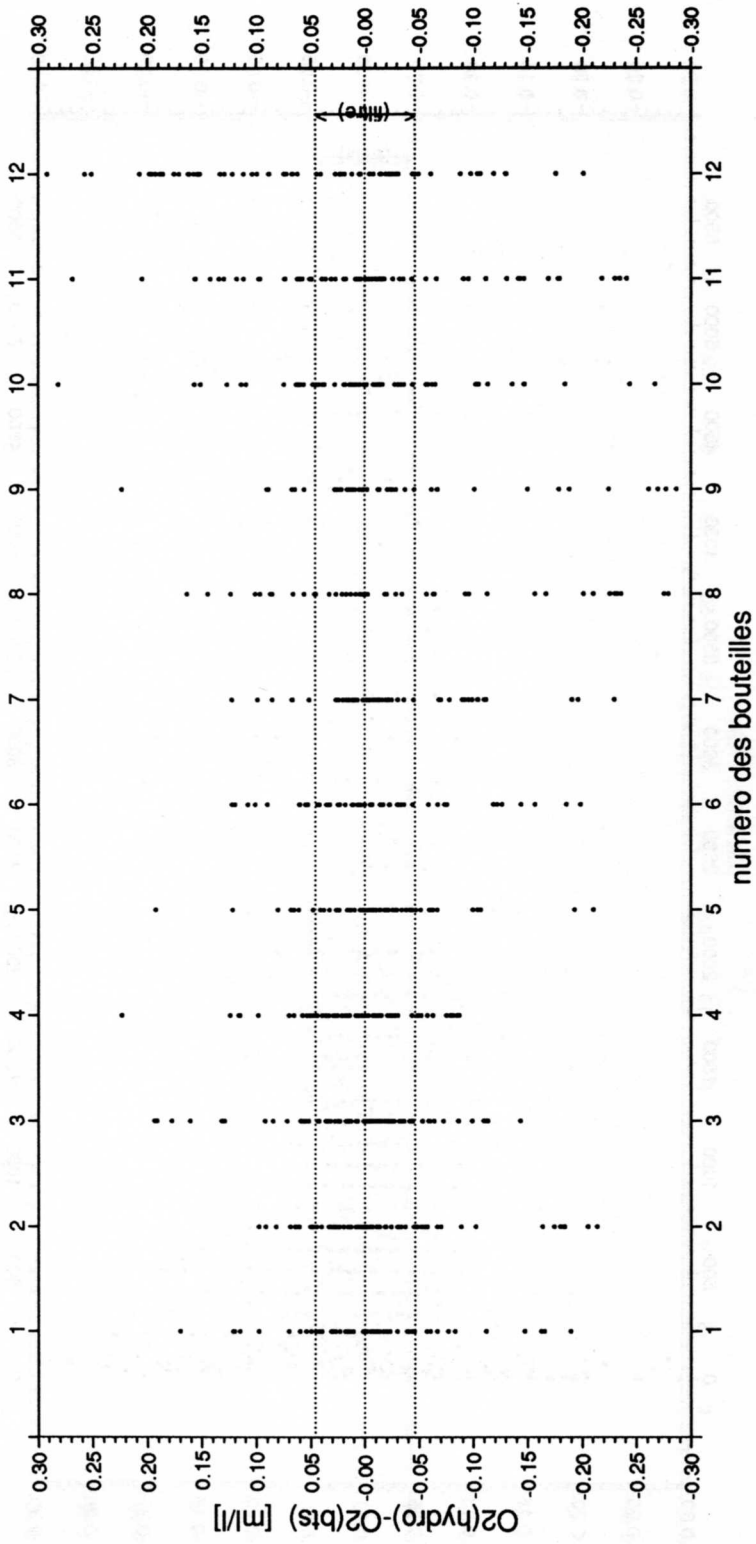


Figure : 21 - Ecart en oxygene en fonction des numeros de bouteilles

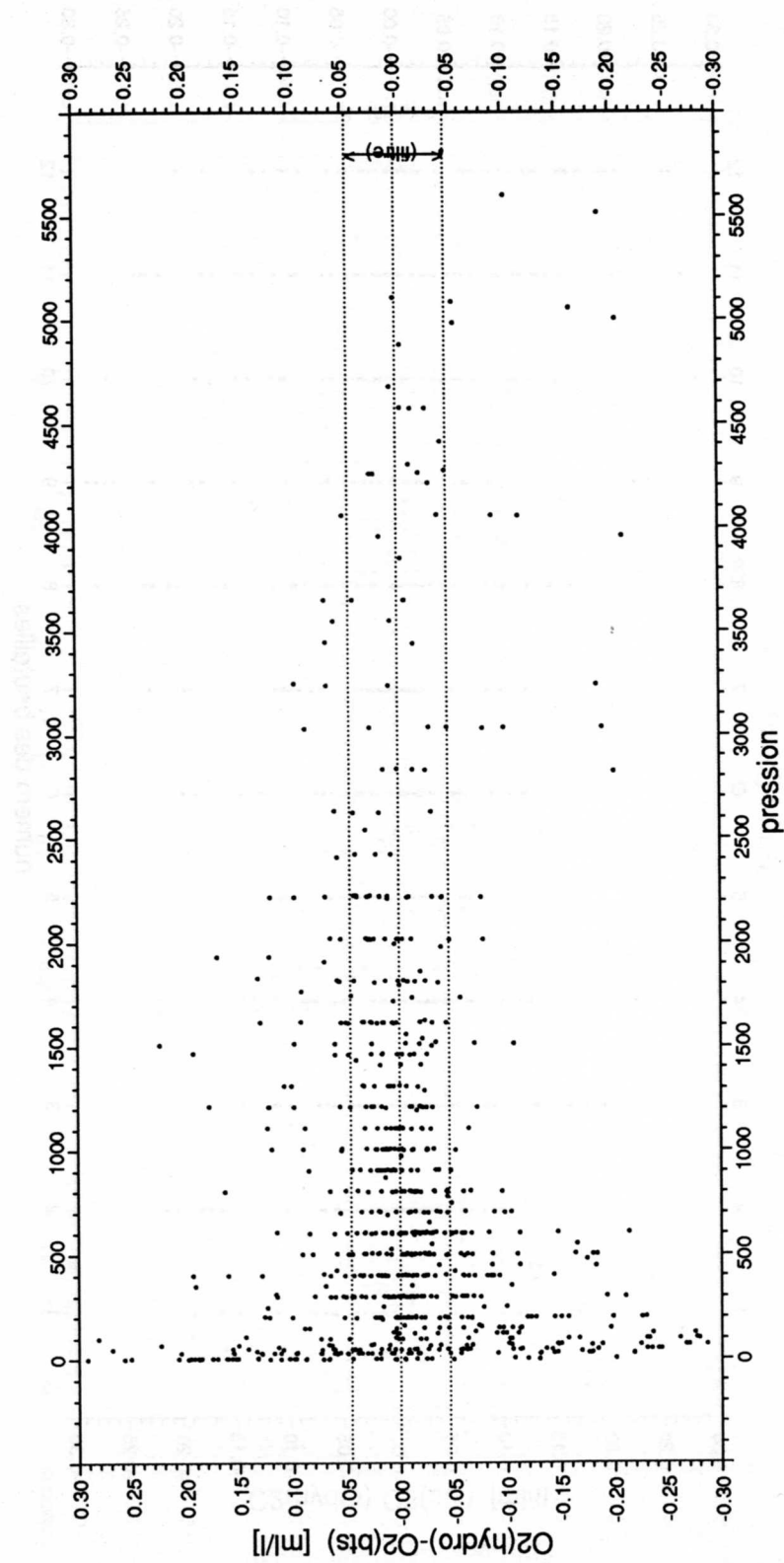


Figure : 22 - Ecart en oxygene en fonction de la pression

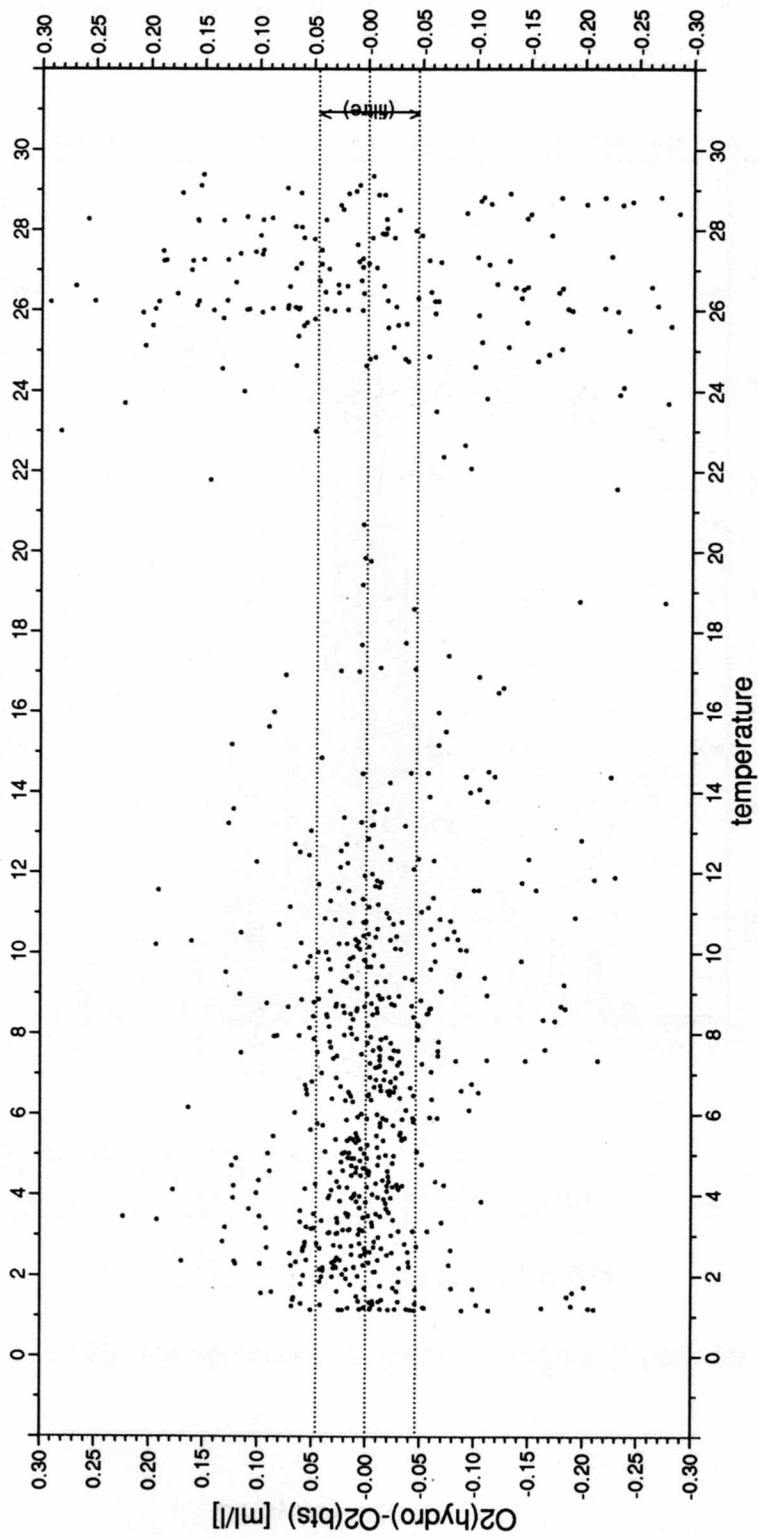


Figure : 23 - Ecart en oxygene en fonction de la temperature

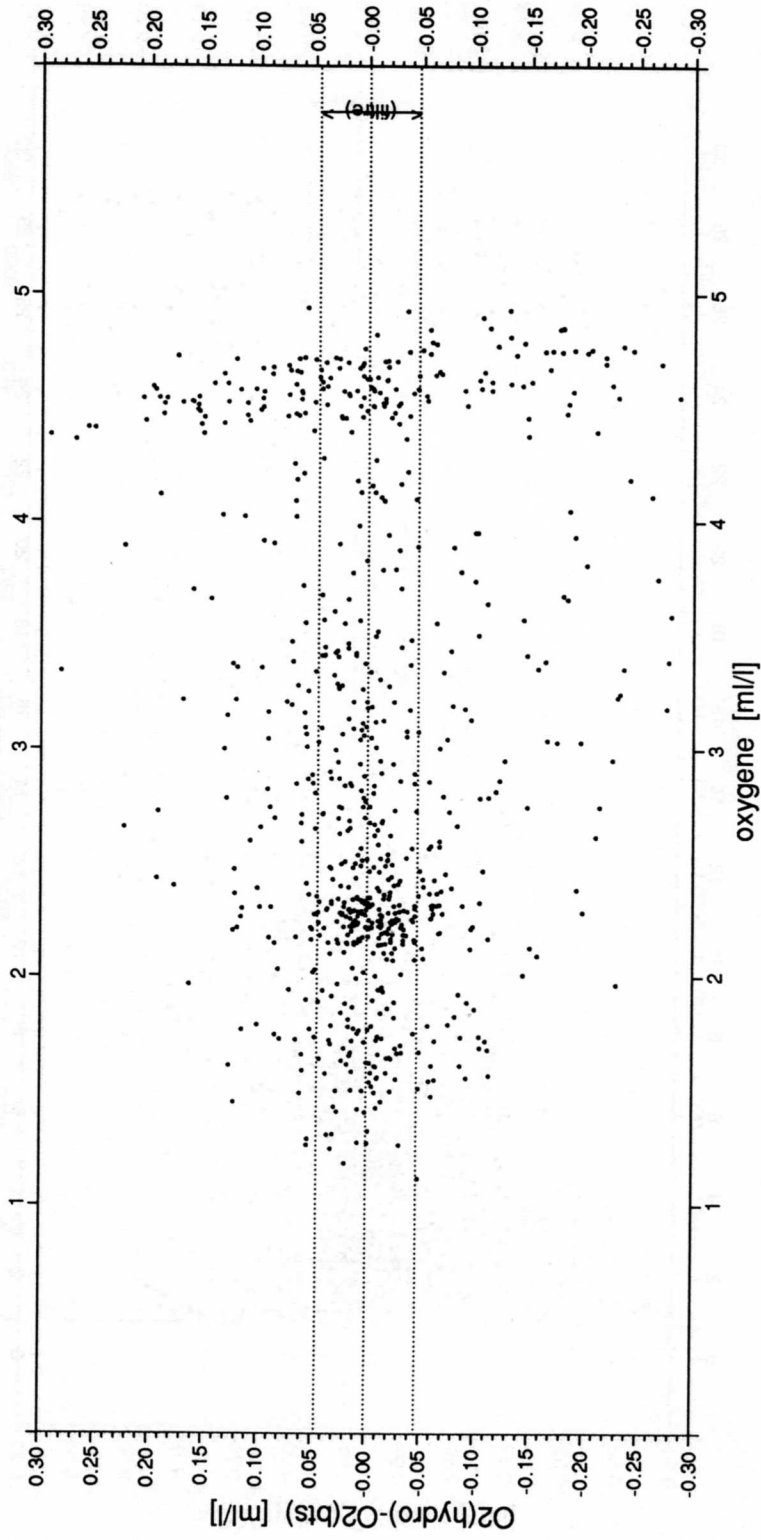
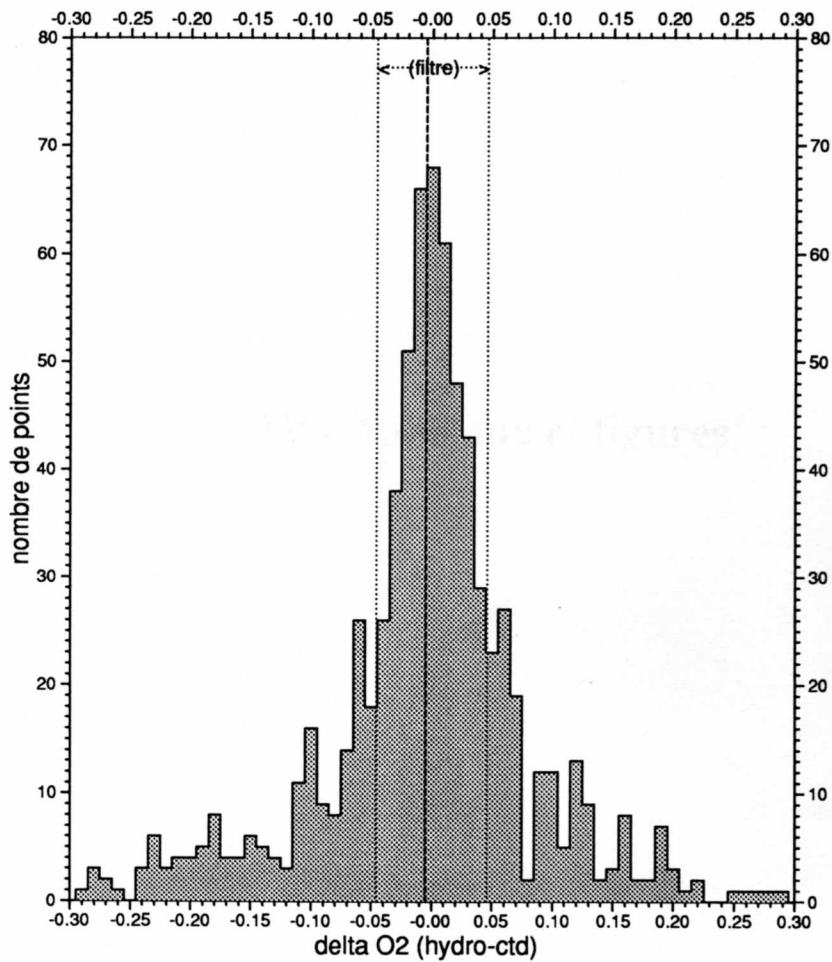


Figure : 24 - Ecart en oxygene en fonction de l'oxygene



Valeur du filtre : 2.0 fois l'écart type
 Intervalle de classe : 0.010
 Nombre total de points 781 dont 26 en dehors du cadre
 Nombre de points à l'intérieur du filtre 438 soit 56.1%

MD62-JADE stations 21 a 671

Figure : 25 - Histogramme des écarts en oxygene (1 periode)

IV - Tableaux et figures

Liste des opérations

Station	Profondeur	Latitude	Longitude	Fond
1-1	4525 m	1°11 S	90°44 E	4575 m
1-2	2200	1°12	90°44	"
1-3	600	1°11	90°44	"
2-1	610	18°11	117°49	630
3-1	1925	17°41	117°42	1950
3-2	550	17°41	117°41	"
4-1	2200	17°12	117°33	3600
4-2	600	17°12	117°34	"
5-1	5050	16°34	117°22	5100
5-2	2200	16°35	117°23	"
5-3	600	16°35	117°24	"
6-1	2243	15°46	117°09	5930
6-2	600	15°46	117°09	"
7-1	2200	14°55	117°00	"
7-2	600	14°54	116°59	"
8-1	5100	14°07	116°41	5670
8-2	2200	14°08	116°42	"
8-3	600	14°08	116°42	"
9-1	2200	13°20	116°30	5640
9-2	600	13°20	116°30	"
10-1	5405	12°31	116°16	5480
10-2	2200	"	"	"
10-3	600	"	"	"
11-1	2200	11°51	116°07	5130
11-2	600	"	"	"
12-1	5720	11°23	115°57	5820
12-2	2200	"	"	"
12-3	600	"	"	"
13-1	3820	10°52	115°47	3885
13-2	600	"	"	"
14-1	3130	10°35	115°42	3260
14-2	600	10°33	115°41	3225
15-1	4280	10°15	115°38	4350
15-2	600	10°13	115°36	"
16-1	4250	9°55	115°32	4350
16-2	2000	"	"	"
16-3	600	"	"	"
17-1	2200	9°36	115°26	4290
17-2	600	"	"	4275
18-1	435	9°21	115°23	3300
19-2	2200	9°12	115°16	3015
19-1	600	9°14	115°14	2850
20-1	1550	9°05	114°48	1650
21-1	1700	9°18	117°16	1800
22-1	2670	9°27	117°44	2767
23-1	1840	9°39	118°14	1990
24-1	1160	9°50	118°44	1250
25-1	1810	10°34	120°06	1890
26-1	1410	10°47	120°40	1500
27-1	850	10°56	121°00	975
28-1	840	10°57	121°37	930
29-1	1755	11°00	121°50	1875
30-1	1425	11°02	122°01	1480
31-1	970	11°04	122°16	1090
32-1	735	11°07	122°27	847
33-1	630	11°11	122°36	694

Liste des opérations (suite)

Station	Profondeur	Latitude	Longitude	Fond
34-1	1780 m	11°19 S	122°47 E	1870 m
35-1	1123	11°25	122°55	1235
36-1	770	11°30	123°05	877
37-1	610	11°37	123°13	625
38-1	922	11°29	123°04	930
39-1	1650	11°17	122°46	1765
40-1	1377	11°02	122°01	1477
Mooring 1		10°58,75	121°44,15	1520
Mooring 2		11°15,03	122°52,65	1850
Pegasus 1		11°15,91	122°52,45	
Pegasus 2		11°16,14	122°51,69	
41-1	2200	9°25	105°27	5565
42-1	2200	8°35	105°16	6600
43-1	2200	7°54	105°08	2850
44-1	2200	7°26	105°03	2500
45-1	1735	6°58	104°56	1810
46-1	1535	6°39	104°50	1610
47-1	430	6°27	104°41	450
48-1	873	6°06	104°17	923
49-1	1725	6°19	103°51	1815
50-1	1100	6°34	103°24	1275
51-1	2855	6°40	102°50	2930
52-1	5000	6°48	102°05	6150
53-1	5410	6°59	101°15	5495
54-1	5175	7°11	100°17	5275
55-1	2200	7°24	99°17	5175
56-1	4950	5°09	98°58	5050
57-1	2200	4°22	99°36	3530
58-1	4955	3°58	99°57	5032
59-1	1960	3°35	100°17	1970
60-1	1000	0°00	97°36	2000
61-1	1000	0°00	97°06	4950
62-1	1000	0°01N	96°35	4912
63-1	4350	0°01S	95°37	4425
64-1	1000	0°00	93°56	4470
65-1	1000	0°00	92°11	4500
66-1	1000	0°01N	90°18	4515
67-1	1000	0°00	86°30	4515

La campagne s'est déroulée du 30 juillet - 9 septembre 1989, de Colombo à Colombo. Environ 7600 miles ont été parcourus.

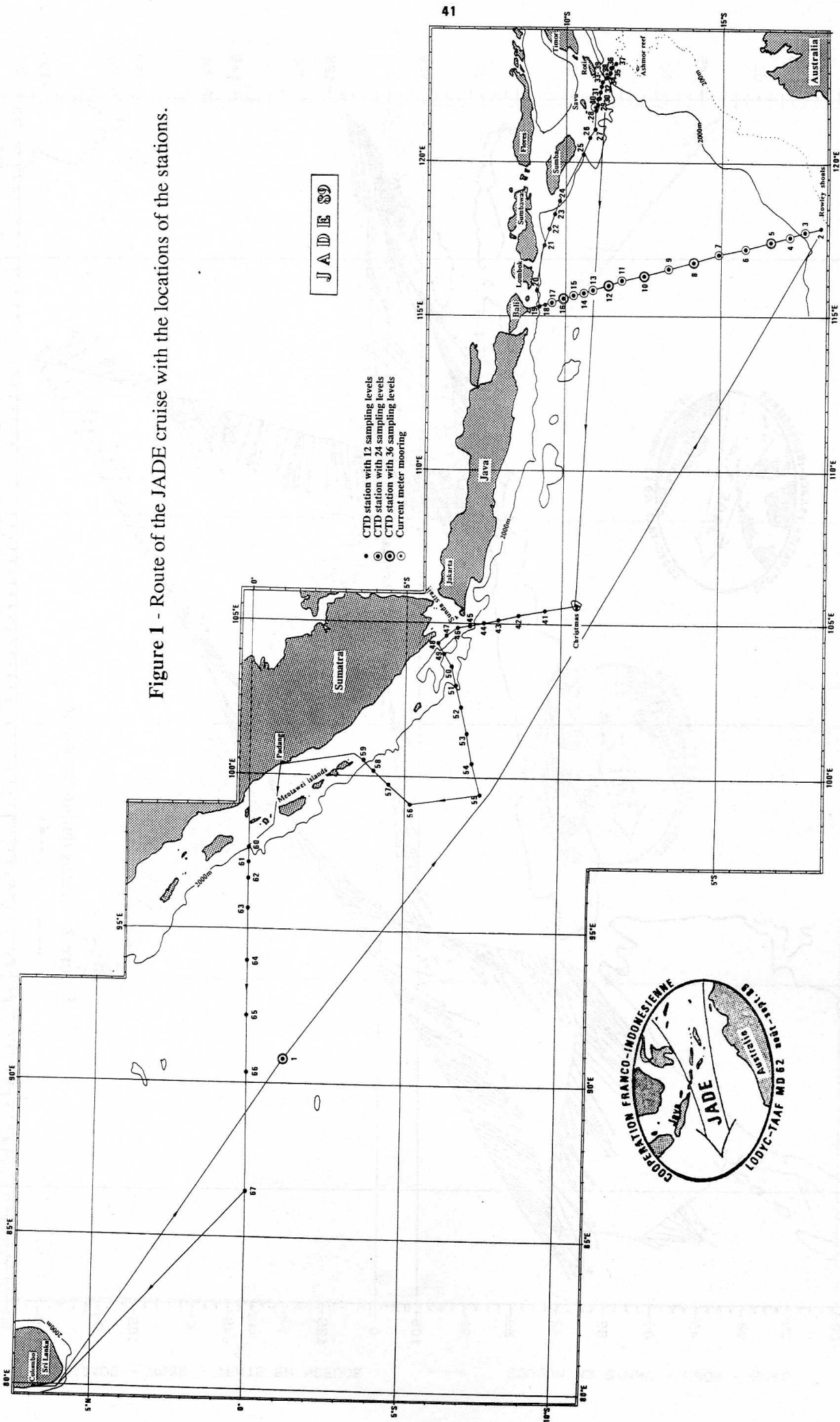
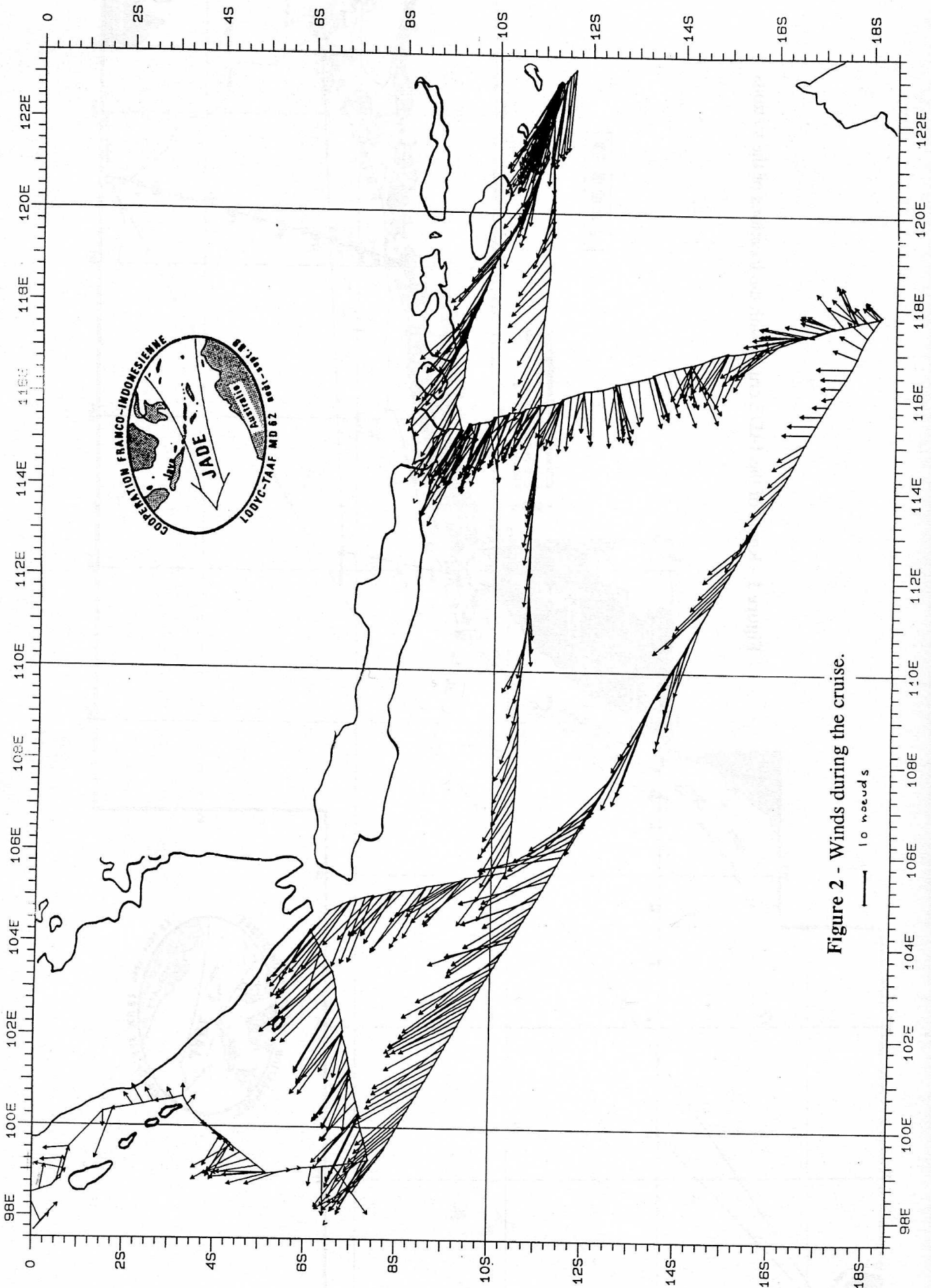


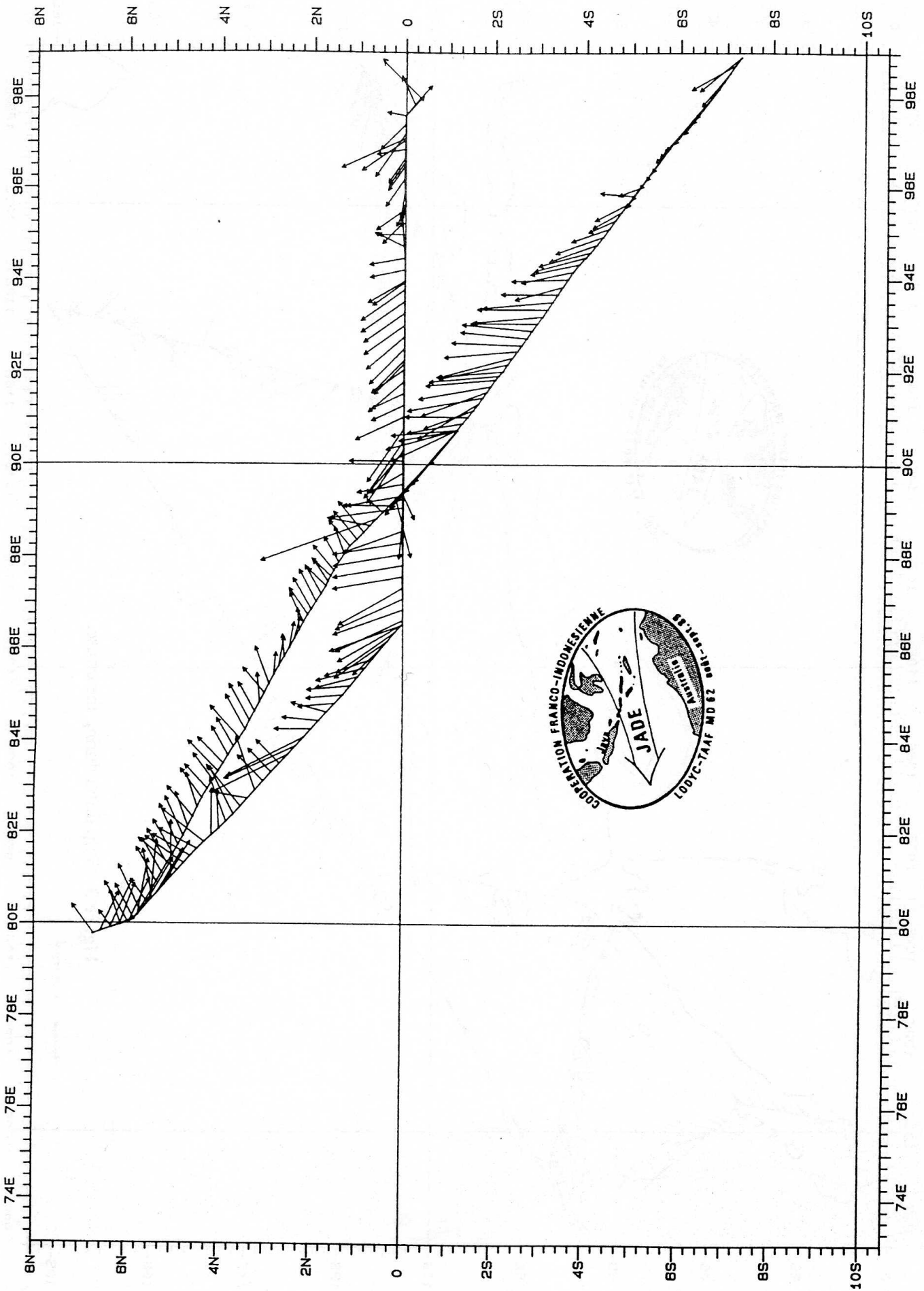
Figure 1 - Route of the JADE cruise with the locations of the stations.



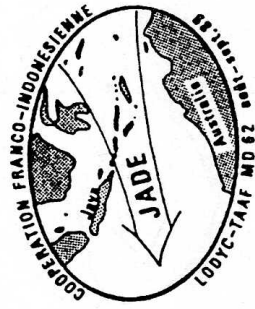
JADE - MD62 - VENTS EN NOEUDS

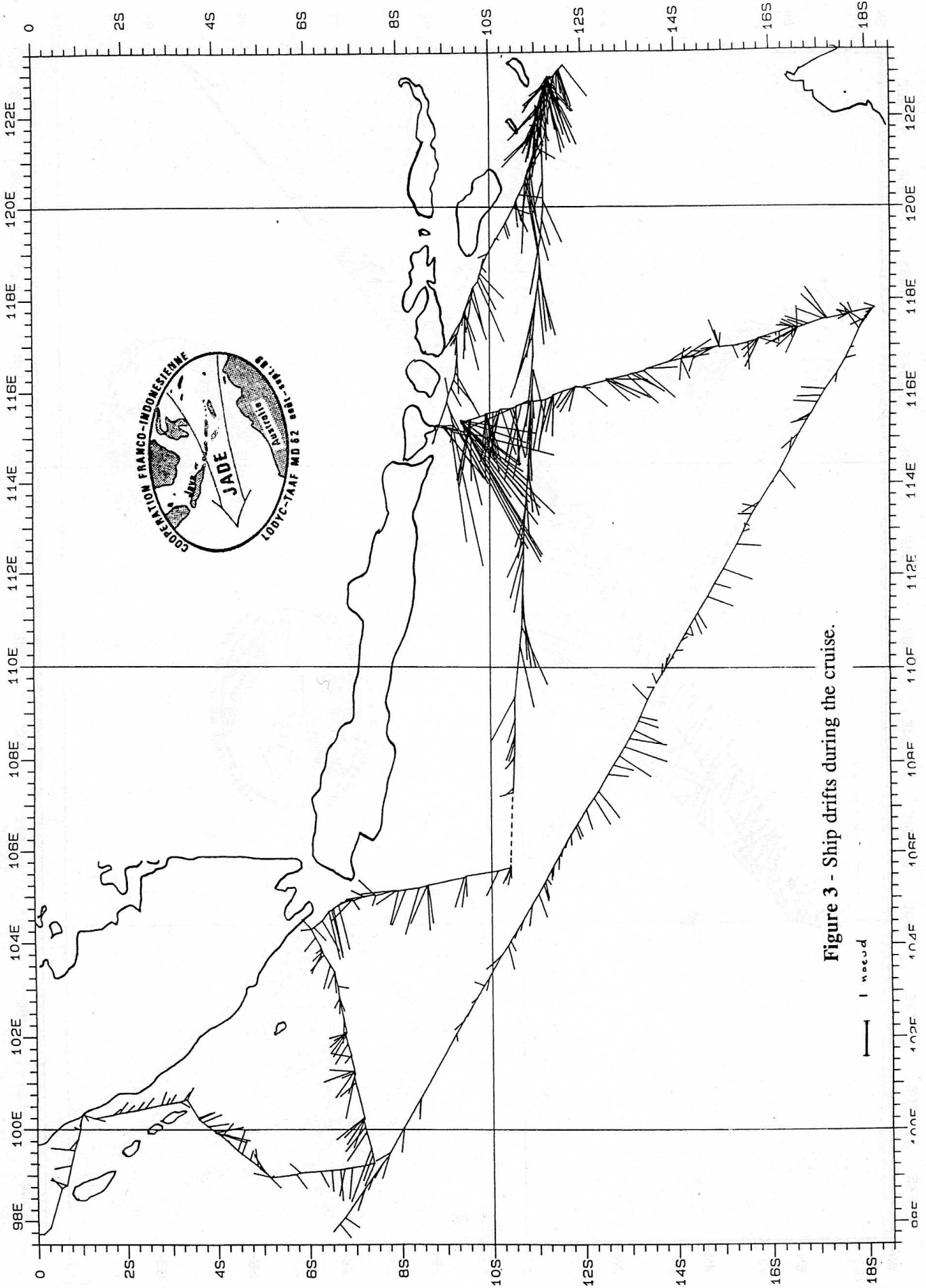
Figure 2 - Winds during the cruise.

— 10 knots



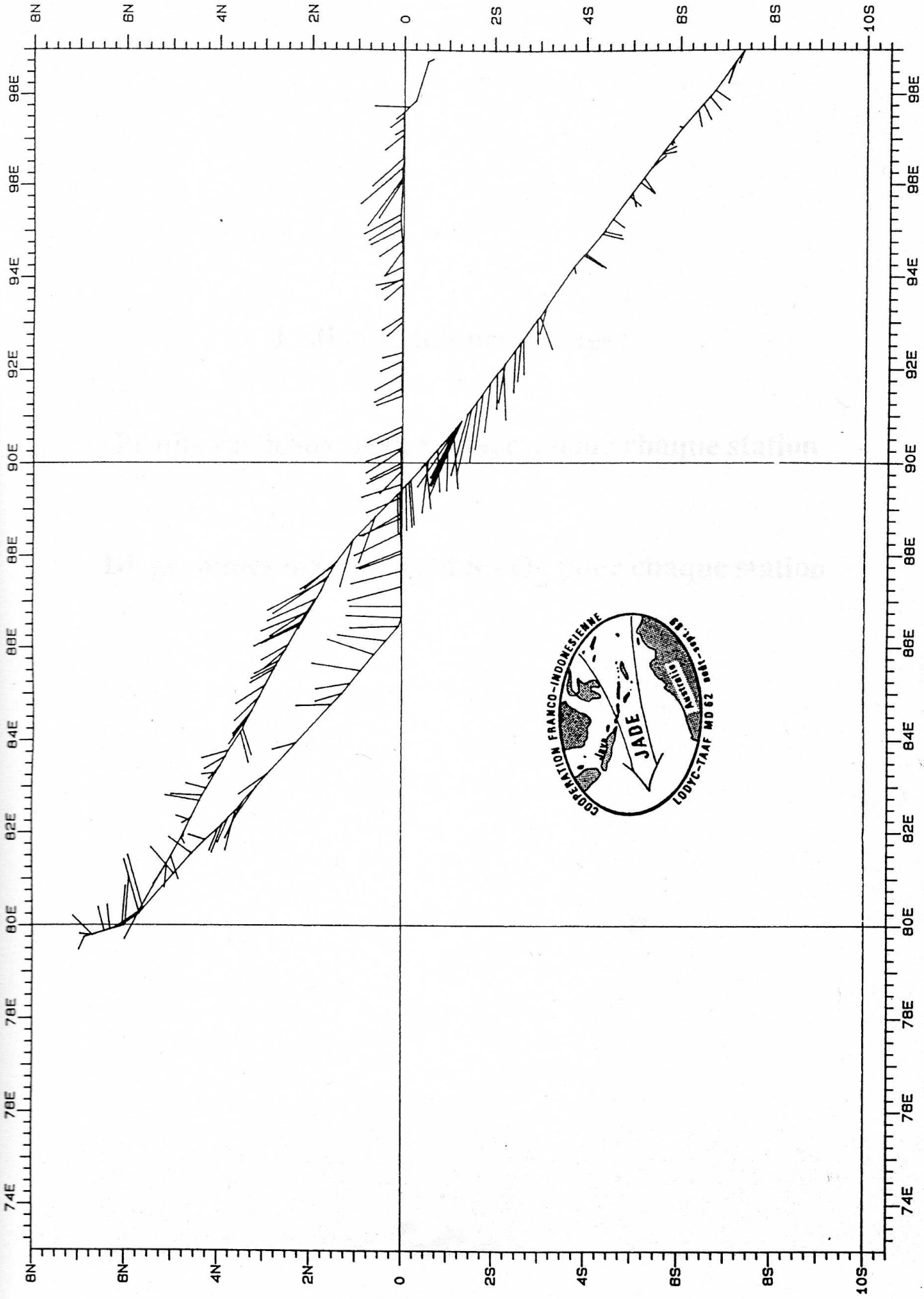
JADE - MO62 - VENTS EN NOEUDS





JADE - M062 - DERIVES DE SURFACE

Figure 3 - Ship drifts during the cruise.



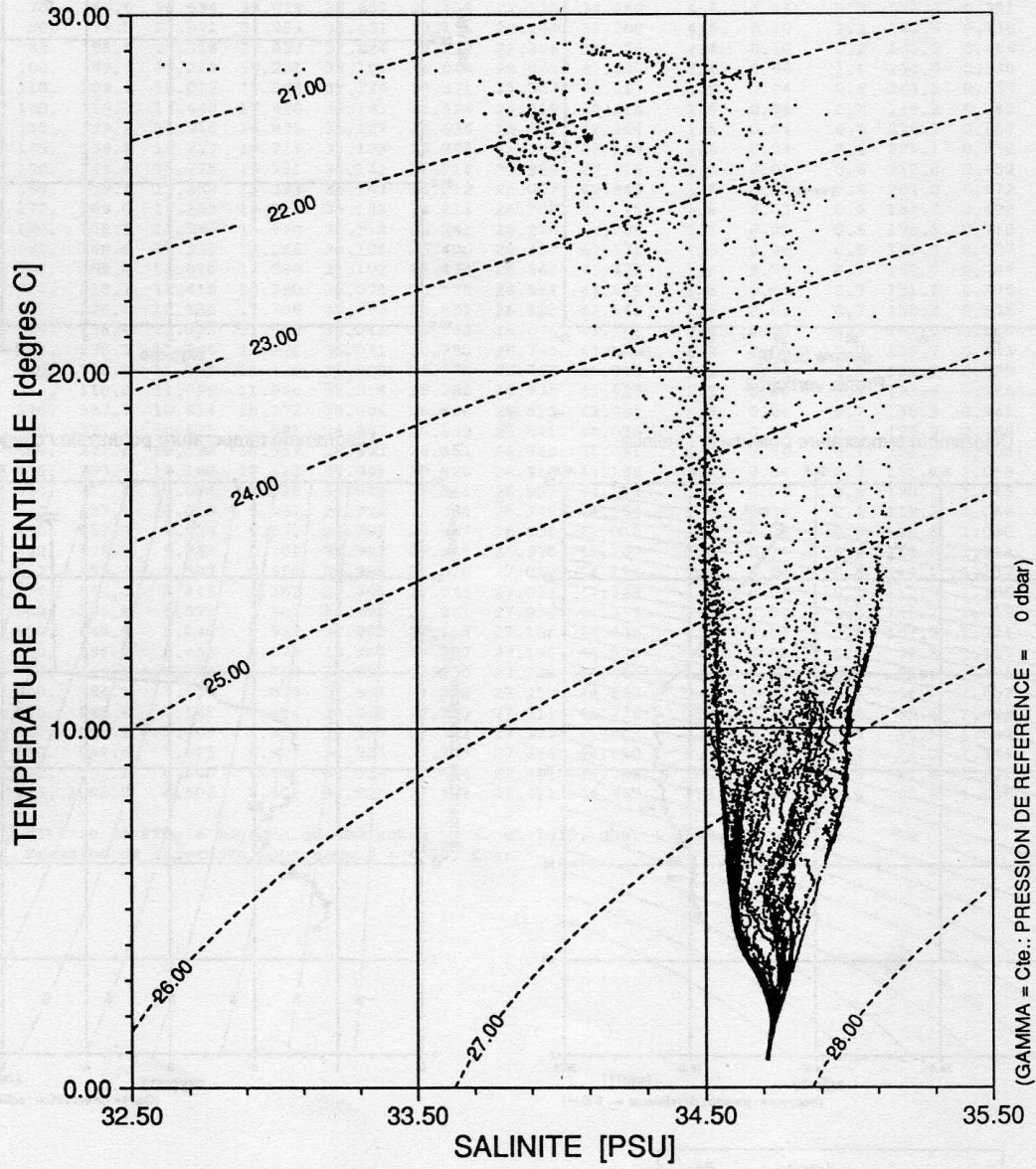
JADE - MD62 - DERIVES DE SURFACE

Listing réduit des données

Profils verticaux de θ , S, O_2 , σ_θ pour chaque station

Diagrammes θ -S, θ - O_2 et S - O_2 pour chaque station

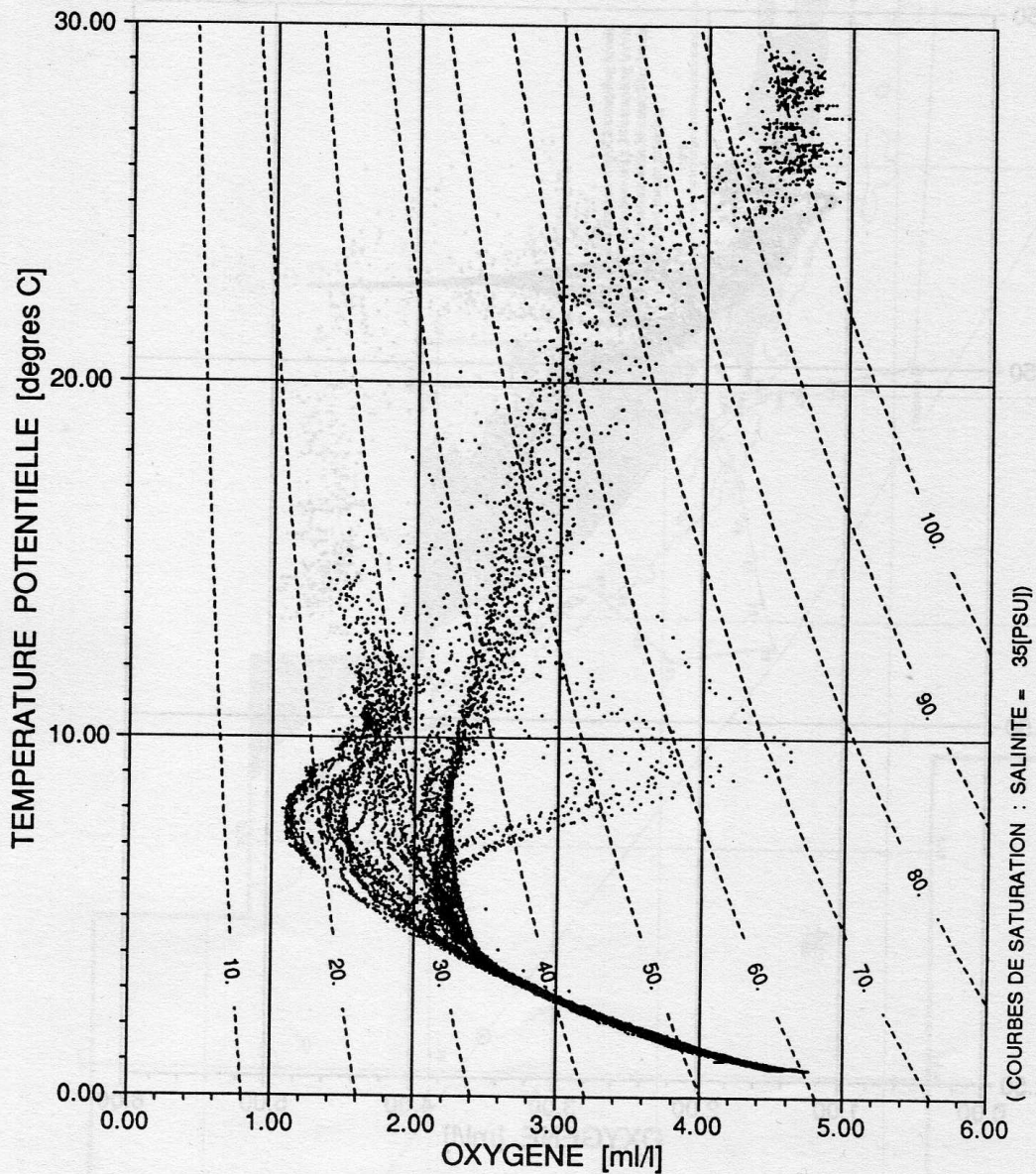
DIAGRAMME THETA/S



JADE - MD62

STATIONS PROFONDES 2 A 67

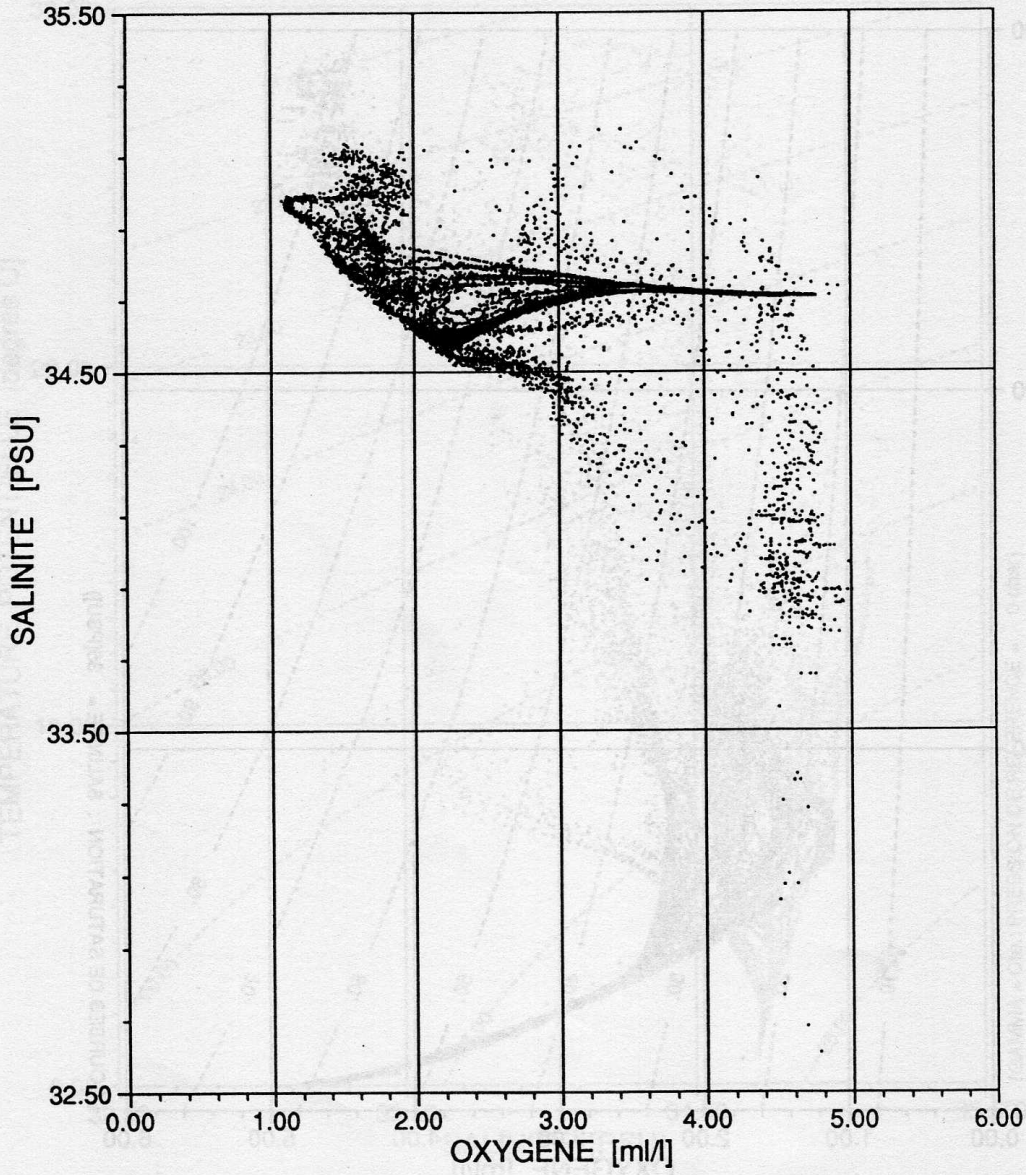
DIAGRAMME THETA/O2



JADE - MD62

STATIONS PROFONDES 2 A 67

DIAGRAMME S / O2



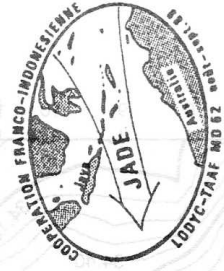
JADE - MD62

STATIONS PROFONDES 2 A 67

OUT - SEPT 89

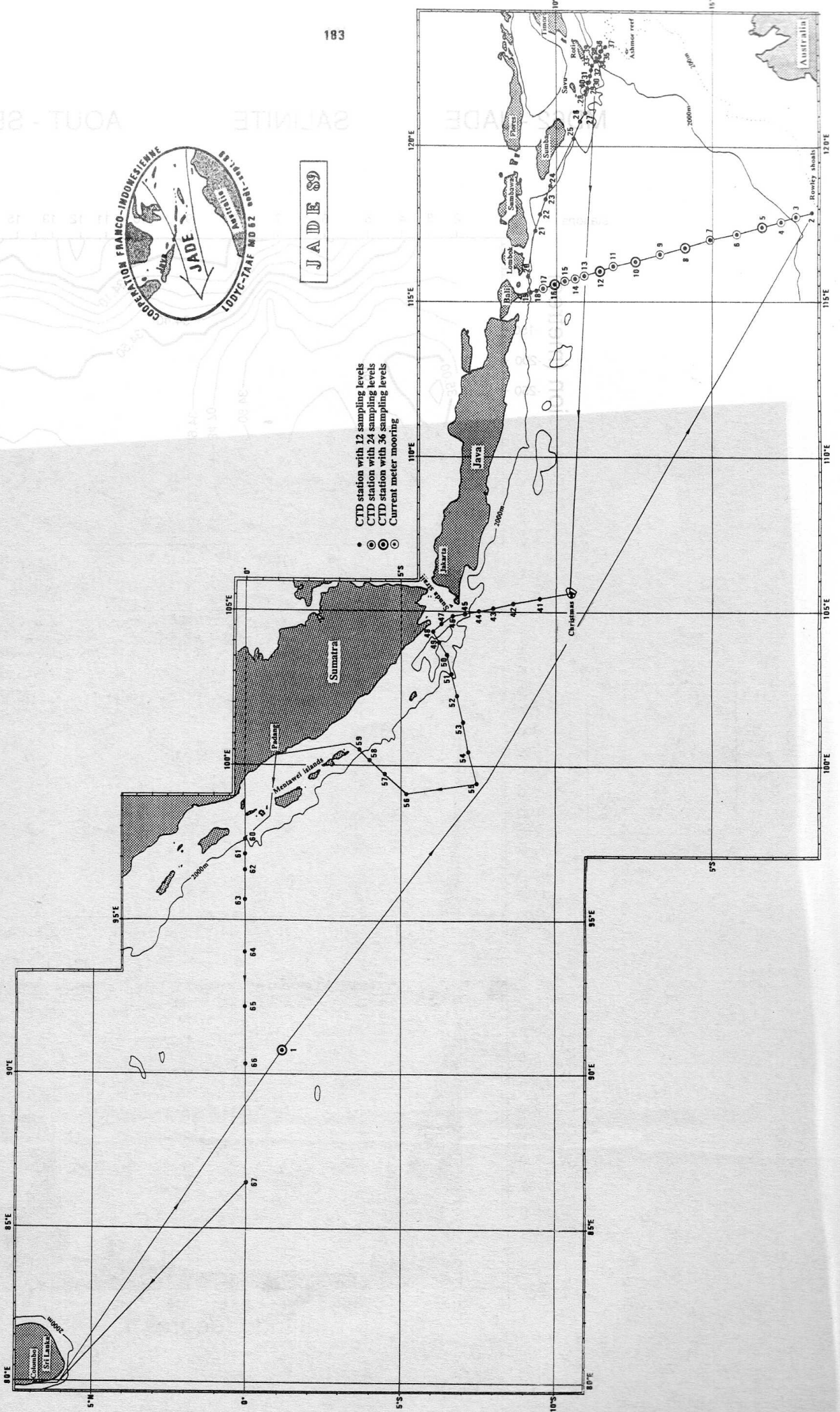
SALINITE

JADE



J A D I E 89

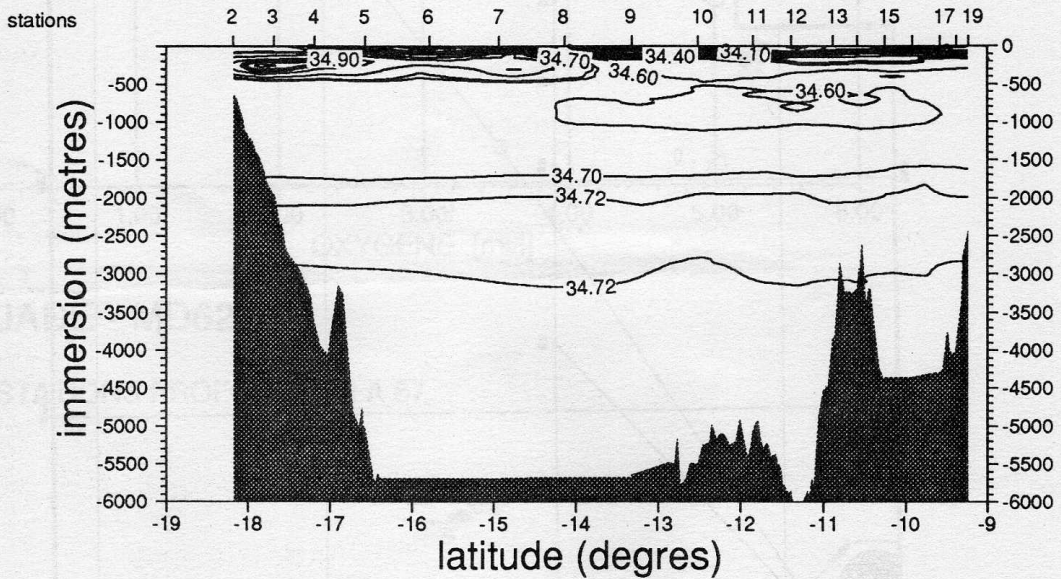
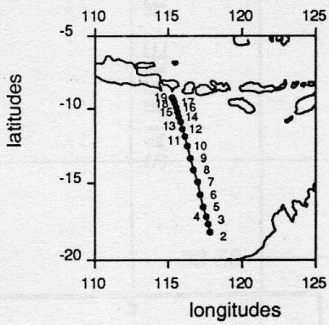
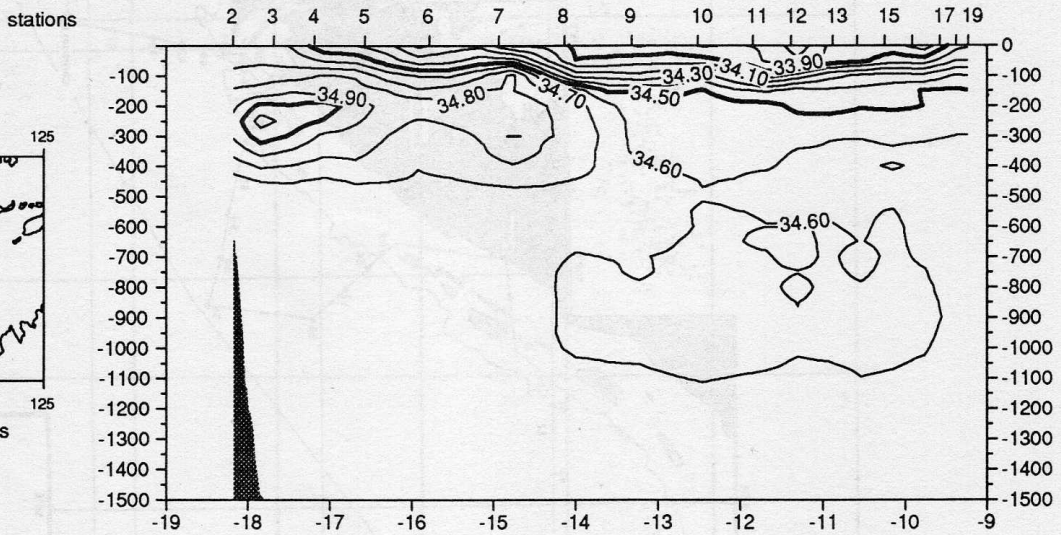
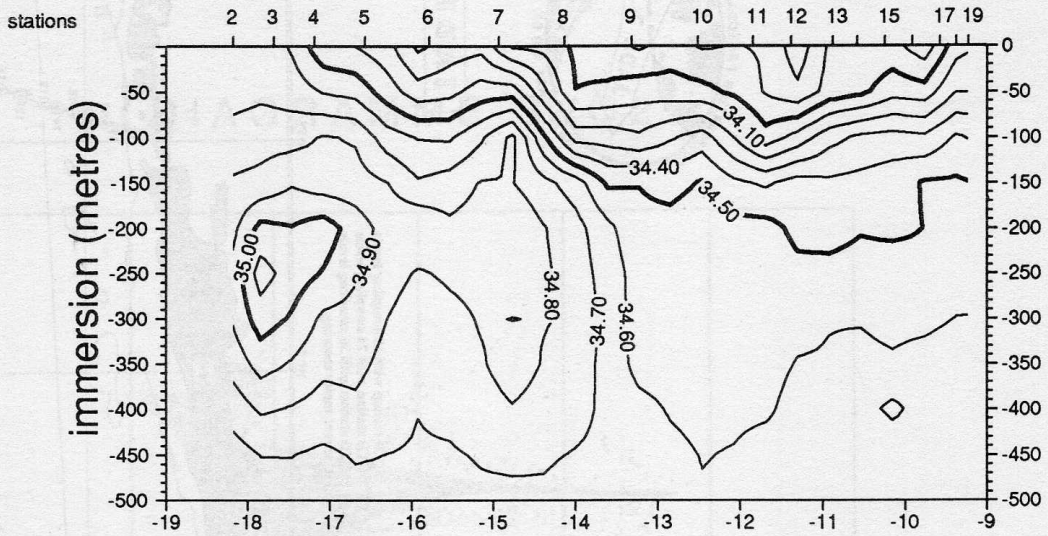
- CTD station with 12 sampling levels
- CTD station with 24 sampling levels
- ⊙ CTD station with 36 sampling levels
- ⊕ Current meter mooring



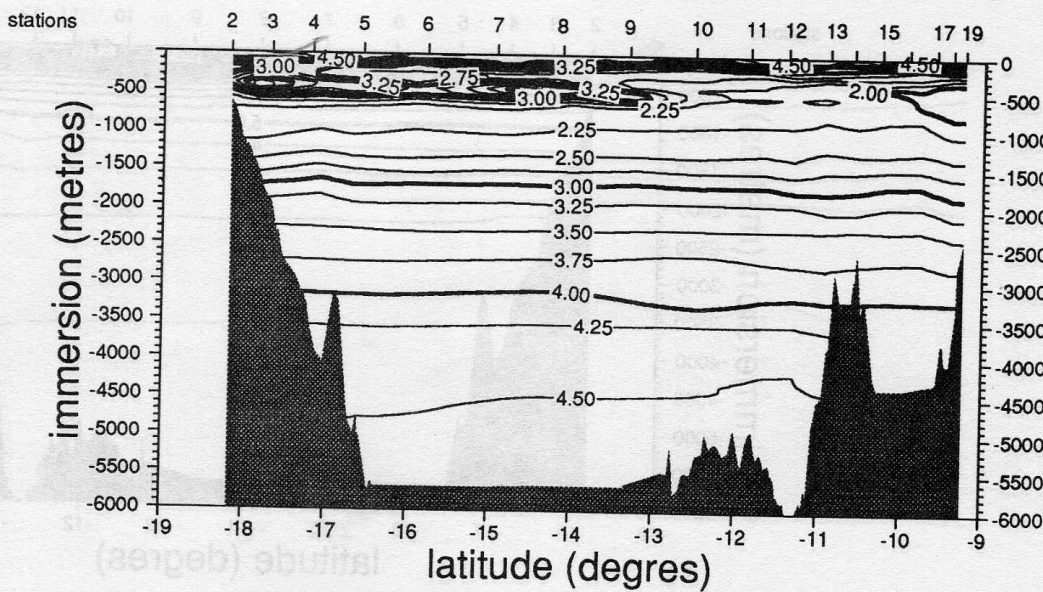
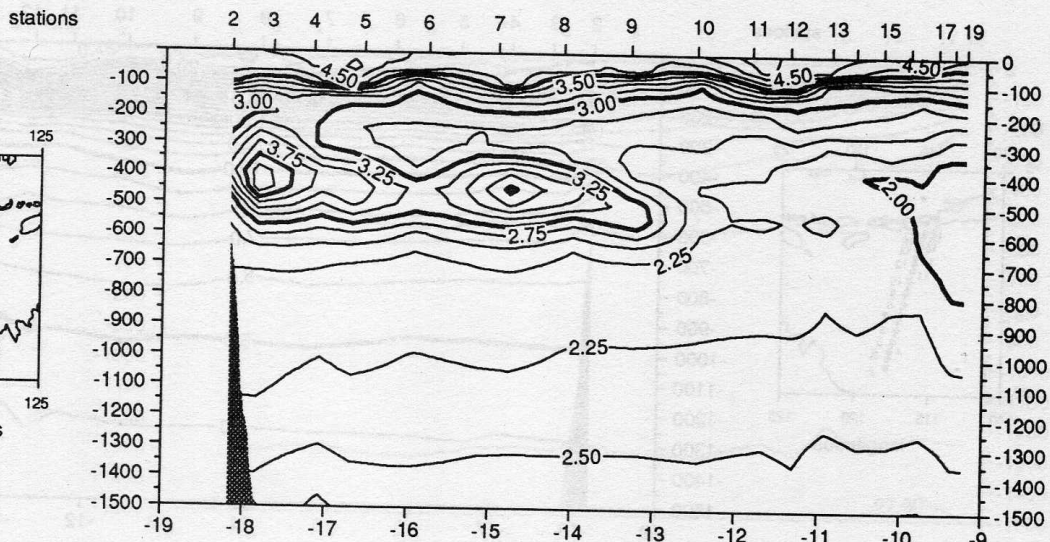
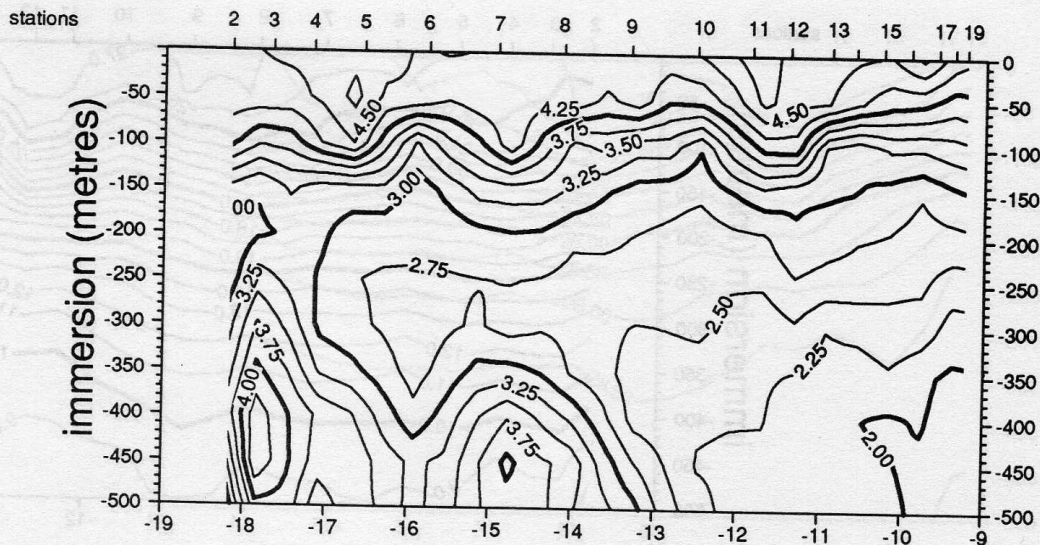
MD62 - JADE

SALINITY

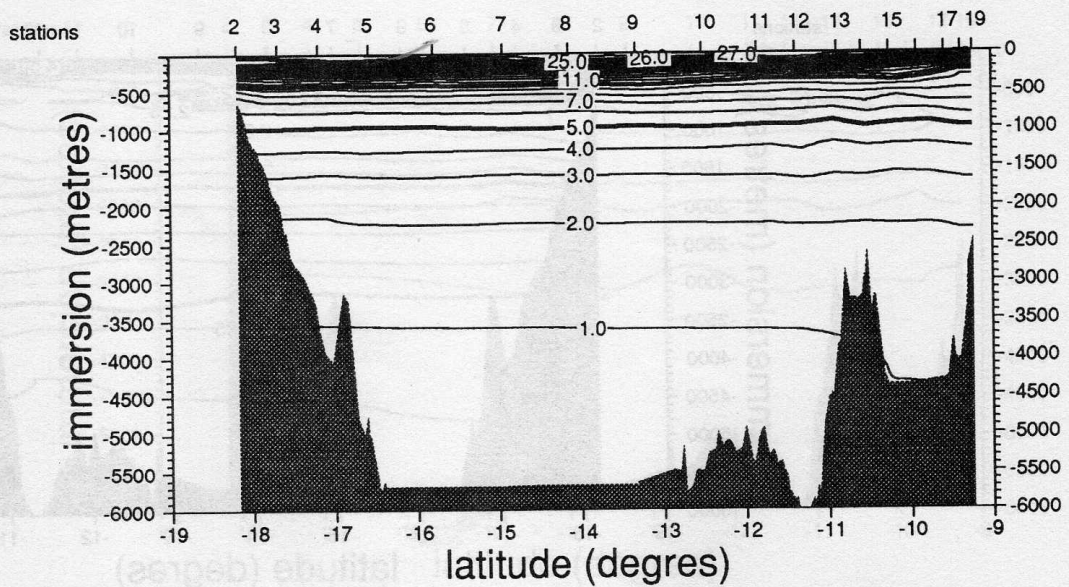
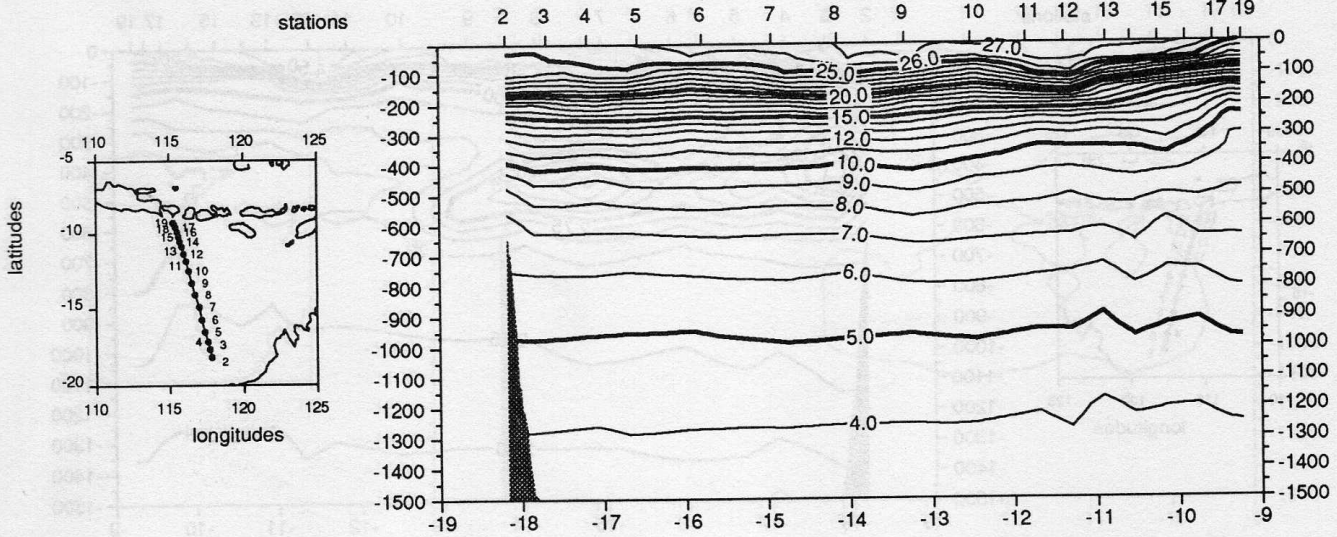
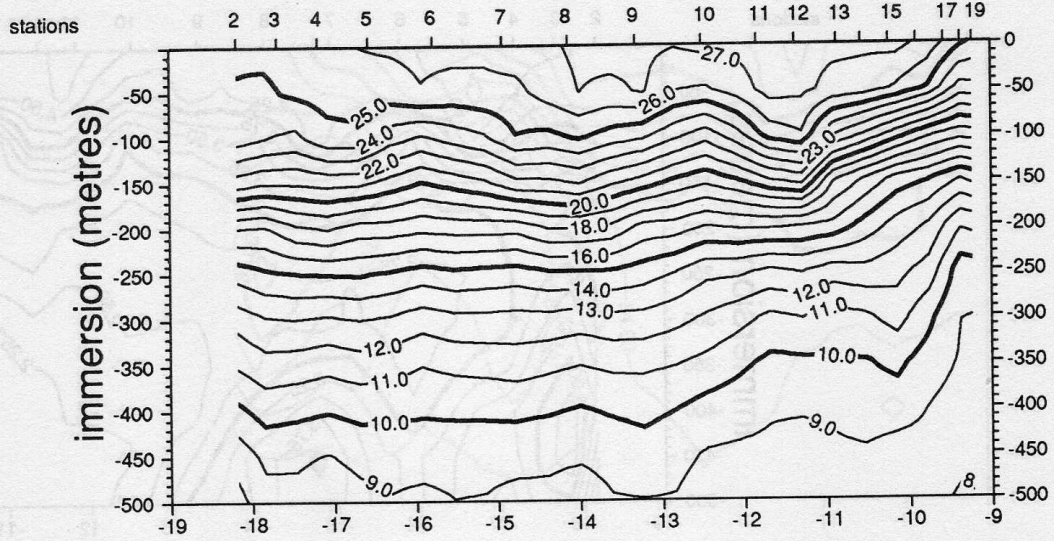
AOUT - SEPT 89



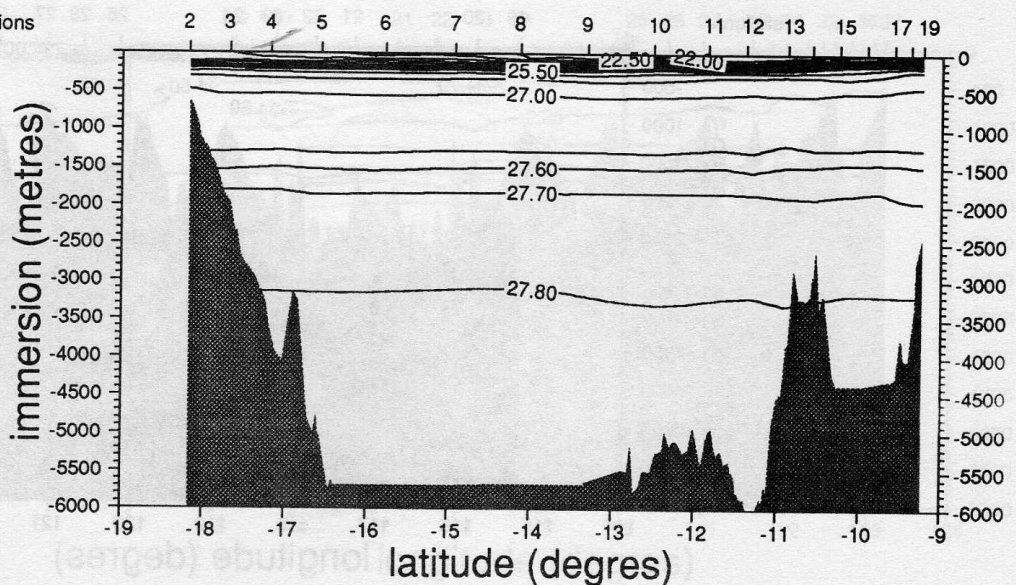
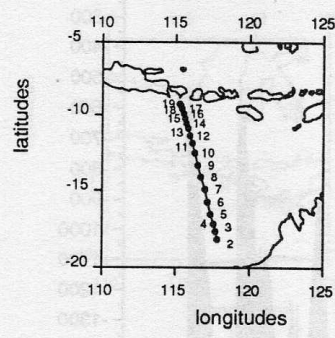
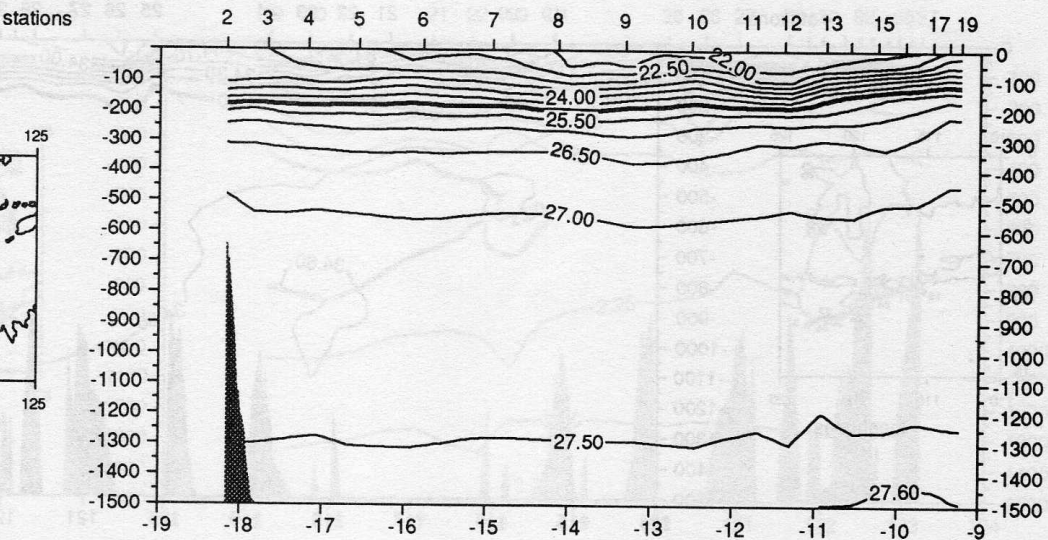
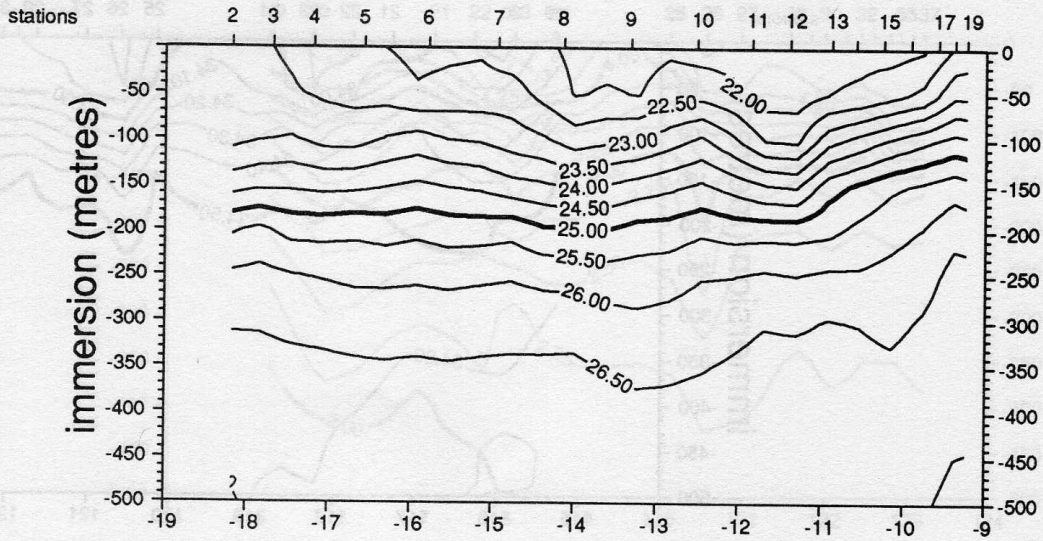
MD62 - JADE OXYGENE AOUT - SEPT 89



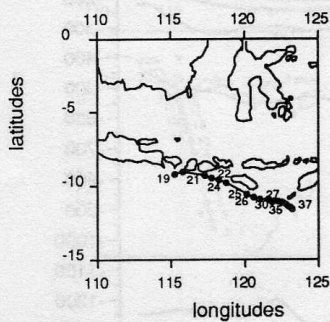
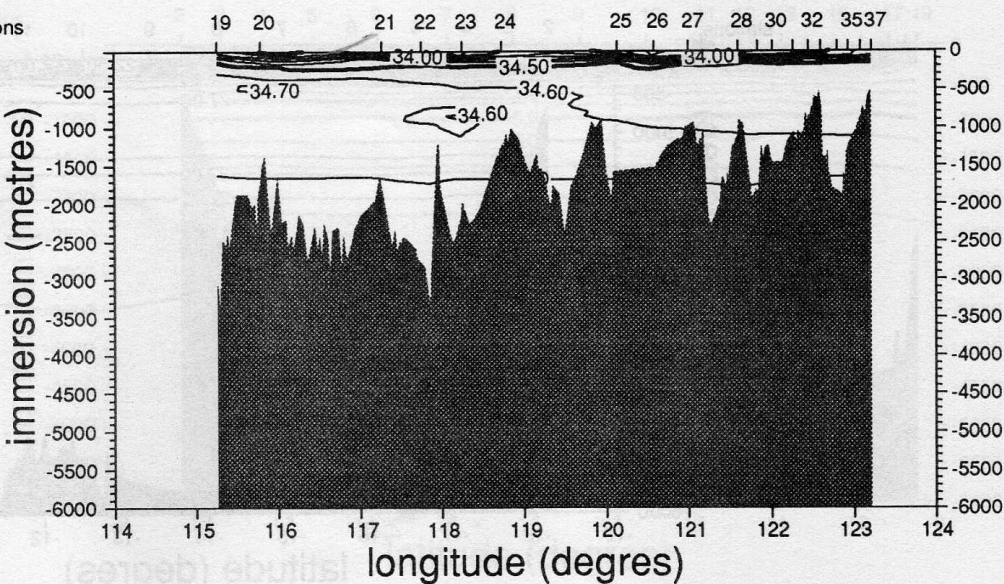
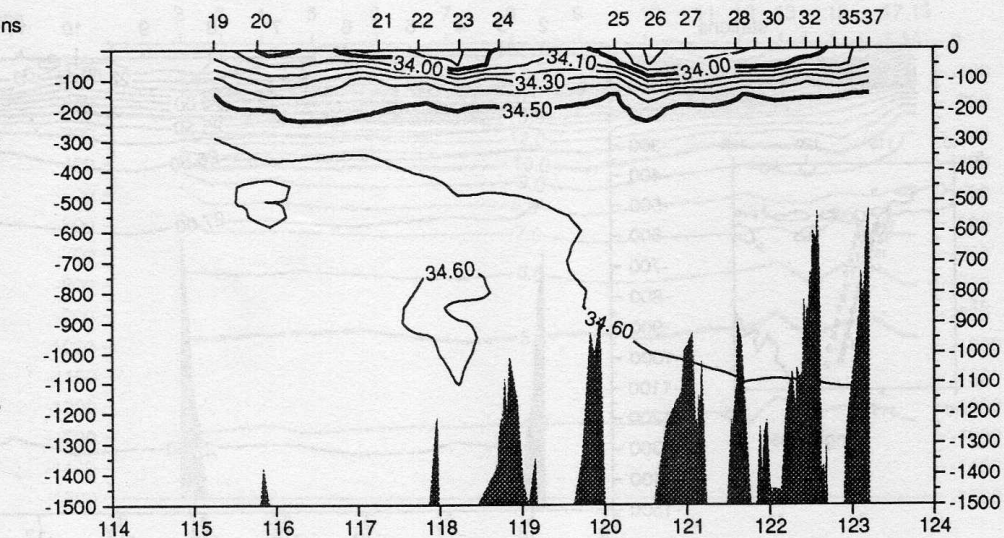
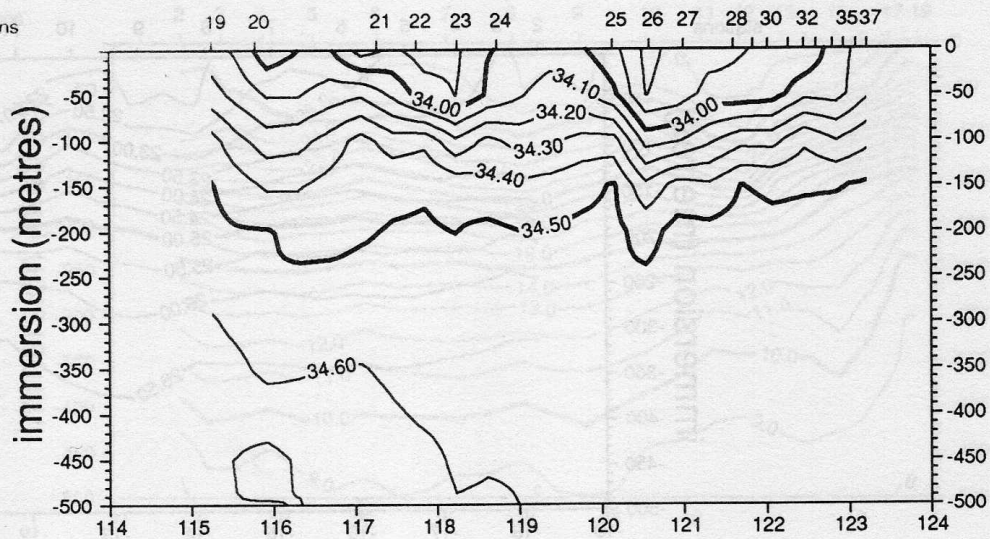
MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89



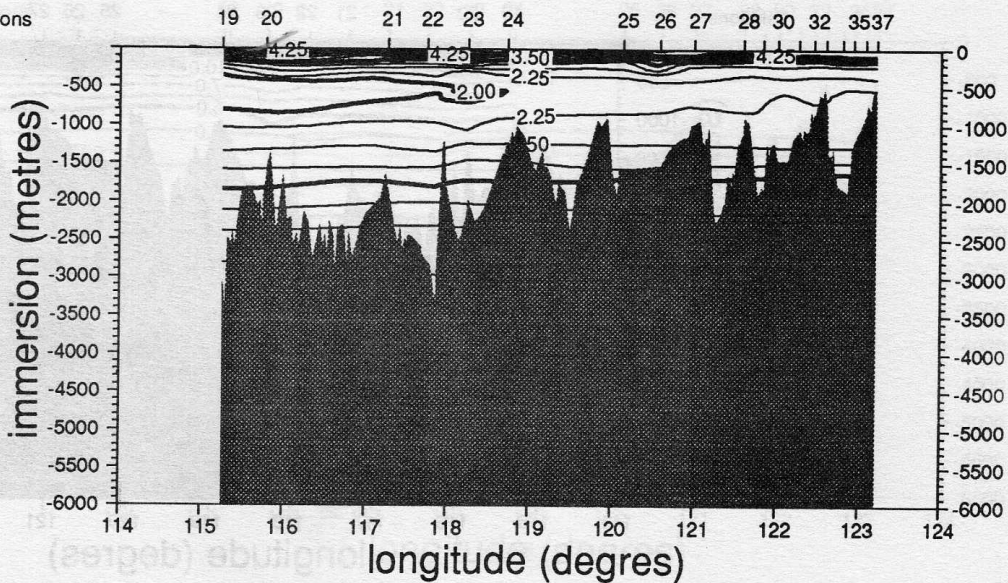
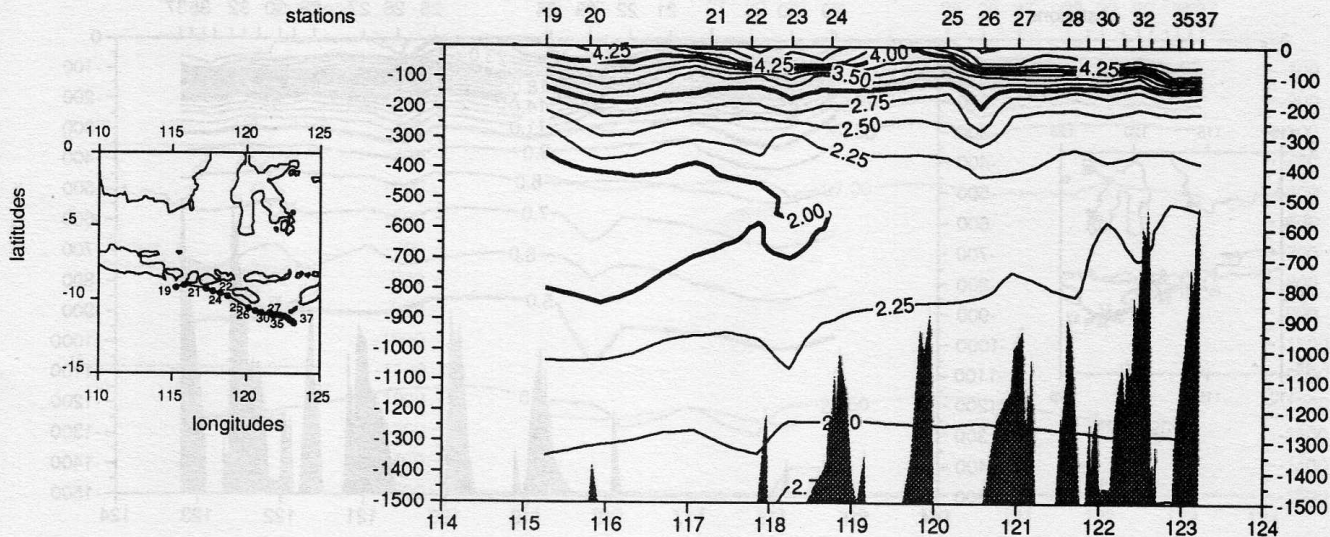
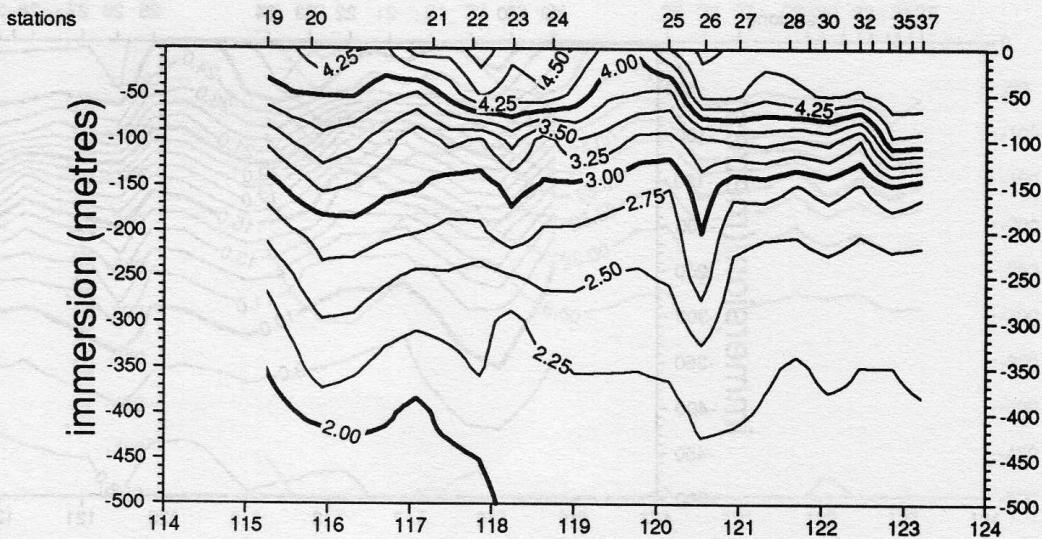
MD62 - JADE SIGMA-THETA AOUT - SEPT 89



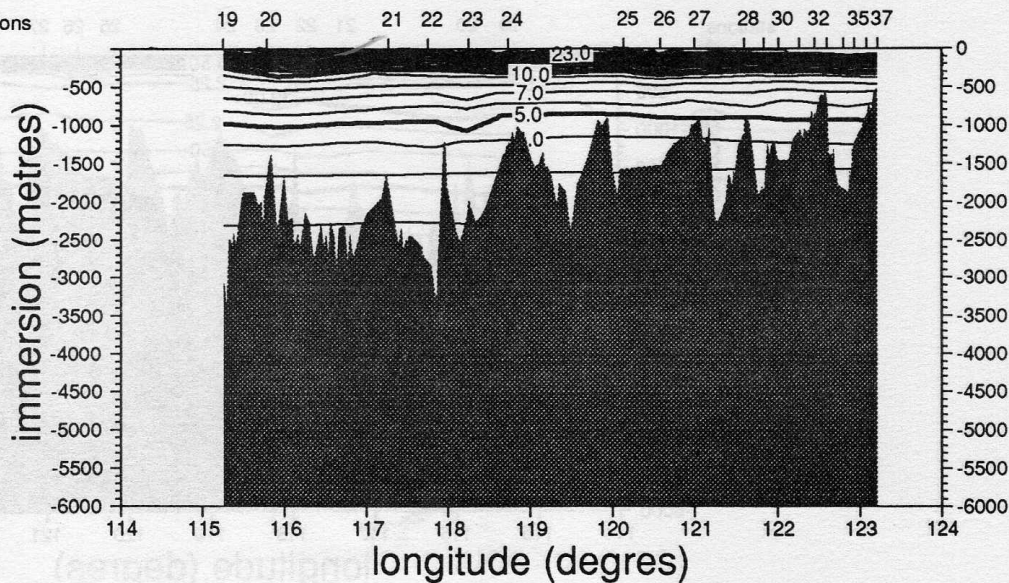
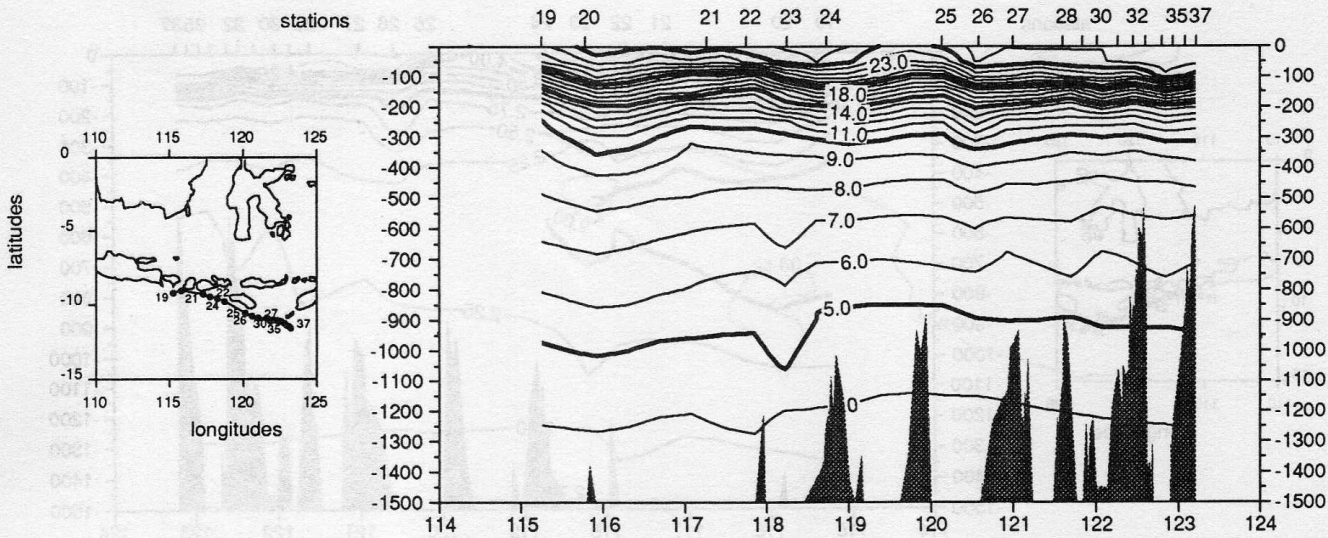
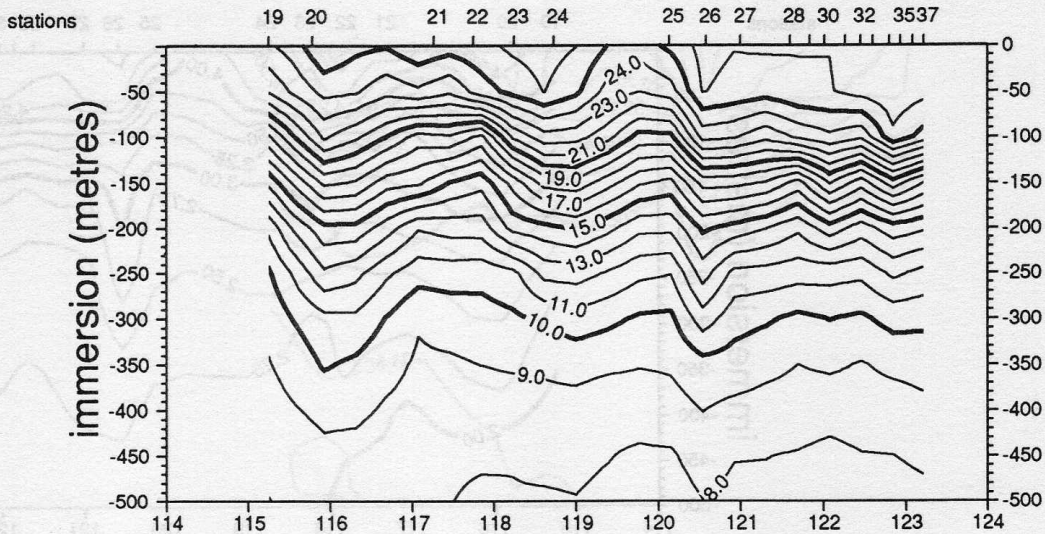
MD62 - JADE SALINITY AOUT - SEPT 89



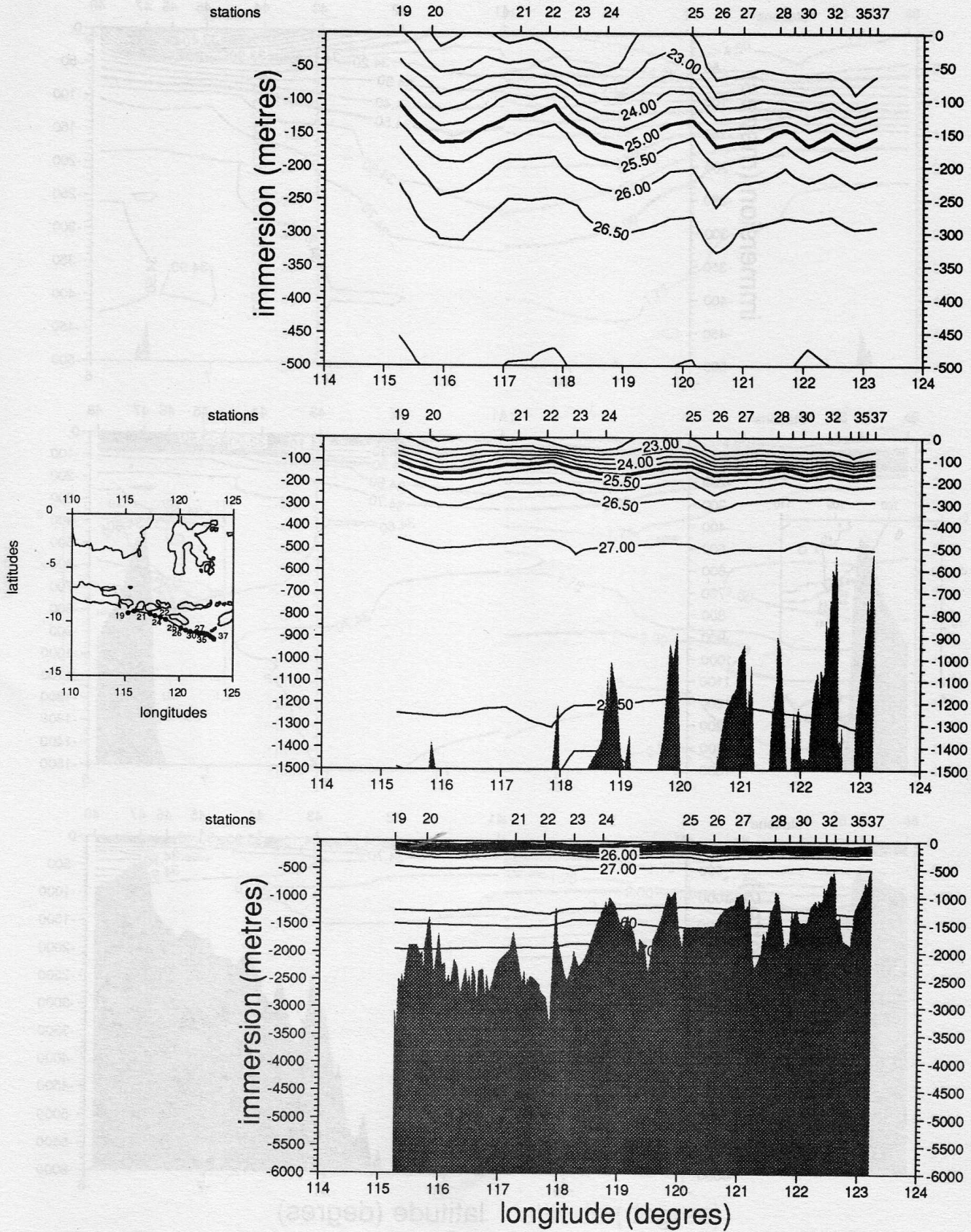
MD62 - JADE OXYGEN AOUT - SEPT 89



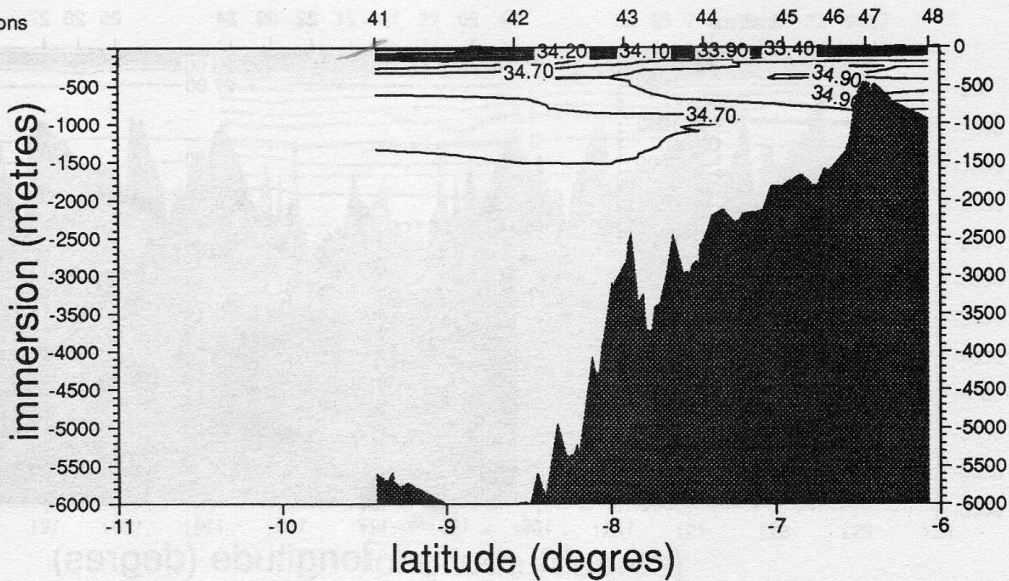
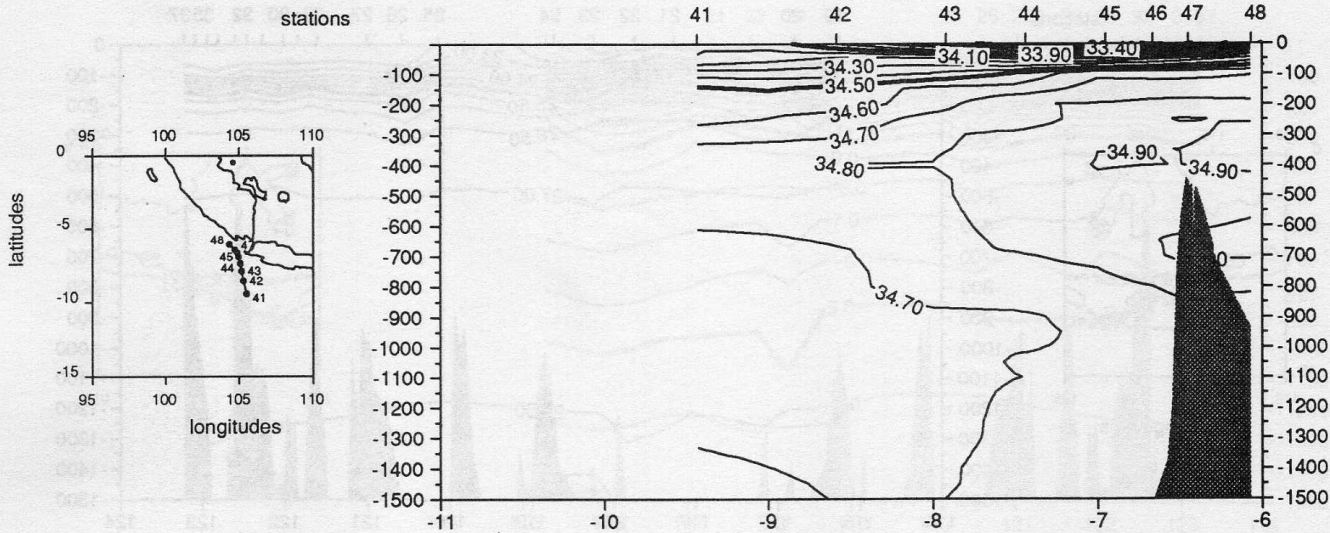
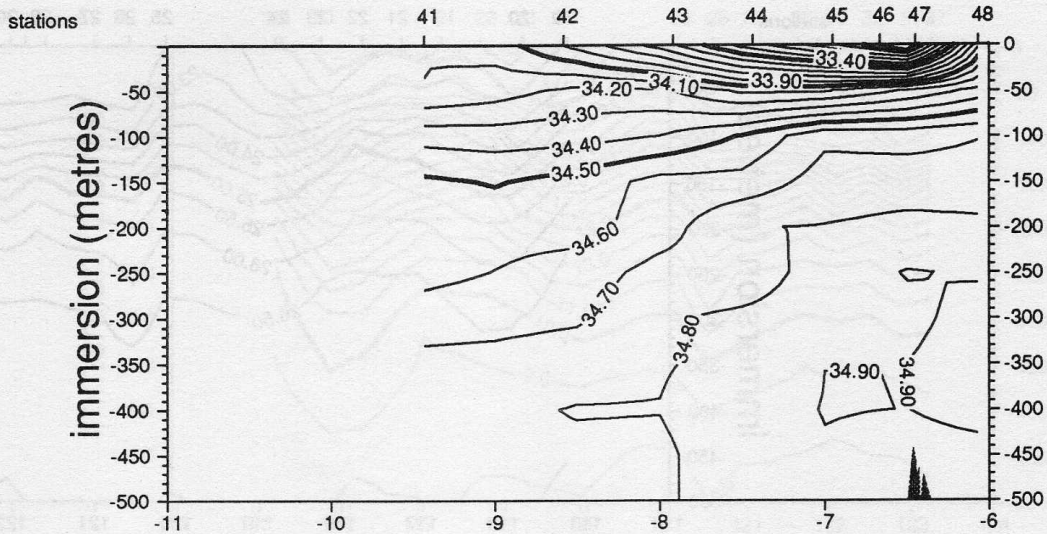
MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89



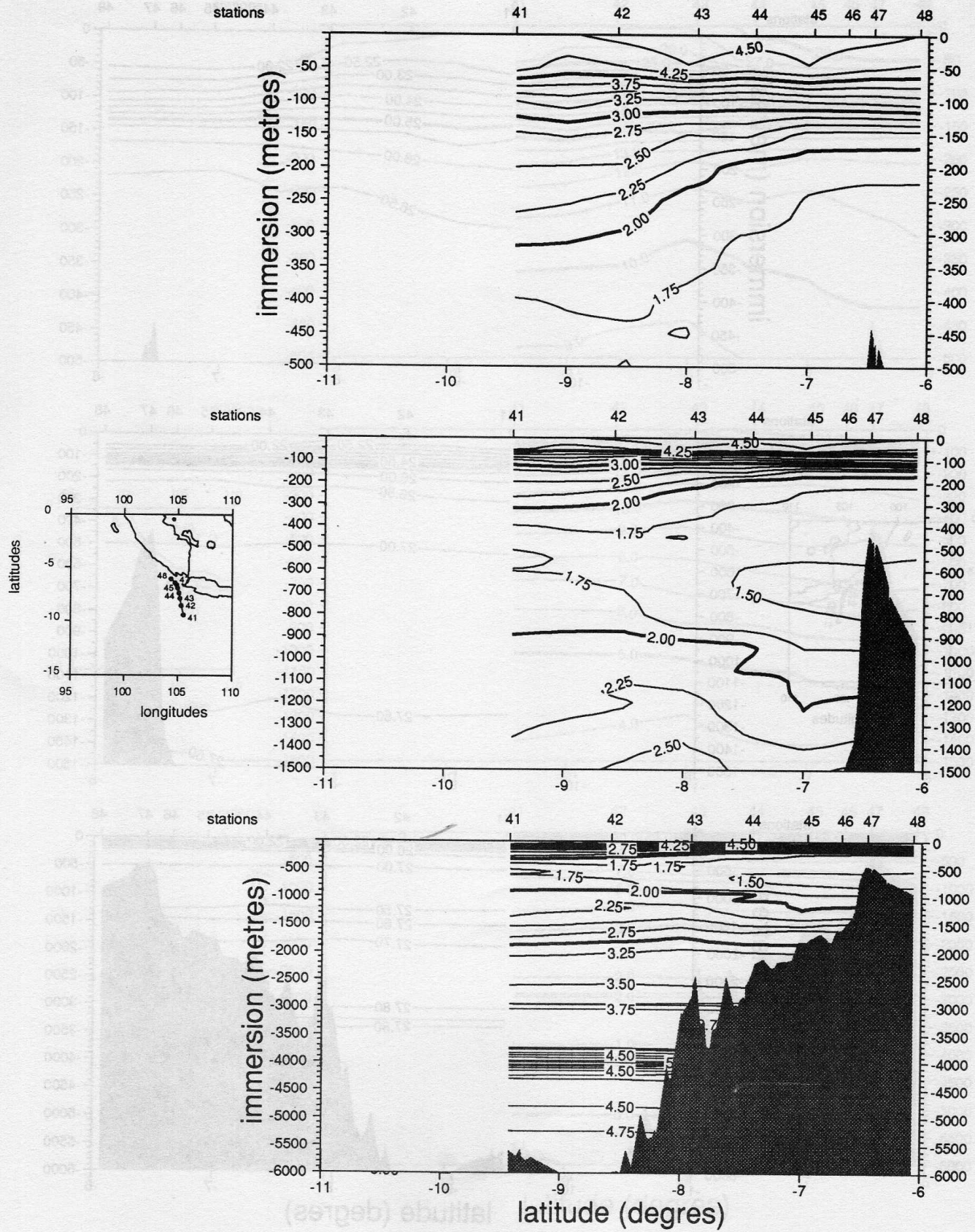
MD62 - JADE SIGMA-THETA AOUT - SEPT 89



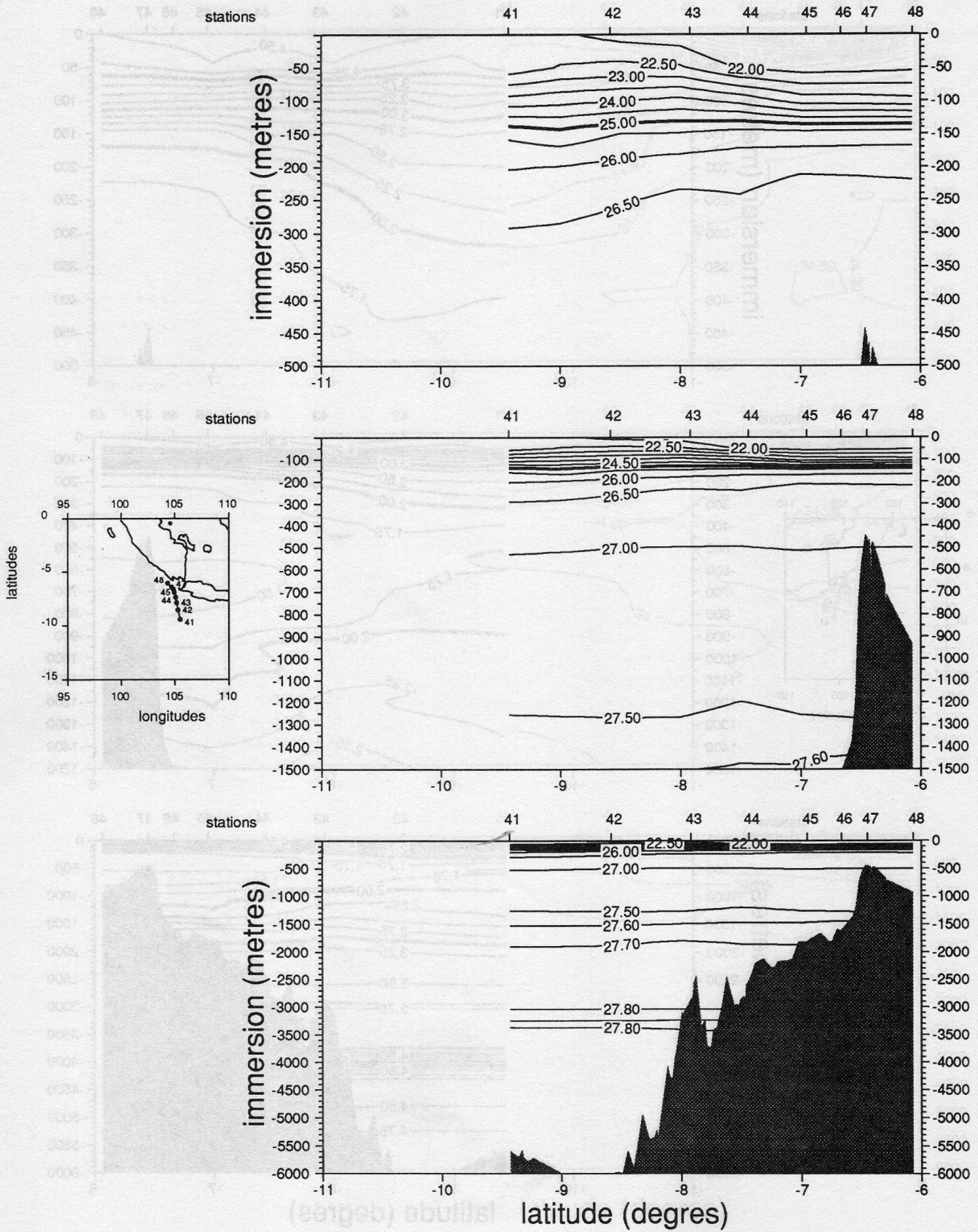
MD62 - JADE SALINITY AOUT - SEPT 89



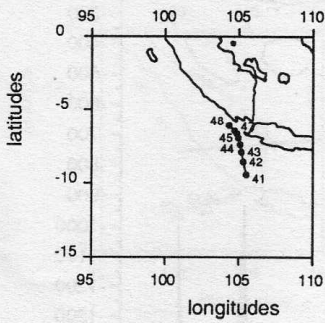
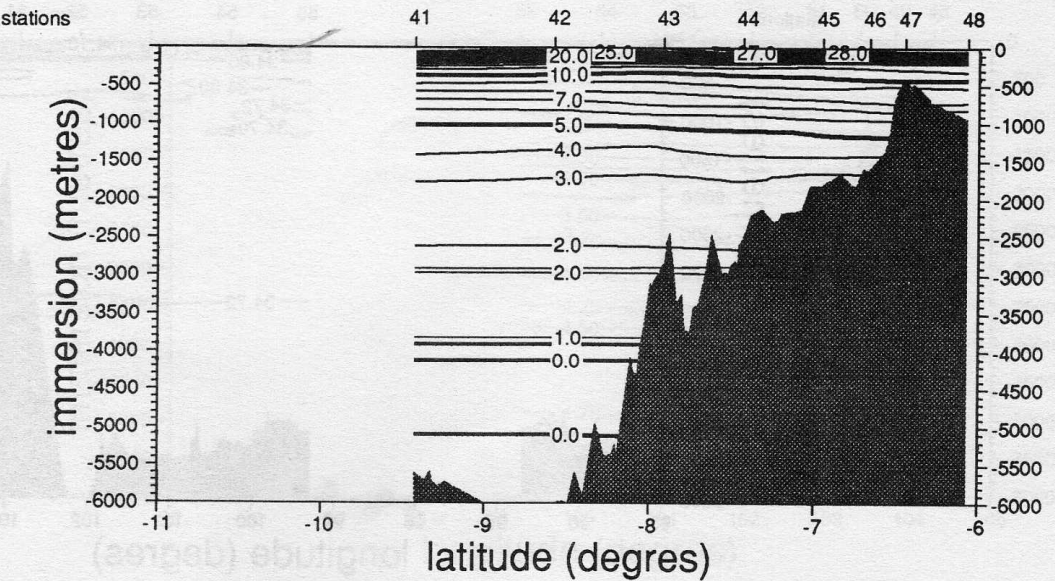
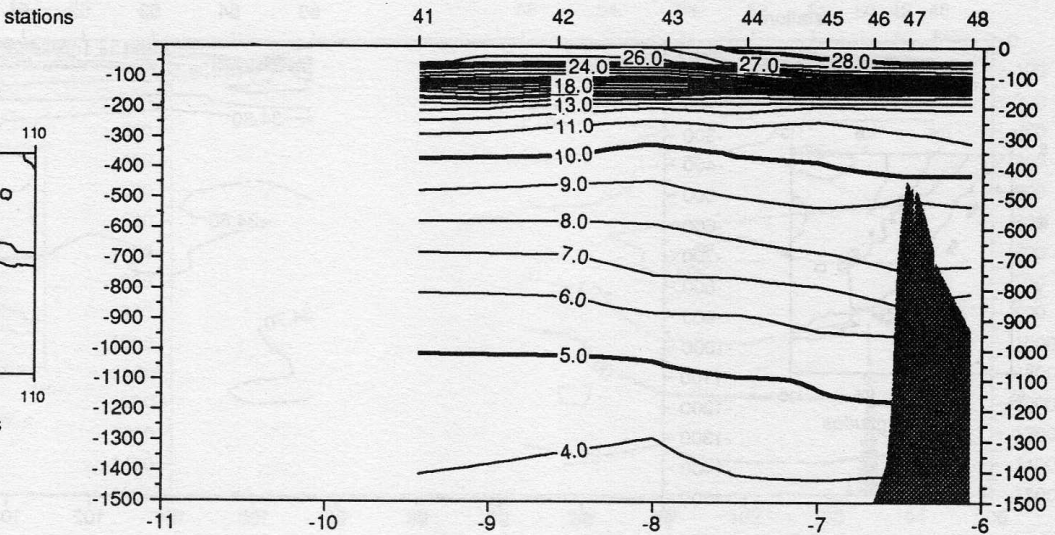
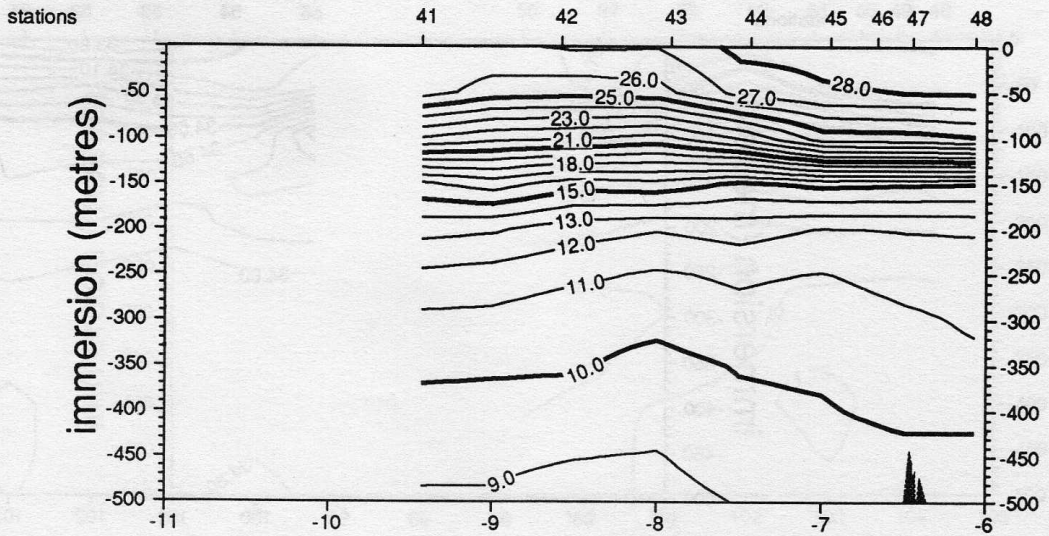
MD62 - JADE OXYGENE AOUT - SEPT 89



MD62 - JADE SIGMA-THETA AOUT - SEPT 89



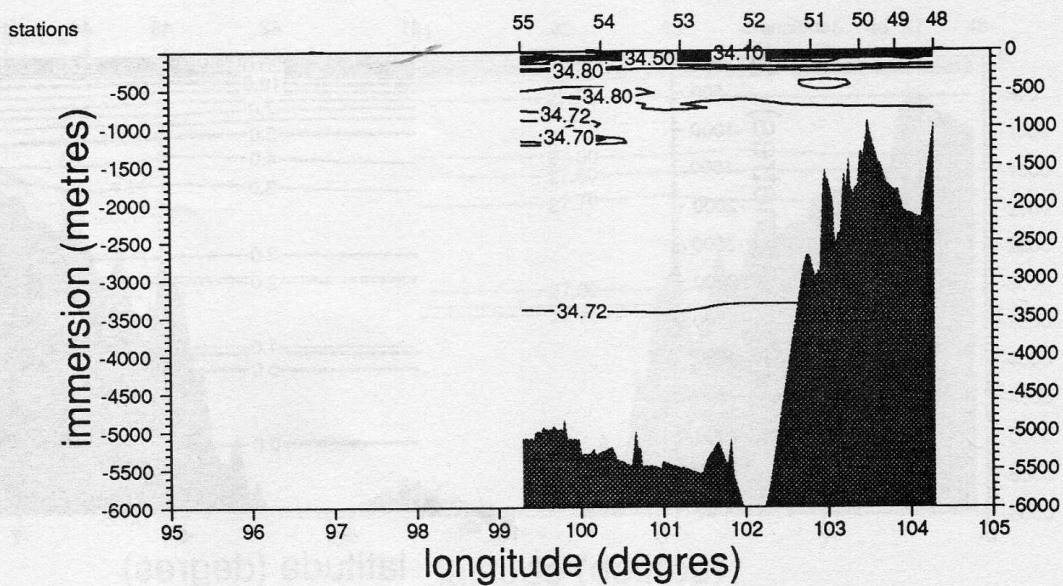
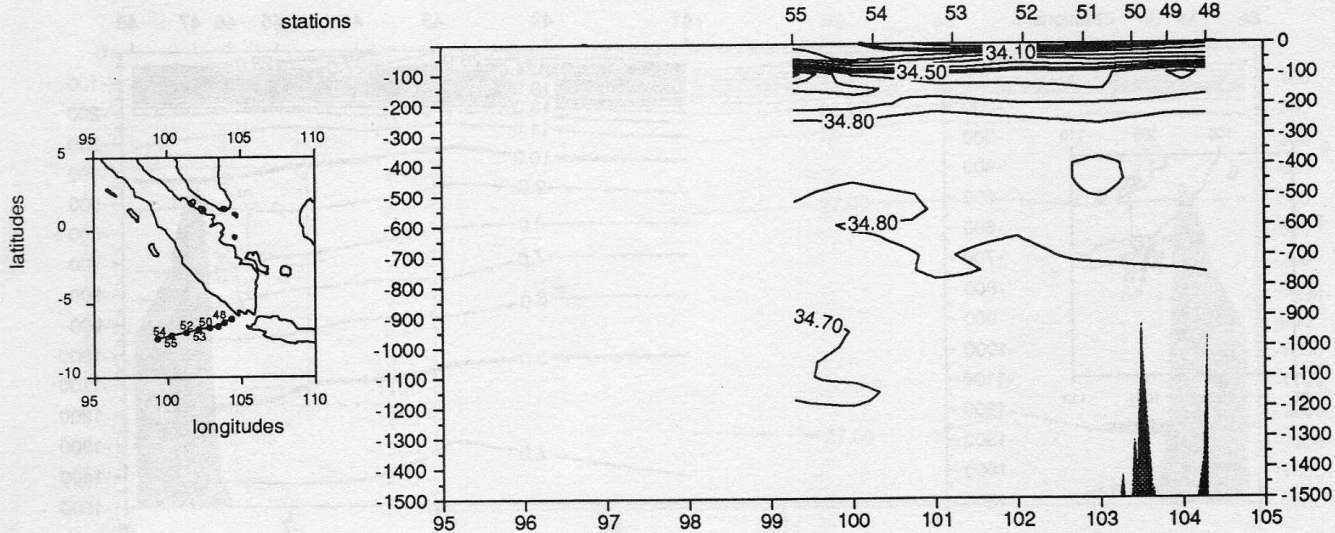
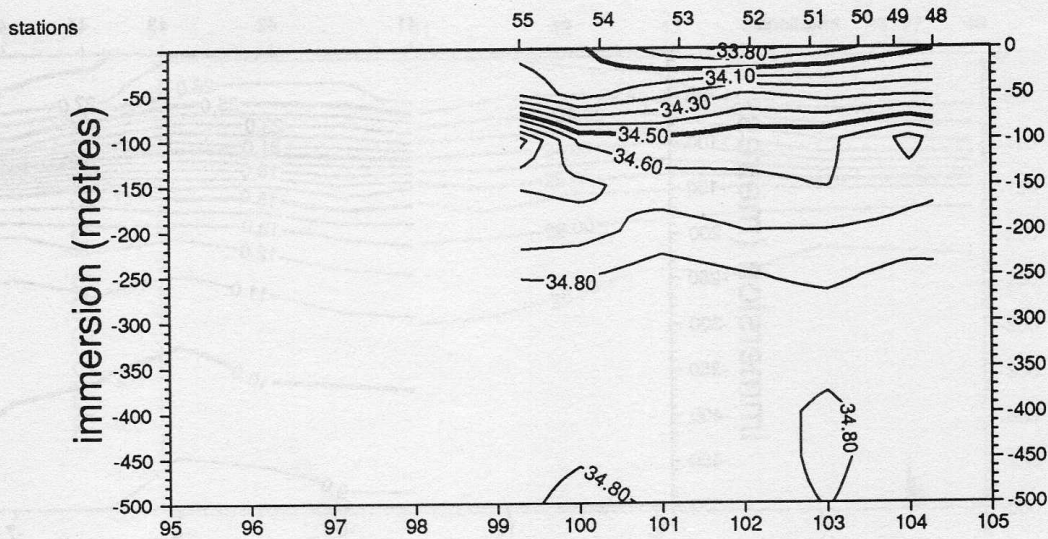
MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89



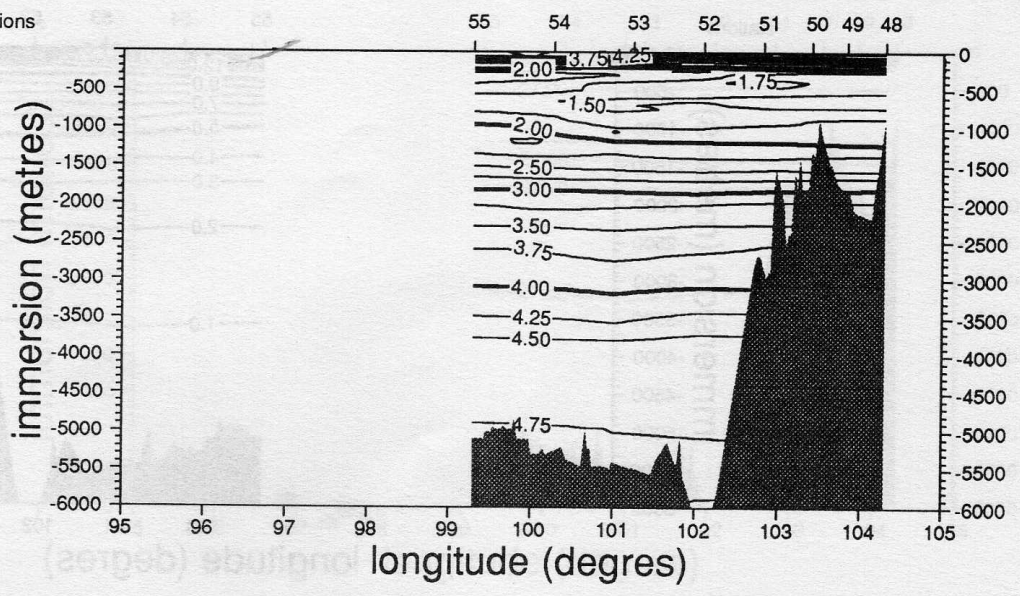
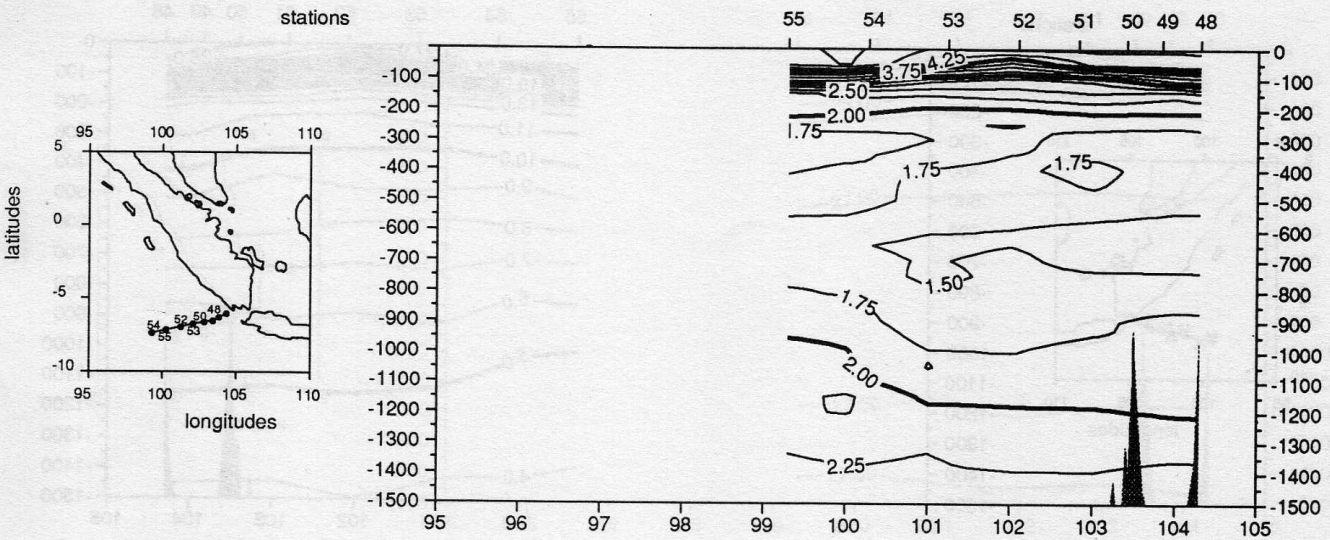
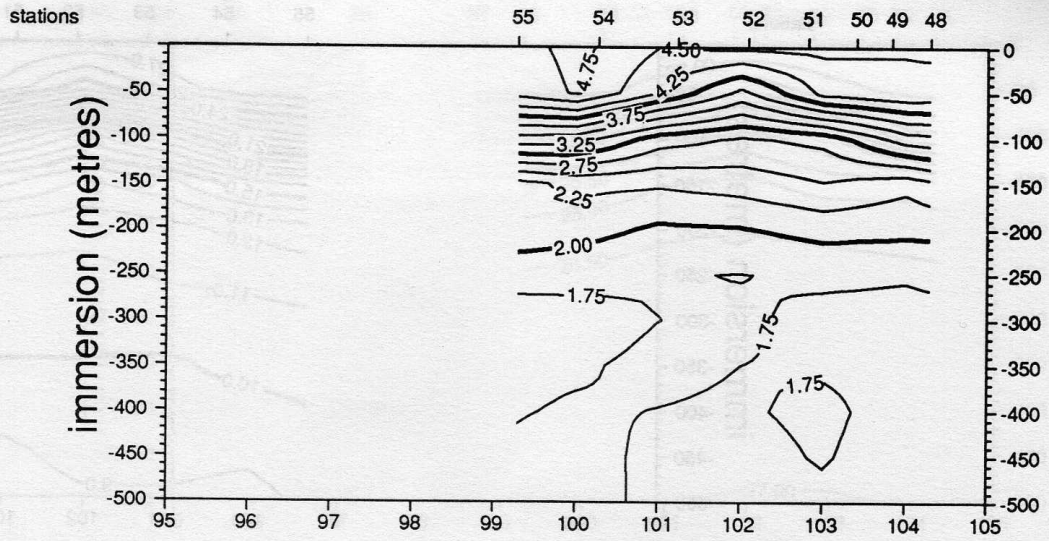
MD62 - JADE

SALINITY

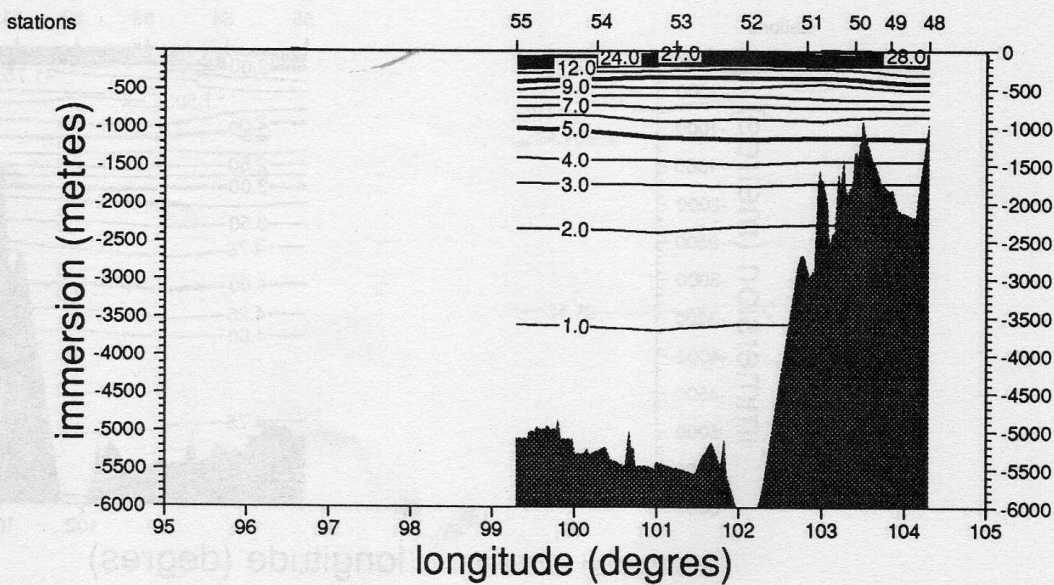
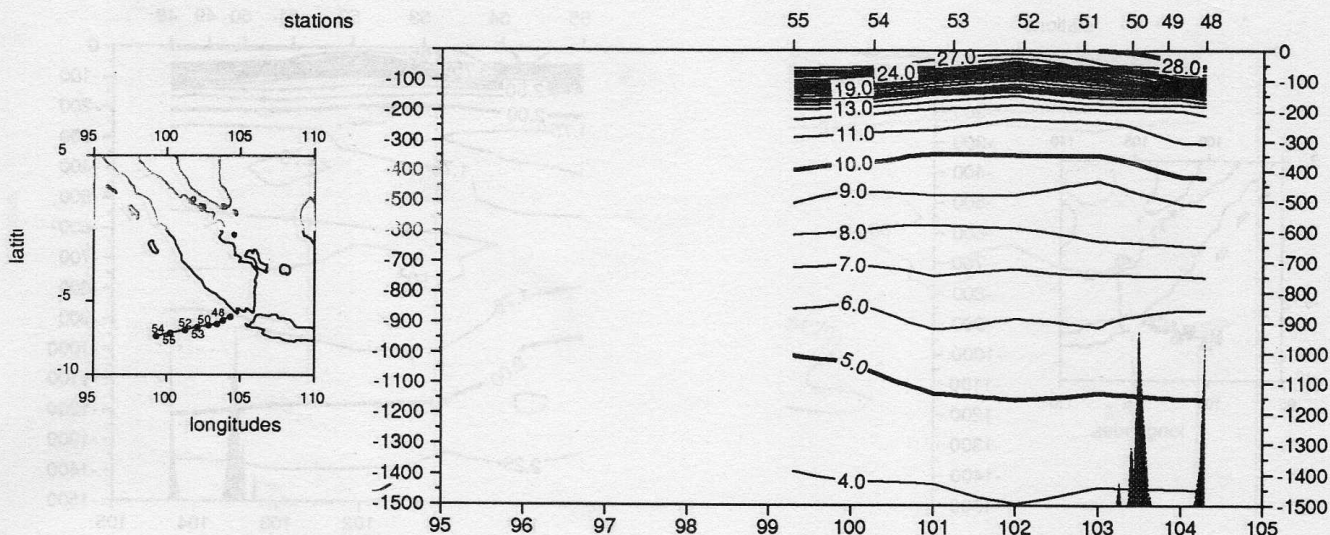
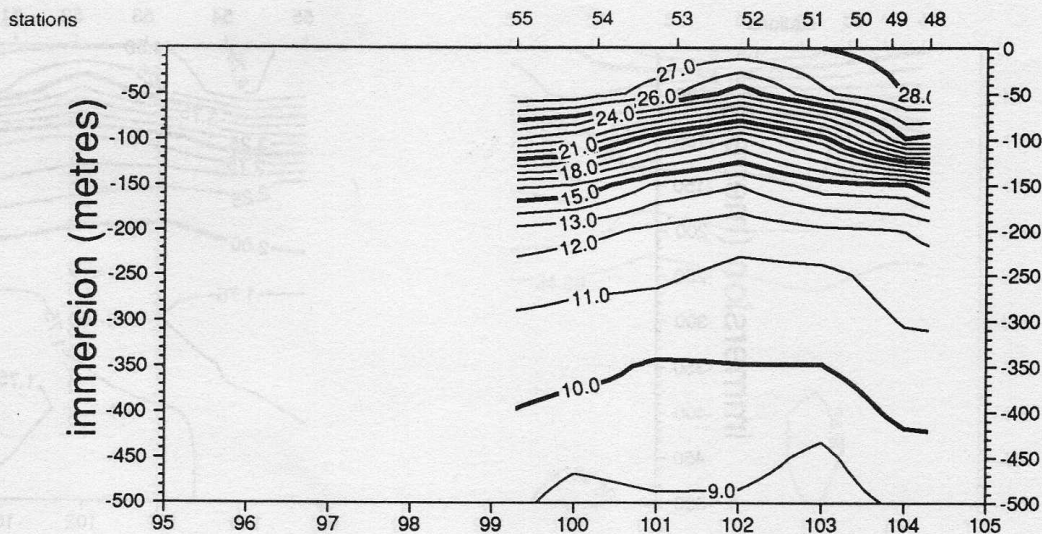
AOUT - SEPT 89



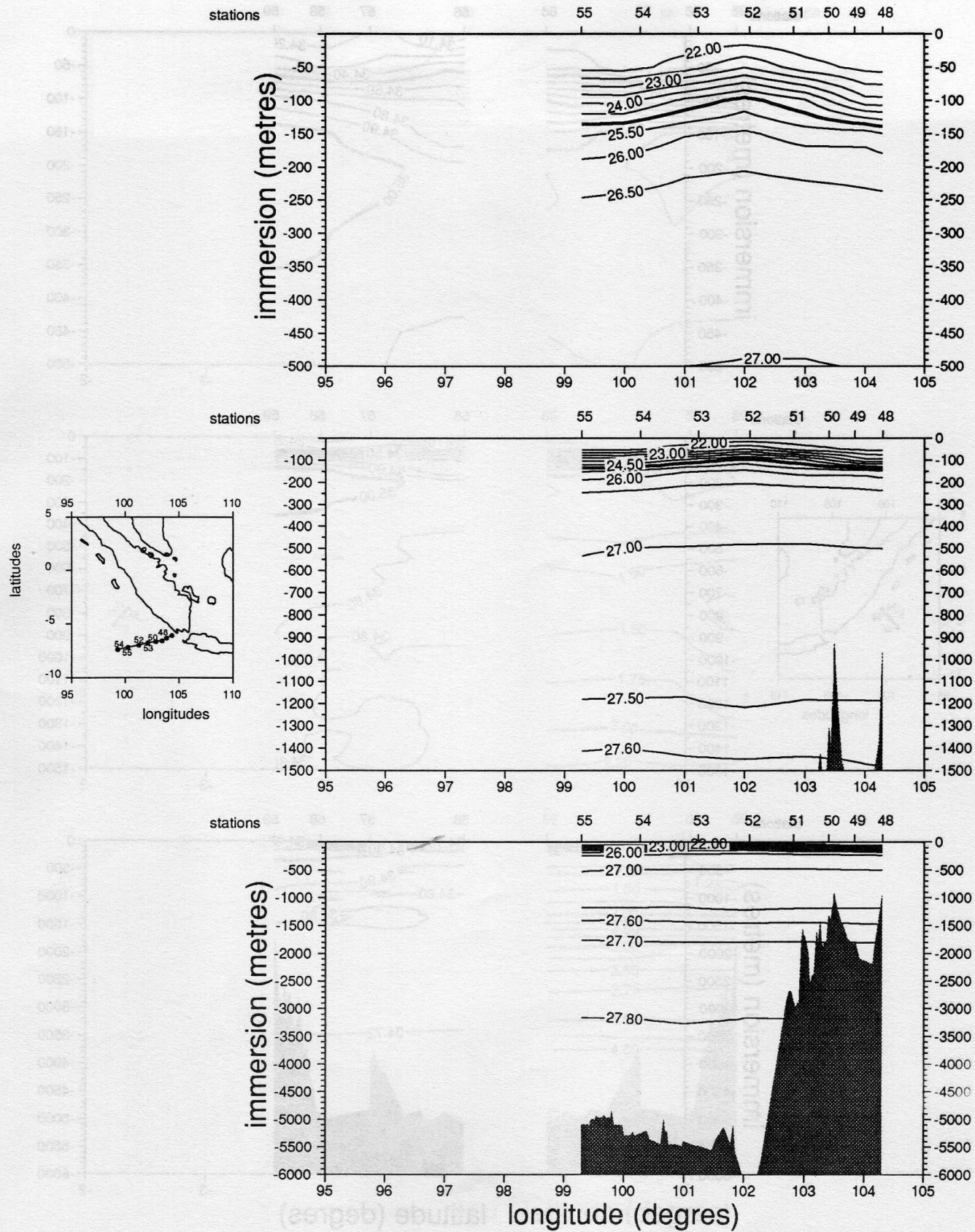
MD62 - JADE OXYGENE AOUT - SEPT 89

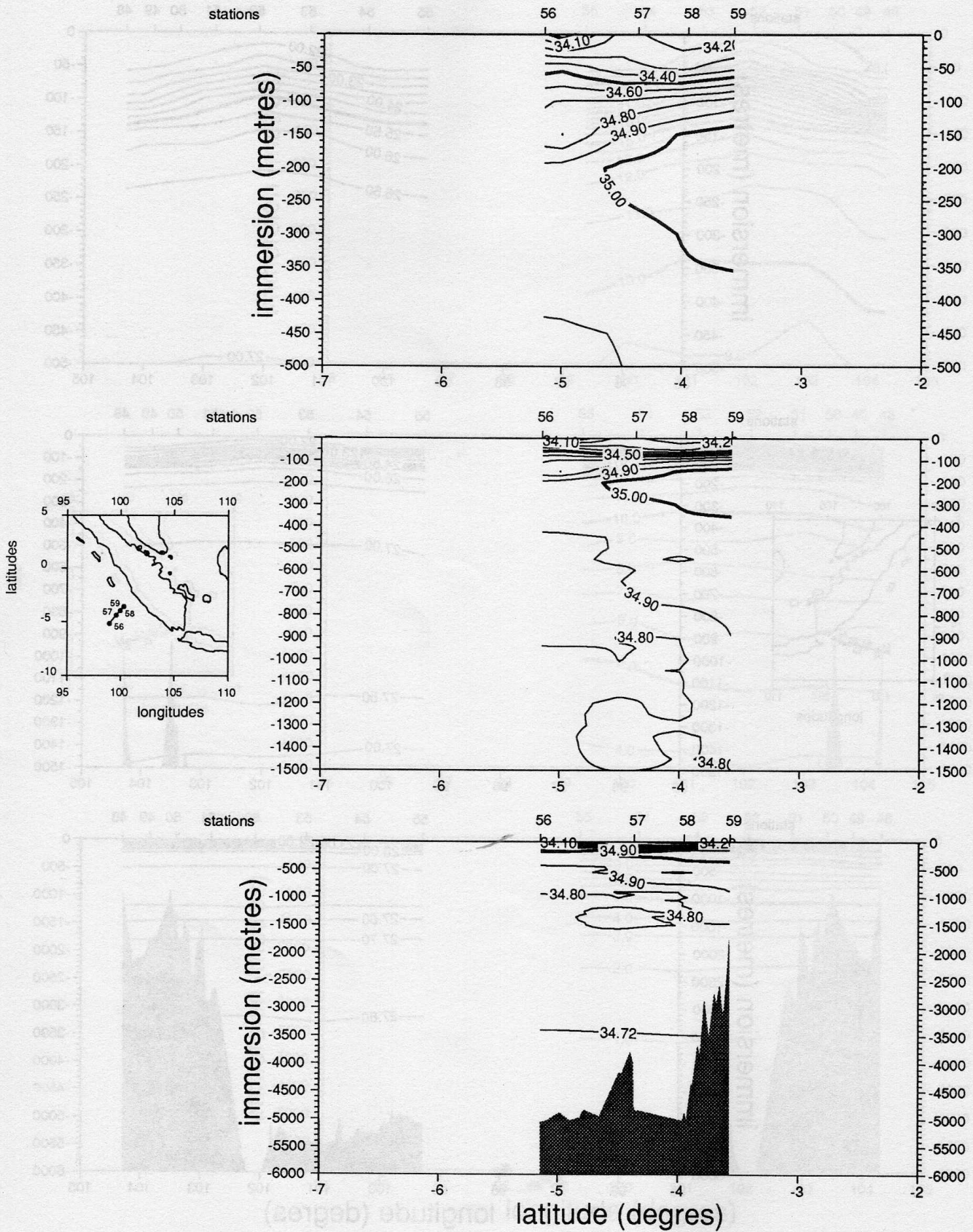


MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89

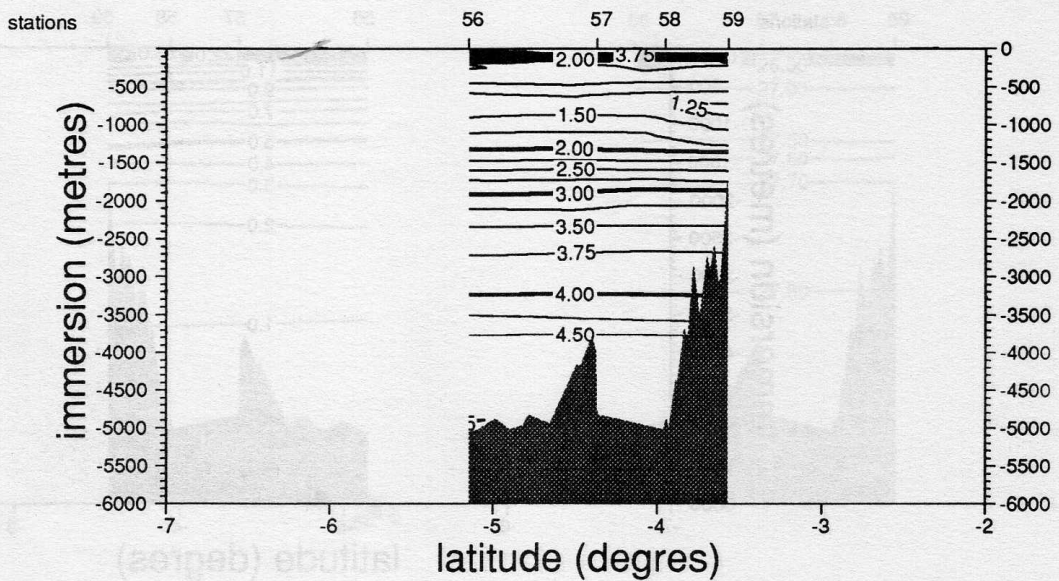
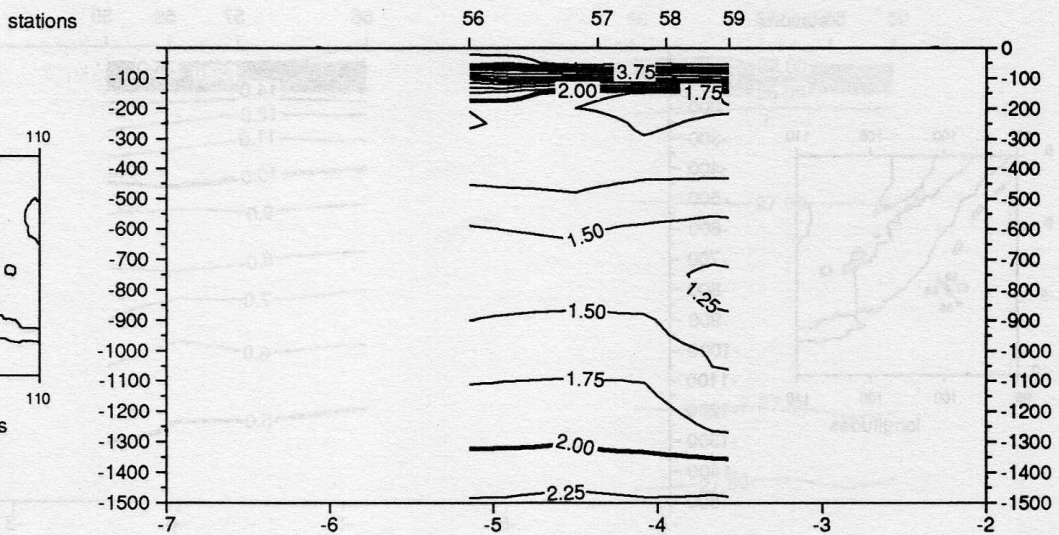
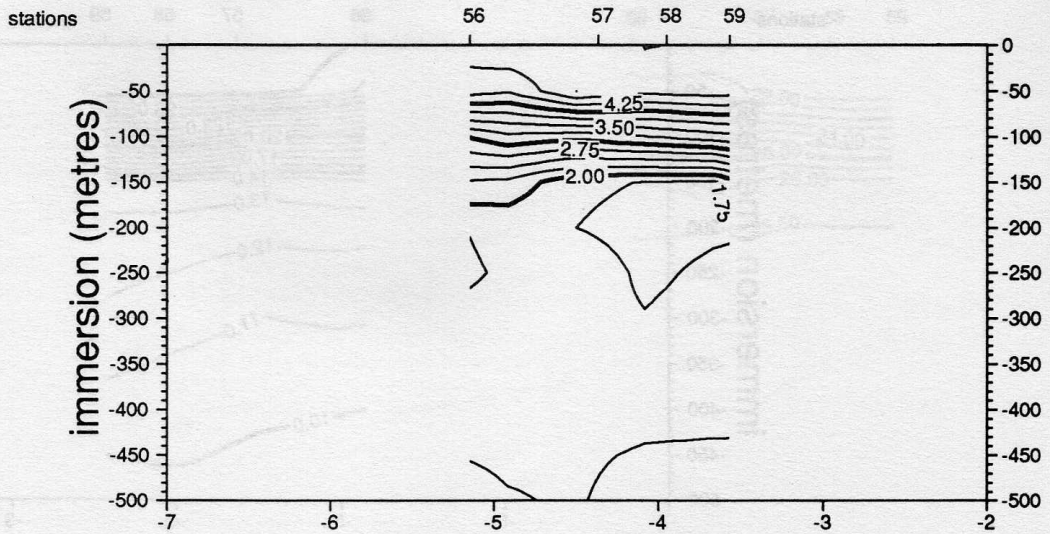


MD62 - JADE SIGMA-THETA AOUT - SEPT 89

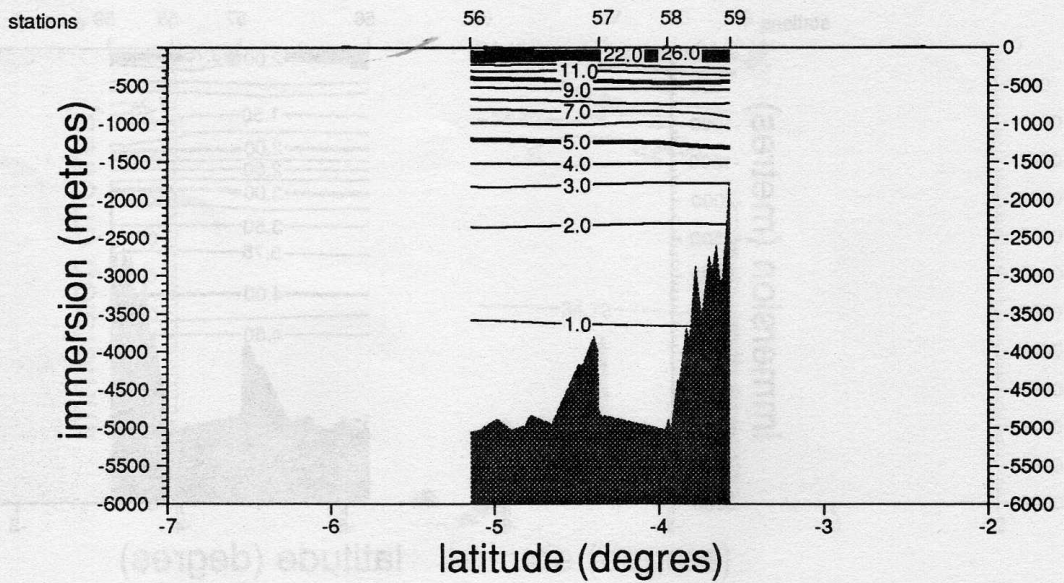
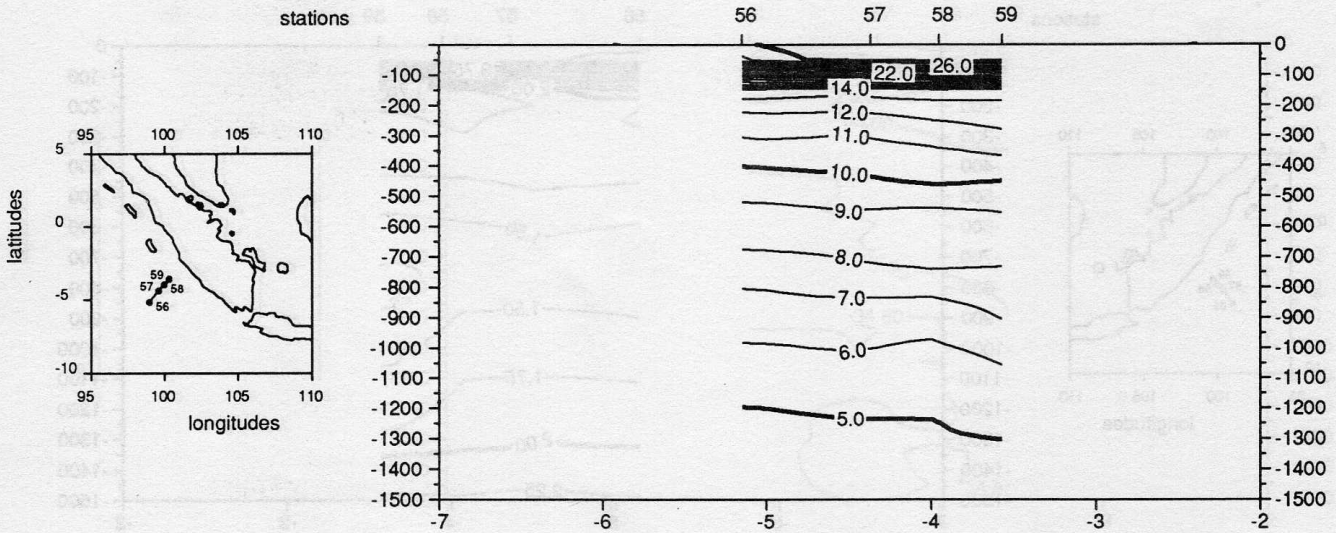
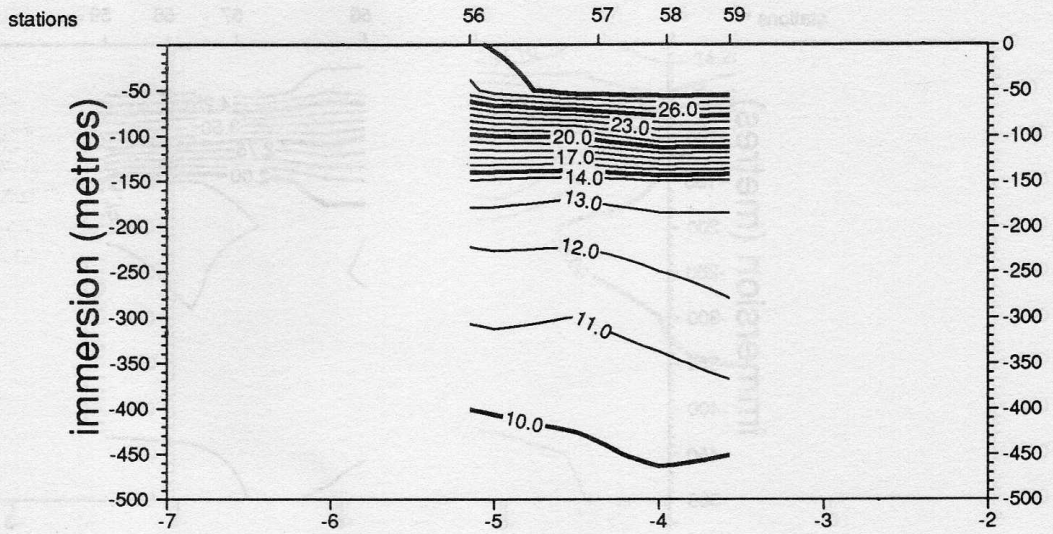




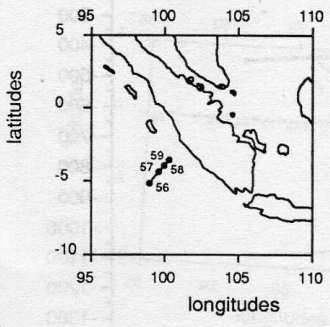
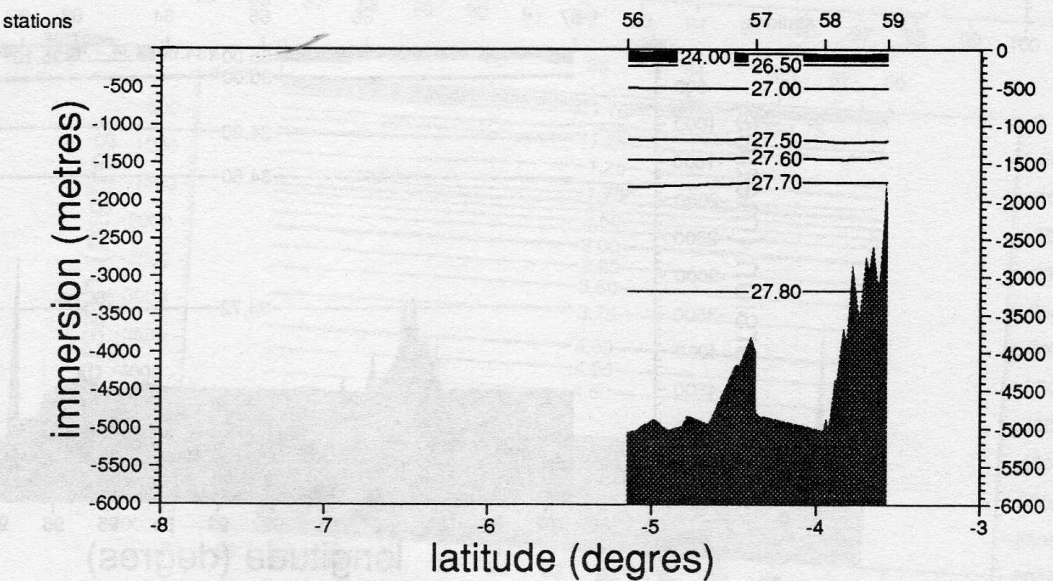
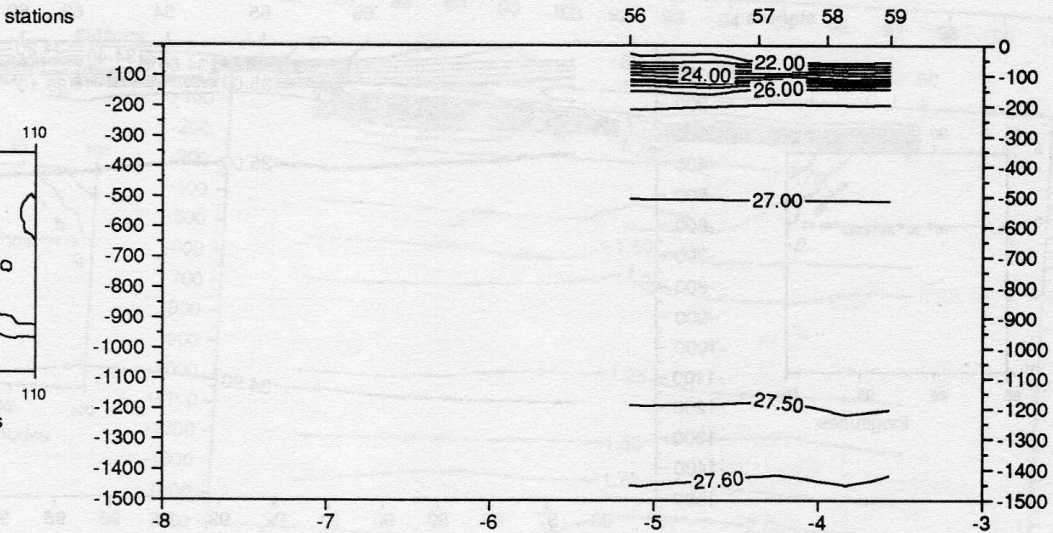
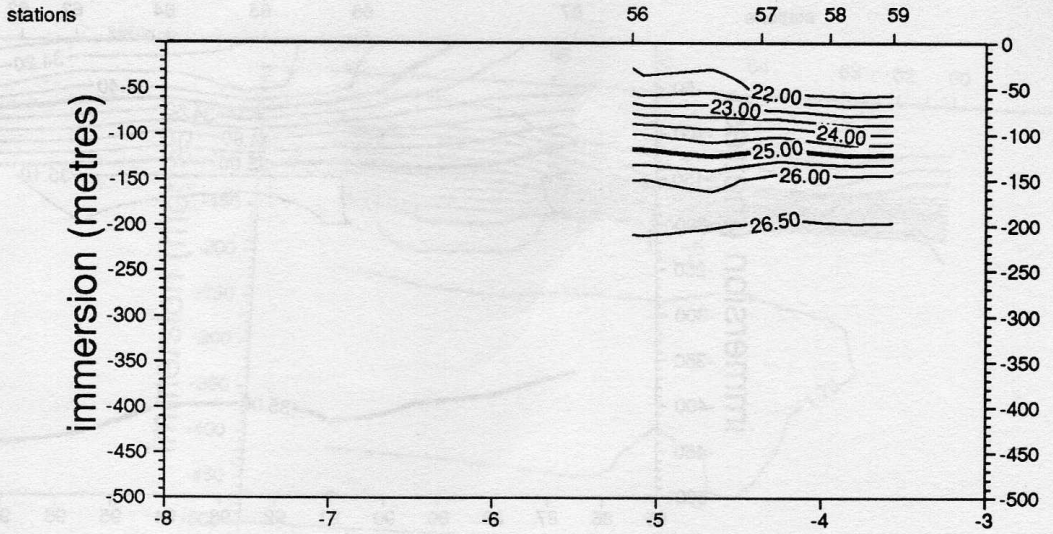
MD62 - JADE OXYGENE AOUT - SEPT 89



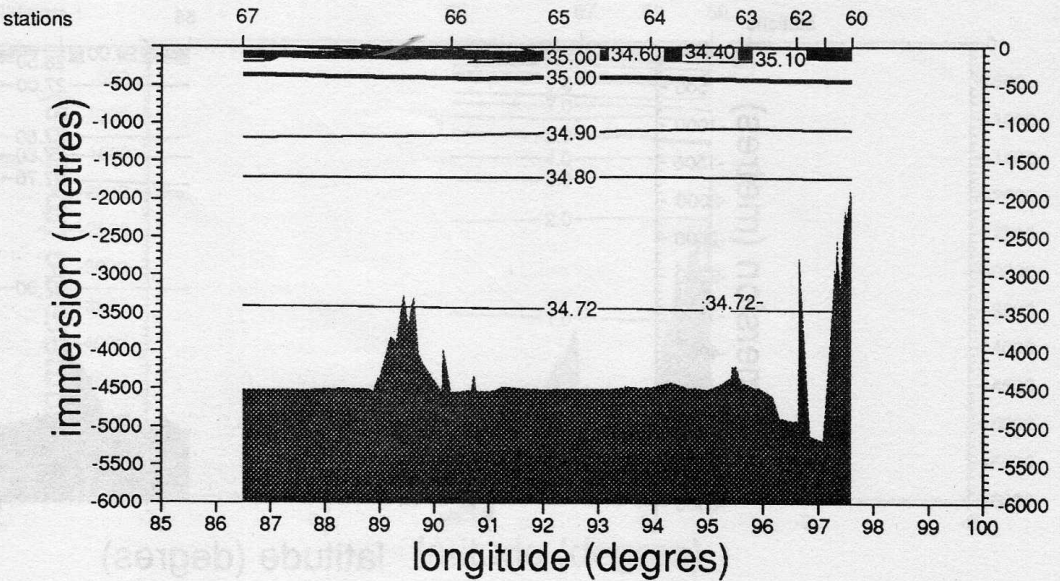
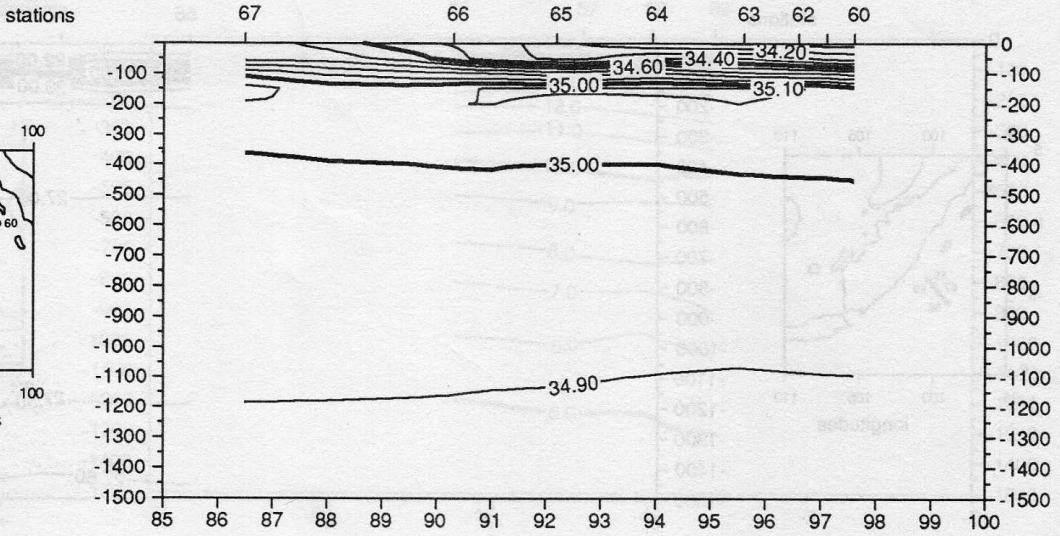
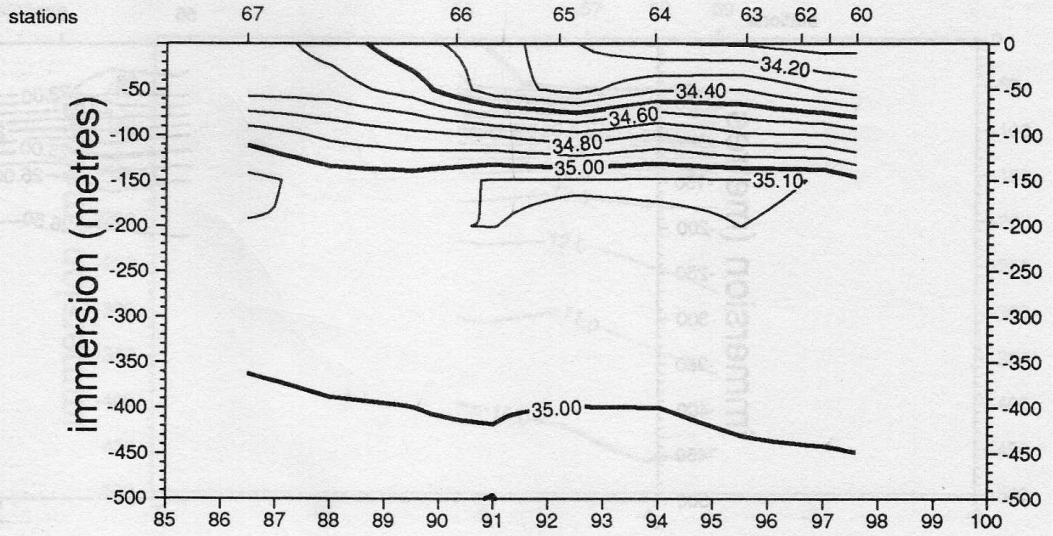
MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89



MD62 - JADE SIGMA-THETA AOUT - SEPT 89



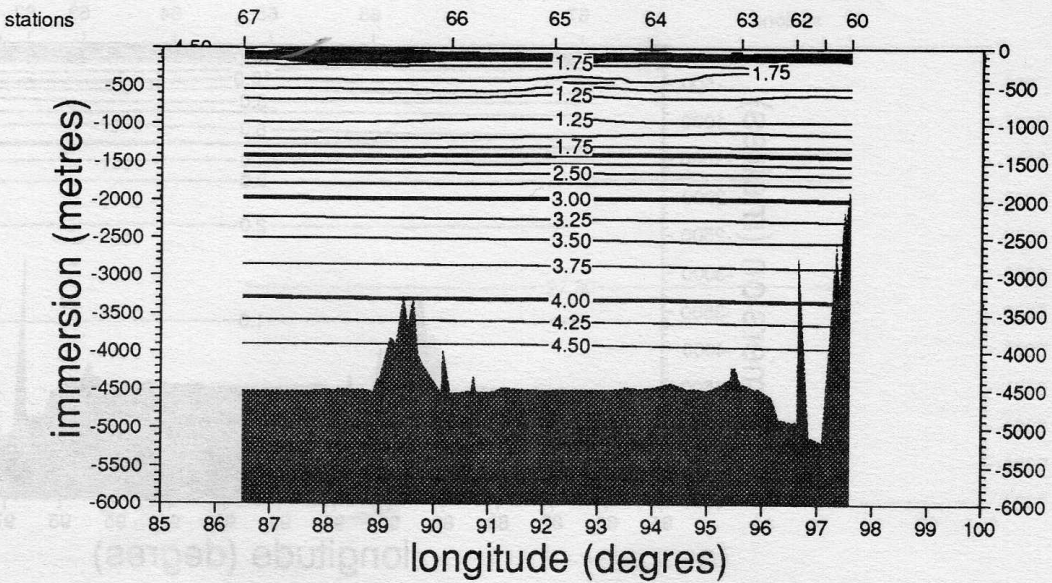
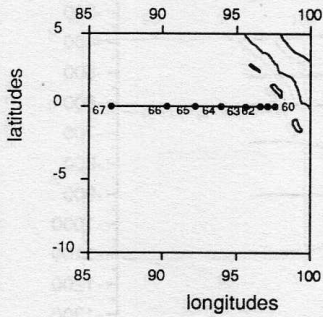
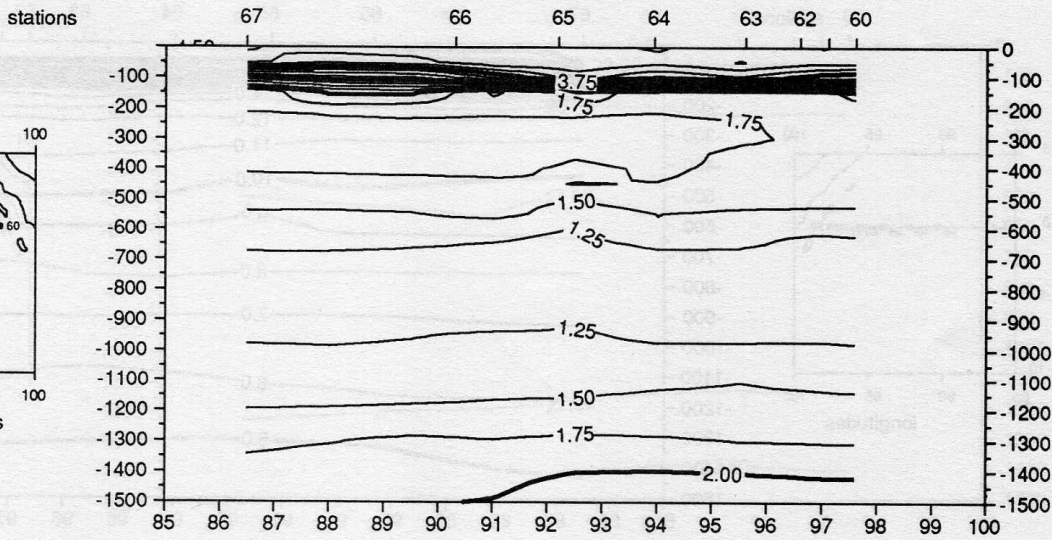
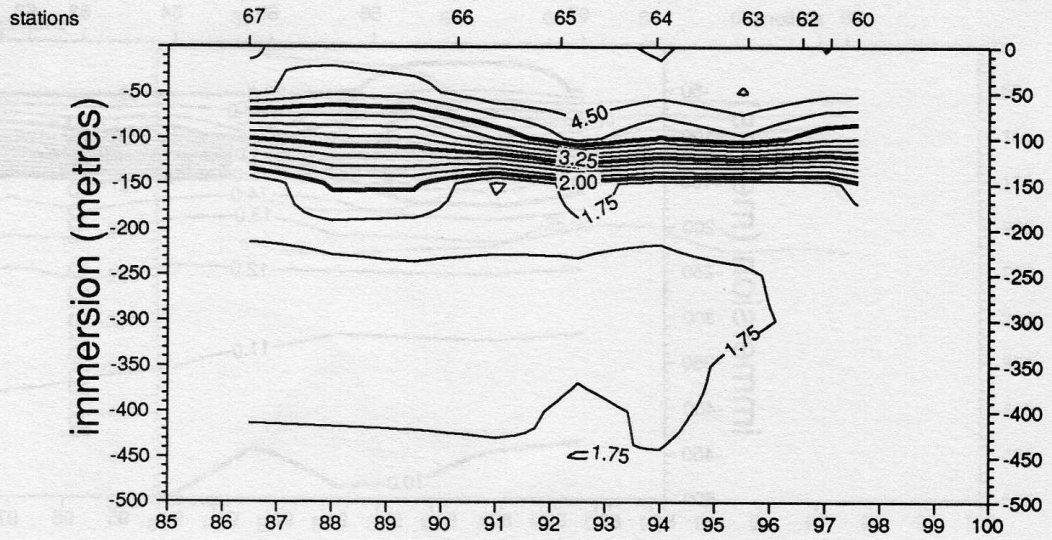
MD62 - JADE SALINITY AOUT - SEPT 89



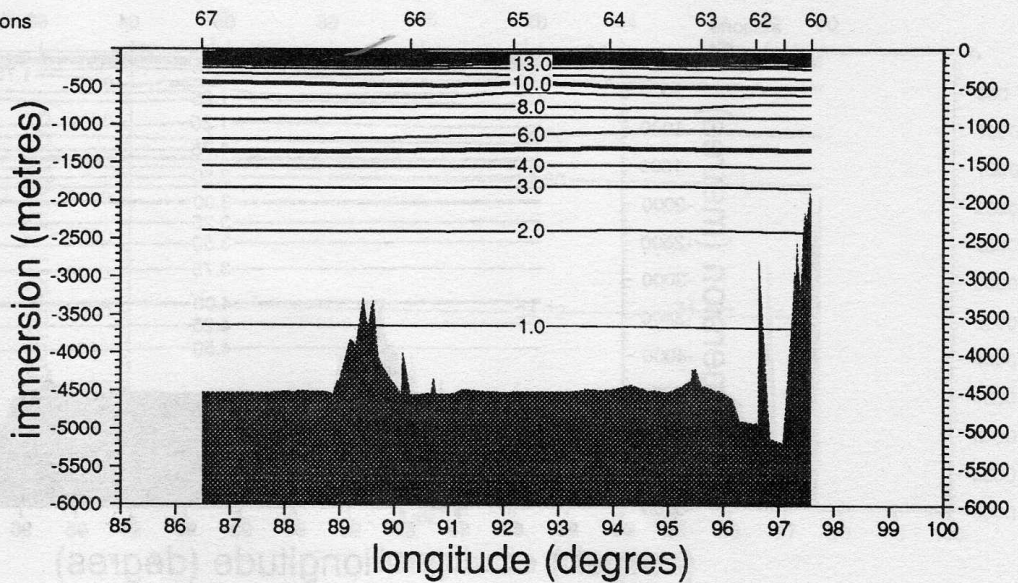
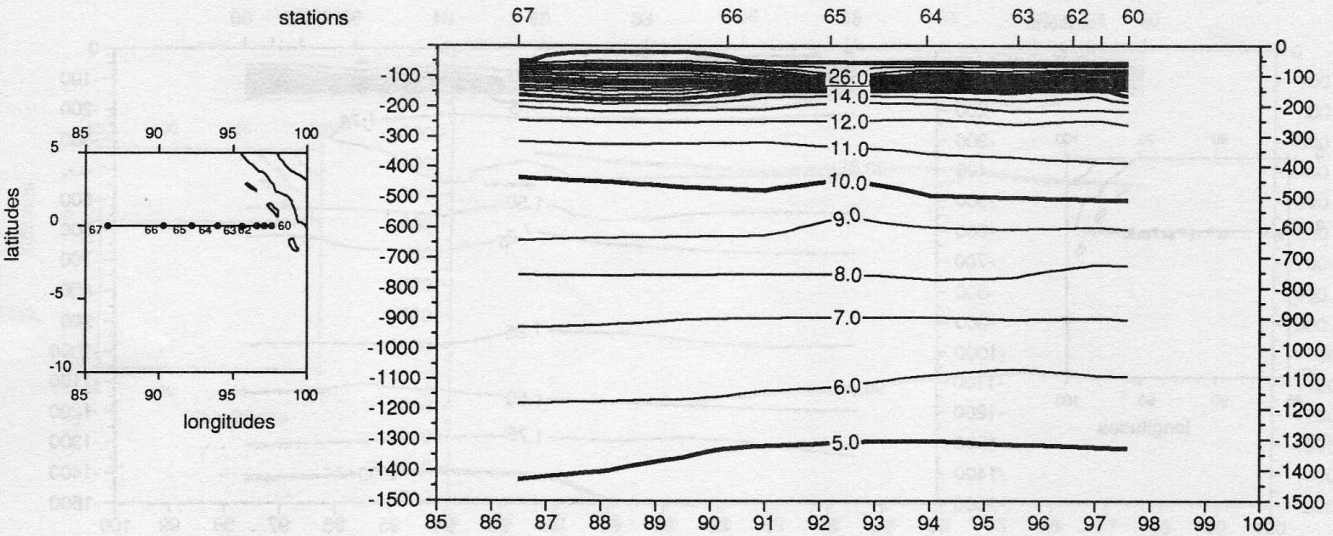
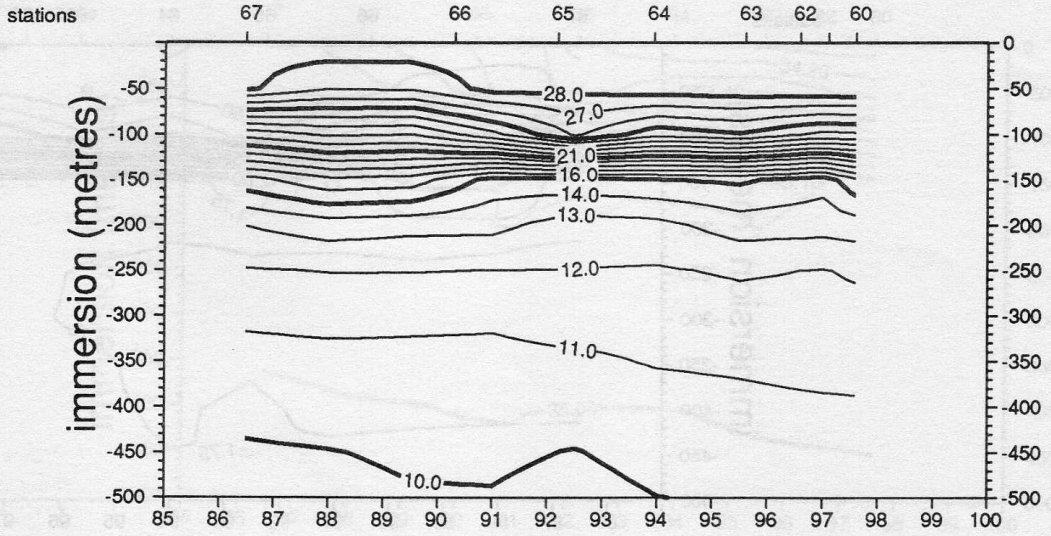
MD62 - JADE

OXYGENE

AOUT - SEPT 89



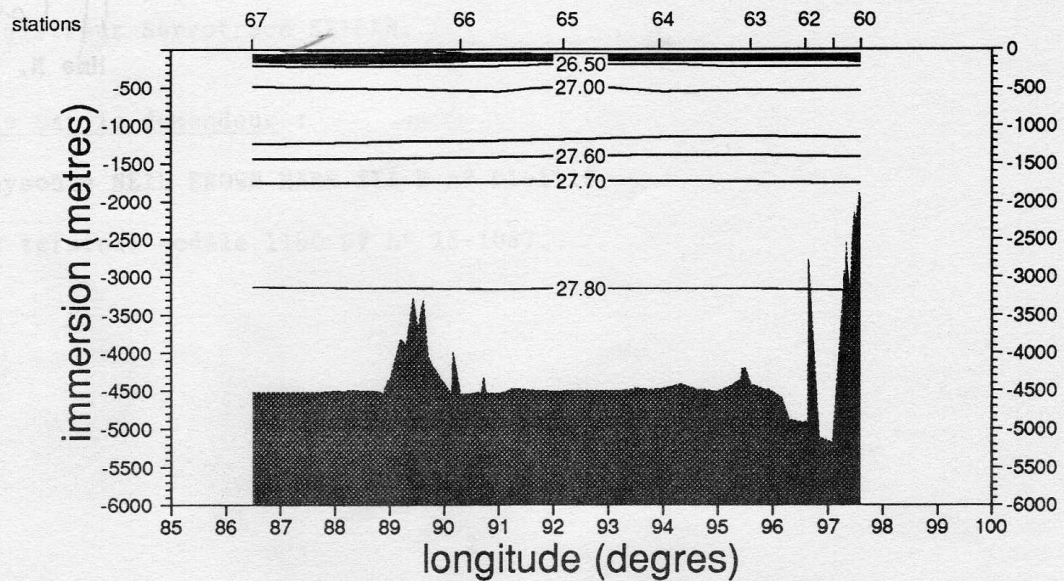
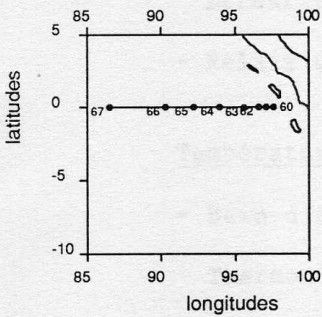
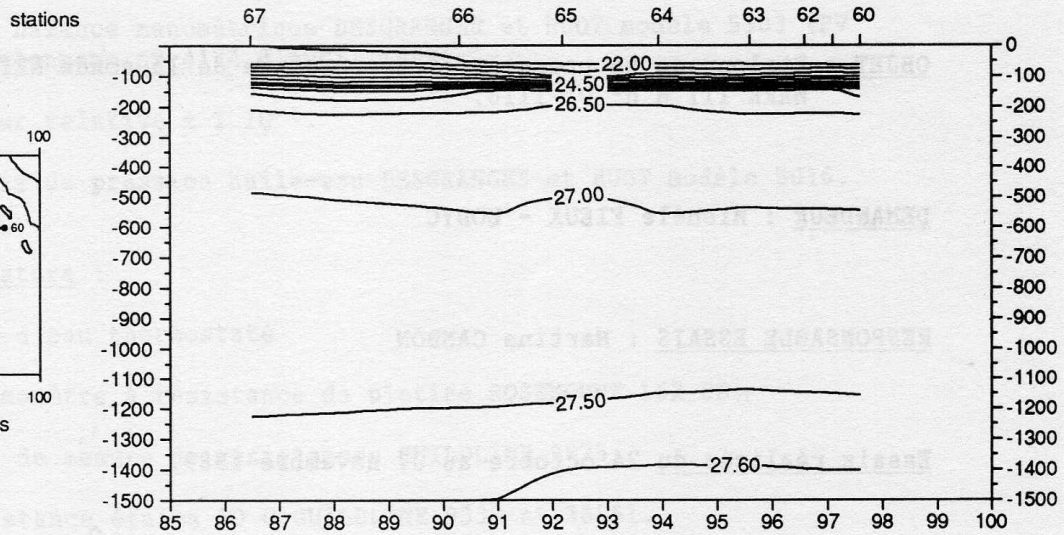
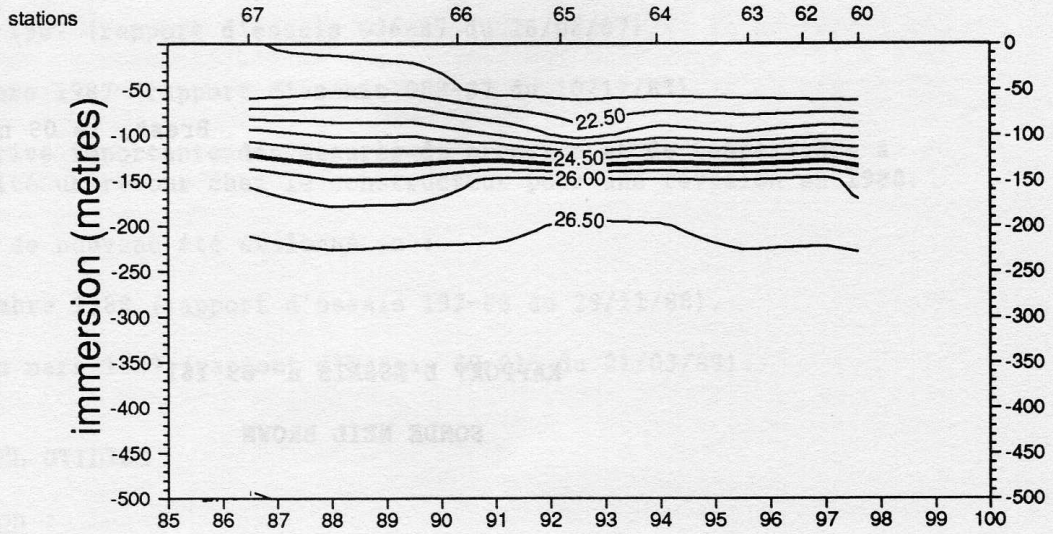
MD62 - JADE T. POTENTIELLE AOUT - SEPT 89



MD62 - JADE

SIGMA-THETA

AOUT - SEPT 89



IFREMER/CB/DIT/EQE/E/89.159
MC/FH
210292

Brest, le 09 novembre 1989

RAPPORT D'ESSAIS n° 89-161

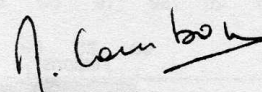
SONDE NEIL BROWN

OBJET : Etalonnage en pression et température de la sonde NEIL BROWN
MARK III B n° 01-1116.

DEMANDEUR : Michèle FIEUX - LODYC

RESPONSABLE ESSAIS : Martine CAMBON

Essais réalisés du 24 octobre au 07 novembre 1989.


Mme M. CAMBON

La sonde NEIL BROWN MARK III B n° 01-1116 a été étalonnée au laboratoire de métrologie de l'IFREMER, Centre de Brest en :

- septembre 1986 (rapport d'essais 071-96 du 07/10/86),
- juin 1987 (rapport d'essais 036-87 du 26/06/87),
- octobre 1987 (rapport d'essais 089-87 du 10/12/87).

Une dérive importante des mesures de pression et de température a nécessité un retour chez le constructeur pour une révision en 1988.

Elle a de nouveau été étalonnée en :

- novembre 1988 (rapport d'essais 192-88 du 29/11/88),
- et en mars 1989 (rapport d'essais 89-015 du 21/03/89).

MATERIEL UTILISE

Pression :

- Banc balance manométrique DESGRANGES et HUOT modèle 5303 (PV d'étalonnage n° 4174 d'avril 1989)

Erreur relative $\pm 1.10^{-4}$.

- Relais de pression huile-eau DESGRANGES et HUOT modèle 5016.

Température :

- Bain d'eau thermostaté
- Thermomètre à résistance de platine ROSEMOUNT 162 CE.
- Pont de mesure de résistances GUILDLINE 9975.
- Résistance étalon 10 Ω GUILDLINE 9330 n° 38551.
- Enregistreur Servotrace SEFRAM.

Fournis par le demandeur :

- Bathysonde NEIL BROWN MARK III B n° 01-1116.
- Data terminal modèle 1150 DV n° 15-1087.

ESSAIS PRESSION

Deux cycles de pression 0-600 bar par pas de 40 bar sont effectués dans le laboratoire à la température ambiante de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Les pressions de référence sont connues avec une précision relative de $\pm 2.10^{-4}$ en apportant les corrections de l'étalonnage et de la différence de niveau.

Le tableau suivant donne la pression de référence, la pression lue sur l'appareil de bord, l'écart entre ces deux pressions et la dérive par rapport au dernier étalonnage.

Remarque :

La sonde a été mise sous tension le 06/11 à 8 h 30. Jusqu'à 10 h 30 la mesure de la pression atmosphérique est restée stable à 1.51 bar. Puis elle s'est mise à dériver pour être de :

- 1,67 bar à 11 h 00
- 1,77 bar à 11 h 45
- 1,88 bar à 13 h 30

De même lors du premier cycle, la mesure à 40 bar a été de 41,65 bar peu de temps après l'établissement de la pression pour dériver pendant 3 mn environ et se stabiliser à 41,76 bar.

Pour les autres paliers de pression, le temps de stabilisation de la mesure a été normal.

SONDE NEIL BROWN MARK III B n° 01-1116

Pression de référence en bar	Pression mesurée en bar				Ecart en bar	Dérive sur 1 an en bar
	1er cycle		2ème cycle			
0.00	1.88	2.40	2.21	2.41	- 1.88	0.47
40.04	41.76	42.50	41.80	42.43	- 1.72	0.77
80.05	81.62	82.47	81.72	82.40	- 1.57	0.77
120.06	121.80	122.48	121.88	122.41	- 1.74	0.91
160.06	161.99	162.49	162.05	162.45	- 1.93	0.97
200.07	202.13	202.51	202.19	202.49	- 2.06	0.94
240.08	242.22	242.51	242.27	242.52	- 2.04	0.83
280.10	282.29	282.52	282.33	282.52	- 2.19	0.92
320.11	322.32	322.50	322.35	322.51	- 2.21	0.92
360.12	362.32	362.47	362.36	362.48	- 2.20	0.89
400.13	402.32	402.45	402.36	402.46	- 2.19	0.88
440.15	442.33	442.43	442.38	442.45	- 2.18	0.87
480.16	482.34	482.42	482.38	482.43	- 2.18	0.88
520.18	522.35	522.42	522.40	522.43	- 2.17	0.86
560.20	562.39	562.41	562.41	562.43	- 2.19	0.87
600.21	602.43		602.45		- 2.22	0.88

ESSAIS TEMPERATURE

La sonde NEIL BROWN est totalement immergée dans le bain thermostaté où l'eau circule en permanence afin de minimiser les gradients thermiques. Elle est isolée du fond de la cuve par 2 blocs de mousse.

Le thermomètre à résistance de platine ROSEMOUNT est placé le plus près possible du capteur de température de la sonde. Il a été vérifié au point triple de l'eau en juillet 89 et étalonné par rapport au thermomètre à résistance de platine de référence LEEDS et NORTHRUP (dérive sur 1 an $< 1 \text{ m}^\circ\text{C}$).

Les températures de référence sont connues avec une incertitude absolue de $\pm 0,020^\circ\text{C}/\text{EIPT 68}$.

Pendant les mesures, la stabilité du bassin d'eau est meilleure que $\pm 3 \text{ m}^\circ\text{C}$ et sa dérive reste inférieure à $6 \text{ m}^\circ\text{C}$.

Le tableau suivant donne la température de référence, la température lue sur l'appareil de bord et l'écart mesuré.

Température de référence $^\circ\text{C}$	Température mesurée $^\circ\text{C}$	Ecart m°C
0,182	0,170	+ 12
6,133	6,127	+ 6
12,039	12,037	+ 2
18,085	18,086	- 1
24,170	24,172	- 2
30,245	30,246	- 1

CONCLUSIONS

Caractéristiques mesurées :

* Pression :

- Ecart à la linéarité : $\pm 0,21 \text{ bar}$
- Hysteresis maxi : $- 0,85 \text{ à } 80 \text{ bar}$
- Erreur de répétabilité : $0,33 \text{ bar}$ à la pression atmosphérique (capteur débranché de la balance).
- Ecart moyen entre la pression de référence et la pression mesurée : $- 2 \text{ bar}$.
- Dérive moyenne sur 1 an : $0,9 \text{ bar}$.

* Température :

Ecart maxi : $+ 12 \text{ m}^\circ\text{C}$ à 0°C .

Dérive par rapport aux étalonnages précédents : voir courbe en annexe.

SONDE NEIL BROWN MARK III B

N° 01. 1116

- nov. 88
- x mar 89
- o oct. 89

