

ACTIONS CONCERTEES EN OCEANOGRAPHIE

RAPPORT D'ACTIVITE

1978

ANNEXE N° 7

L'estuaire du Guadiana

Estuaire du Guadiana

D. MICHEL et R. WOLLAST

55475

I. MESURES DE DEBITS RIO GUADIANA ET SES AFFLUENTS.

L'influence du débit d'amont sur le type de mélange par lequel se caractérise un estuaire est considérable. Nous avons constaté lors des mesures effectuées, au cours du mois de novembre, de fortes instabilités de la zone de mélange.

Les mesures de débits, qui nous ont été aimablement fournies par le Service Hydrographique proviennent des stations suivantes :

E.H. PULO DO LOHO	sur RIO GUADIANA
P.D. DO VASCAO	sur RIO VASCAO
E.H. DA TENENCIA	sur RIBEIRA DA FOUPANA
E.H. ODELEITE	sur RIBEIRA DE ODELEITE.

Ces différentes stations sont reprises dans la figure I.I.

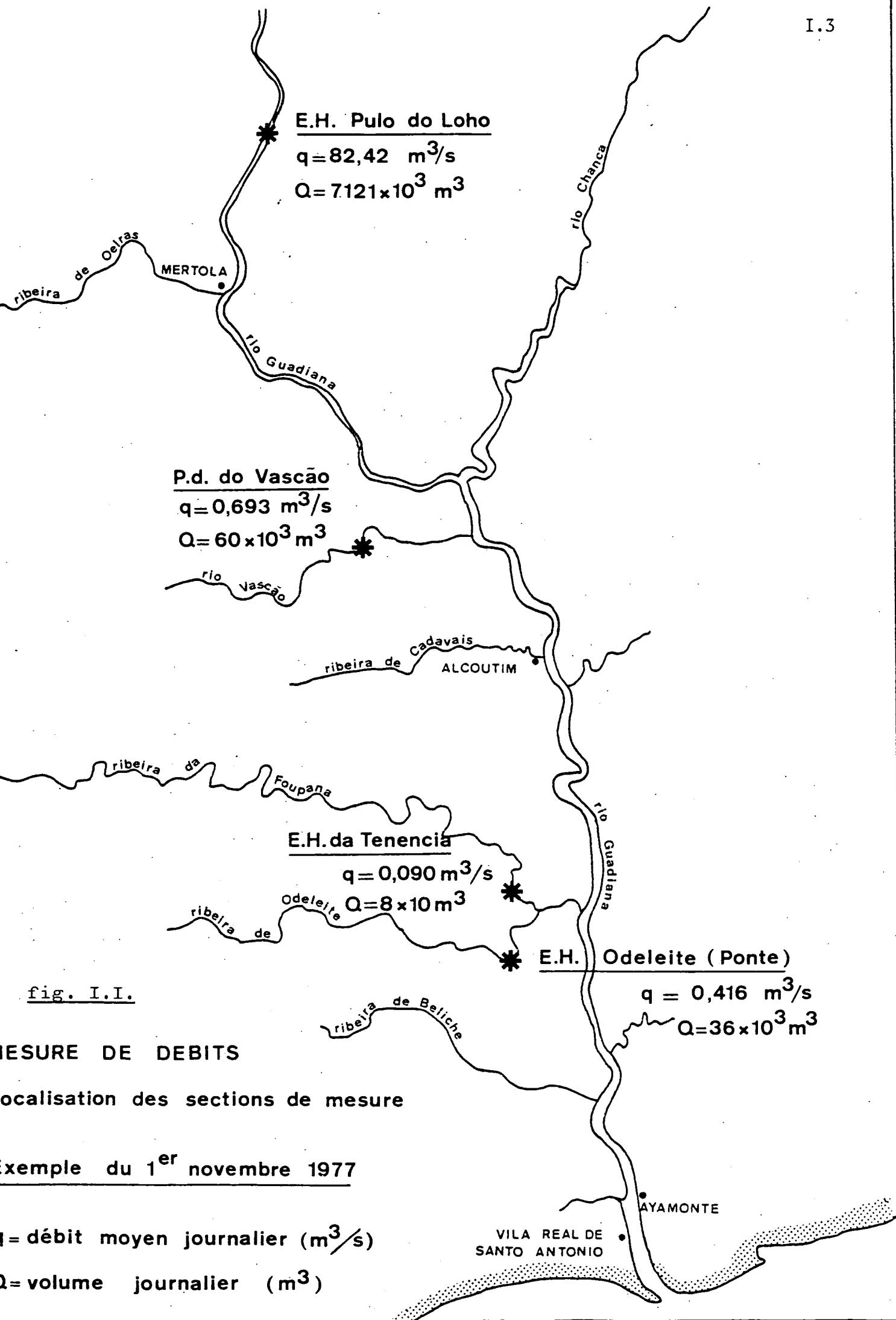
Une estimation du débit d'amont peut alors être calculée à partir des données des quatre stations. La figure I.2 représente la variation de ce débit au cours de la campagne de mesure du mois de novembre 1977.

Le Rio Guadiana est, comme on pourra le constater dans les chapitres suivants, un estuaire partiellement mélangé.

Néanmoins, lors de fortes pluies, l'apport d'eau douce se fait rapidement de sorte que le débit d'amont atteint des valeurs suffisantes pour créer une stratification verticale importante au niveau de la rencontre des eaux douces avec les eaux d'origine marine.

On peut montrer par un exemple fig. I.3 la grande variabilité du débit d'eau douce et la faible inertie du bassin hydrographique :

on observe que, certain jour, le débit est dix fois plus élevé que le jour précédent. Ces mesures, effectuées sur le rio Chariça nous ont été communiquées par le Ministerio de Obras Publicas - Comisaria de Aguas del Guadiana.



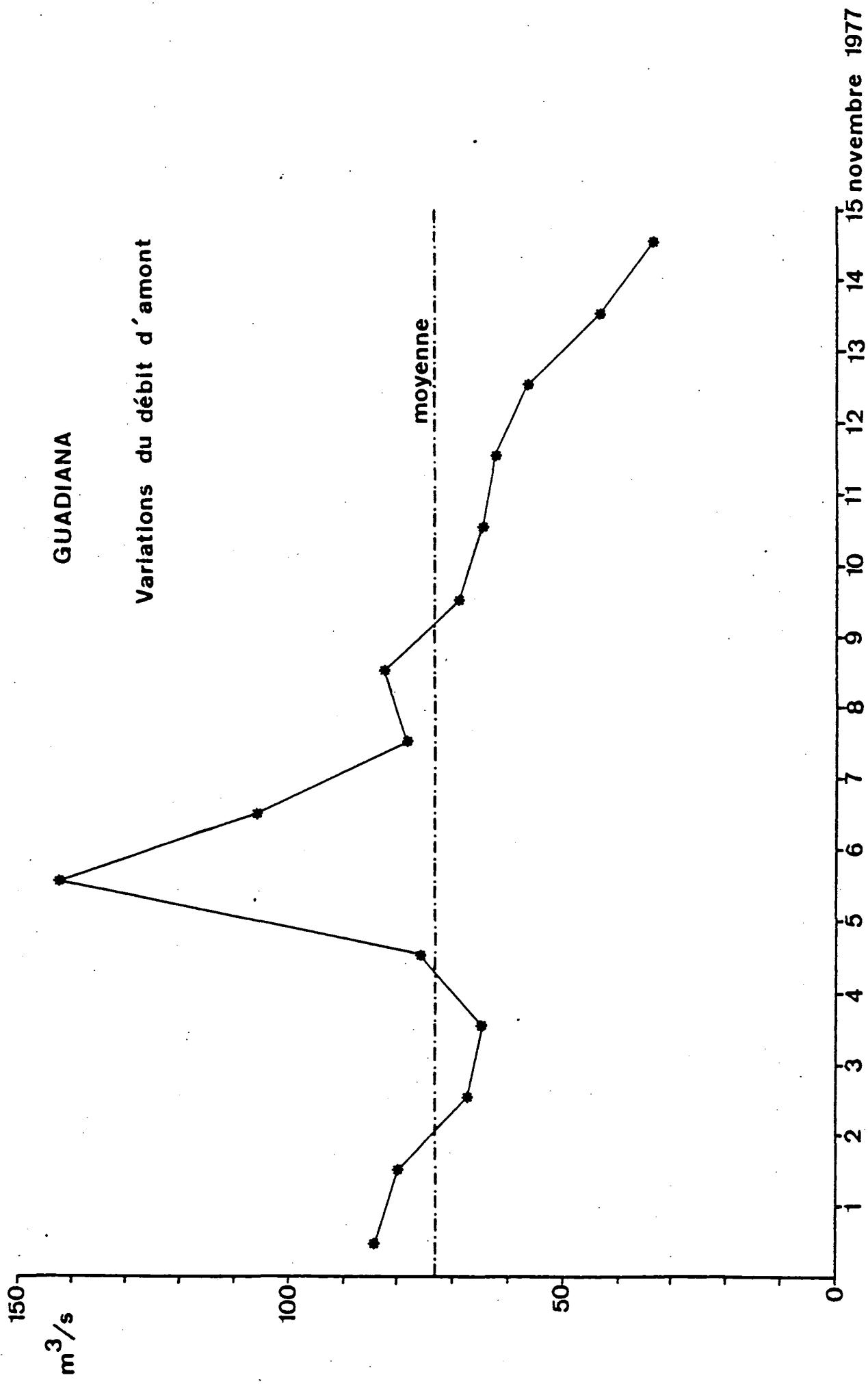


fig. I.2.

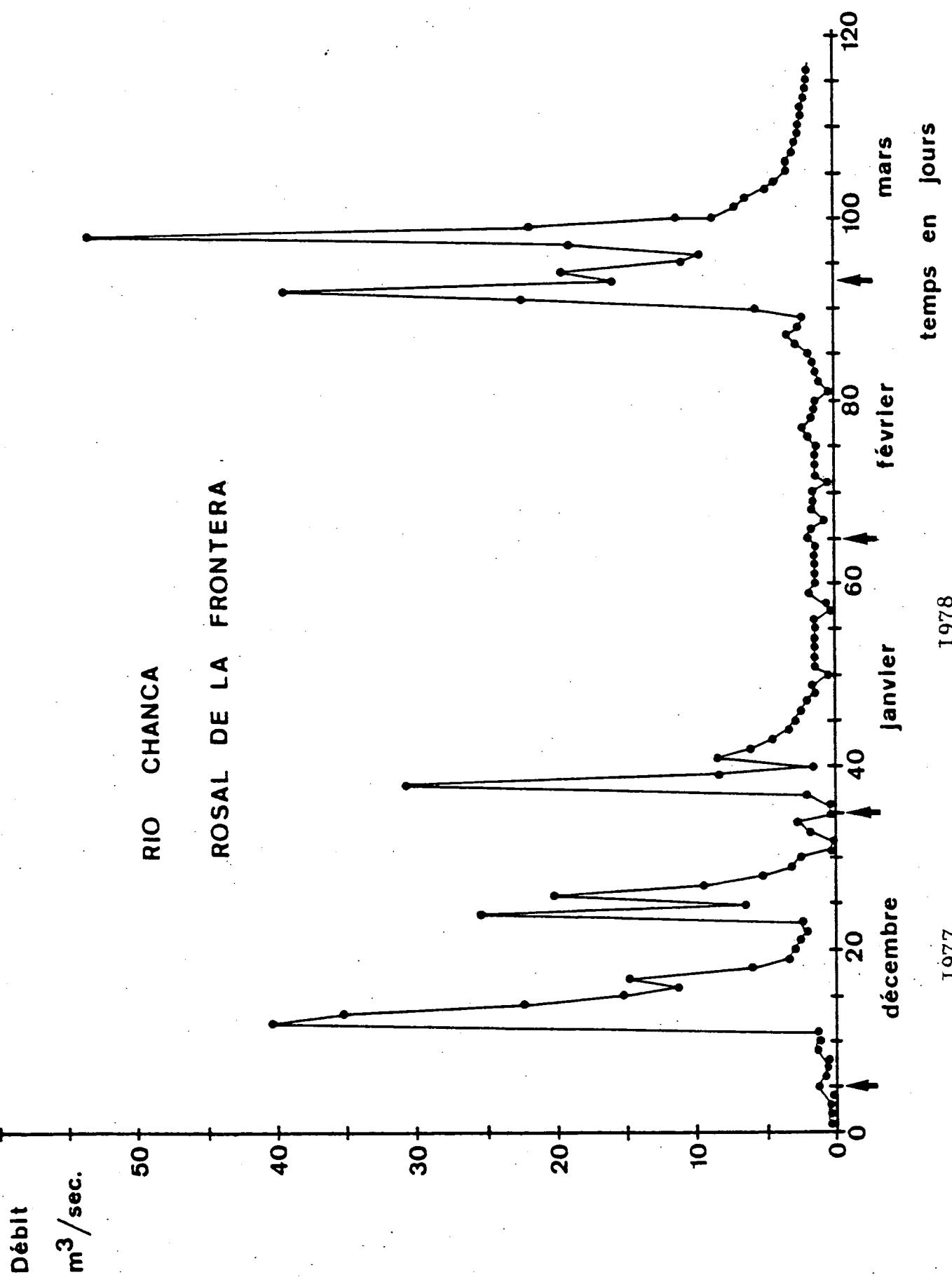


FIG. I.3.

II. INTRUSION SALINE DANS L'ESTUAIRE

Dans un estuaire, le comportement des eaux d'origine marine dépend d'un grand nombre de facteurs.

On caractérise un estuaire, dans la littérature, par le type de mélange existant entre les eaux douces et les eaux salées.

Au sein de cette classification, les estuaires à coin salé (Salt wedge estuary) se situent à une extrémité, les estuaires homogènes, à l'autre.

Dans le premier des cas, le mélange vertical est inexistant et la stratification causée par les différences de densité entre les deux types d'eaux, est stable (exemple de l'estuaire du Mississippi).

Si le gradient de vitesse au niveau de l'interface dépasse une certaine valeur, il se forme des ondes internes qui tendent à se briser. Il en résulte un mélange significatif et un entraînement de l'eau salée par l'eau douce de surface. Dans ces estuaires à deux niveaux avec entraînement, un courant de fond d'aval vers l'amont compense les pertes d'eaux, d'origine marine, entraînées par le débit d'amont.

Si les courants de marée sont intenses, l'estuaire a tendance à s'homogénéiser verticalement. En effet, une grande partie de l'énergie cinétique est convertie par la turbulence et celle-ci est disponible pour favoriser le mélange. Dans ce cas, seul un gradient horizontal de salinité existe encore et aucune séparation nette entre les masses d'eaux d'origine différente n'est visible.

Le Rio Guadiana semble être, d'après les quelques mesures que nous possédons pour le moment, un estuaire partiellement mélangé avec entraînement.

Les figures II.4 et II.5 représentent successivement une série de profils verticaux en coupe longitudinale et en fonction de la salinité. Aucun interface vertical entre les deux masses d'eau ne se dégage ici : la plupart des sections sont homogènes. On peut néanmoins particulariser la région comprise entre le kilomètre 0 et le km 7 : au moment des fortes pluies, lorsque le débit d'amont devient important la stratification sera maximum dans cette région.

Les profils longitudinaux réalisés au cours de la campagne du mois de novembre sont repris dans les figures II.I à II.IO.

On peut remarquer que le gradient horizontal de salinité varie de 1.1 %/km (marée haute) à 2.4 %/km (marée basse).

Ces profils ne représentent évidemment pas une situation instantanée du phénomène de mélange. Pour cette raison nous avons indiqué sur chaque figure le temps de début et de fin de mesure. Les heures de marées correspondant à ces 3 journées sont explicitées dans le tableau II.I. Celles-ci sont calculées pour Vila Real, il faut tenir compte de la propagation de la marée pour estimer le décalage horaire en amont. (cf. chap. III).

En ce qui concerne l'intrusion saline proprement dite, la distance maximum de remontée des eaux marines se situe entre 14 et 26 km respectivement pour la marée basse et la marée haute (cf. fig. II.9 et fig. II.I).

(Rappelons que l'extrémité de la jetée à l'embouchure du Guadiana est choisie comme point de référence spatiale : km 0).

Bien que les diagrammes T.S. correspondant aux profils soient représentés dans les figures II.3, II.8 peu de renseignements s'en dégagent. En effet la température est dans le cas de cette saison un mauvais traceur pour identifier les différentes masses d'eau. L'eau douce et l'eau marine ont des températures du même ordre de grandeur (17.5 à 18.5°C). Les seules variations de température significatives sont produites par l'ensoleillement; cet échauffement diurne concerne évidemment les deux masses d'eaux simultanément. (fig II.2).

Tableau II.I

Table de marée correspondant au profil longitudinal.
Les heures de marée sont calculées pour Vila Real.

Date	Heure		Marée
	h	m	
7.II.1977	05	10	b
	11	18	h
	17	49	b
9.II.1977	06	54	b
	12	50	h
	18	35	b
15.II.1977	04	52	h
	11	28	b
	17	20	h

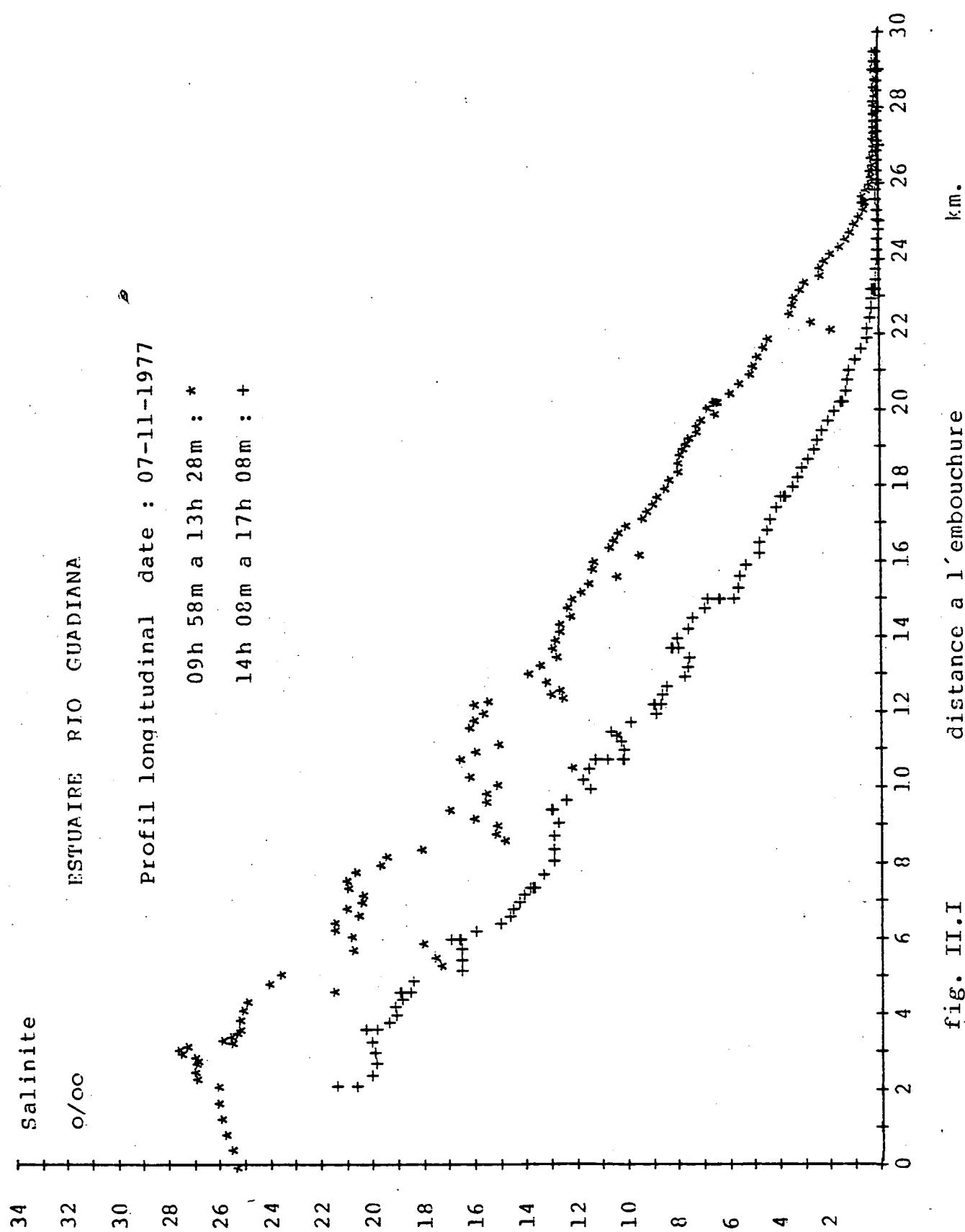


fig. II.I

ESTUAIRE RIO GUADIANA

19
 Temperature deg C
 Profil longitudinal date : 07-11-1977
 09h 58m a 13h 28m : o
 14h 08m a 17h 08m : +

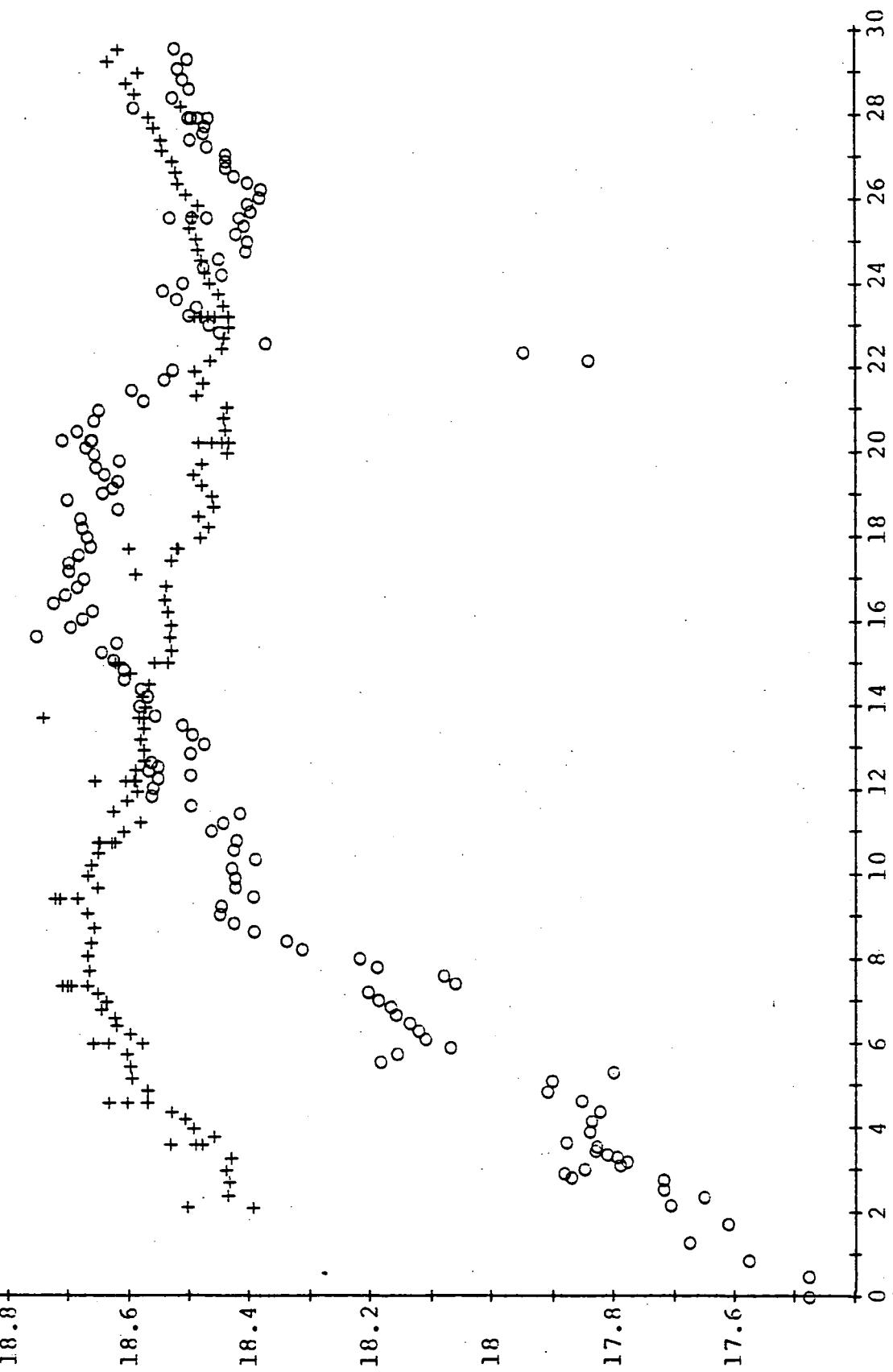


fig. II.2 Distance a l'embouchure

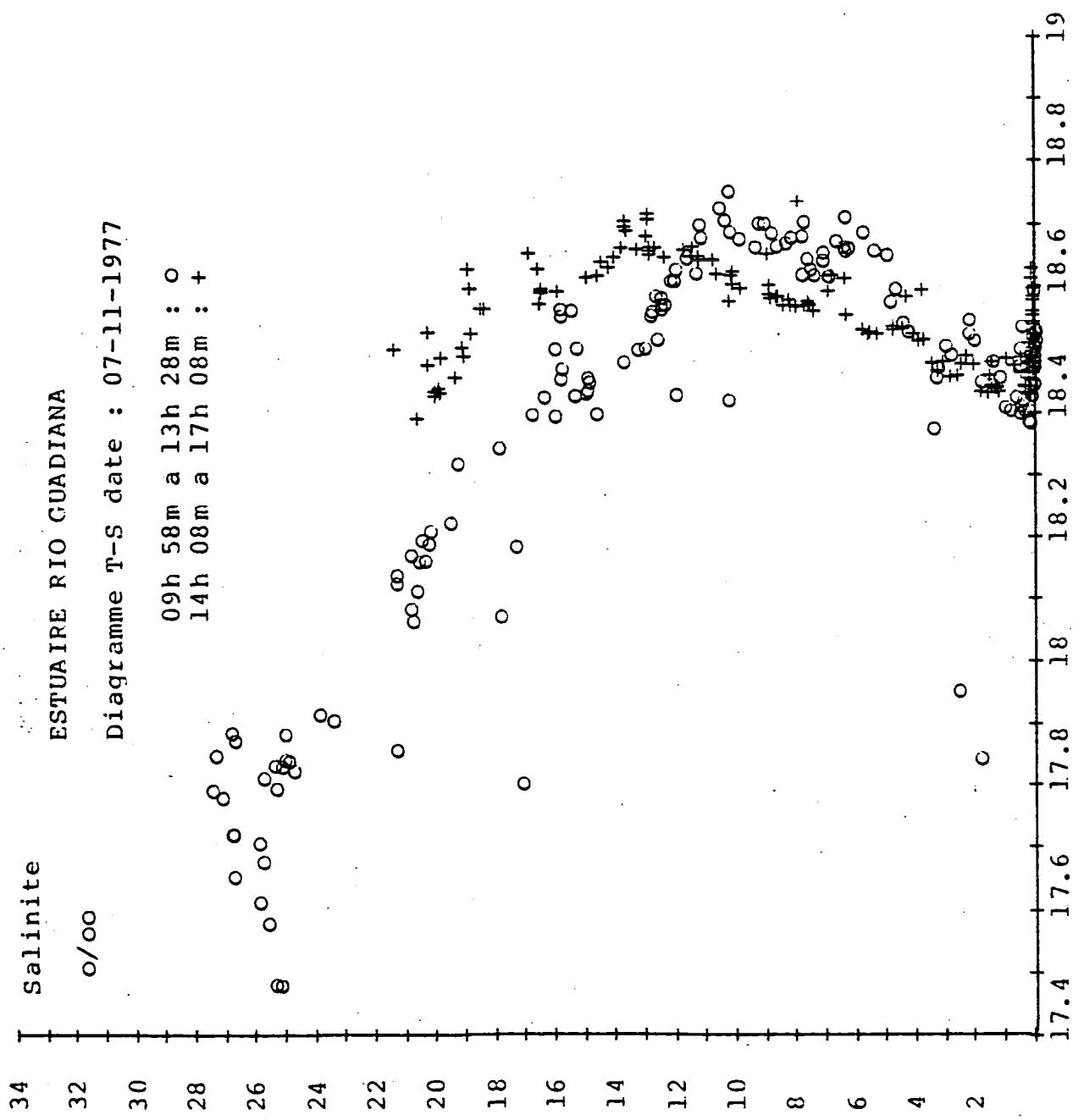
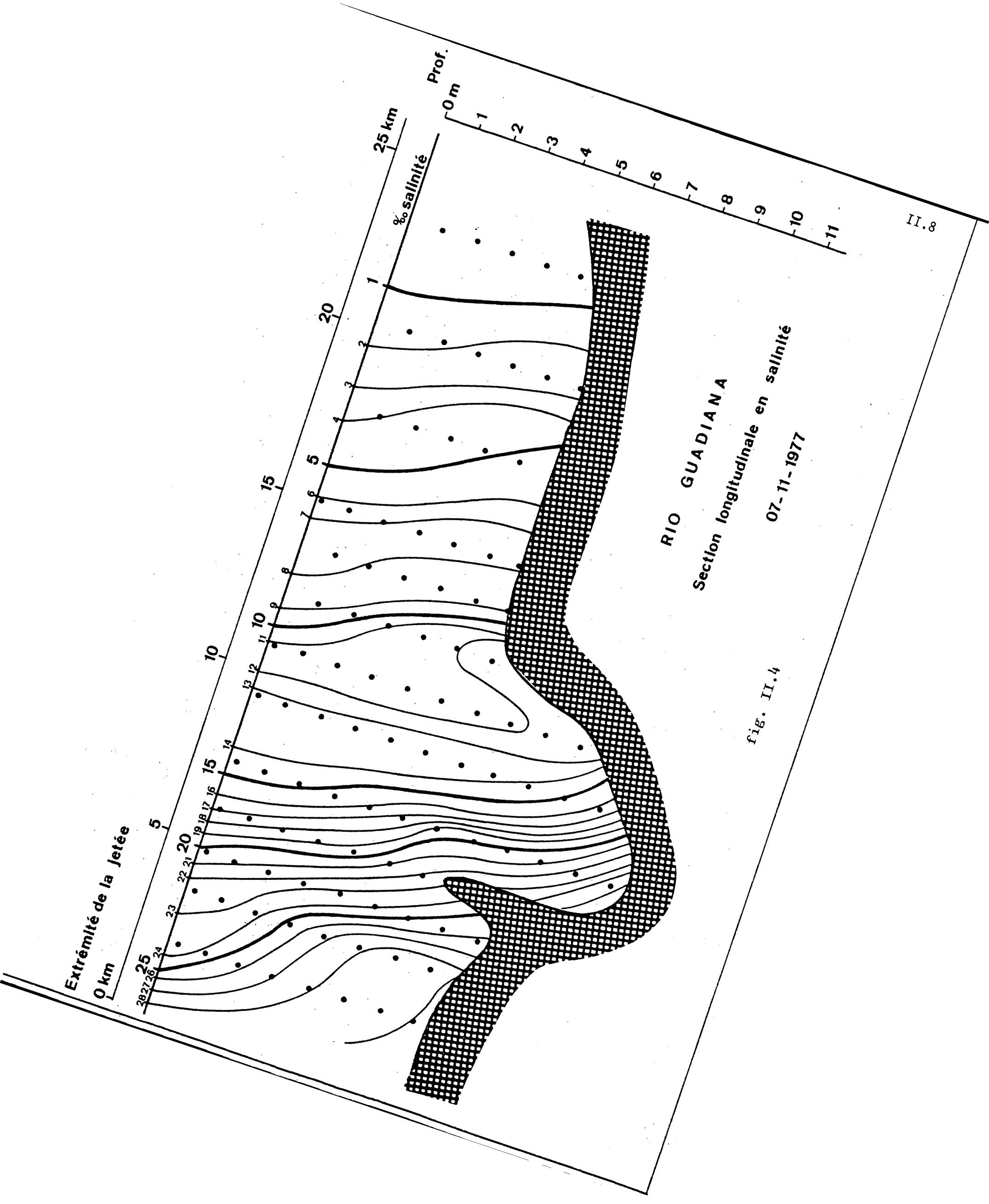
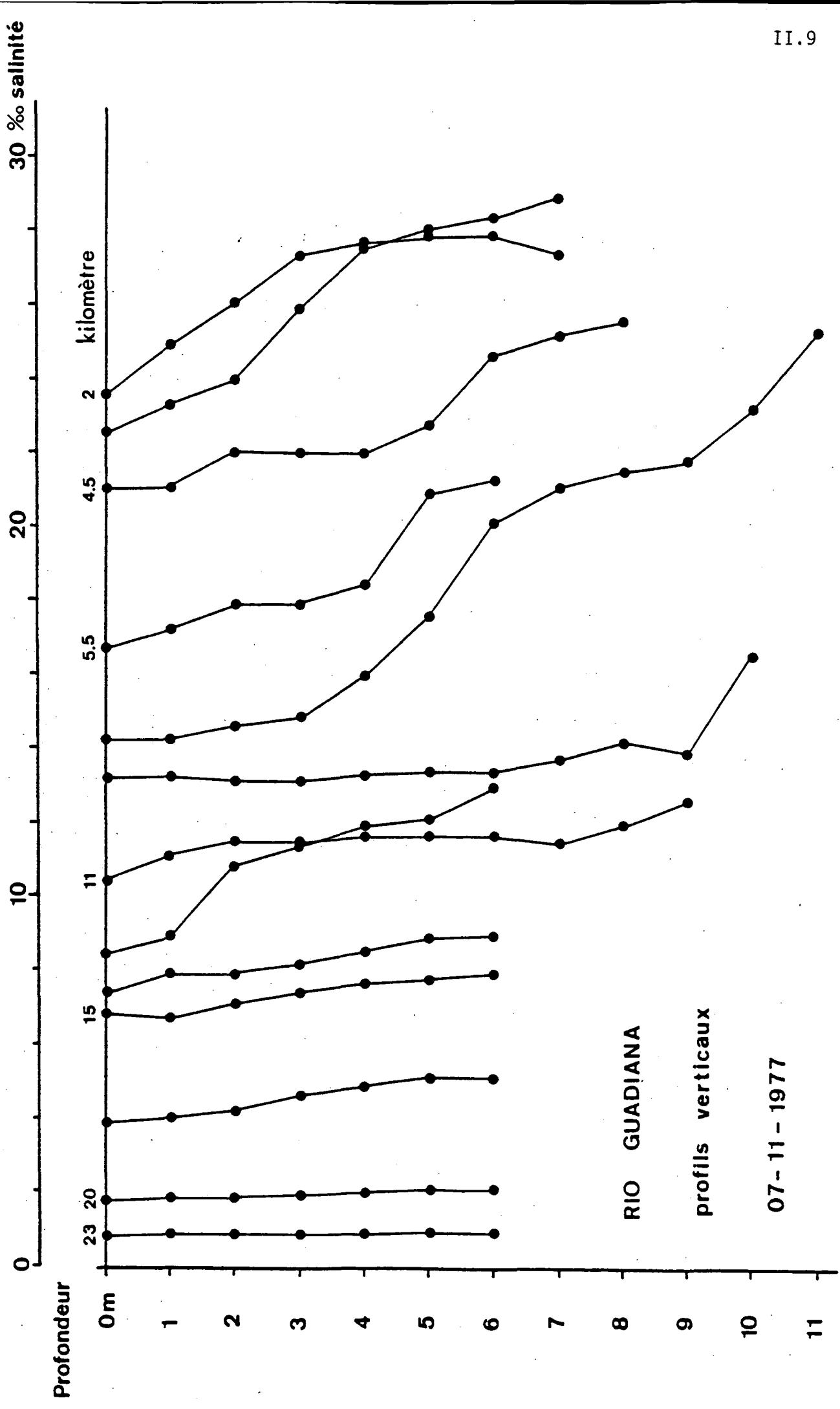


fig. II.3 Temperature deg.C





ESTUAIRE RIO GUADIANA

SAL. Profil longitudinal date : 09-11-1977
 34 32 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12 10 8 6 4 2 0
 0/oo 10h 47m a 12h 20m : o
 12h 21m a 15h 08m : +

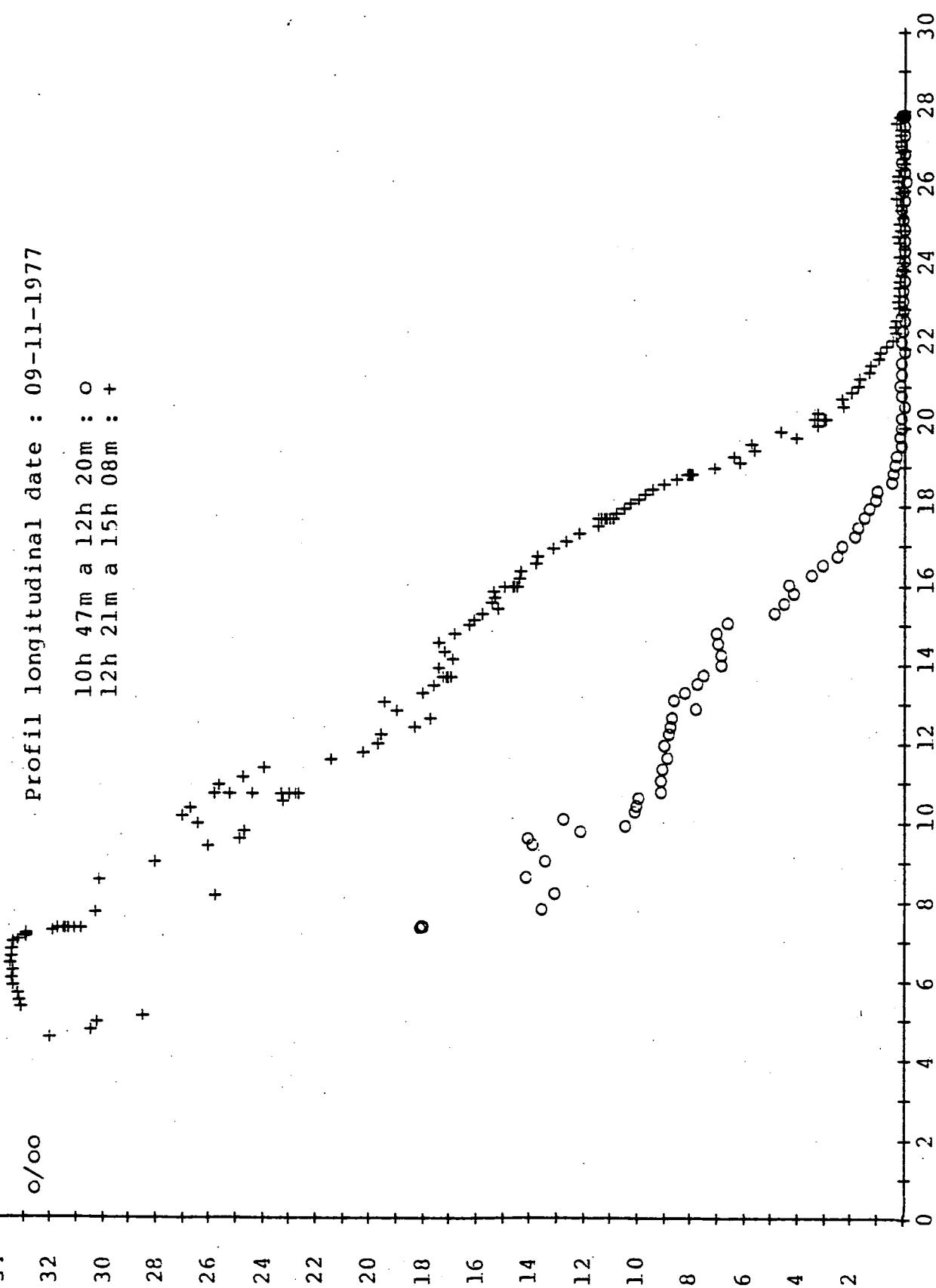


fig. II.6 Distance à l'embouchure km.

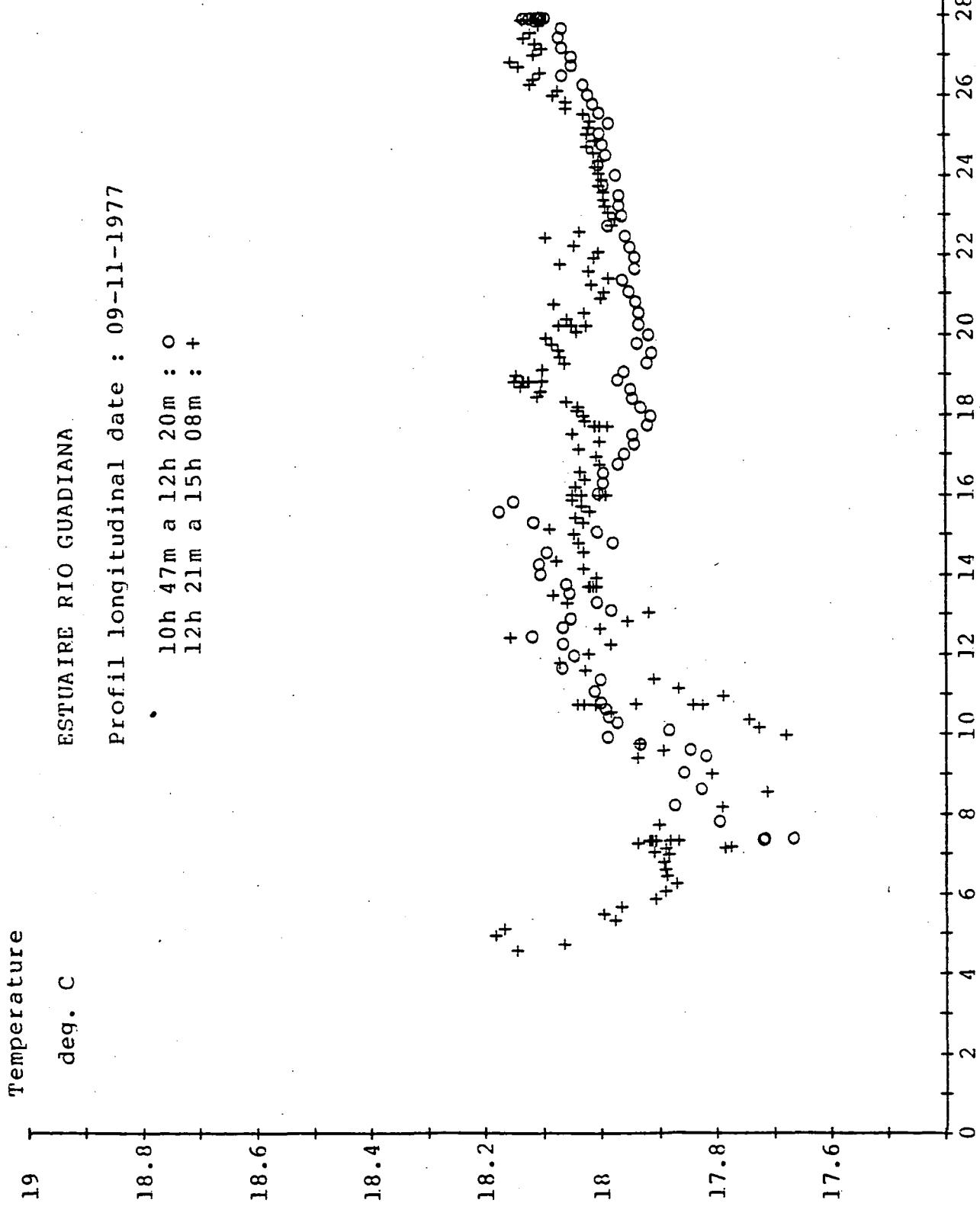
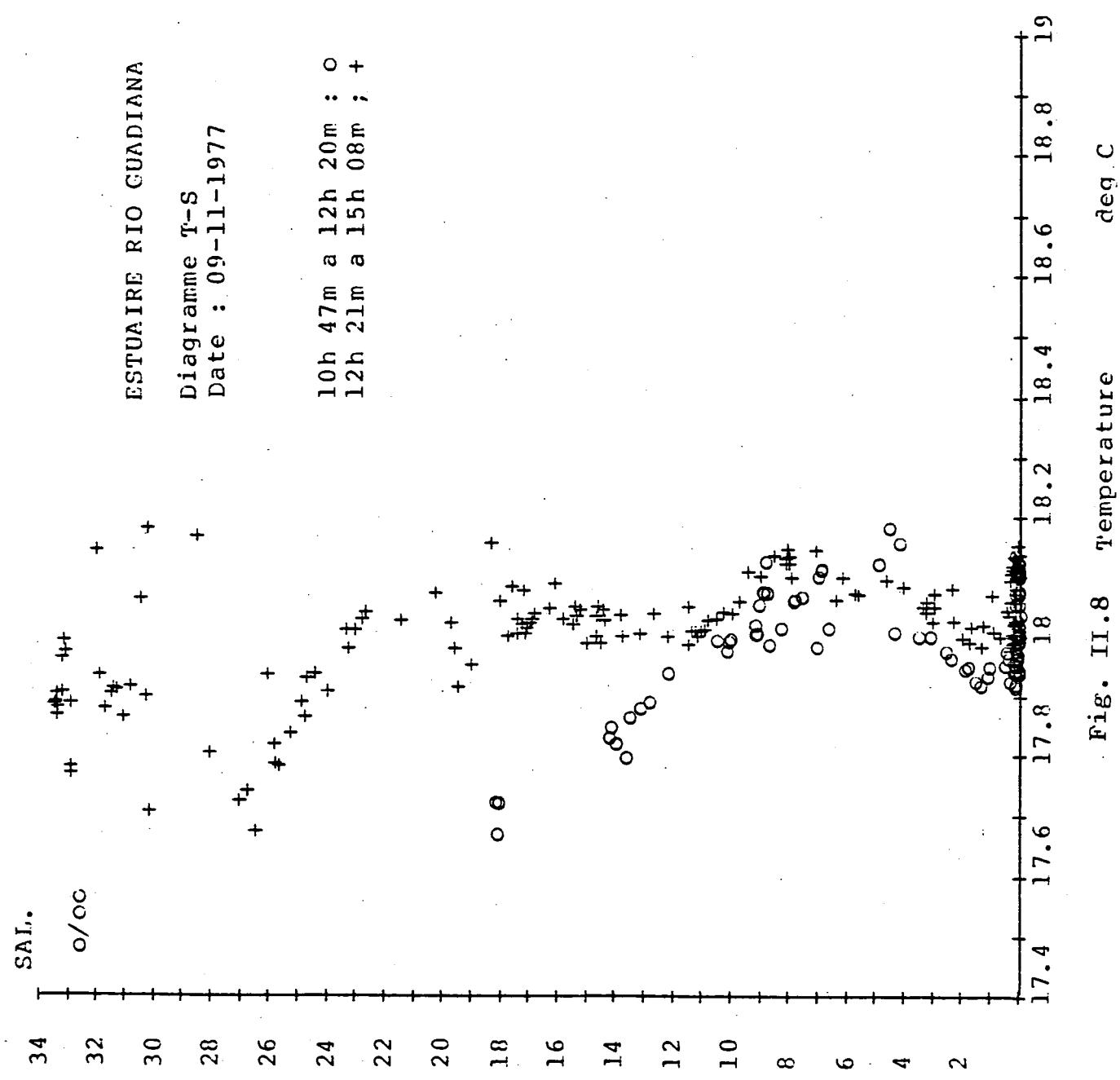
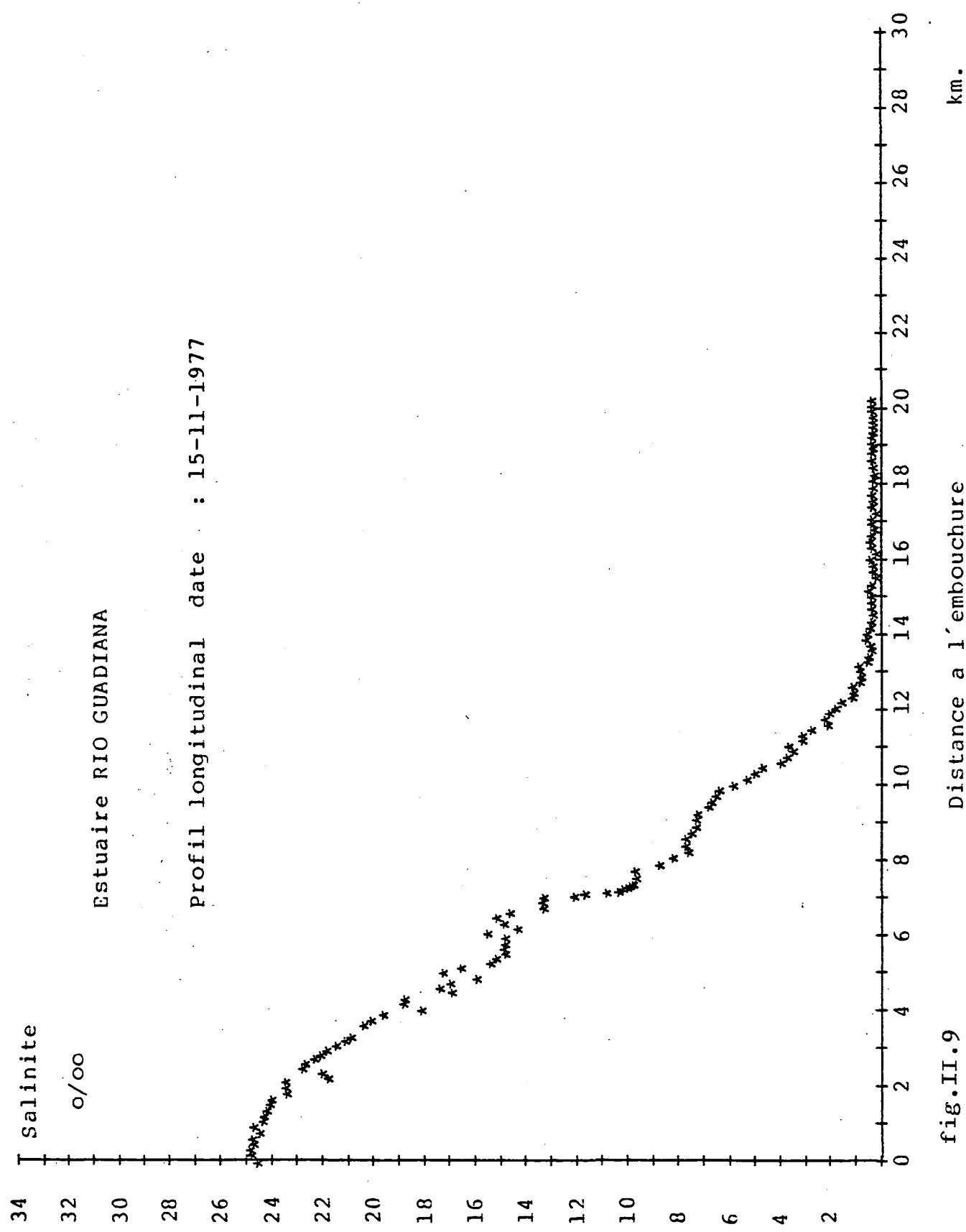
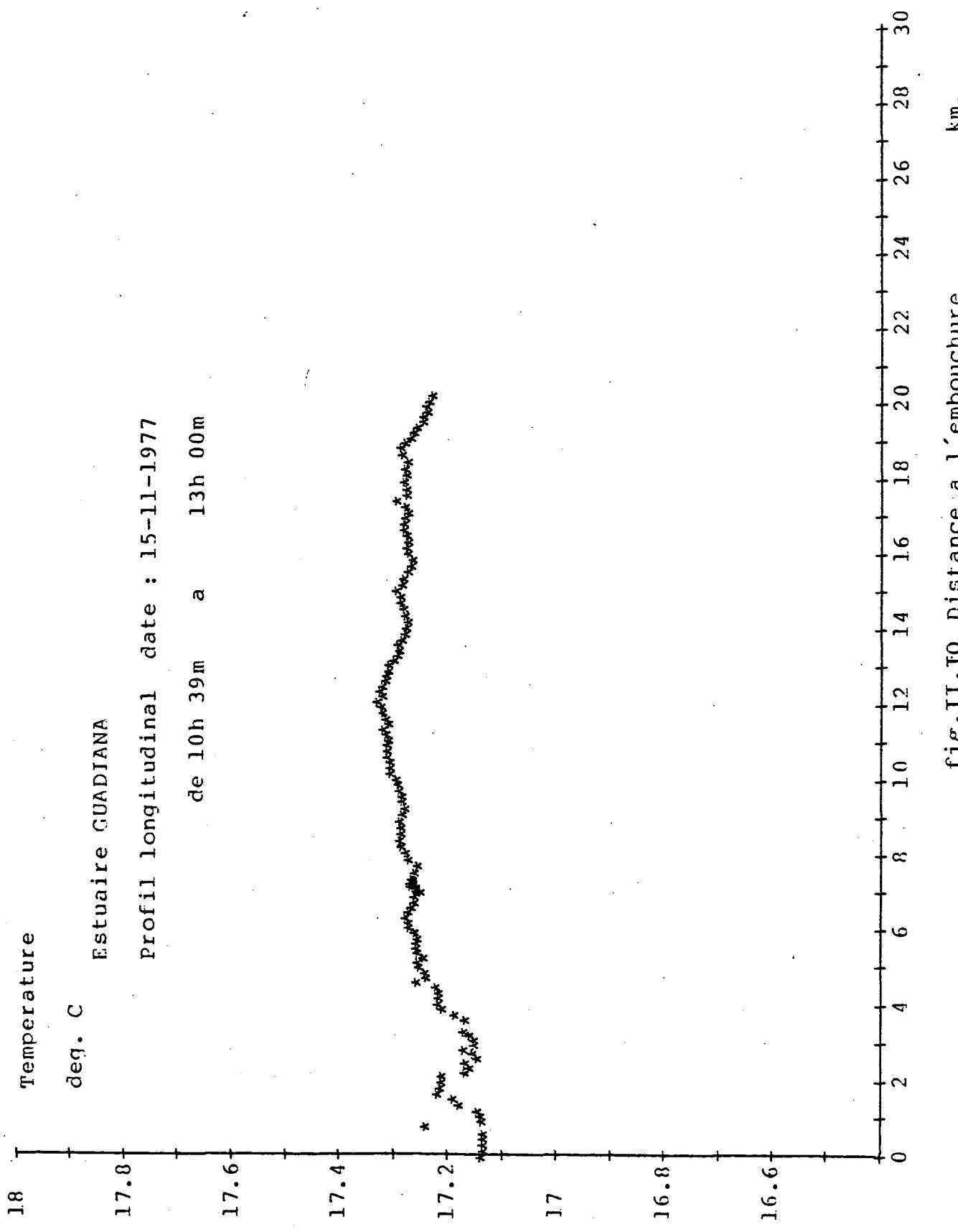


fig. II.7 Distance a l'embouchure km.







III. MESURES EN STATIONS FIXES.

III.I. Introduction

Trois nuits ont été consacrées aux mesures en stations fixes, au cours de la campagne du mois de novembre :

du 7 au 8.II.1977 à Vila Real
du 9 au 10.II.1977 à Ayamonte
du 14 au 15.II.1977 au niveau du posto

fiscal "da Rocha" (cf. fig.III.I).

Les paramètres mesurés en continu sont :
la température (en surface et au fond),
la salinité (surface et fond), la turbidité,
l'oxygène dissous, la vitesse du courant
(surface et fond) et la hauteur d'eau.

Les informations techniques concernant les principes de mesures et les instruments utilisés sont regroupés dans l'annexe I.

III.2. Propagation de la marée

La table de marée qui figure dans le tableau III.I est calculée pour Vila Real. Pour les autres stations, il faut tenir compte de la propagation de l'onde de marée qui retarde cet horaire.

On retrouve sans aucune correction les heures de marée basse et de marée haute dans la figure III.2, qui représente l'évolution des paramètres physiques et chimiques à la station fixe de Vila Real.

Par contre la marée au Nord d'Ayamonte est décalée de quinze minutes environ par rapport à Vila Real.

Comme les deux stations de mesures sont distantes de 3 km on peut estimer la vitesse de propagation à 12 km/h.

III.3. Déphasage de l'étalement de marée (minimum de vitesse).

Comme pour la plupart des estuaires, on constate dans le cas du Rio Guadiana un déphasage entre l'étalement de marée et les heures de marée basse ou de marée haute. Pour la première station fixe le minimum de vitesse est retardé de 25 à 40 min par rapport à la marée haute et de 70 à 80 min par rapport à la marée basse. Ces données sont également valables pour la station de Ayamonte.

L'évolution des vitesses de surface et de fond est pratiquement synchrone pour les deux stations précitées (fig. III.2, III.3). Par conséquent, à chaque inversion de courant de surface, il existe parallèlement une inversion au niveau du fond. Par contre, lorsqu'on analyse les résultats des mesures de vitesses effectuées à la station fixe Da Rocha (fig. III.4) on constate une nette différence de comportement entre les masses d'eau de surface et de fond.

Au cours du jusant, une partie des eaux salines remonte le courant et progresse vers l'amont.

Cette caractéristique des courants de fonds se retrouve dans tous les estuaires partiellement mélangés, l'entraînement par l'eau douce d'une partie des eaux d'origine marine est compensé par un apport qui progresse vers l'amont sur le fond de l'estuaire.

En ce qui concerne les déphasages des minimums de salinité par rapport à l'heure de marée basse, il est identique à celui de l'étale de marée :

- ~ 70 à 80 min pour Vila Real
- ~ 60 à 65 min pour Ayamonte
- ~ 40 min pour da Rocha.

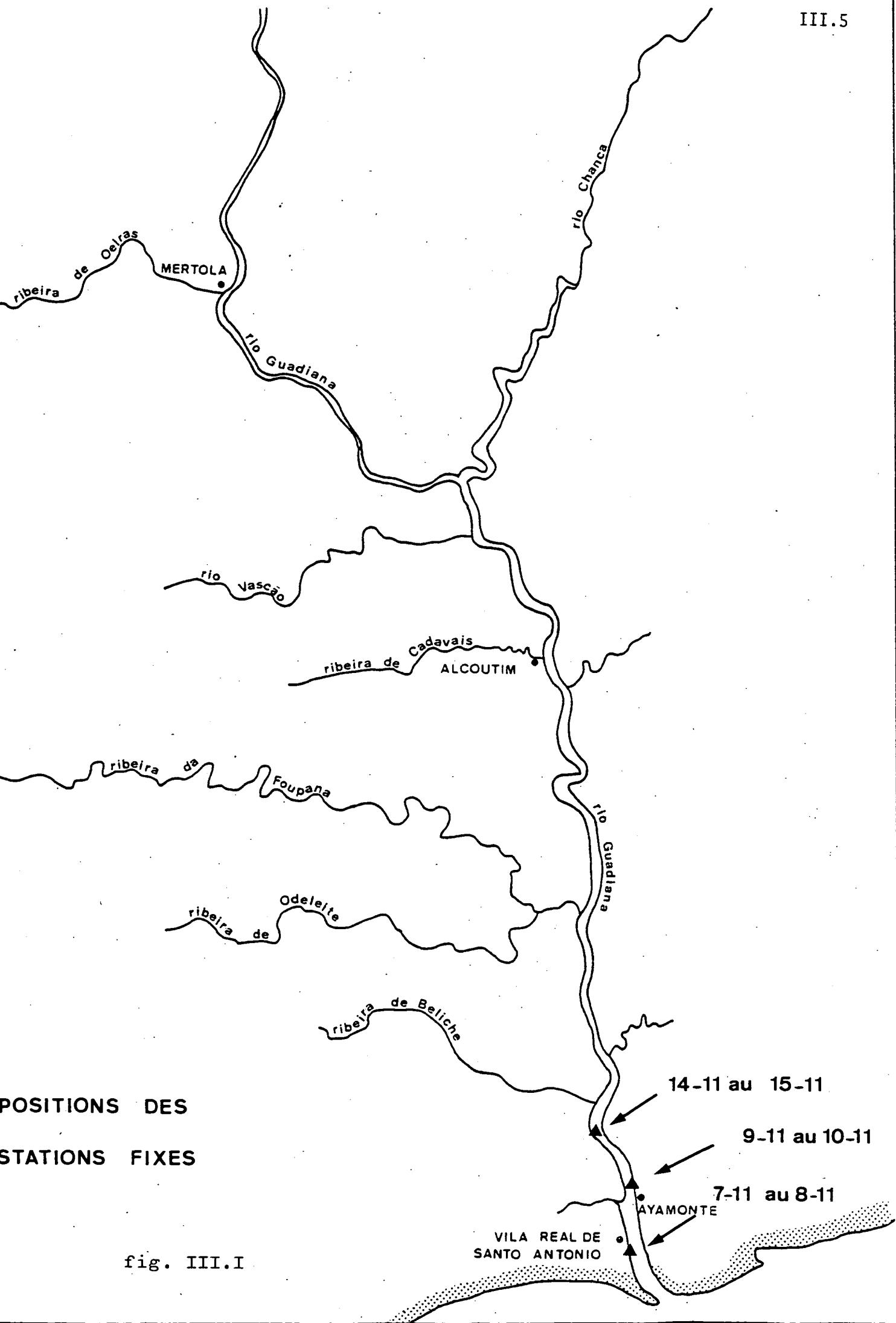
Les déphasages à marée haute sont moins significatifs car la salinité atteint en général un plateau comme en témoigne la fig. III.3.

Tableau III.I.

Table de marée correspondante aux journées de mesures en stations fixes.

- Les heures de marées sont calculées pour Vila Real.

Date	Heure		Marée
	h.	m.	
7.II.1977	II	18	h
	I7	49	b
	23	48	h
8.II.1977	06	06	b
	I2	06	h
9.II.1977	I9	18	b
10.II.1977	01	I4	h
	07	39	b
	I3	33	h
I4.II.1977	22	50	b
I5.II.1977	04	52	h
	II	28	b



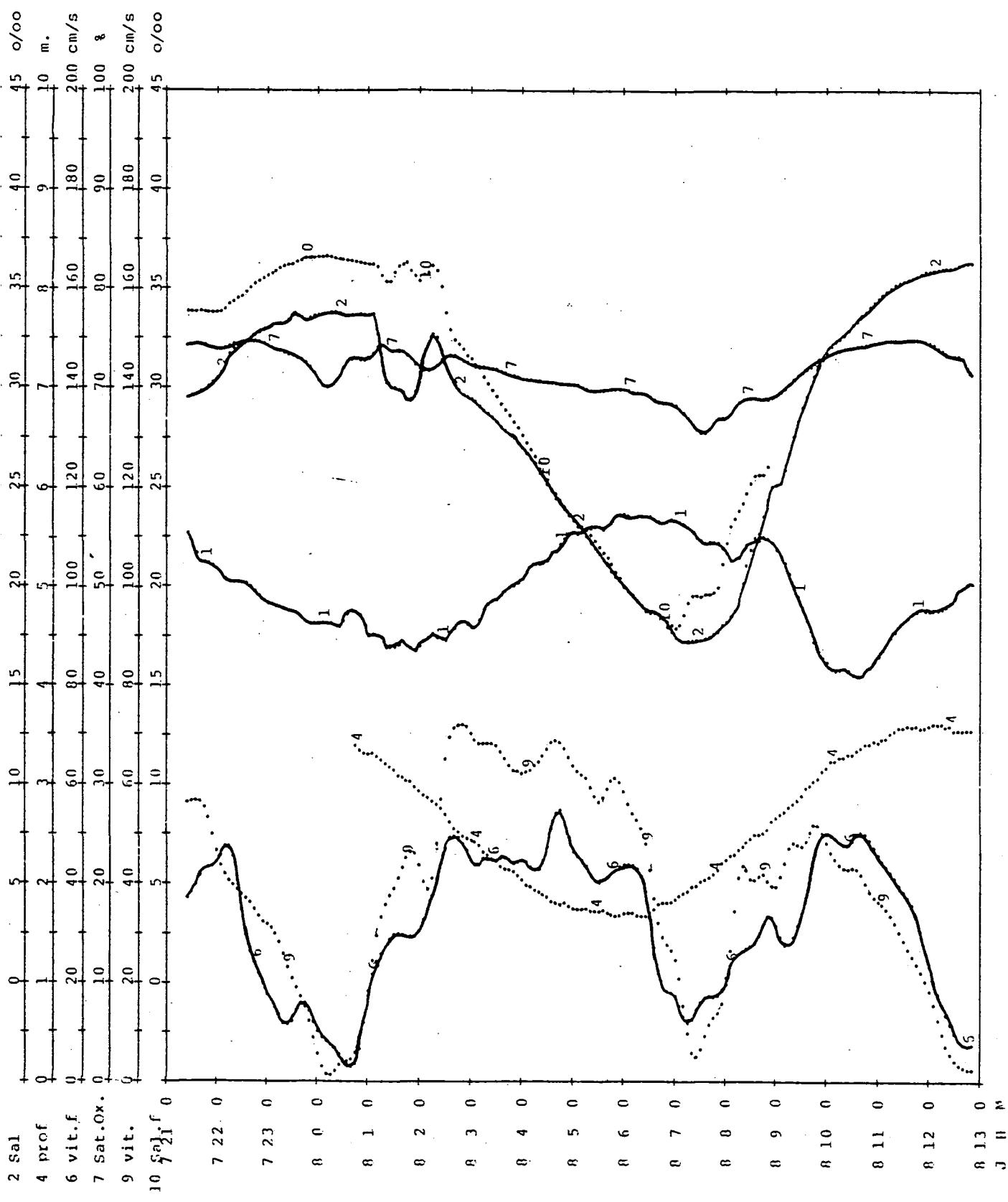


fig. III.2

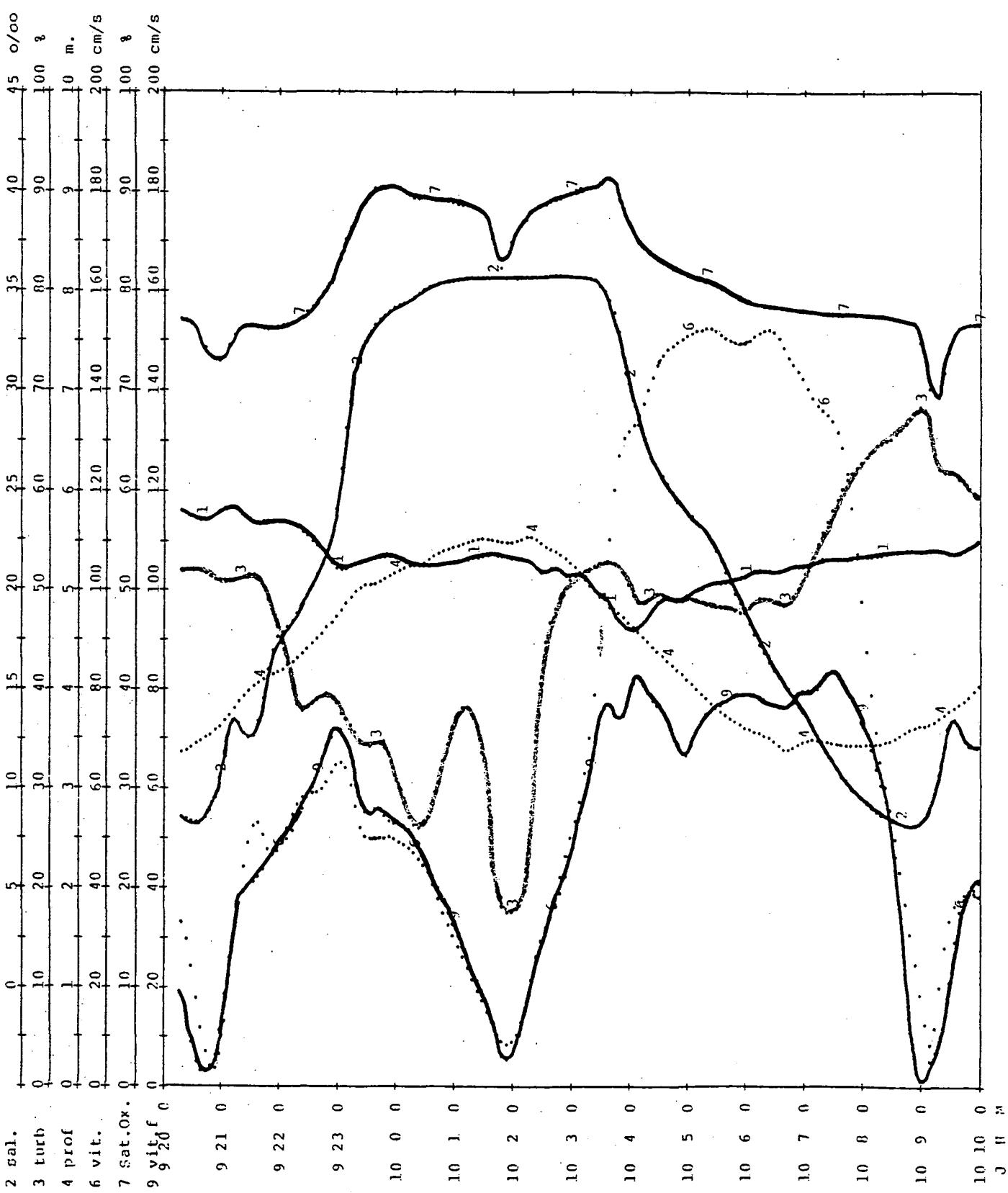


fig. III.3

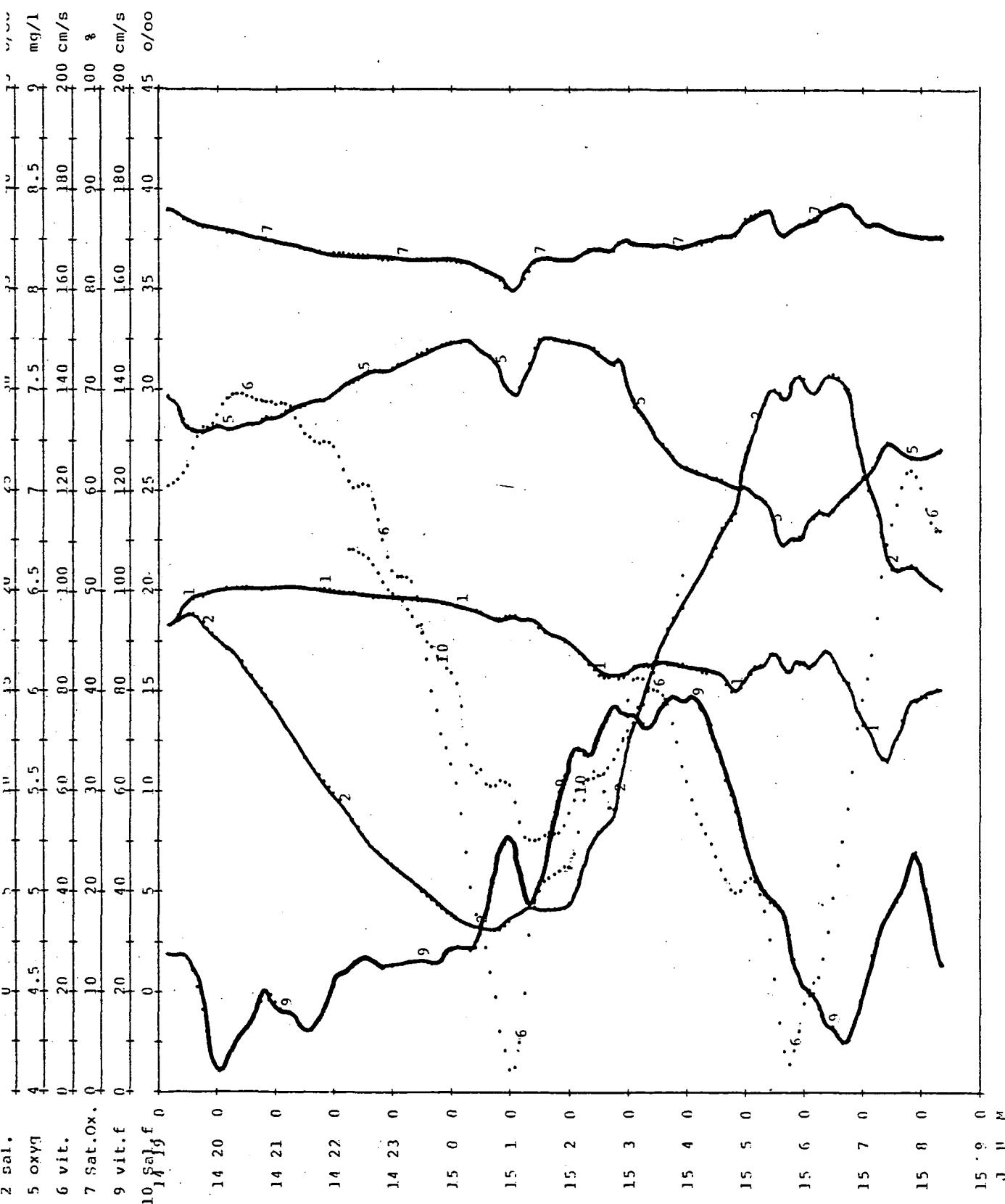


fig. III.4

IV. EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

IV.I. Turbidité

Les teneurs en matières en suspensions ont été mesurées soit par filtration et pesée dans le cas de la prise d'échantillons, soit par absorption lumineuse dans le cas des mesures en continu.

La variation de la turbidité en fonction de la distance à l'embouchure est représentée dans la figure IV.2.

Ces prélèvements ont été effectués au cours de deux journées (7 et 9.II.1977). On remarque un net apport de matières en suspension au niveau de la confluence avec le rio de Odeleite (kilomètre 22).

Il est fréquent de rencontrer, tant dans l'estuaire du rio Guadiana qu'à l'embouchure un front net qui sépare deux eaux de qualités distinctes. La différence d'aspect extérieur entre l'eau douce et l'eau d'origine marine est principalement fonction de la turbidité.

La mesure en continu effectuée au cours de la station fixe en face de Ayamonte illustre cette remarque : la teneur en matières en suspension passe par un minimum à marée basse et par un maximum au moment de l'étalement de marée haute (fig. III.3).

IV.2. Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous dans les échantillons prélevés en surface est mesurée par la méthode de Win kler. Les mesures en continu ont été obtenues par une sonde spécifique.

Les teneurs exprimées en pourcentage de saturation par rapport à l'atmosphère varie de 75 à 90 %.

Dans la région estuarienne, le maximum en oxygène correspond à la marée haute, et se rapproche sensiblement de 100 % de saturation (fig. III.3).

Les teneurs en oxygène dissous élevées mesurées en amont au cours du profil du 7.II.1977 (fig IV.4) sont probablement dues à la photosynthèse réalisée par les populations phytoplanctoniques, mais surtout par les macrophytes nombreux au-delà du kilomètre 25 (la salinité se situe, en amont de ce point, pratiquement toujours en dessous de 1 %). La production d'oxygène dans cette région du Guadiana est surtout fonction de l'ensoleillement, pour cette raison les concentrations mesurées en un point dépendent très fortement de l'heure de prélèvement et des conditions atmosphériques.

IV.3. Nutrients

L'ensemble des mesures de nutrients réalisées à partir des séries d'échantillons prélevés au cours des journées du 7, 8 et du 9.II.1977 sont résumées dans les figures IV.5 et IV.6. On remarque que, par rapport à la salinité, la silice dissoute et les nitrates suivent bien une droite de dilution.

Par contre la concentration en NH_4^+ est bien corrélée avec la teneur en matières en suspension. En effet on observe au niveau du kilomètre 22 un maximum en NH_4^+ (fig IV.2, IV.5 et 6). Ce maximum correspond au mélange des eaux du Guadiana avec les eaux en provenance du rib. de Odeleite.

Mais à ce stade de l'étude, le nombre de données est trop faible pour mettre en évidence une consommation ou une adsorption des phosphates comme le laisseraient supposer les diagrammes IV.5 et IV.6.

De même, quelques mesures effectuées dans le rib. de Odeleite devraient permettre de différencier les phénomènes bio-chimiques des apports réels.

Tableau IV.I

7 Novembre 1977.

Point de prélèvement	O ₂ dissous mg/l	température °C	Turbidité mg/l	Salinité %
2	6,93	18,40	18,00	20,94
5	7,10	18,51	19,30	20,00
7	6,88	18,60	23,64	16,64
9	6,88	18,70	25,13	12,91
II	7,36	18,63	24,86	8,80
I4	7,33	18,57	26,92	6,27
I7	7,94	18,47	49,28	1,48
I9	8,38	18,45	44,25	0,21
22	9,15	18,62	10,00	0,06
23	9,12	18,47	17,03	0,04

9 Novembre 1977.

3	6,52	18,00	35,00	-
7 bis	7,16	17,97	19,60	33,34
8	7,16	17,90	18,30	31,22
10	6,84	17,94	33,40	24,26
I3	6,80	18,00	17,10	17,04
I5	6,32	18,00	22,90	14,75
I5 bis	6,84	18,01	30,00	11,13
I6	6,40	18,13	29,38	8,01
I7	6,48	18,05	68,16	3,16
21	7,04	18,11	29,14	0,13

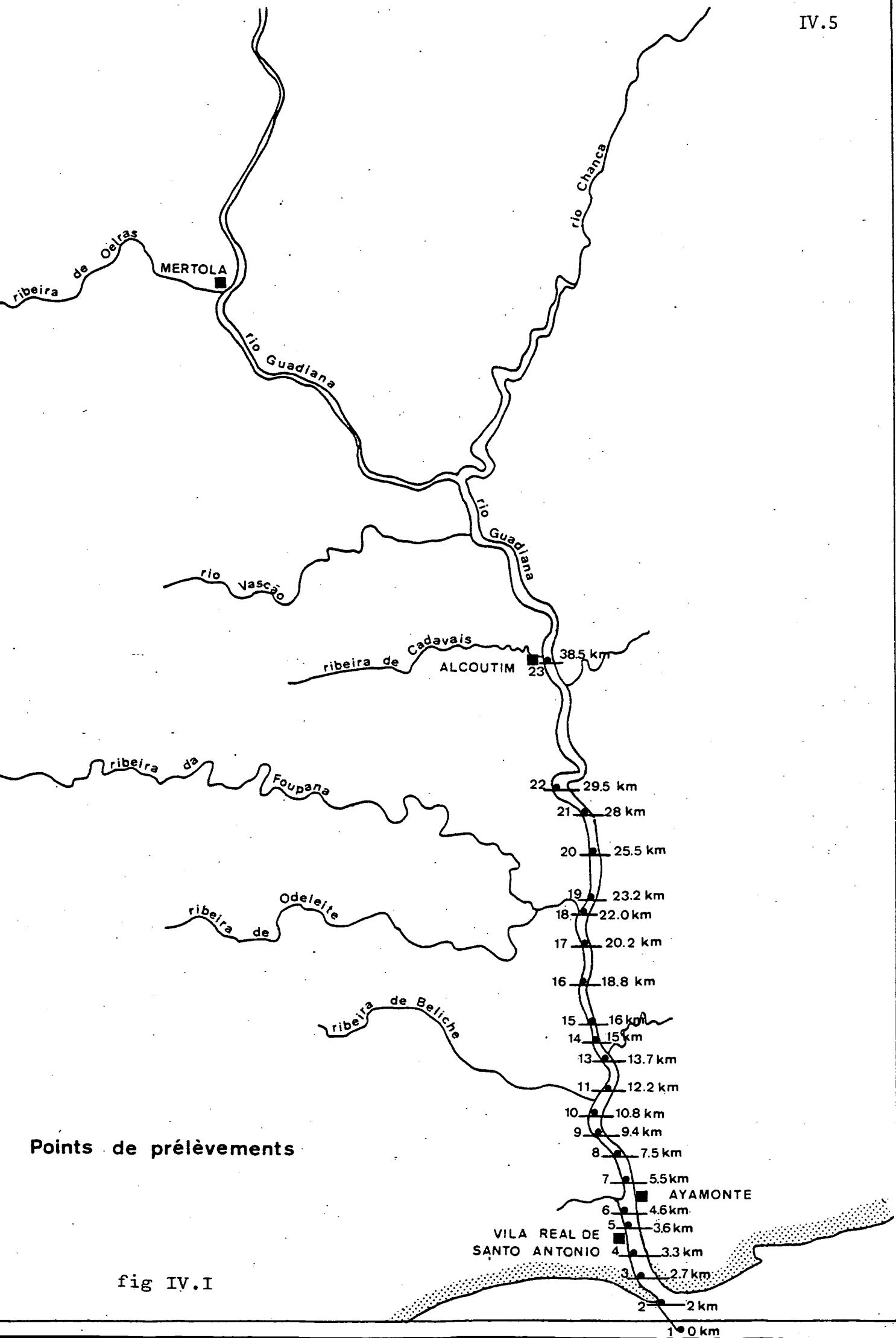


fig IV.1

GUADIANA

■ 7 novembre 1977
 ● 9 novembre 1977

0 5 10 15 20 25 30 35 40 Kilometre

Transparence
 mg l^{-1}

70

60

50

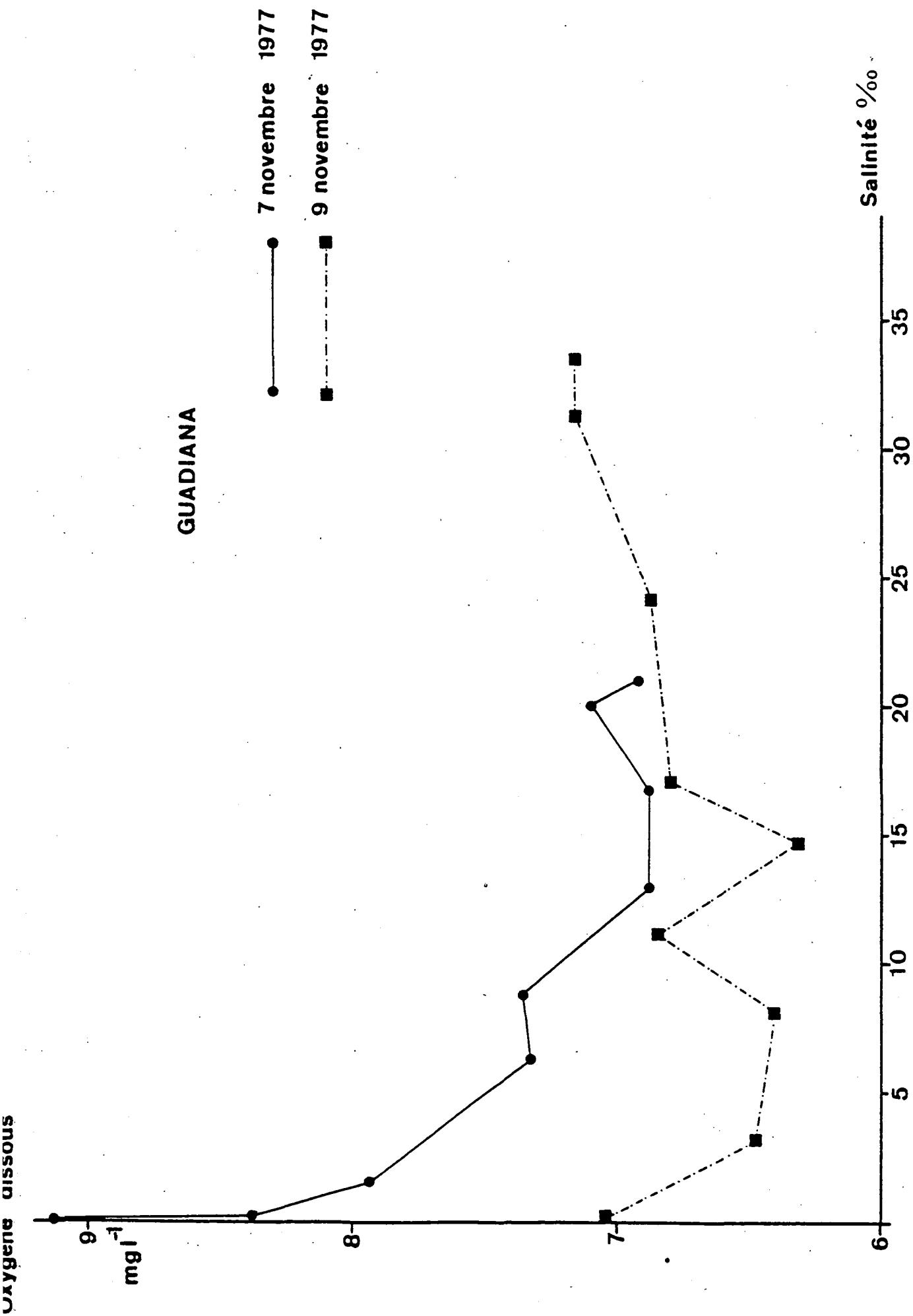
40

30

20

10

FIG IV.2.



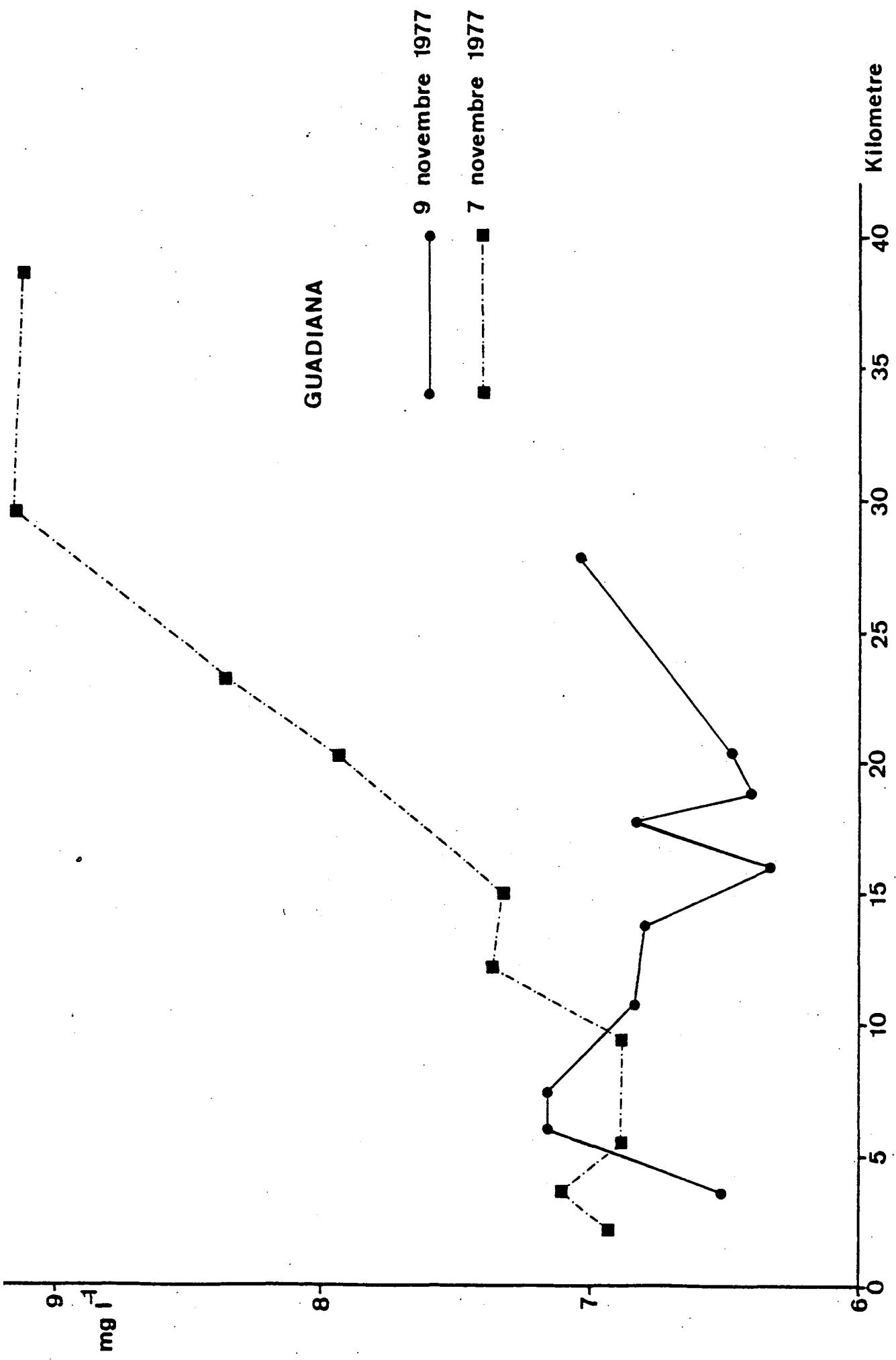


fig IV.4.

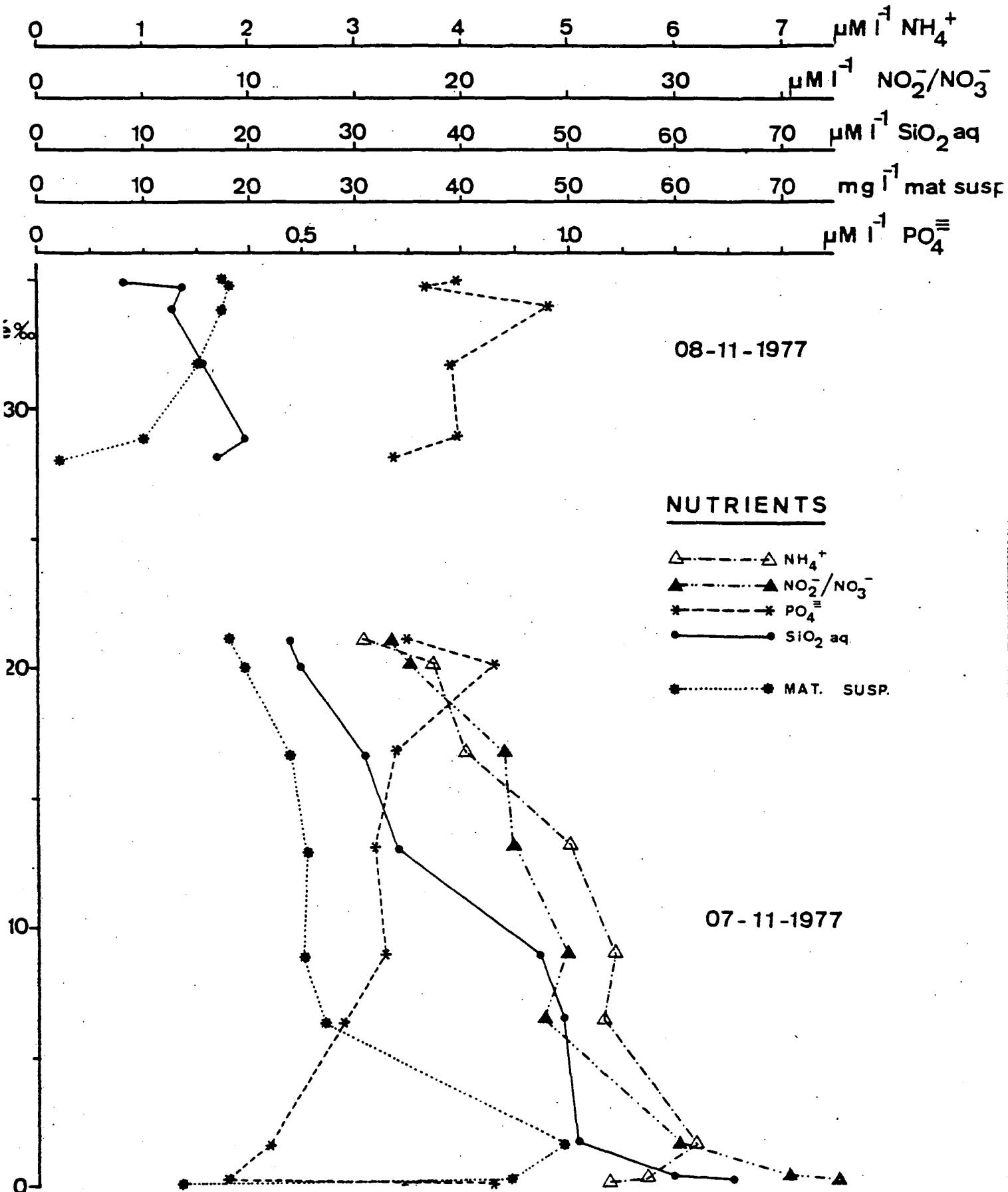


fig IV.5

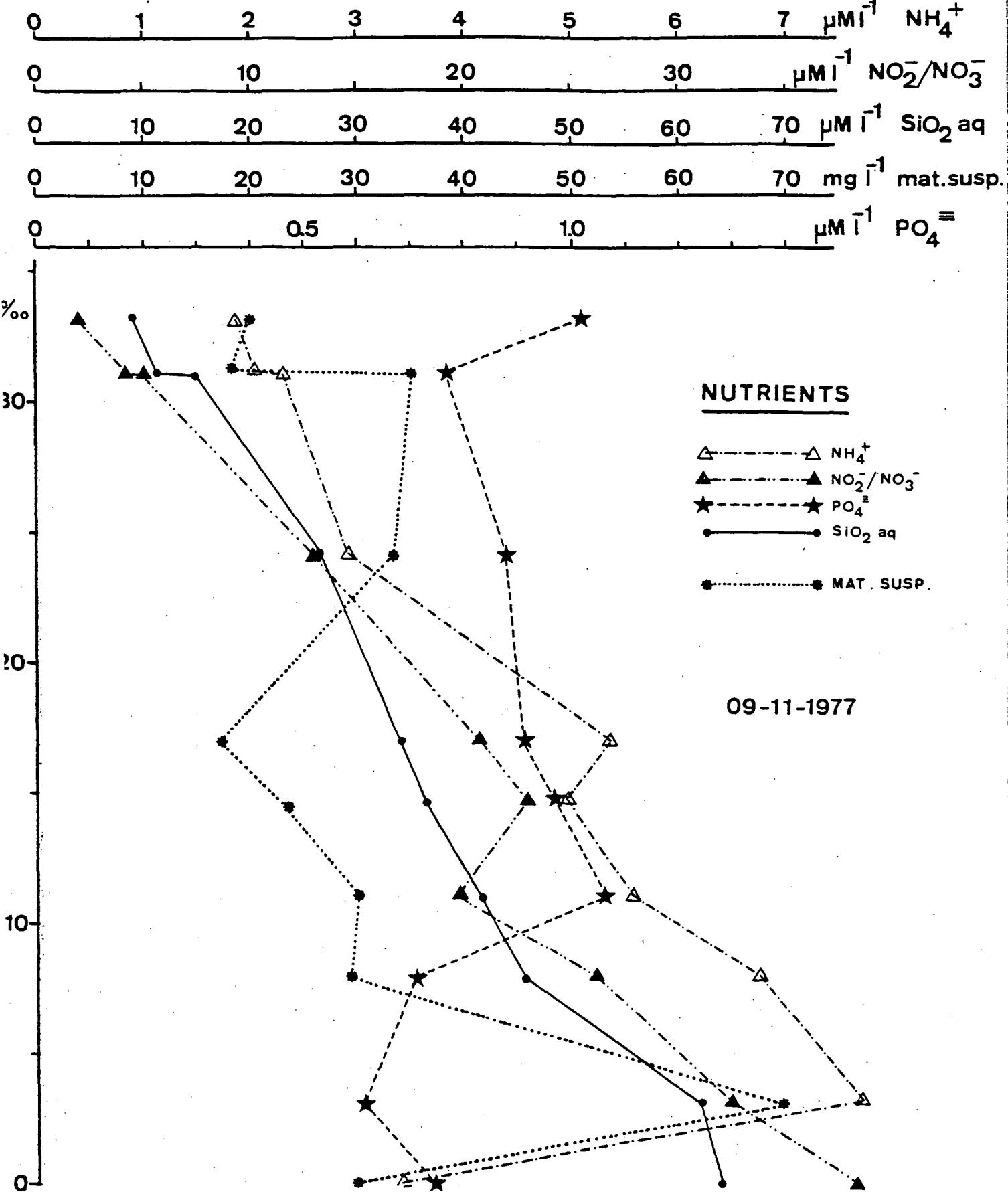


FIG IV.6

V. EMBOUCHURE ET ZONE COTIERE.

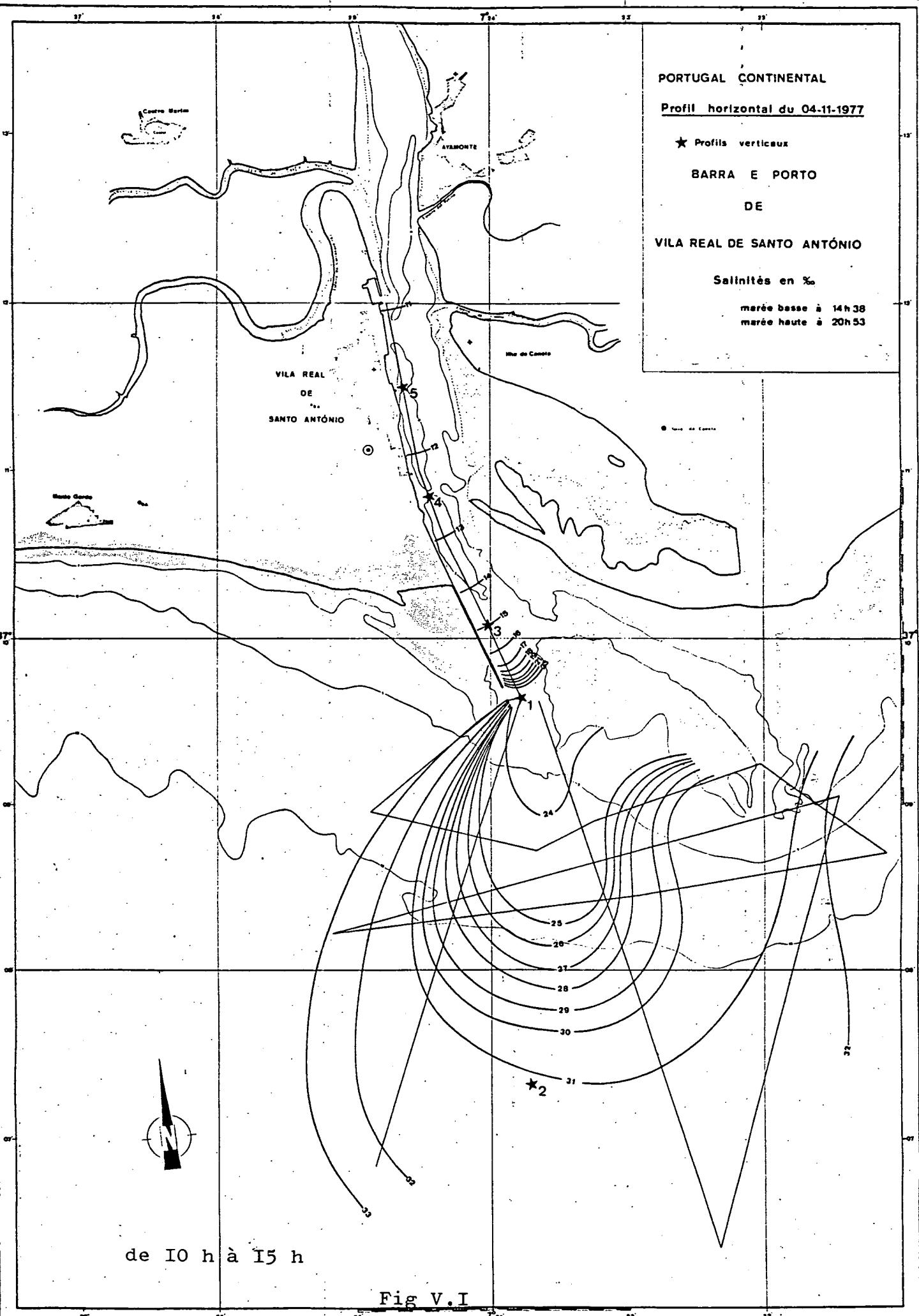
Le comportement des eaux estuariennes, à l'embouchure du Rio Guadiana a été étudié au cours de trois journées. Chaque profil est représenté par une carte de répartition spatiale de salinité, les diagrammes des profils verticaux exécutés le même jour et un diagramme T.S.

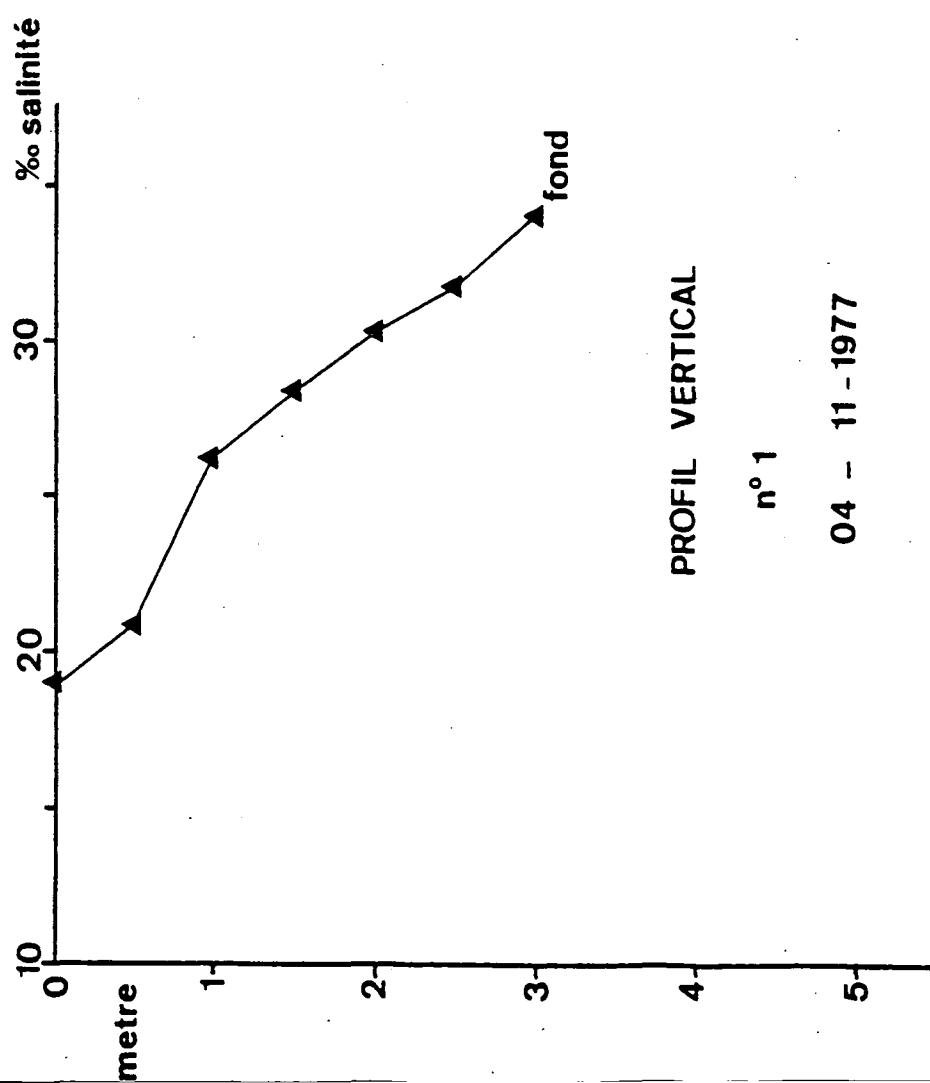
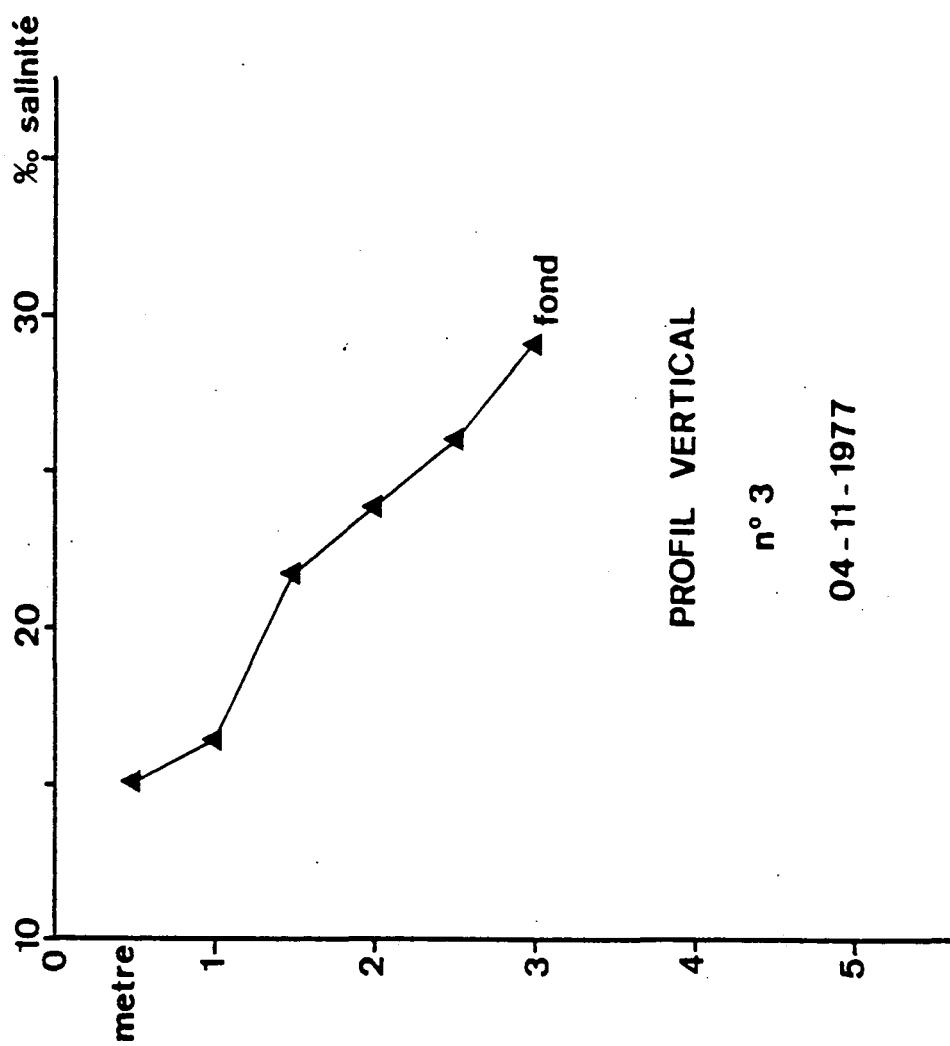
A marée basse, la zone de mélange des eaux estuariennes et d'origine marine, se situe à l'embouchure même du Rio. En effet, à hauteur de l'extrémité de la jetée, le gradient de salinité en surface est particulièrement élevé à marée basse (cf. fig V.I). Au-delà de cette zone de mélange turbulent, les échanges verticaux deviennent négligeables et la dispersion des eaux estuariennes, moins denses se poursuit en surface. On observe alors sur les profils verticaux, un interface distinct (fig. V.3).

D'après les résultats des situations à mi-marée et à marée haute (fig V.6 et fig V.II), on peut mettre en évidence l'effet de la jetée sur le processus de mélange entre les deux masses d'eaux.

En effet il semble qu'une partie des eaux estuariennes restent bloquées à l'ouest de la construction (fig V.6 et V.II).

L'ensemble de ces résultats doit être considéré par rapport au nombre réduit de données disponibles pour le rio Guadiana. Seules, des mesures spatio-temporelles complètes permettront de tirer des conclusions plus précises sur le comportement de cet estuaire en fonction de différentes situations météorologiques et hydrologiques.





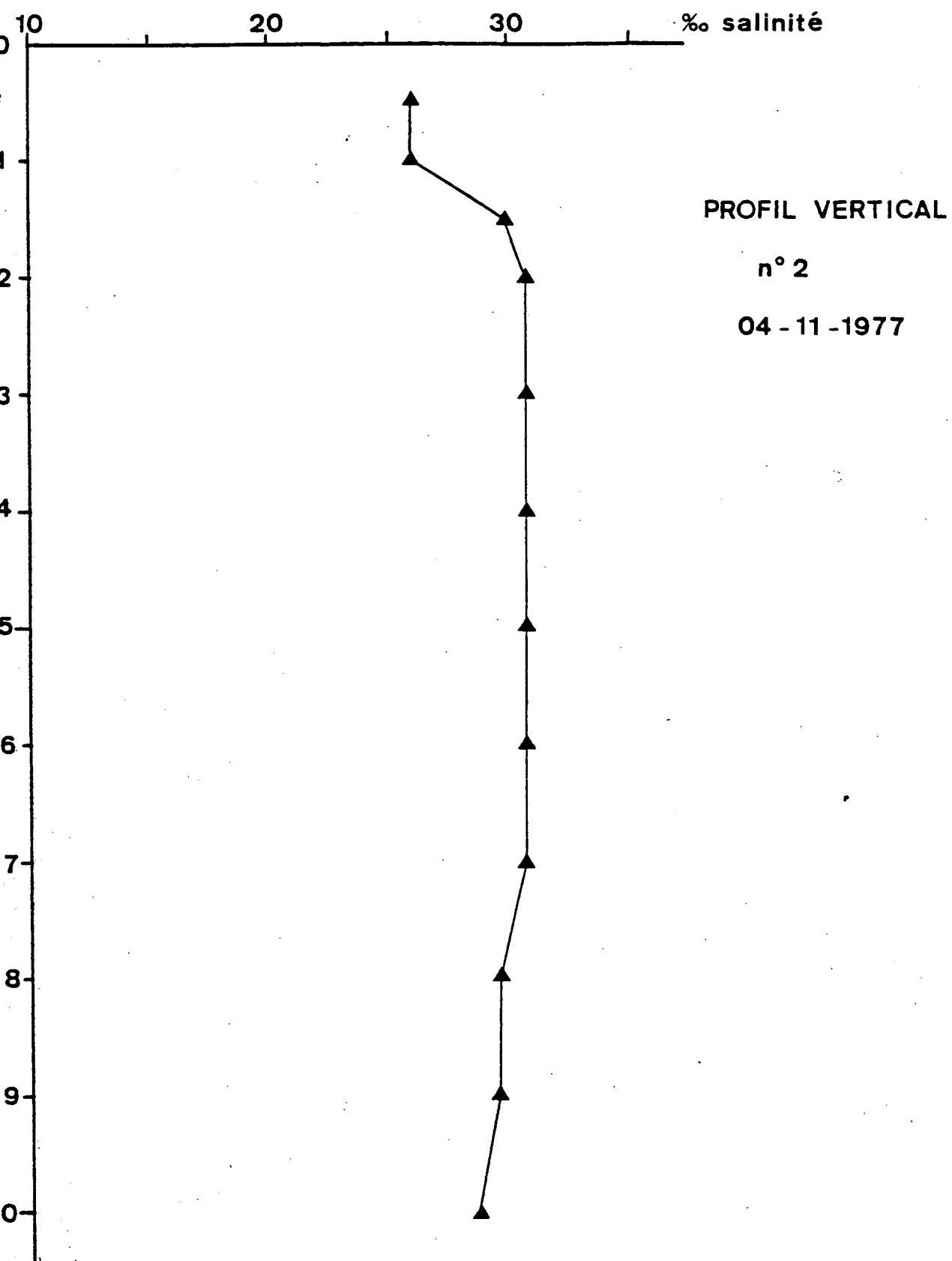


fig. V.3

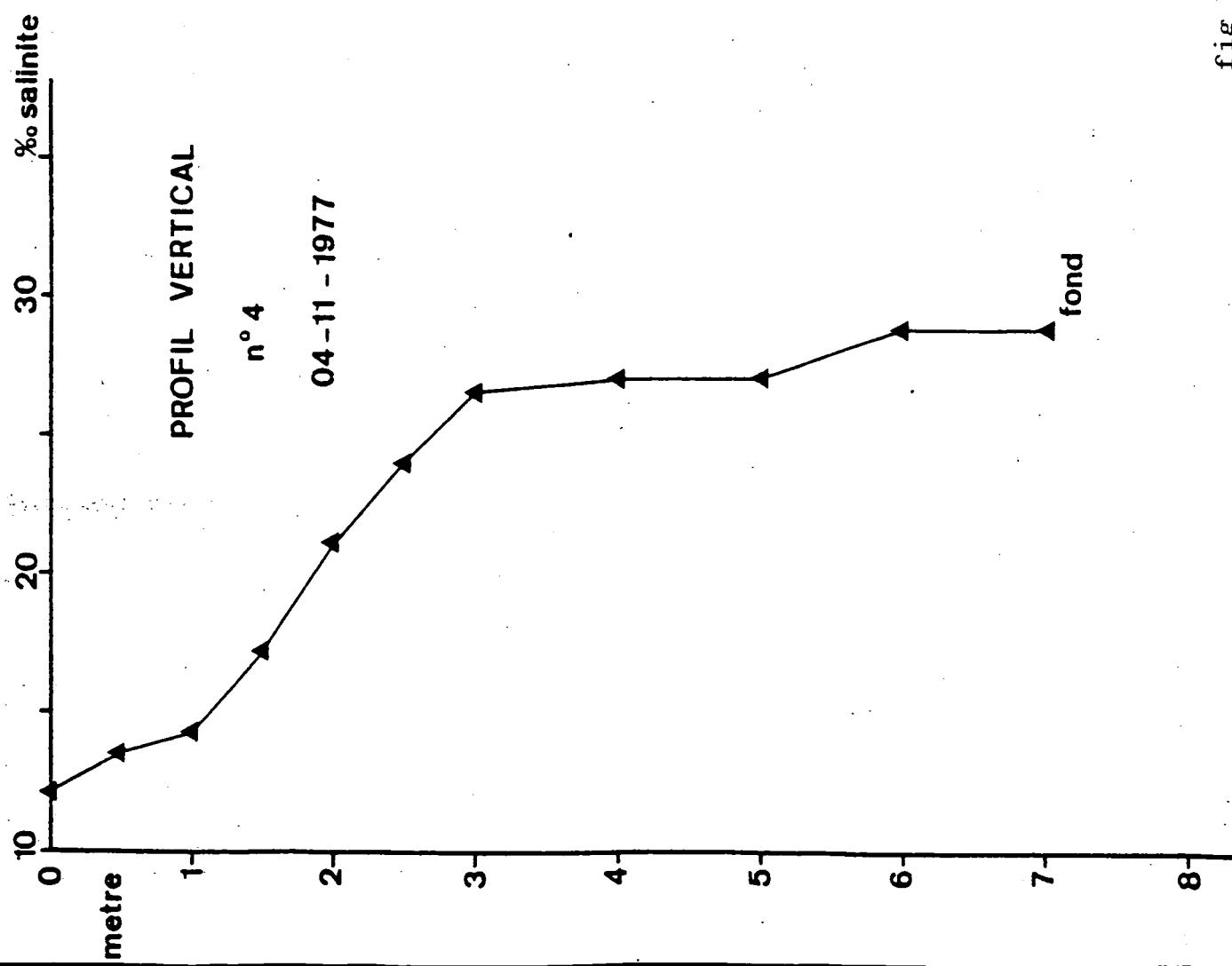
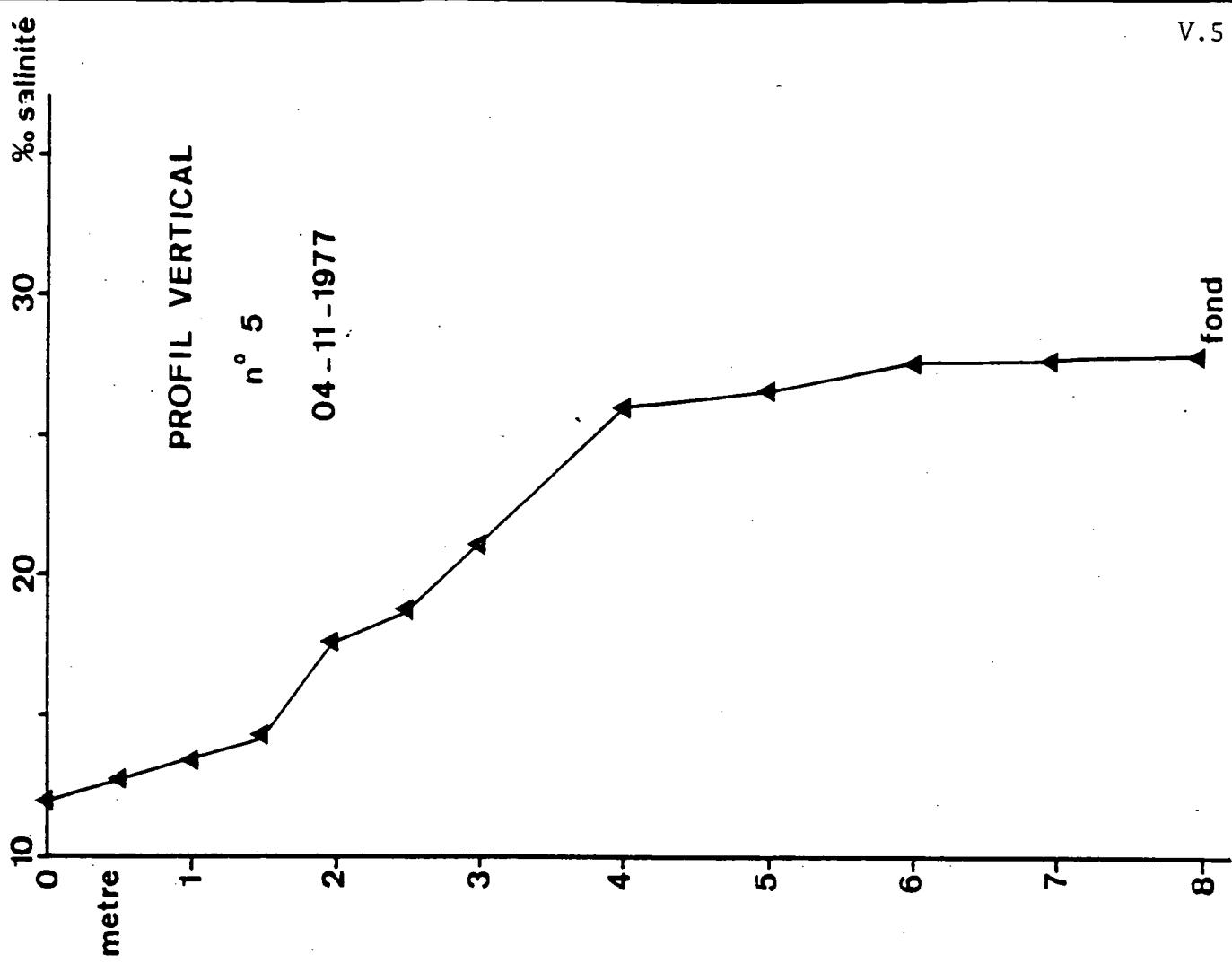


fig V.4

profil horizontal à l'embouchure

36

34

32

30

28

26

24

22

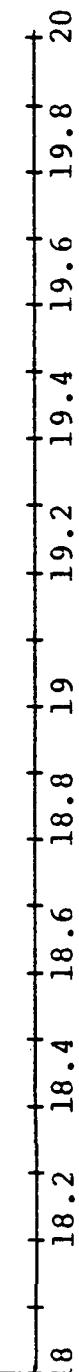
20

18

16

14

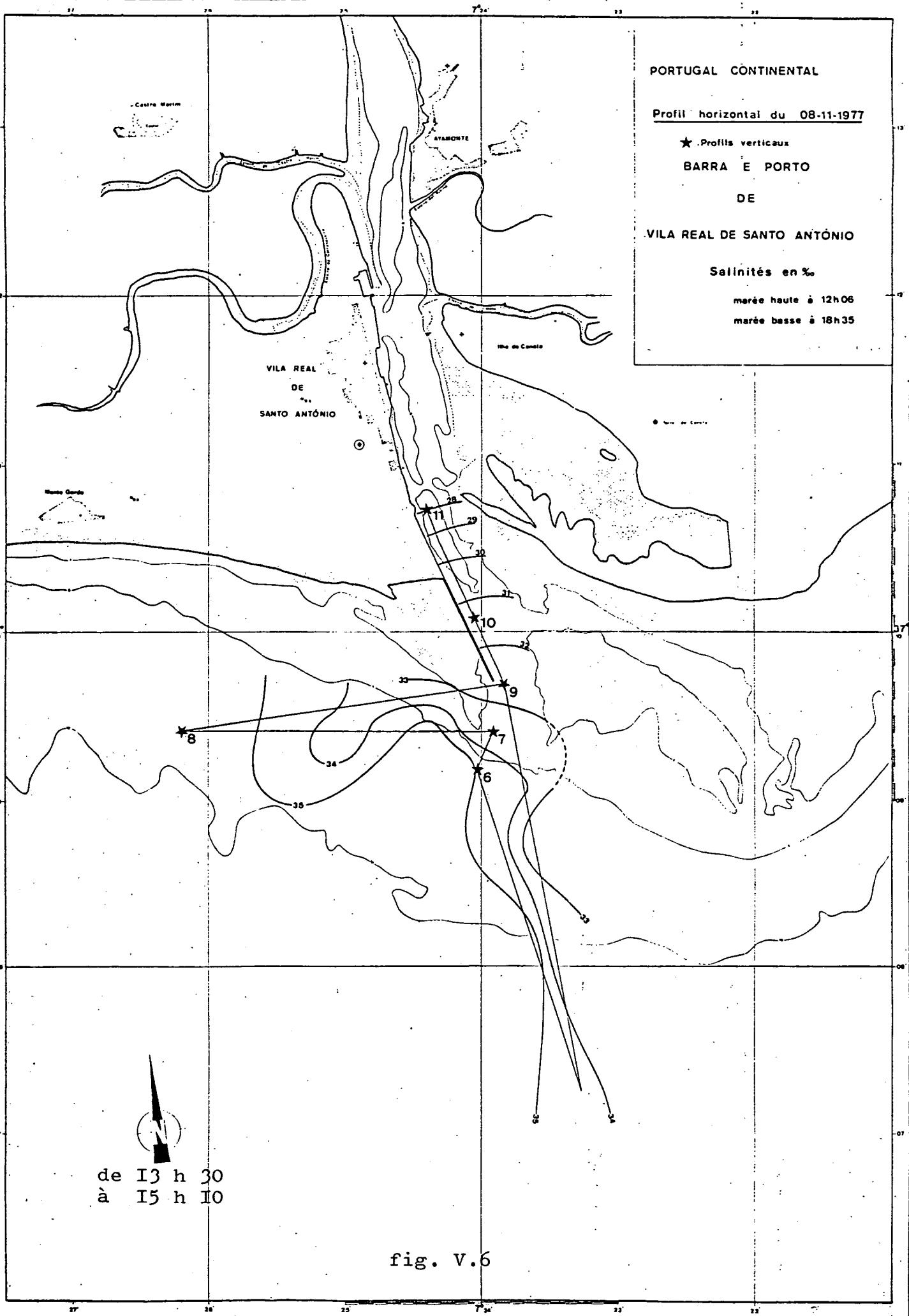
12



Date : 04-11-1977

de 09h 38m à 14h 46m

fig V.5 Temperature deg. C



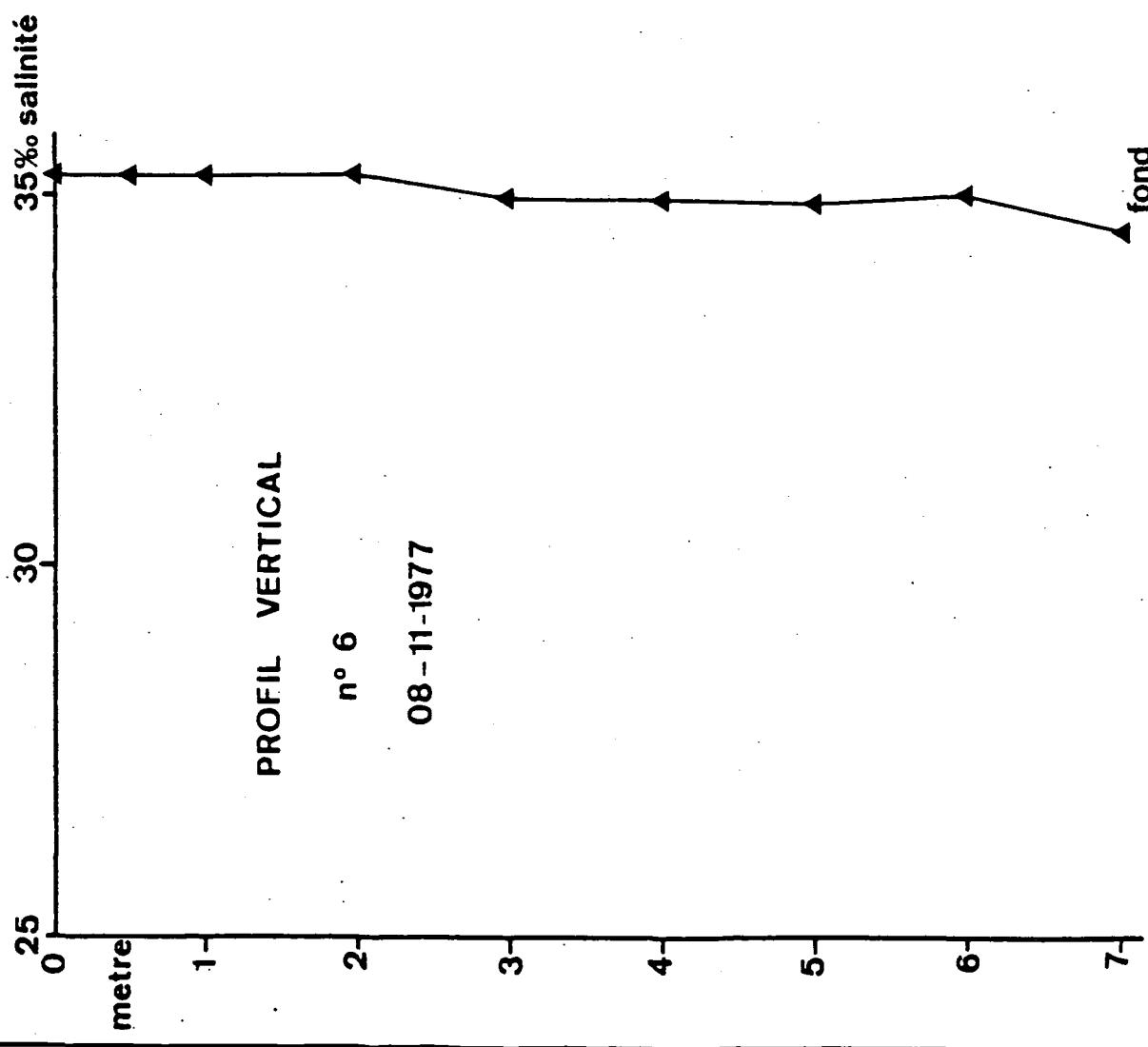
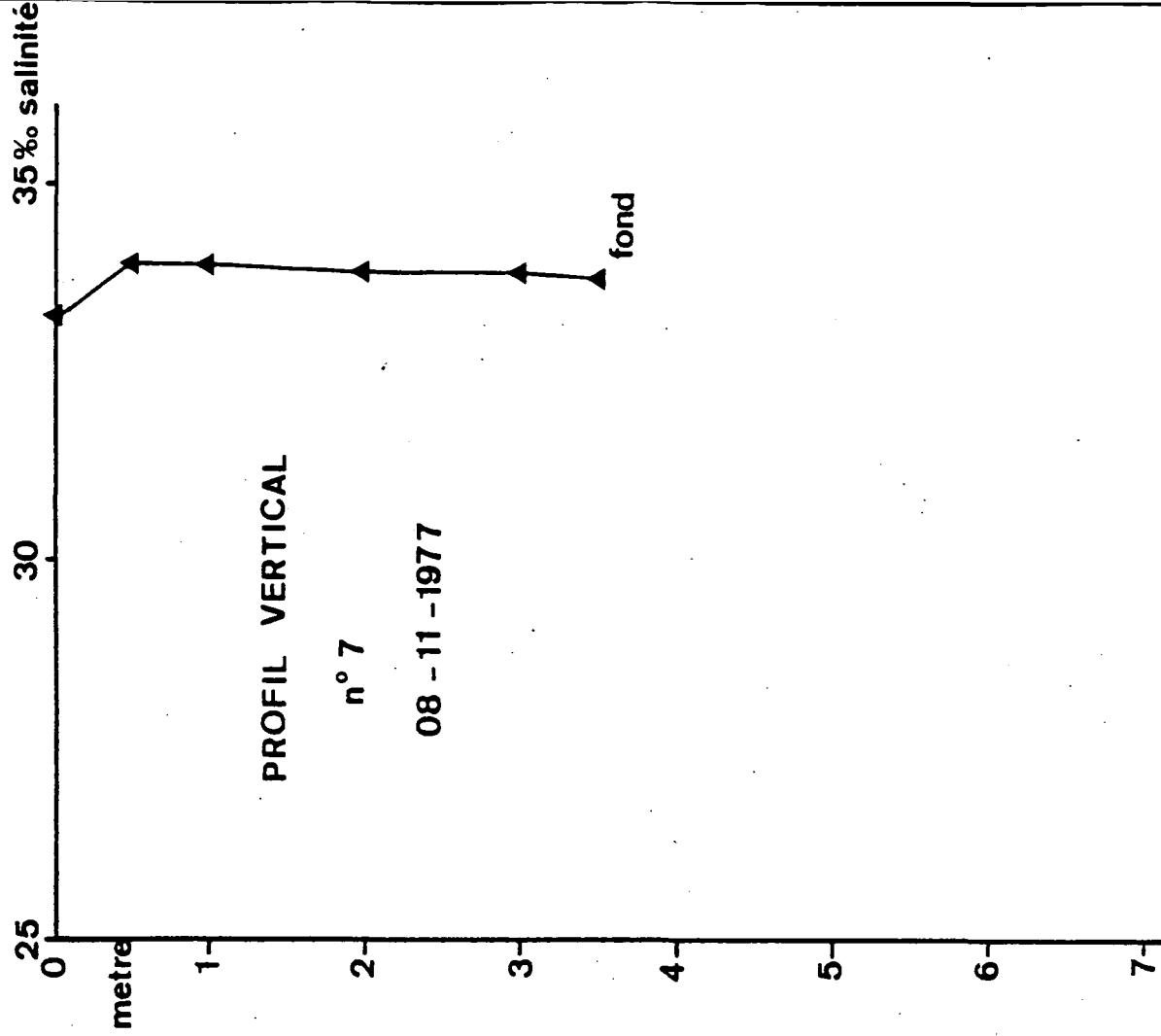


fig. V.7

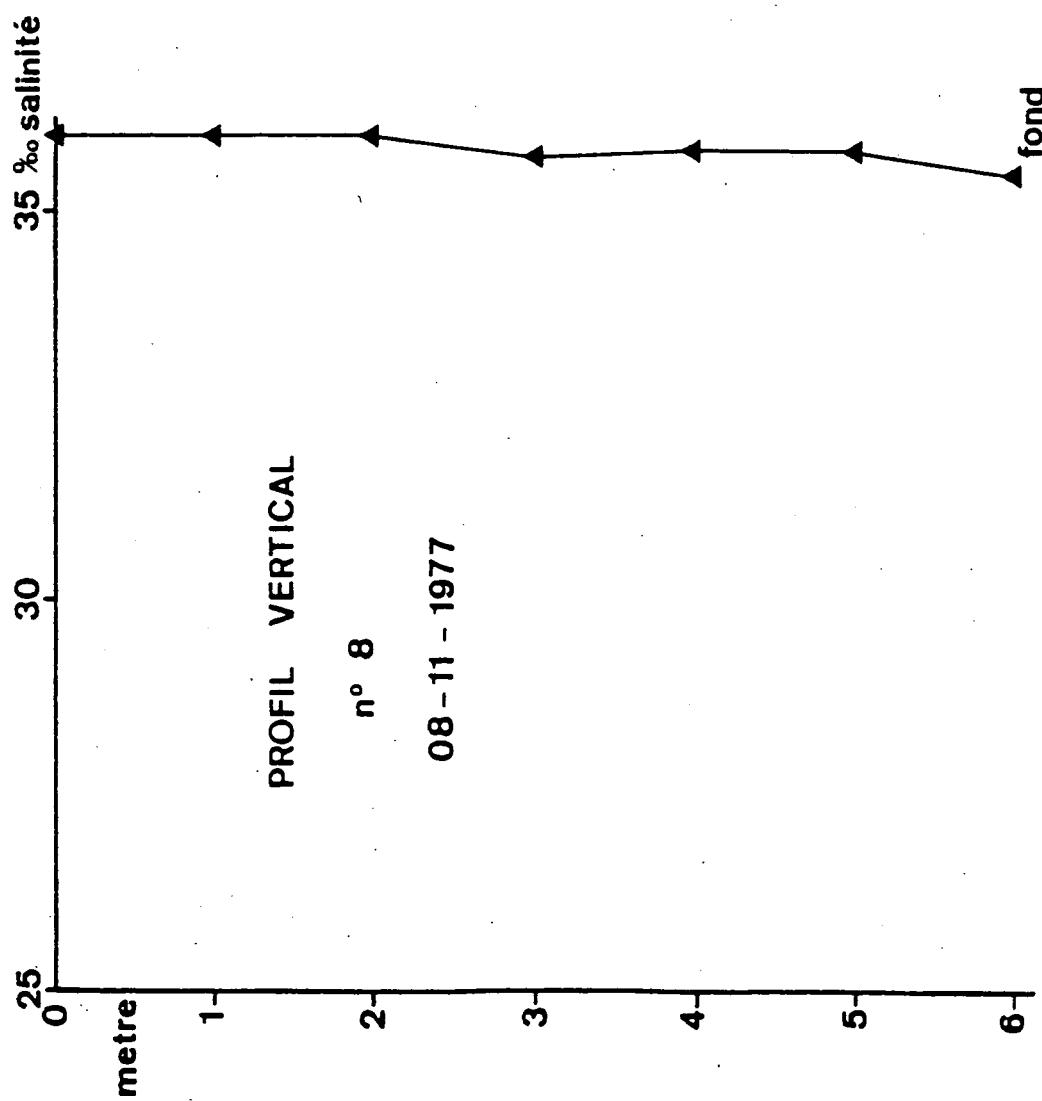
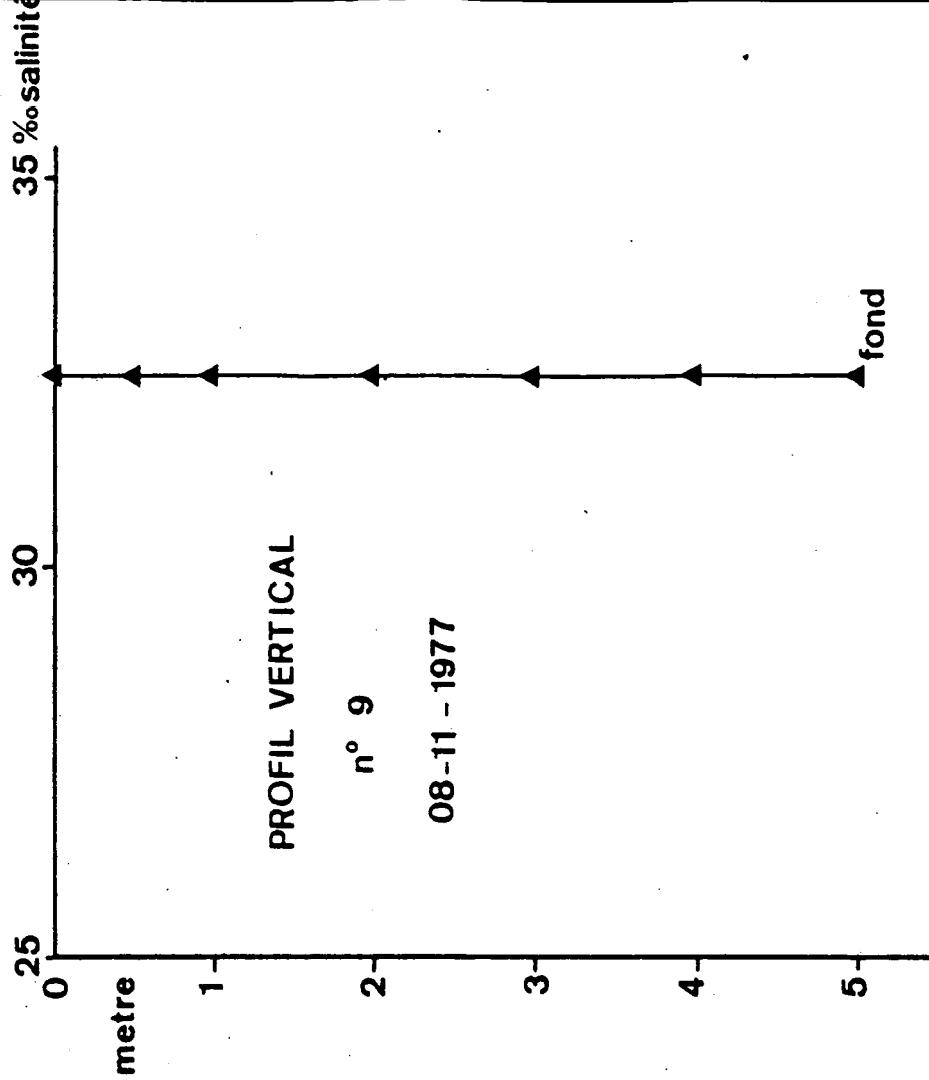


fig V.8

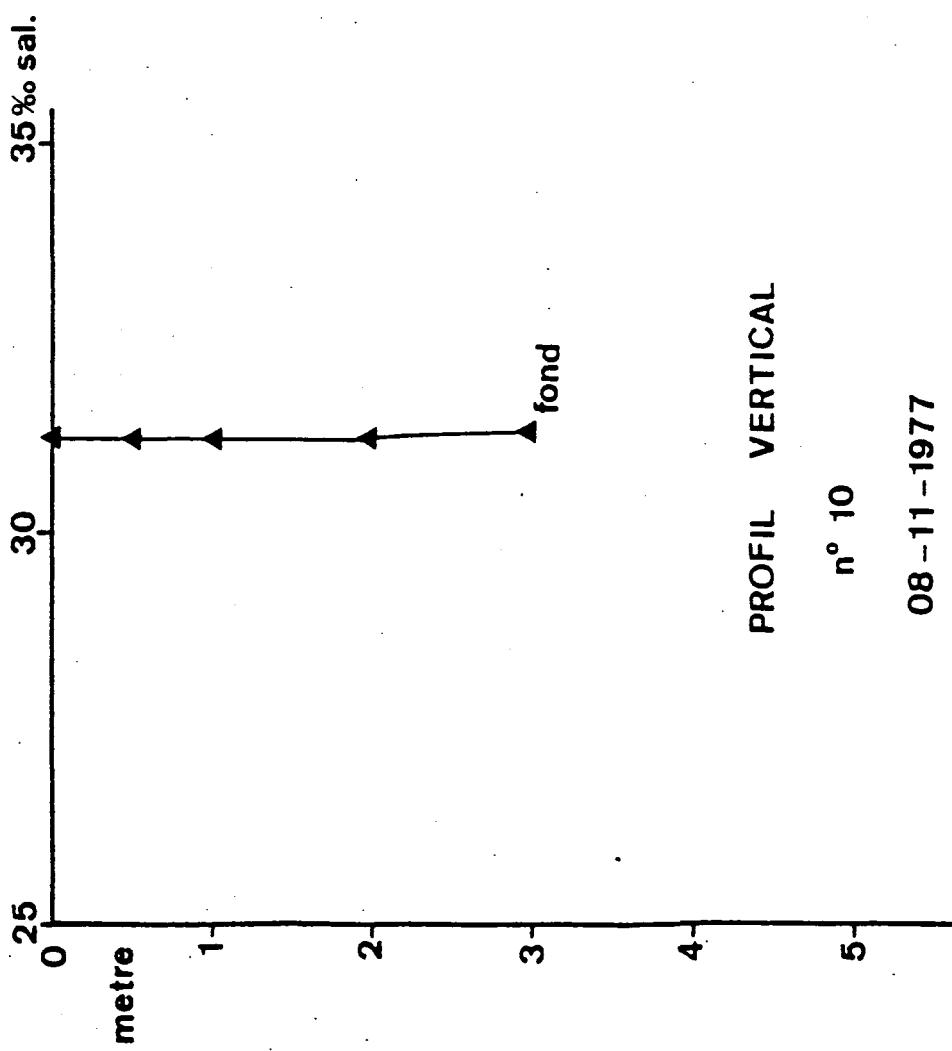
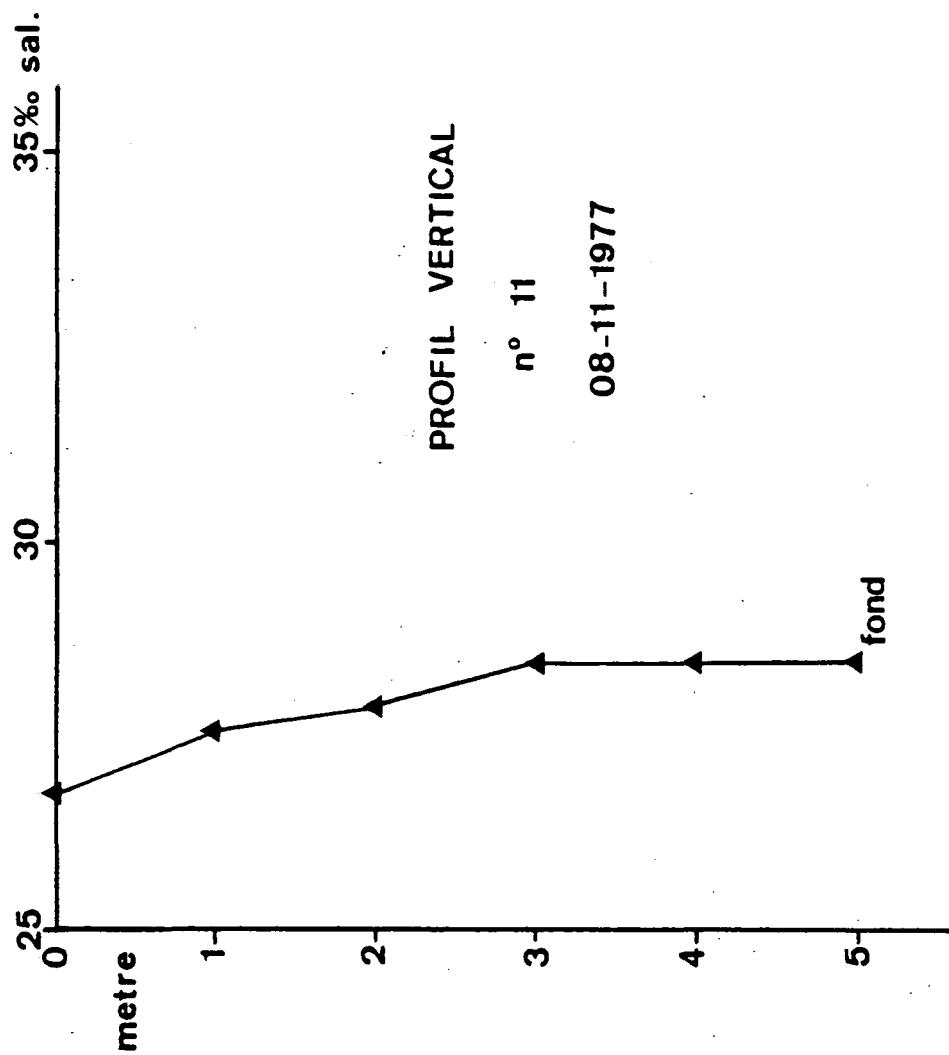


fig. v.9



ESTUAIRES RIO GUADIANA

Diagramme T-S

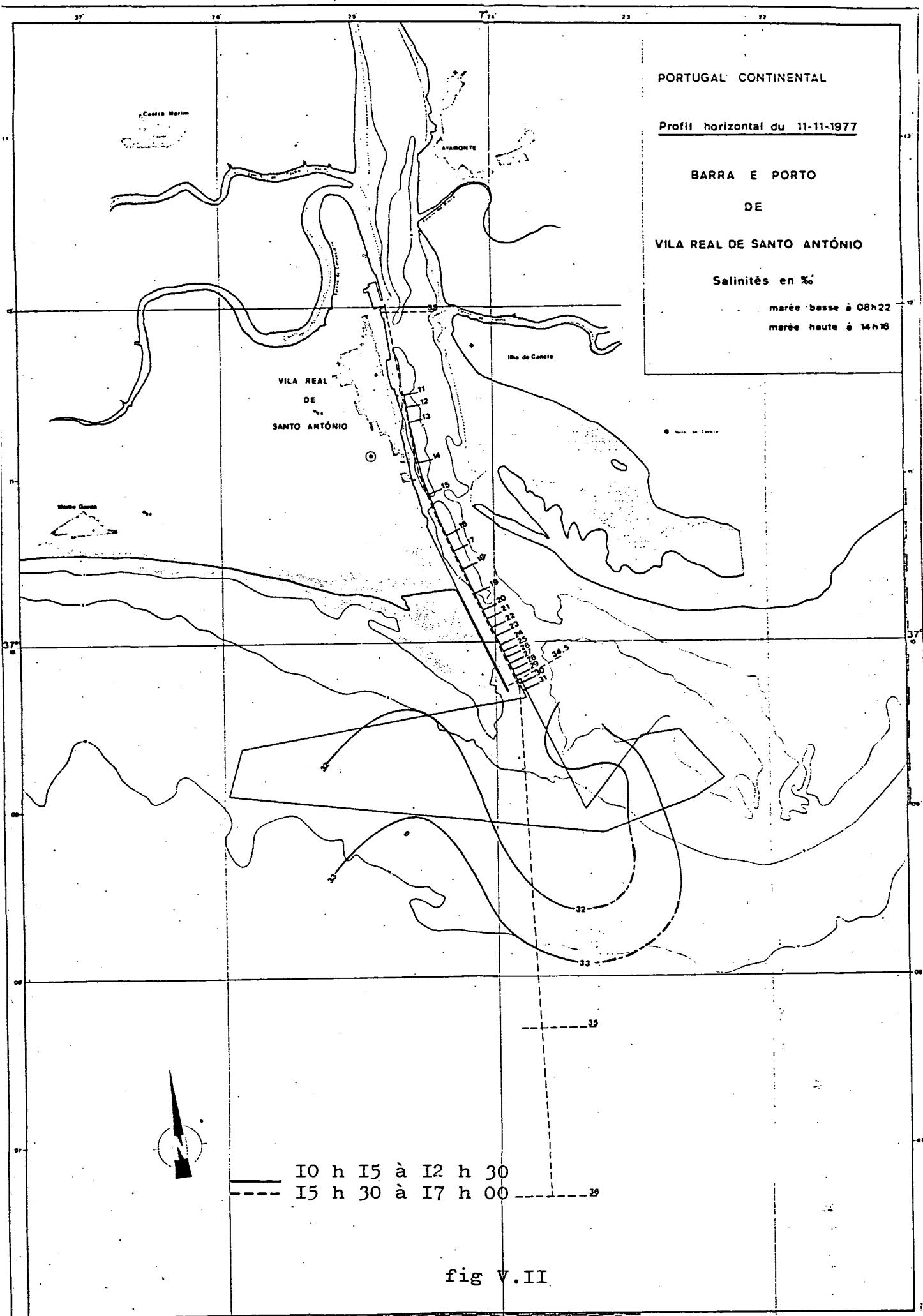
14h 05m à 16h 41m

Profil horizontal à l'embouchure

Date : 08-11-1977



fig V.IOTEMPERATURE deg. C



Profil horizontal à l'embouchure

date : 11-11-1977

de 10h 18m à 17h 36m

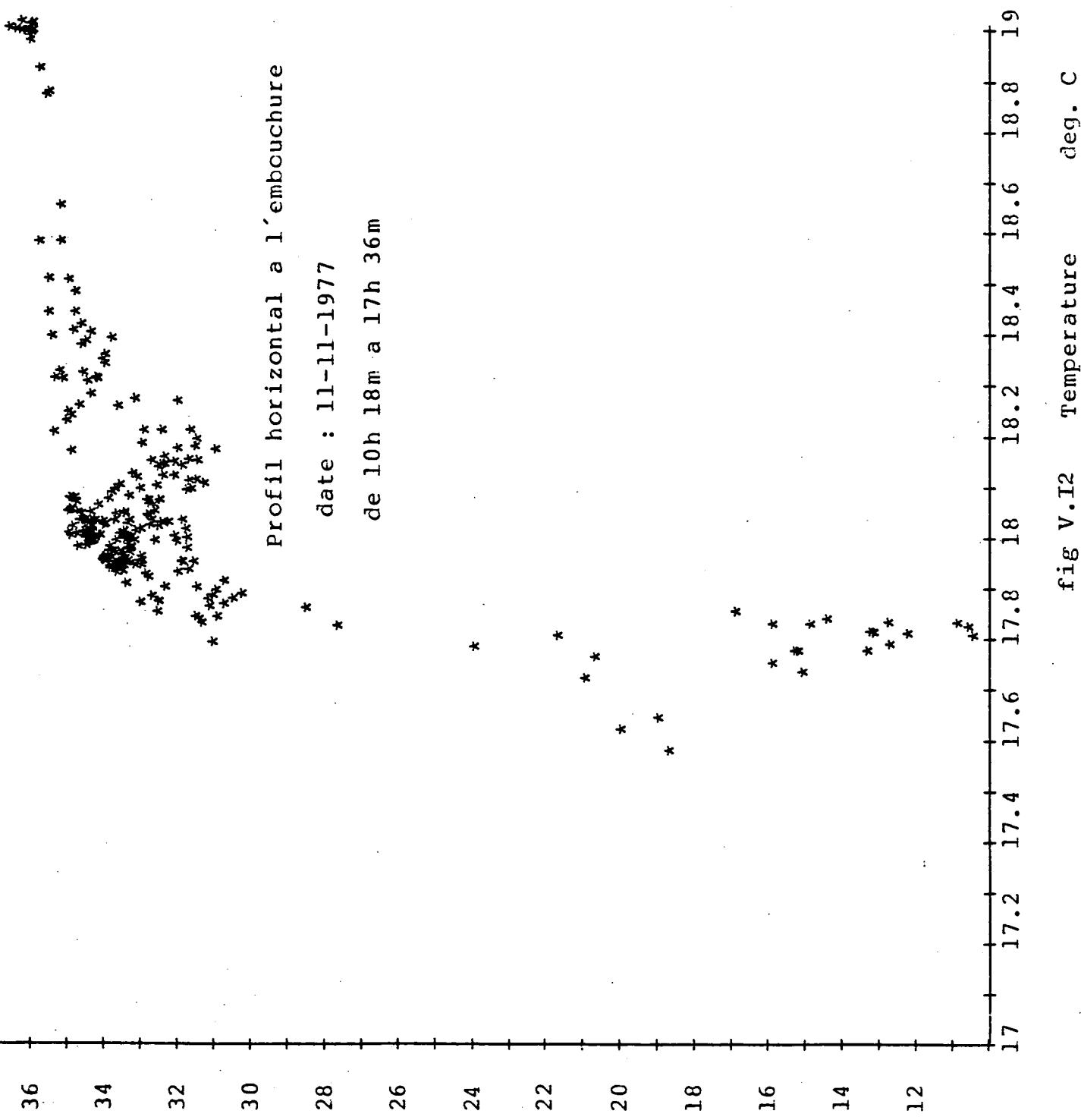


fig V.I2 Temperature deg. C