

ETUDE D'IMPACT DE L'AMENAGEMENT DU
BARRAGE DE PETIT SAUT SUR LE SINNAMARY

**DYNAMIQUE DES EAUX ET DE L'INTRUSION
SALINE DANS L'ESTUAIRE DU SINNAMARY
(GUYANE FR.)**

ORSTOM - Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

CENTRE DE CAYENNE

Section d'Hydrologie

ETUDES D'IMPACT DE L'AMENAGEMENT
DU BARRAGE DE PETIT SAUT SUR LE SINNAMARY

Dynamique des eaux et de l'intrusion
saline dans l'estuaire du SINNAMARY

M. JOINTIER

Chargé de Recherches à l'ORSTOM

ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

- S O M M A I R E -

INTRODUCTION	1
I) METHODOLOGIE	2
1) Mesures hydrométriques	2
2) Méthodes de dépouillement	3
3) Mesures de laboratoire	3
II) CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE L'ESTUAIRE DU SINNAMARY	5
1) Profil des sections de mesure	5
2) Profil en long de l'estuaire	6
3) Rattachement de la section D au nivellement général	8
III) DYNAMIQUE DE LA MAREE DANS LE SINNAMARY	8
1) Propagation de l'onde de pleine mer	9
2) Propagation des renverses dans l'estuaire	10
3) Prédominances	10
IV) RESULTATS HYDROMETRIQUES	12
1) Vitesses	12
2) Débits	15
3) Dérives de flot et de jusant	15
4) Volumes oscillants	18
V) INTRUSION SALINE	21
1) Méthodologie	21
2) Résidus secs	21
3) Ions sodium et chlore	22
4) Silice dissoute	23
5) Evolution de la salinité en fonction de l'heure marée	23
6) Distribution des salinités dans une section	24
7) Dynamique du Front salé	24
CONCLUSIONS	27
ANNEXE I	29
ANNEXE II	31
ANNEXE III	34
ANNEXE IV	37
BIBLIOGRAPHIE	38

INTRODUCTION

Le projet de construction du barrage de PETIT SAUT sur le fleuve SINNAMARY a suscité la mise en oeuvre de nombreuses études regroupées dans ce cas par le maître d'oeuvre dans le dossier d'étude d'impact du projet.

C'est dans ce cadre que Electricité de FRANCE a sollicité différents laboratoires ou services publics pour réaliser une étude du milieu physique et biologique du fleuve SINNAMARY qui par ailleurs est représentatif d'un fleuve d'importance moyenne en région intertropicale humide.

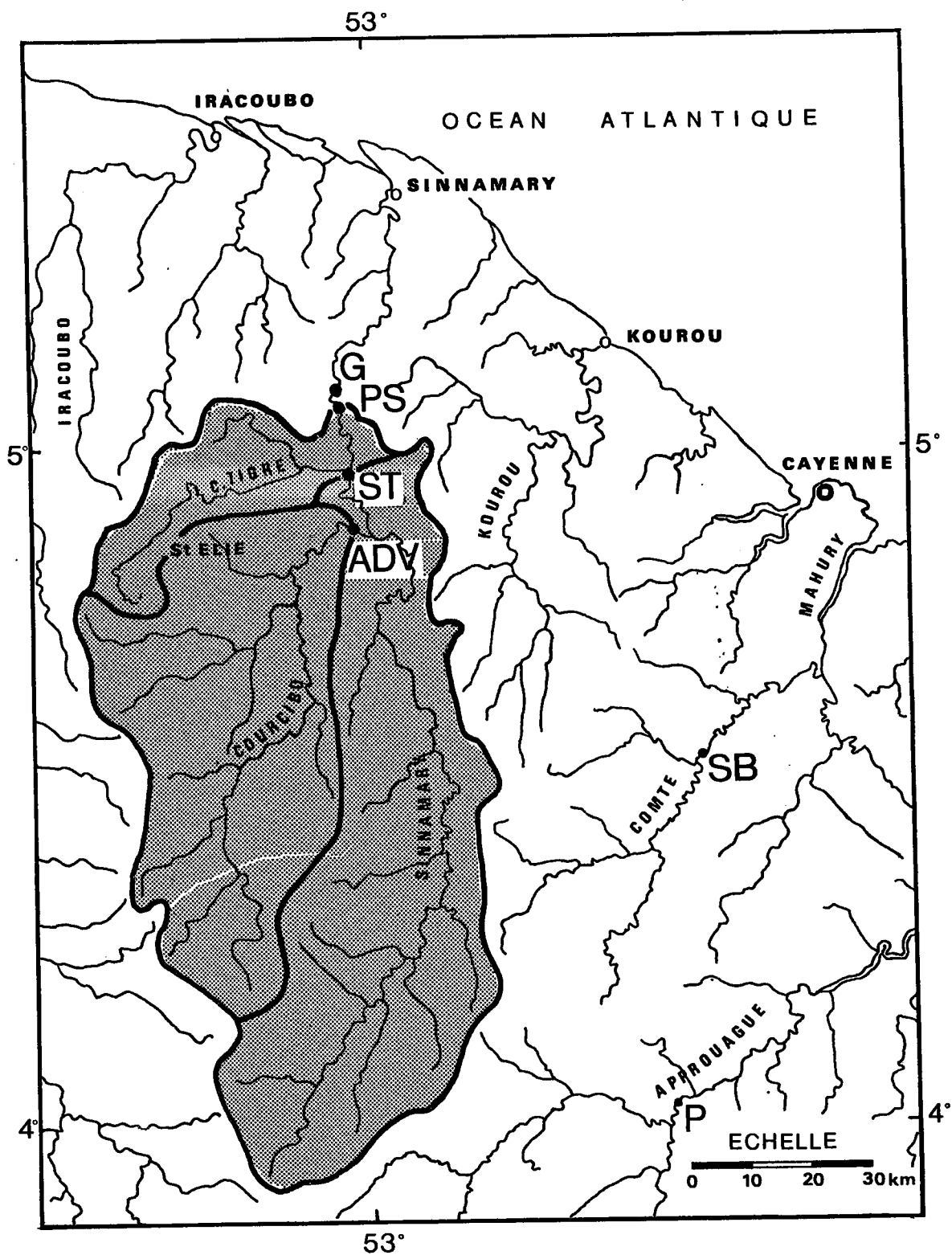
Les études hydrologiques concernant le projet ont été menées par la section d'Hydrologie de l'ORSTOM en GUYANE Française. Une station hydrométrique a été installée le 16 novembre 1981 à proximité du site du barrage et exploitée pour le compte de l'aménagement (J.M. FRITSCH 1982).

Une seconde étude, qui fait l'objet de ce rapport, a été notifiée en 1983 et concerne le milieu physique de l'estuaire du SINNAMARY entre l'embouchure et la pointe COMBI. Il s'agit principalement de décrire la dynamique de la remontée saline dans le fleuve et de préciser les paramètres hydrologiques de l'estuaire : dérives oscillantes, vitesses, débits oscillants, volumes oscillants.

Parallèlement, au cours de cette étude, la section d'Hydrologie a accueilli un stagiaire (J.L. NOGUES) du laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université de PROVENCE (professeur A. CHAMPEAU) dont l'objet du rapport de D.E.A. a été tourné vers cette étude et celle du Phytoplancton de l'estuaire.

Les objectifs visés dans cette étude portant sur 30 km d'estuaire nous ont conduit à établir une méthode de travail ajustée aux possibilités techniques disponibles sur place : analyses chimiques des eaux, morphologie de l'estuaire (écho-sondages), dynamique des marées dans le fleuve, constitution et gestion d'une banque de données de terrain sur micro-ordinateur.

Les mesures hydrométriques et les prélèvements d'eau se sont déroulés en trois campagnes couvrant la période d'étiage du fleuve (octobre - novembre 1983). La participation technique a été assurée par Messieurs J.C. BRON, S. FRAUMAR, A. D'ALEXIS, E. D'ALEXIS, H. AGUENGUI, R. PALMOT, Y. BOREL, J.M. FRITSCH et M. LOINTIER.



Situation du bassin-versant du Sinnamary

ADV - Adieu Vat , ST - Saut Tigre , PS - Petit - Saut
 G - Gregoire , SB - Saut-Bief , P - Pierrette

I. METHOLOGIE

1) Mesures hydrométriques

L'étude de la remontée du front salé sur le SINNAMARY a été réalisée pendant la période d'étiage du fleuve -octobre/novembre 1983- et pour des marées de mortes-eaux et de vives-eaux. La conjugaison de l'étiage et des vives-eaux provoque une intrusion saline maximale dans l'estuaire.

Dix sections de mesure, matérialisées par des bouées, ont été installées à intervalle constant entre l'embouchure et la pointe COMBI, soit sur une trentaine de km d'estuaire. Quatre sections principales ont été jaugées et prélevées en continu sur un cycle de 12 heures de marée, les six autres étant simplement l'objet de prélèvements. Le dispositif a été le suivant : (fig. 1)

- Sections principales A, D, G, J

5 "verticales" par section matérialisées par les bouées
1 limnigraphe par section

Pour chaque verticale il est prélevé un flacon de deux litres en surface, à mi-profondeur et au fond. Dans le même temps cinq mesures de vitesses sont effectuées.

- Sections secondaires b, c, e, f, h, i,

3 "verticales" par section matérialisées par les bouées
Pour chaque verticale il est prélevé un flacon de 50 ml en surface, à mi-profondeur et au fond.

Deux "cycles" de deux jours de mesures ont été retenus, l'un en vives-eaux et l'autre en mortes-eaux. Un troisième "cycle" préliminaire a été réalisé afin de tester le matériel et la méthode de mesure.

	Date	Coefficient de marée	Nombre de prélèvements
cycle préliminaire	23/10/83	90/100	311
	24/10/83	-/90	
1	29/10/83	45/45	778
	30/10/83	-/40	
2	20/11/83	85/105	833
	21/11/83	85/105	

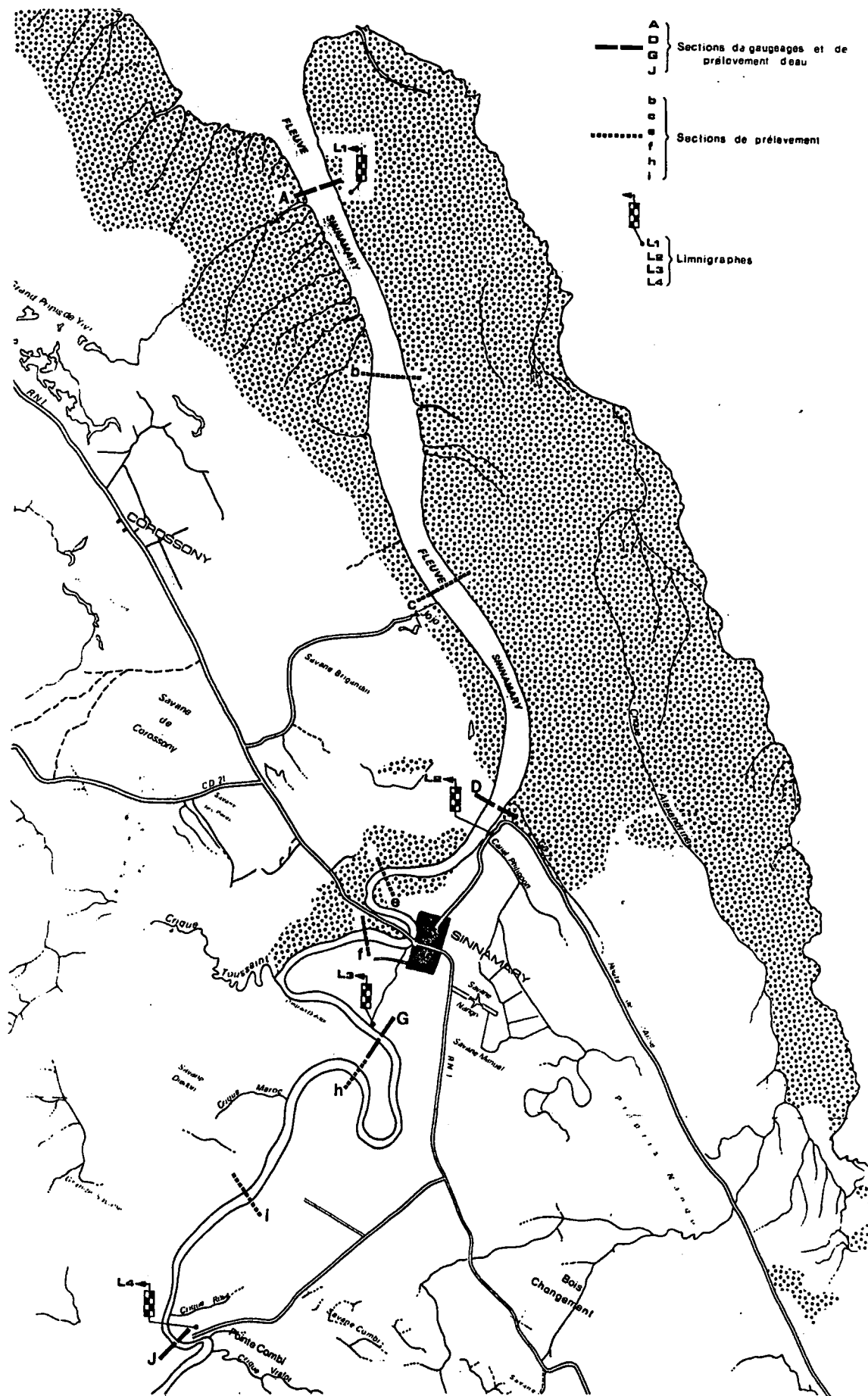


Fig. 1 : CARTE DE L'ESTUAIRE DU SINNAMARY ET POSITION
DES SECTIONS D'ETUDE.

Les mesures de vitesse ont été faites afin de calculer les volumes oscillants dans l'estuaire. Les prélèvements d'eau ont été dirigés vers le laboratoire de CAYENNE, afin de déterminer la conductivité sur tous les échantillons puis de doser les principaux anions et cations pour obtenir un étalonnage conductivité/salure globale.

L'hydrogramme des débits à la station de PETIT SAUT (fig. 2) futur site du barrage, montre les conditions particulières de l'étiage 1983. Le plus faible débit moyen journalier observé a été de 70 m³/s. Cette valeur est proche d'une récurrence quinquennale. Les trois cycles de mesure se sont donc déroulés pour des débits moyens de :

23-24/10/83	93 m ³ /s	station PETIT SAUT
29-30/10/83	74 m ³ /s	"
20-21/11/83	102 m ³ /s	"

Les pluies ont été faibles avec 14,3 mm en 6 jours à SINNAMARY pour les derniers jours d'octobre et trois épisodes (21,4 mm - 5,2 mm - 10,1 mm) de trois jours en novembre qui expliquent les petites crues observées durant cette période.

Les données techniques et l'historique des installations sont consignées en Annexe I.

2) Méthode de dépouillement des mesures hydrométriques

La méthode employée est dite "par verticales indépendantes". Lorsque le plan d'eau subit des variations importantes de hauteurs -c'est le cas ici avec la marée- on admet que la variation du plan d'eau est négligeable durant les mesures de vitesse sur une verticale (soit 5 minutes). Le planimétrage de la parabole des vitesses fournit ainsi le débit unitaire de chaque verticale pour une heure donnée. Chaque débit unitaire peut ensuite être porté sur un graphique dont l'abscisse est le temps (fig. 3). Sur ce même graphique on détermine heure par heure les valeurs des débits unitaires pour l'ensemble des verticales de la section. Une seconde intégration sur la largeur de la section donne les débits instantanés, heure par heure et permettent de construire la courbe de variation des débits sur un cycle de marée (fig. 4).

Enfin, un planimétrage de ce dernier graphique nous permet de connaître le volume de flot et de jusant ayant traversé la section.

Cinq points par verticale et cinq points par section nous ont semblé être le meilleur compromis entre le nombre de jaugeages (pour décrire le cycle de variation), et la précision des mesures (pour décrire le champ de vitesse à un instant donné).

3) Mesures de laboratoire

Tous les échantillons prélevés ont subi une détermination de leur conductivité. Le quart environ de ces prélèvements a été conservé (486) afin de réaliser des analyses chimiques plus complètes notamment : résidus secs, chlorures, silice dissoute, sodium.

QM³/S

Fig.2

Q.M.J. en M³/S
20 Oct. au 25 Nov. 1983 (37 jrs)

150

100

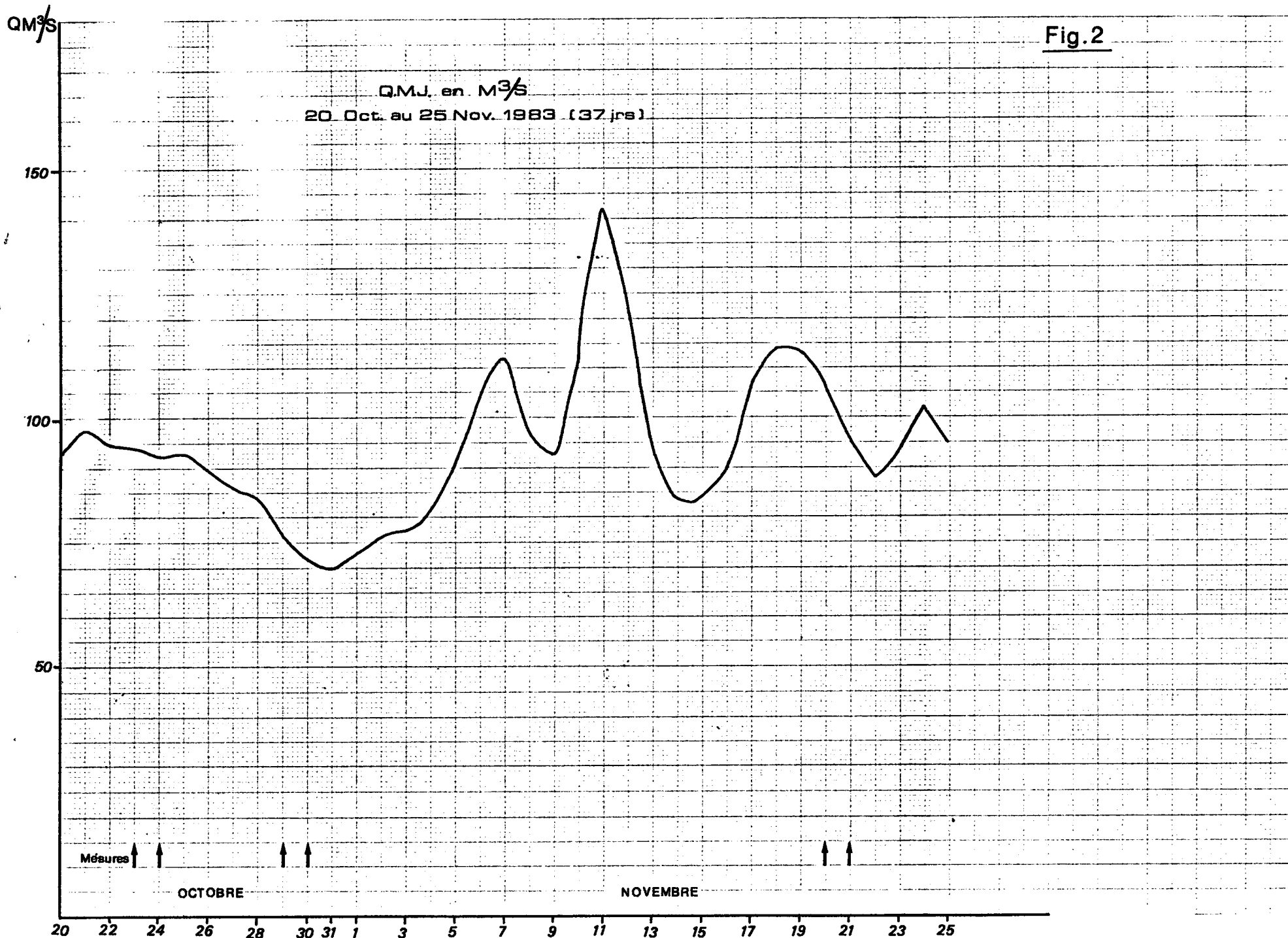
50

Mesures ↑

OCTOBRE

NOVEMBRE

20 22 24 26 28 30 31 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25



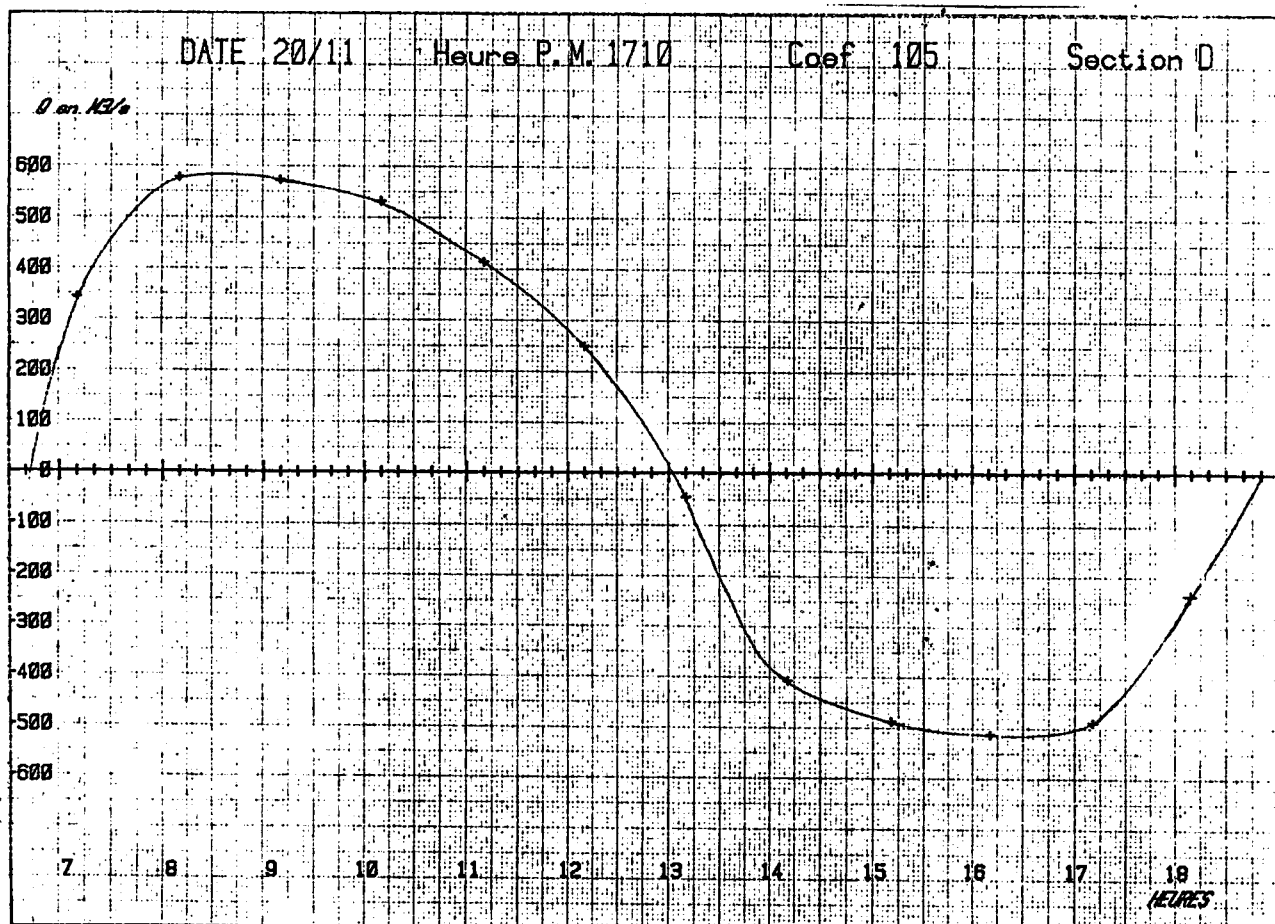
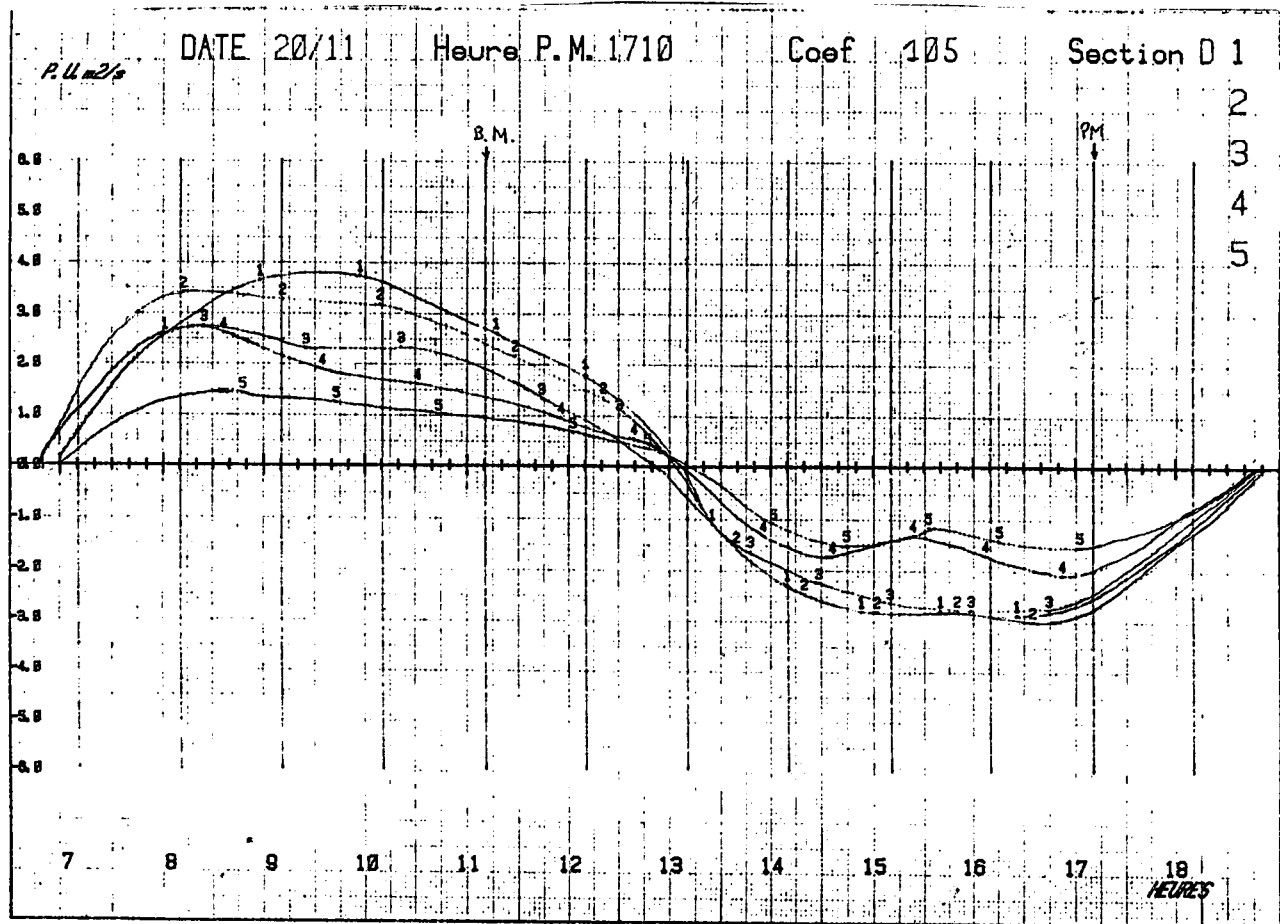


Fig. 3 et 4 : Dépouillement des mesures pour les cinq verticales de la section D. La courbe de variation des débits unitaires en fonction du temps permet de s'affranchir de la variation de cote provoquée par la marée. On peut alors calculer un débit à un instant donné, puis construire le cycle de ces débits pendant la durée d'une marée.

Les échantillons ont été sélectionnés de façon à recouvrir toute la gamme des conductivités enregistrées afin d'obtenir par la suite, les corrélations entre ces différents éléments chimiques et la conductivité.

- Mesures de conductivité :

Mesurée avec un conductimètre TACUSSEL type CDGN à cellule à électrode de platine. Les valeurs sont exprimées en microsiemens à 25°C.

- Résidus secs

Environ 300 ml de chaque échantillon sont filtrés sur filtre millipore 0,8 μ dans un erlenmeyer relié à une pompe à vide. L'eau recueillie est transvasée dans une fiole de 200 ml (V) rincée préalablement avec cette même eau. Puis l'eau filtrée est transvasée dans un bécher préalablement étuvé et pesé (Mo en mg). Les béchers sont passés à l'étuve à 105° pendant 48 à 72 heures puis introduits dans un dessiccateur pendant 1/4 d'heure avant d'être pesés au 1/10e de mg (M1 en mg).

Le résidu sec est donné alors par l'expression :

$$Rs = \frac{(M1 - Mo) \times 1000}{V}$$

- Chlorures Cl⁻

La méthode potentiométrique à l'aide du potentiographe Méthrom type E 536 (électrode d'argent/chlorure d'argent) a été utilisée. La limite de sensibilité est de 0,01 mg/l.

Pour les échantillons faiblement concentrés et pour une meilleure détermination graphique une fraction connue d'Hcl a été ajoutée. Les échantillons à fortes concentrations ont été dilués.

- La silice dissoute

Le molybdate d'ammonium donne avec l'anhydride silicilique en milieu acide (PH 1,5 à 2) un complexe jaune de silico 1-2 molybdate dont la forme β est stable et permet le dosage colorimétrique. La mesure se fait 10 minutes après le début de la réaction, moment où la coloration présente un maximum d'absorption à 410 - 440 nm. La limite de sensibilité est de 0,1 mg/l.

- Cation Na⁺

Le dosage de cet élément a été fait sur spectrographie d'absorption atomique avec un PERKIN ELMER Modèle 107.

NOTA : pour le marquage des échantillons et l'exploitation des données sur ordinateur il a été créé un code échantillon à 9 caractères :
exemple B1 m 0854 CJ

Caractère	Définition	Valeurs
B	section	de A à J
1	bouée numéro 1 ou verticale 1	de 1 à 3 ou 1 à 5
M	prélèvement à mi-profondeur	S M F
0854	heure locale	-
C	échantillon conservé	C, N (non conservé)
J	observation du jusan	J, E (étale), F (flot)

II. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE L'ESTUAIRE DU SINNAMARY

1) Profils des sections

Toutes les largeurs des sections ont été déterminées au topofil. Un profil chronométré réalisé à l'écho-sondeur enregistreur a permis de préciser la morphologie des sections, puis d'en déduire leur surface mouillée pour le niveau moyen des cycles de marée. Ce niveau moyen a été déterminé à l'aide des limnigrammes obtenus en A, D, G et J. La cote de ce niveau moyen a été stable durant toutes les campagnes de mesure et donc prise comme référence. A titre d'exemple, à la station D, nous avons mesuré à l'échelle un niveau moyen de 1,60 m pour les cycles d'octobre et de 1,66 m pour le cycle de novembre. Les profils à l'écho-sondeur n'ayant pu être réalisés que fin mars 1984, et comme par ailleurs le niveau moyen est fonction du débit du SINNAMARY, nous avons également déterminé le niveau moyen en mars à la station D. La valeur de 1,57 m trouvée est suffisamment proche des précédentes pour ne pas susciter de corrections sur les valeurs des surfaces mouillées, l'erreur commise étant comprise entre 2 et 4%.

La figure 5 met en relief quelques particularités de l'estuaire. Deux zones peuvent être individualisées :

- La première, de la section A à D est la zone d'estuaire parcourant la mangrove. Les profils des sections sont peu accidentés et les profondeurs moyennes comprises entre 2 et 4 m. C'est une zone assez instable, à évolution rapide conditionnée certainement par les cycles d'envasement et de dévasement connus sur les côtes de GUYANE. On notera l'élargissement important entre les sections A et c où la section b atteint la largeur de 755 m contre 438 et 490 m pour les précédentes. La surface mouillée de A et b est par contre identique. Cette zone, d'une dizaine de kilomètres, et légèrement sinueuse, ne présente pas de sections à approfondissement net sur la rive concave. Le fond est vaseux de l'embouchure jusqu'à la section c et il devient ensuite sableux entre "c et D". Ce sable provient d'un cordon orienté parallèlement à la côte et qui marque la séparation entre l'argile marine bleue au Nord (sol de mangrove) et les autres unités pédologiques de SINNAMARY (argile bleue, alluvions fluviales).

Cette partie de l'estuaire est donc sous l'influence prépondérante de l'hydrodynamique marine et possède son originalité dans les mécanismes de la remontée de la "marée saline".

Profils en travers des sections du Sinnamary

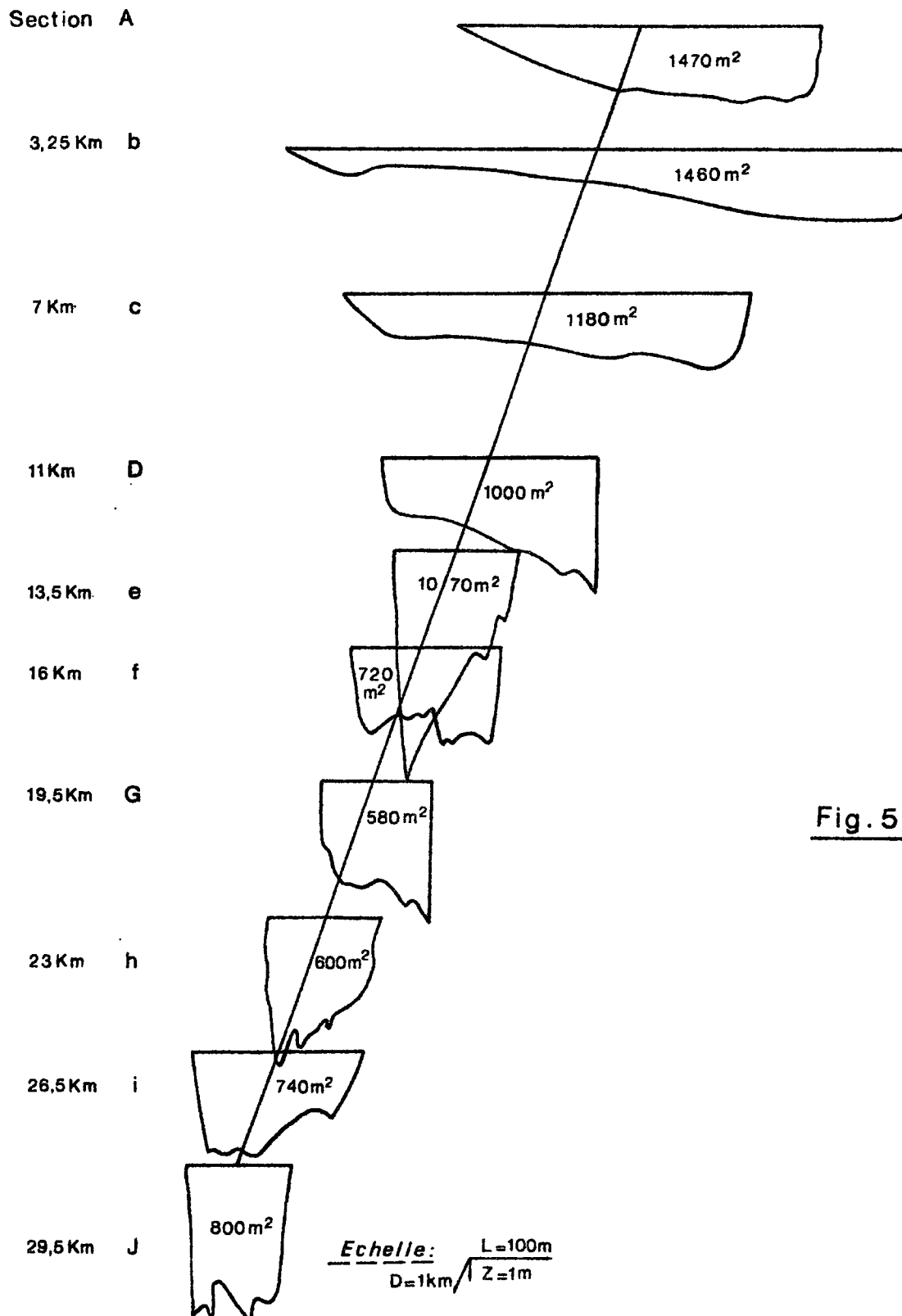


Fig. 5

SURFACES MOUILLÉES
AU NIVEAU MOYEN DE LA MARÉE
(Mésures du 22 Mars 84)

	m ²
A	1470
b	1460
c	1180
D	1000
e	1070
f	720
G	580
h	600
i	740
J	800

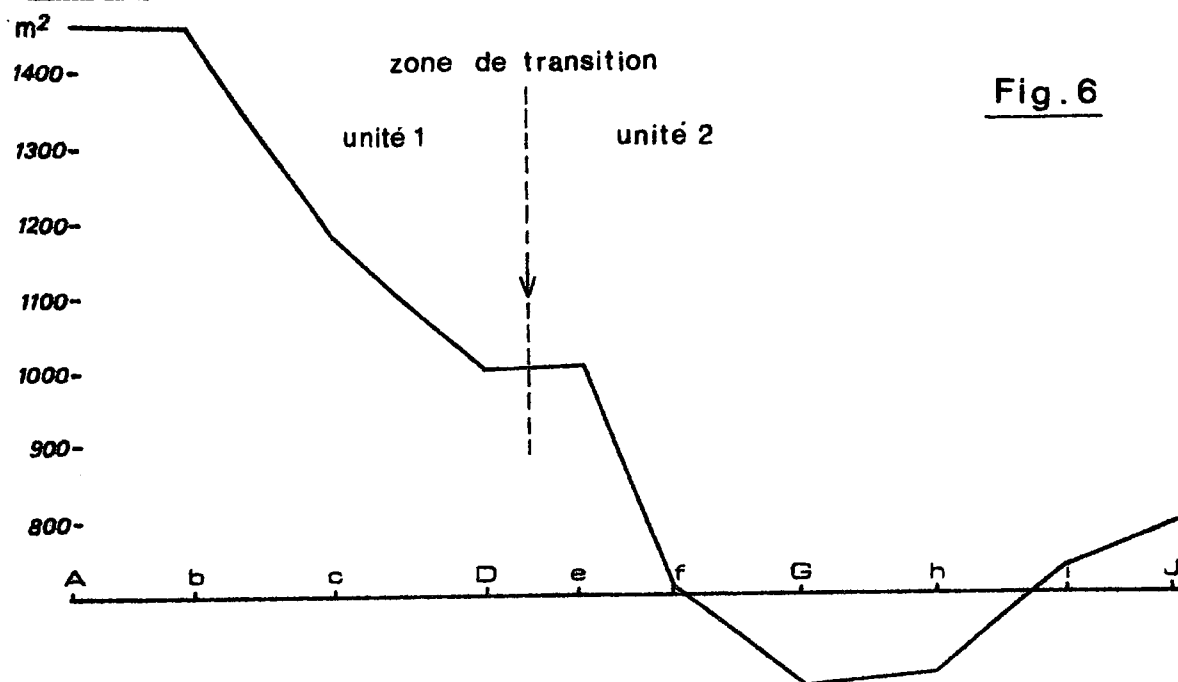


Fig. 6

SURFACE MOUILLÉE EN FONCTION
DE LA DISTANCE

- La seconde zone, de D à J présente des caractères fluviaux plus nets. Les profils sont plus accidentés et les profondeurs moyennes varient entre 4,2 m et 7,4 m. La largeur du fleuve est plus constante et de l'ordre de 150 m. L'approfondissement de la rive concave est plus important que dans la première unité. On notera les profondeurs élevées (11 m) atteintes en "e" et au pont de SINNAMARY à la faveur de deux méandres serrés. Le fond est sableux dans sa majeure partie ce qui explique la présence de rides hydrodynamiques que nous évoquerons au chapitre suivant.

Le tableau 1 et la figure 6 présentent les valeurs obtenues pour chaque section. On peut situer la zone de transition entre le fleuve et son "estuaire" entre les sections D et e.

La définition générale d'un estuaire est, pour de nombreux auteurs, la zone du fleuve où s'exerce la marée dynamique (C. FRANCIS-BOEUF, J.J. BLANC). On limite parfois la notion d'estuaire à la zone où l'on observe la marée saline. Sur le SINNAMARY signalons que l'onde de marée se propage pour certaines cotes, au-delà de la station de PETIT SAUT, à 70 km en amont. Par contre, la renverse des courants dans l'estuaire, qui s'observe, en étiage, à la station J (30 km), ne se fait pas sentir sur le site de PETIT SAUT. Nous distinguerons donc les deux mécanismes physiques de propagation d'une onde et le phénomène de flot et de jusant qui s'accompagne du déplacement des masses d'eau.

- Progressivité des largeurs dans l'estuaire

La loi de MENGIN définissait au siècle dernier la progression de la largeur d'un estuaire sous la forme simplifiée :

$$l_x = l_0 e^{-kx}$$

l_0 = largeur embouchure

l_x = largeur à la distance x

k = coefficient de l'estuaire

BELLESORT (68) donne la valeur de $k = 0,14$ pour l'estuaire du MAHURY. Sur le SINNAMARY, entre A et J le coefficient a pour valeur 0,047. En choisissant la plus grande valeur de l_0 , largeur à l'embouchure. (2500 m) pour le SINNAMARY on obtient une constante $k = 0,10$ (à 32 km de J).

2) Profils en long

Une série de profils en long ont été effectués les 22 et 23 mars 1984, dans les mêmes conditions que les profils en travers. Les chronométrages entre les sections ont permis d'établir le schéma de la figure 7 en restituant le profil en fonction de la distance. On constate que la limite proposée entre les deux unités se situe entre "D" et "e", section à partir de laquelle les fonds deviennent plus grands et comportent plus d'accidents. A partir de la crique TOUSSAINT et jusqu'en J les accidents s'estompent et les profondeurs moyennes décroissent. Enfin il faut remarquer le "bombement" de 1,5 km observé au niveau de la section b (fig. 8) dont la présence modifie la dynamique du coin salé comme nous le verrons dans le dernier chapitre.

TABLEAU 1

*Tableau récapitulatif des paramètres
définissant chaque section*

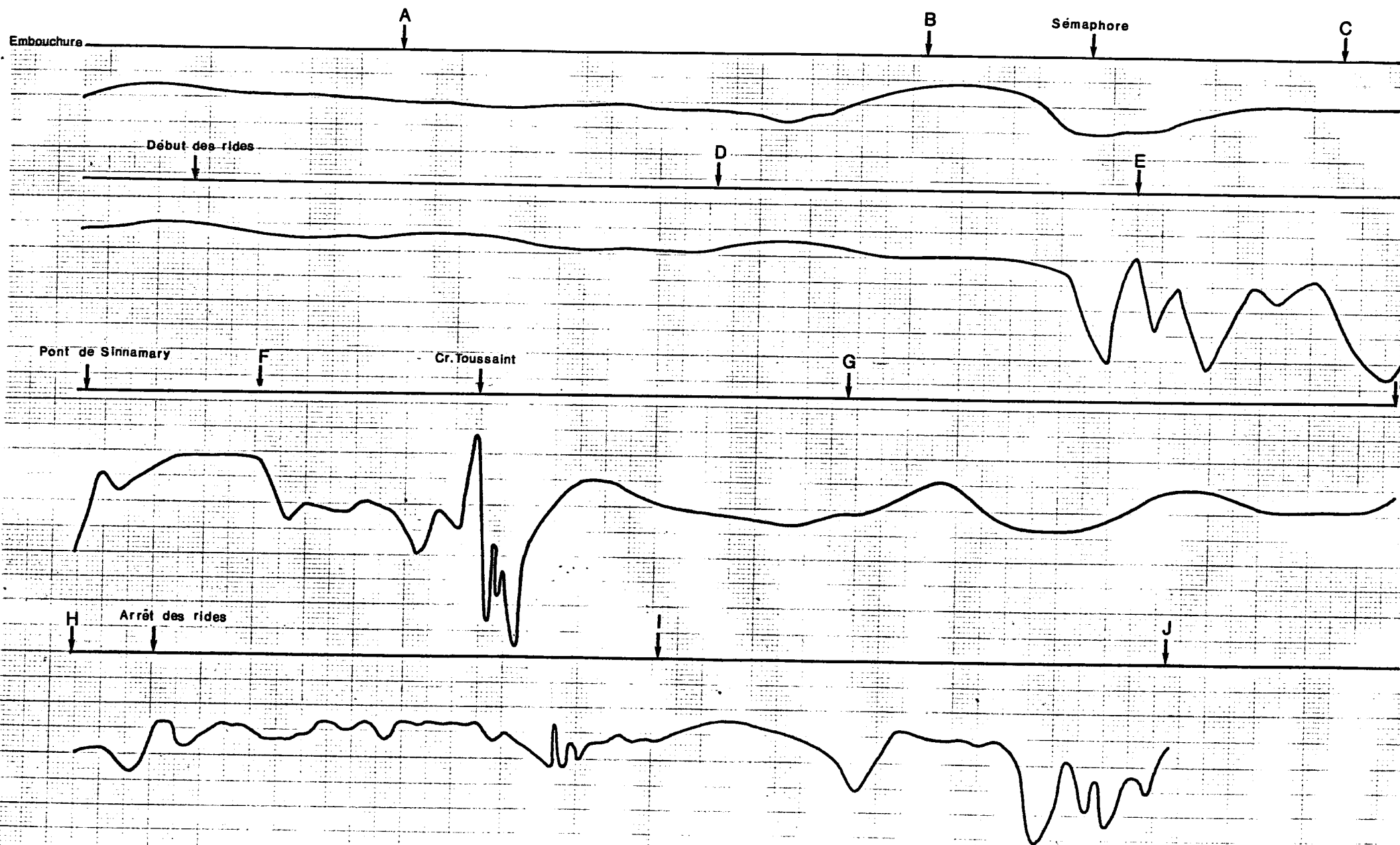
<i>Section</i>	<i>largeur (m)</i>	<i>profondeur moyenne (m)</i>	<i>surface mouillée (m²)</i>	<i>distance sections (km)</i>
<i>A</i>	438	3,4	1470	0
<i>b</i>	755	1,9	1460	3,25
<i>c</i>	490	2,4	1180	7,0
<i>D</i>	258	3,9	1000	11,0
<i>e</i>	152	7,0	1070	13,5
<i>f</i>	172	4,2	720	16,0
<i>G</i>	120	4,8	580	19,5
<i>h</i>	136	4,4	600	23
<i>i</i>	168	4,4	740	26,5
<i>J</i>	108	7,4	800	29,5

NOTA : Les valeurs de surface mouillée sont rapportées au niveau moyen de la marée.

Echelle 200m
2m

PROFIL EN LONG DU SINNAMARY DE L'EMBOUCHURE A LA POINTE COMBI

Fig.7

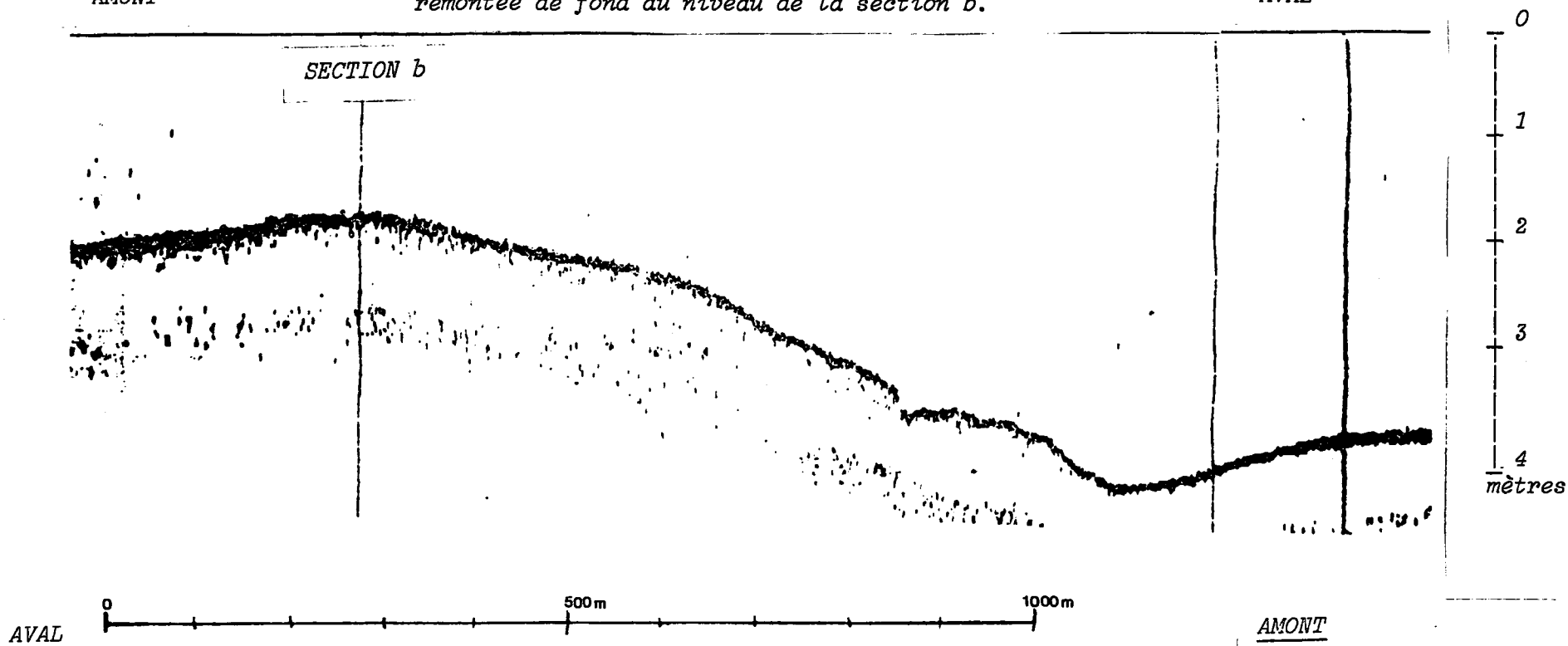


AMONT

Fig. 8 :

Profil en long près de l'embouchure mettant en évidence la remontée de fond au niveau de la section b.

AVAL



AVAL

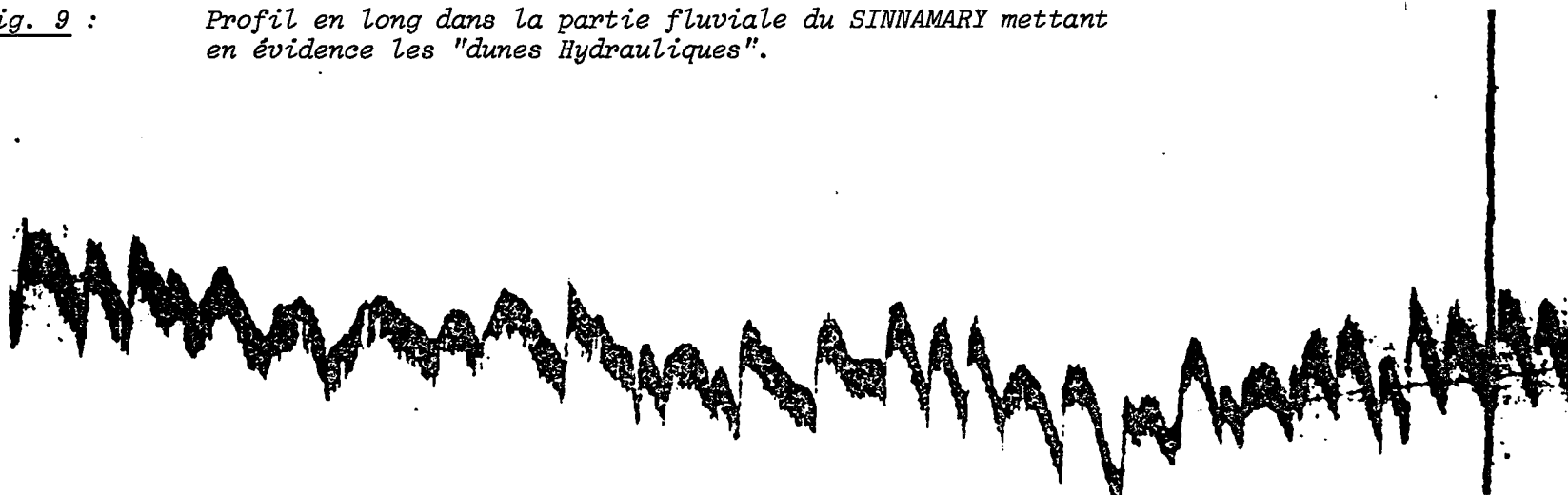
AMONT

Fig. 9 :

Profil en long dans la partie fluviatile du SINNAMARY mettant en évidence les "dunes Hydrauliques".

SECTION G

Surface
1
2
3
4
5
6
7
8
9 metres



Entre D et h on constate l'apparition de dunes hydrauliques sur fond sableux, dont la pente la plus forte est tournée vers l'aval du courant. Ce phénomène, décrit par de nombreuses études dont BERTHOIX (1960), présente les caractères morphologiques déjà observés sur d'autres fleuves :

- amplitude de 1 à 2 mètres
- longueur d'onde de 40 à 100 m (fig. 9).

3) Nivellement de la section D

Afin de rattacher l'échelle limnimétrique de la station D (canal PHILIPPON), aux cotes IGN nous avons nivelé l'échelle par rapport à la borne située sur l'église de SINNAMARY (cotée : + 3,689 m) et par rapport au pont qui possède une borne en rive droite aval (cotée : + 4,354 m). Signalons que le "zéro IGN" n'est pas le même que le "zéro hydrographique" qui est calculé pour la basse mer de coefficient 120. L'écart entre ces deux "zéro" est presque stable selon le lieu. La cote IGN est à + 1,94 m, à CAYENNE, du zéro marin. Pour le canal PHILIPPON le résultat est le suivant :

zéro échelle limnimétrique -1381 mm sous niv. I.G.N.

Remarque :

Le niveau moyen de la marée aux îles du Salut est à +1,92 m au-dessus du zéro hydrographique (annuaire des marées, SHOM 84). Ceci nous permet de calculer un niveau moyen théorique des marées à l'échelle limnimétrique, en supposant -ce qui est vrai à 3 ou 4 cm près- que l'écart des deux zéro IGN et hydrographique est de 1,94 m à l'embouchure du SINNAMARY. Soit : $N.M. = 1,92 - (1,94 - 1,38) = 1,36$ m échelle. Or le niveau moyen échelle enregistré pendant la période de mesure a été de 1,66. Donc 30 cm plus haut. On peut en déduire la pente du fleuve jusqu'à l'embouchure située à une dizaine de km - $0,3 \text{ m}/10^4 = 310^{-5}$ soit 3 cent millièmes.

III DYNAMIQUE DE LA MAREE DANS LE SINNAMARY

La marée dans un estuaire présente des phénomènes complexes du fait de la rencontre de deux eaux aux caractères physiques et chimiques différents. Les processus hydrauliques se compliquent de surcroît avec une topographie plus tourmentée et l'effet du vent empruntant des méandres dans des sens opposés ou dans le même sens que le courant (fig. 10).

La marée dans un estuaire peut être décrite selon plusieurs aspects (BONNEFILLE 1976) :

- par des courbes de marée en différents points fixes en fonction du temps.
- par la courbe de marée le long de l'estuaire à un instant donné, c'est-à-dire le profil de l'onde.
- par la courbe définie paramétriquement par $\zeta = F(x, t)$, $\frac{\partial \zeta}{\partial t}(x, t) = 0$ où t est le paramètre, c'est-à-dire l'enveloppe des profils instantanés, ou le lieu des basses mer et des pleines mer le long de l'estuaire.

Les courbes intéressantes sont les lieux de pleine mer et de basse mer en mortes eaux et vives eaux. Dans un diagramme $x = F(\zeta)$ ces lieux

convergent vers un point qui définit administrativement la limite de la partie maritime du fleuve.

Faute de données plus nombreuses (quatre limnigraphes ayant enregistré quelques cycles de marées) nous n'aborderons le problème que sous le premier aspect, c'est-à-dire par les courbes de propagation de l'onde de pleine mer en fonction de la distance.

1) Propagation de l'onde de pleine mer

La figure 11 présente les enregistrements obtenus les 20-21 novembre 1983 pour les quatre sections A, D, G, J calées en heure locale et par rapport à leurs niveaux moyens respectifs. On constate, comme dans tous les estuaires, que l'amplitude décroît avec la distance à l'embouchure et que la propagation de l'onde de pleine mer et de basse mer progresse en fonction du temps d'une façon presque régulière. Certaines anomalies sont déjà visibles sur la figure 11 notamment le 20 novembre où les pleines mer en G et J ont lieu presque au même instant.

A propos de la marée elle-même, on observe un caractère commun aux estuaires où la propagation de l'onde de marée est contrariée par le débit du fleuve. Il en résulte une déformation de cette onde et la montée de l'eau est plus rapide que la descente. Cette asymétrie s'accroît vers l'amont.

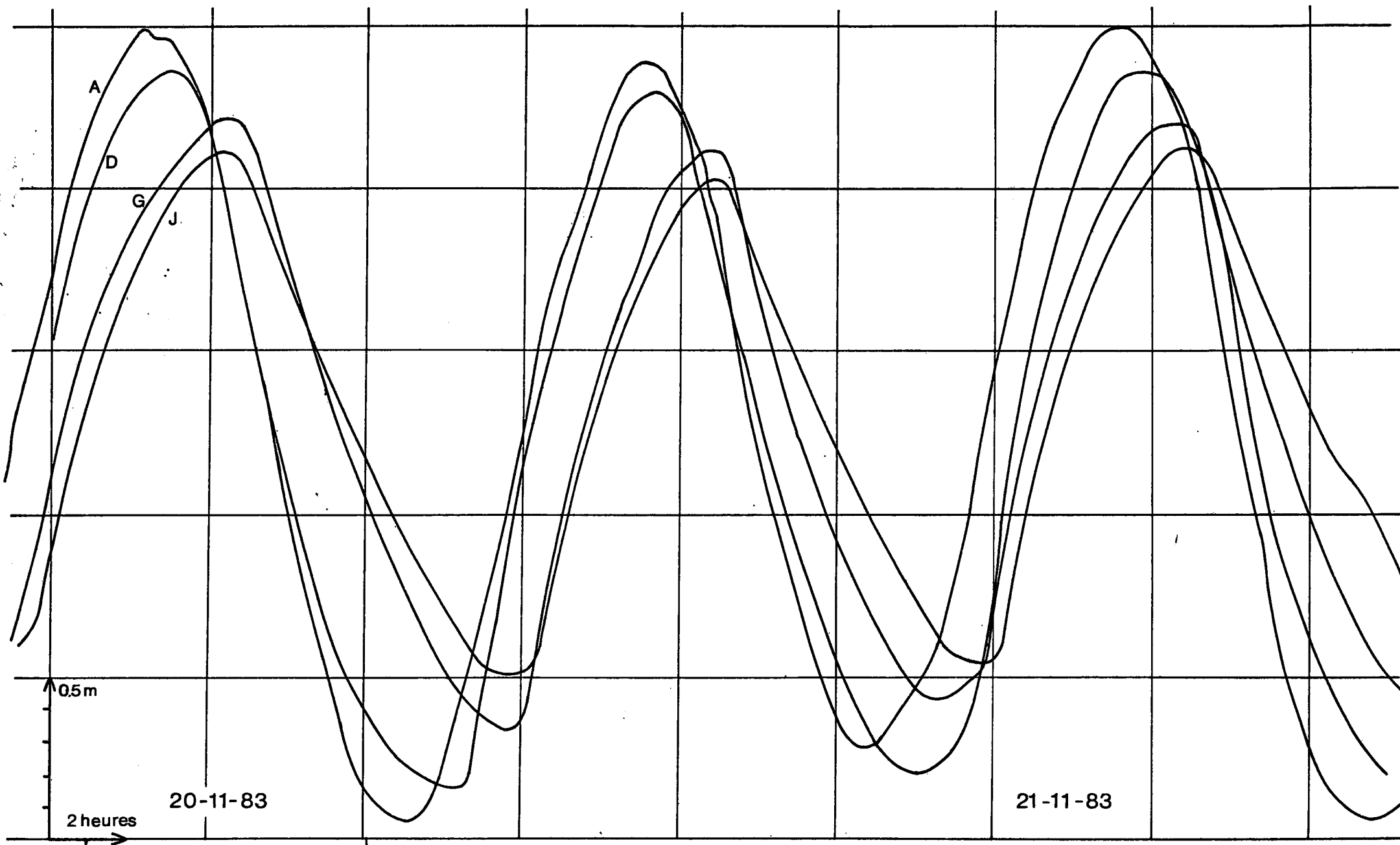
Par ailleurs on remarquera (fig. 11) les différences d'amplitude entre les marées du matin et du soir, dont les coefficients sont respectivement pour le 20 novembre 85 le matin et 105 le soir. C'est ce phénomène qui sera la principale cause d'incertitude sur le calcul des débits et des volumes oscillants puisque pour un cycle de mesure de 12 heures nous aurons deux demies marées avec un coefficient différent.

Les figures 12 et 13 donnent la propagation de l'onde de pleine mer pour une marée de morte eau et de vive eau. Les tendances générales des 2 cas sont identiques avec une nette séparation des courbes des marées du matin (courbe inférieure) et du soir (courbe supérieure). On constate que le temps de propagation moyen entre la section A (à l'embouchure) et la section J (29,5 km de A) est toujours de l'ordre de 1 heure 40 mn à 2 heures, c'est-à-dire que l'onde a une célérité moyenne dans l'estuaire de l'ordre de 16 km/h. D'autre part, les principales "anomalies" de propagation se rencontrent à la section G.

Afin d'utiliser certaines données ponctuelles (salinité lors de visite de terrain, profils bathymétriques...) acquises à des dates différentes des trois cycles de mesure d'octobre et novembre, nous avons tracé une courbe moyenne de propagation de cette onde de pleine mer (fig. 14) qui comme nous l'avons vu est indépendante de la valeur du coefficient de marée, mais utilisable seulement pour des débits propres du SINNAMARY compris en 80 et 150 m³/s.

Dans ces conditions on peut envisager de nouveaux prélèvements ponctuels dans l'estuaire en plaçant un seul limnigraphe de référence au canal PHILIPPON (section D).

SINNAMARY



LIMNIGRAMMES AUX QUATRE STATIONS A,D,G,J.

Les 20 et 21-11-83

Fig.11

Heures

FIG.12 : RETARD DES PLEINES MERS (1,2,3) ET DES RENVERSES DE
COURANT A LA PLEINE MER (R1,R2,R3) EN FONCTION DE LA
DISTANCE A L'EMBOUCHURE

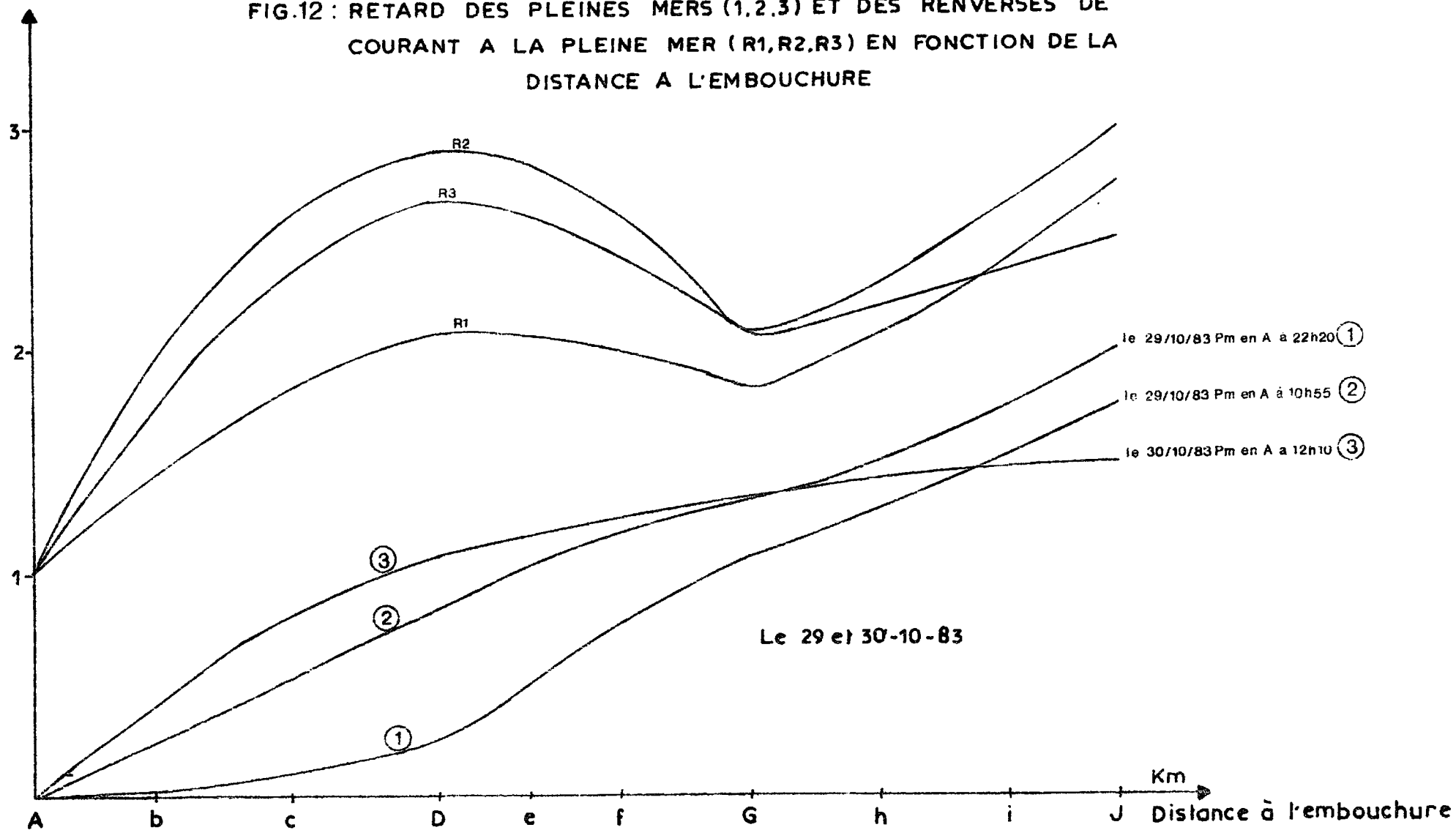
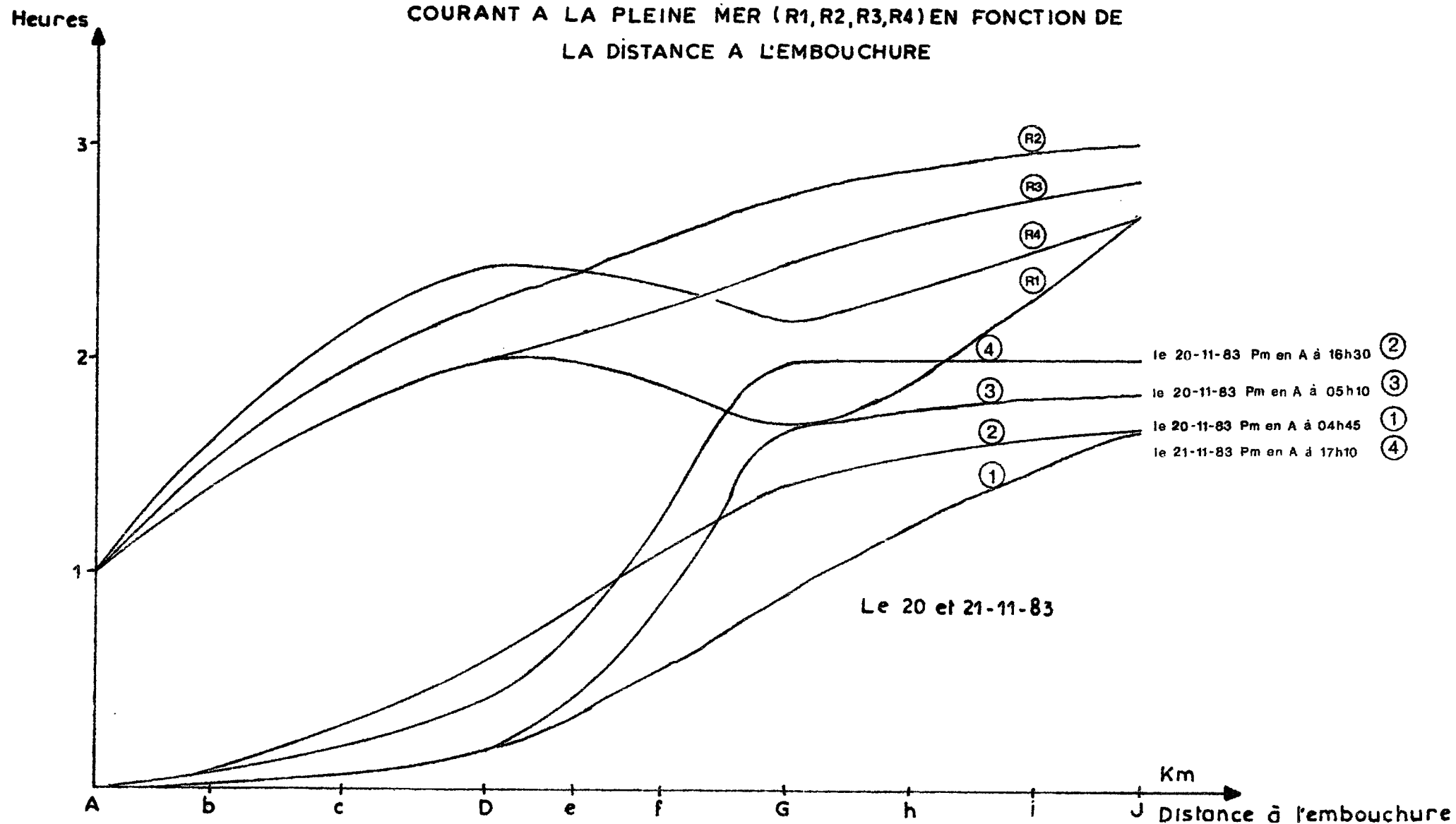
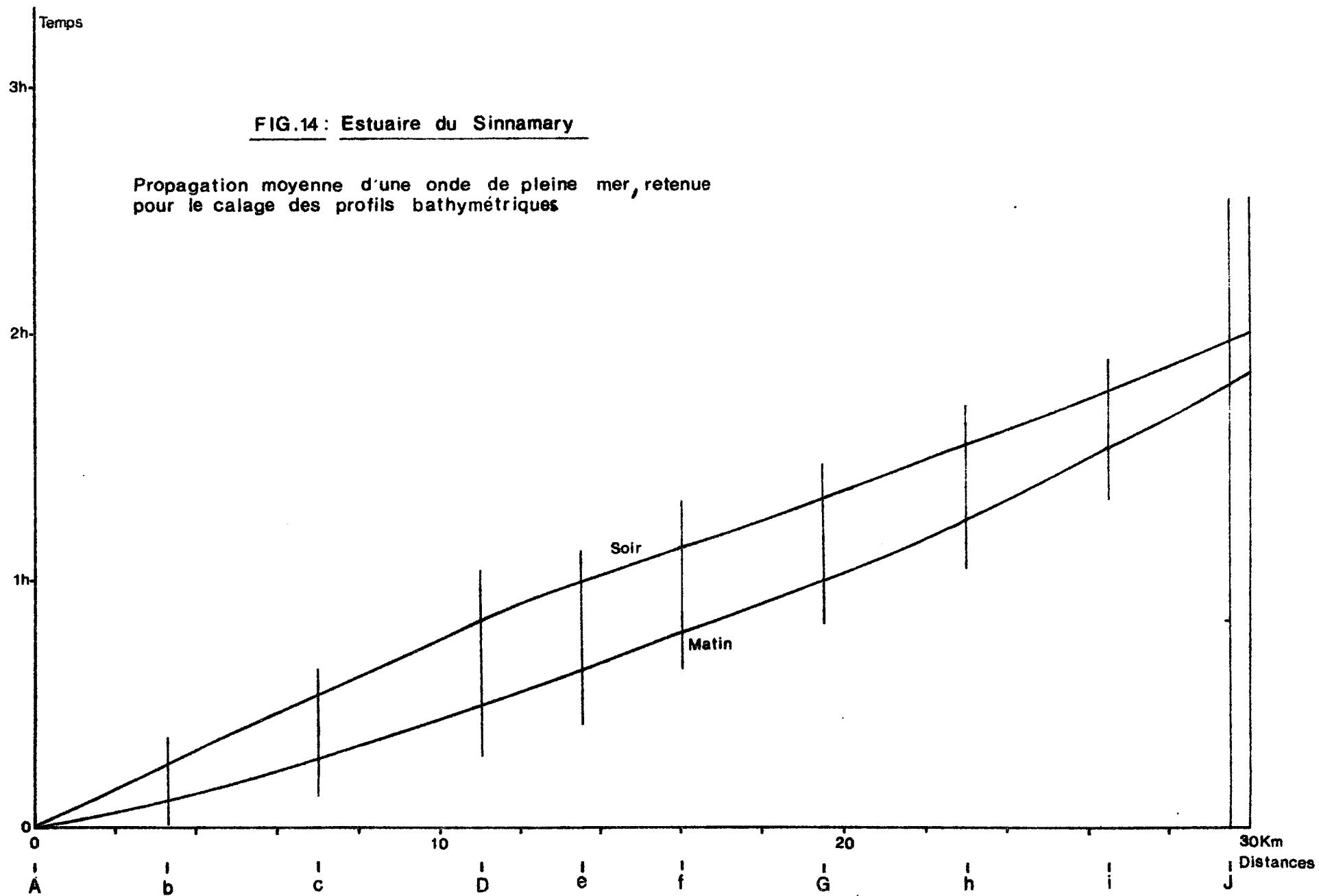


FIG.13: RETARD DES PLEINES MERS (1,2,3,4) ET DES RENVERSEES DE
COURANT A LA PLEINE MER (R1,R2,R3,R4) EN FONCTION DE
LA DISTANCE A L'EMBOUCHURE





Le tableau 2 donne les valeurs des heures de pleine mer en A, D, G, J, et la référence aux Iles du Salut. On remarque que, à 15 Minutes près, les heures de pleine mer en A sont identiques à celles données par l'almanach pour les Iles du Salut (référence pour la navigation en GUYANE). On peut donc utiliser les données de l'almanach pour prévoir les heures de pleine mer à l'embouchure du SINNAMARY.

2) Propagation des renverses dans l'estuaire

En exploitant les données hydrométriques que nous détaillerons au chapitre suivant, on peut déterminer une heure de renverse moyenne d'une section jaugée (quand $Q = 0$) sur le graphique des débits en fonction du temps (fig. 4). Le tableau 3 montre que les valeurs obtenues sont indépendantes du coefficient de marée (à 10 minutes près) sauf pour la renverse de basse mer en J le 21 novembre. Par contre les temps diffèrent selon la section.

En portant ces décalages sur les graphiques de propagation de l'onde de pleine mer (fig. 12 et 13), on constate que les renverses après les pleines mer, n'évoluent pas d'une façon régulière et que la section "G" présente une anomalie bien marquée. Les renverses de courant en G ont lieu avant celles de la section D, pourtant située en aval (cas des pleines mer). La morphologie du SINNAMARY entre "e" et "h" peut expliquer ce déséquilibre hydrodynamique, puisque c'est dans cette zone que l'on observe le plus de méandres, avec un approfondissement du lit du fleuve. De plus les sens des vents en D et G sont toujours opposés et accentuent peut-être cette anomalie.

3) Autres phénomènes rencontrés - Prédominances

- Dans un estuaire, les valeurs moyennes au cours d'une marée des différentes grandeurs physiques sont fondamentales (BONNEFILLE 1976). Elles sont désignées par "prédominances". Nous avons observé sur le SINNAMARY surtout à la section A, et pour chaque verticale de mesure, la prédominance du jusan en surface pendant que le flot était établi au fond. Ces prédominances ont la particularité d'être peu influencées par l'amplitude de la marée, mais par contre très sensibles aux apports fluviaux. Ces phénomènes seraient de bons indicateurs des courants secondaires et donc des conditions de sédimentation dans l'estuaire. La figure 15 montre le mécanisme qui permet d'expliquer la présence de la remontée des fonds de la section "b". Les zones où coexistent les prédominances de flot et de jusan sont des régions privilégiées de dépôts du fait de la rencontre du courant salé et flocculant avec les eaux fluviales. La présence de ces dépôts dans la zone de la section b explique ainsi l'élargissement de la section qui "doit" conserver une section mouillée identique à la valeur de la section mouillée en A lors des transit des masses d'eau oscillantes.

- Nous avons également observé, dans la zone d'estuaire comprise entre A et C, une pénétration du flot en "coin horizontal" (fig. 16) marqué en surface par une ligne où s'accumulent certains débris légers (brindilles, feuilles) traduisant la présence de courants transversaux et verticaux importants.

Tous ces phénomènes ont leur importance dans les mécanismes qui conditionnent la remontée de la marée saline et le brassage des eaux marines et fluviales.

TABLEAU 2

*Heures des pleines mer pour les quatres sections
A, D, G, J, et heures prévues par l'almanach (Iles du
Salut - station de référence) en heures minutes.*

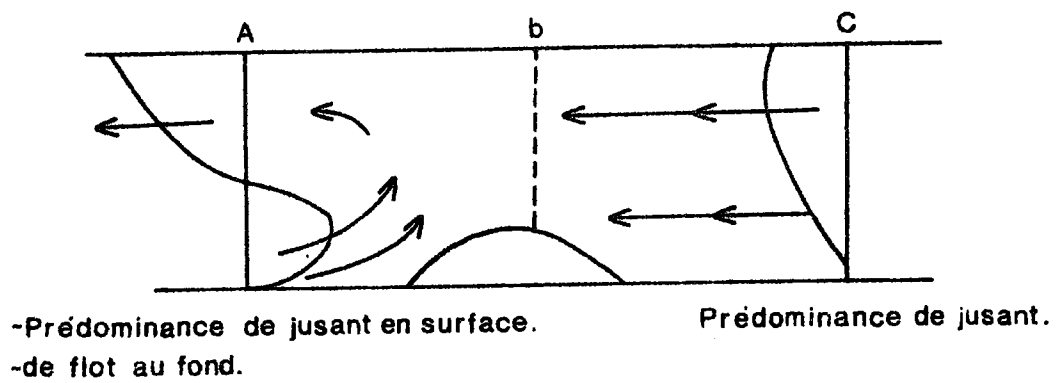
<i>Date</i>	<i>H. almanach</i>	<i>H. en A</i>	<i>H. en D</i>	<i>H. en G</i>	<i>H. en J.</i>
<i>23.10.83</i>	<i>05.30</i>	<i>05.40</i>	<i>06.00</i>	<i>06.30</i>	<i>07.20</i>
	<i>17.41</i>	<i>17.20</i>	<i>18.25</i>	<i>19.00</i>	<i>19.15</i>
<i>24.10.83</i>	<i>06.07</i>	<i>06.00</i>	<i>06.30</i>	<i>07.00</i>	<i>07.50</i>
	<i>18.17</i>	<i>17.50</i>	<i>19.00</i>	<i>19.15</i>	<i>20.10</i>
<i>29.10.83</i>	<i>10.53</i>	<i>10.55</i>	<i>11.10</i>	<i>12.00</i>	<i>12.40</i>
	<i>23.10</i>	<i>23.20</i>	<i>00.25</i>	<i>00.40</i>	<i>01.20</i>
<i>30.10.83</i>	<i>12.11</i>	<i>12.10</i>	<i>13.00</i>	<i>13.30</i>	<i>13.40</i>
	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>20.11.83</i>	<i>04.29</i>	<i>04.45</i>	<i>04.55</i>	<i>05.40</i>	<i>06.25</i>
	<i>16.40</i>	<i>16.30</i>	<i>16.55</i>	<i>18.30</i>	<i>18.30</i>
<i>21.11.83</i>	<i>05.09</i>	<i>05.10</i>	<i>05.20</i>	<i>06.50</i>	<i>07.00</i>
	<i>17.18</i>	<i>17.10</i>	<i>17.45</i>	<i>18.35</i>	<i>18.50</i>

TABLEAU 3

*Décalage en heures, minutes, entre les heures
de pleine mer et les heures de renverse des courants
pour les sections, A, D, G, J, en mortes et vives eaux.*

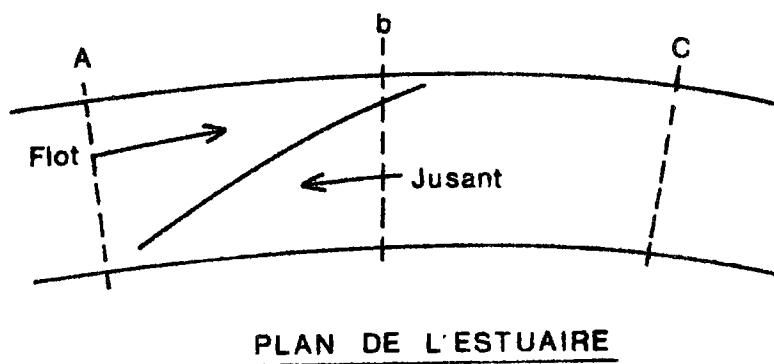
<i>Date</i>	<i>Section</i>	<i>Coef.</i>	<i>Renverse à la section après la P.M (en heures, mn)</i>	<i>Renverse à la section après la B.M (en heures, mn)</i>
<i>29.10.83</i>	<i>A</i>	<i>45</i>	<i>1.00</i>	<i>1.40</i>
<i>29.10.83</i>	<i>D</i>	<i>45</i>	<i>1.50</i>	<i>2.00</i>
<i>30.10.83</i>	<i>G</i>	<i>40</i>	<i>0.45</i>	<i>1.30</i>
<i>30.10.83</i>	<i>J</i>	<i>40</i>	<i>1.00</i>	<i>1.20</i>
<i>20.11.83</i>	<i>A</i>	<i>85-105</i>	<i>1.20</i>	<i>1.40</i>
<i>20.11.83</i>	<i>D</i>	<i>85-105</i>	<i>1.40</i>	<i>2.10</i>
<i>21.11.83</i>	<i>G</i>	<i>85-105</i>	<i>0.45</i>	<i>1.30</i>
<i>21.11.83</i>	<i>J</i>	<i>85-105</i>	<i>0.55</i>	<i>0.50</i>

Fig. 15



COUPE DE L'ESTUAIRE

Fig. 16



PLAN DE L'ESTUAIRE

IV - RESULTATS HYDROMETRIQUES

1) Vitesses :

Les mesures de vitesse ont été réalisées sur cinq verticales avec cinq points en moyenne par verticale. Les valeurs maximales instantanées dépassent rarement 1 m/s (tabl. 4).

Les valeurs les plus élevées se rencontrent au jusan à l'embouchure (1,81 m/s en vives eaux en surface). Les vitesses mesurées au fond, c'est-à-dire en fait à 0,2 m du fond, sont du même ordre de grandeur pour les quatre sections, pour un cycle de marée.

Les figures 17 à 20 nous permettent d'observer l'évolution au cours d'une marée des valeurs de vitesse de surface, de mi-profondeur et de fond pour la verticale centrale de chaque section (bouée n° 3).

Toutes les courbes de jusan présentent les caractères classiques de répartition des vitesses en fonction de la profondeur. On retrouve à chaque instant la "parabole des vitesses". Par contre, en flot, en A et D, les vitesses les plus grandes sont observées à mi-profondeur tandis que la vitesse de surface prend des valeurs identiques ou plus faibles que celles du fond. C'est l'expression des "prédominances" évoquées au chapitre précédent et nous constatons qu'elles s'expriment jusqu'à la section D.

Notons que la section G (fig. 19) présente des anomalies de vitesse à mi-flot et à mi-jusan. On observe une diminution des vitesses à mi-profondeur, synchrone avec une augmentation de la vitesse de surface, pendant environ 1 heure. On peut imaginer qu'il existe des brassages d'eaux de densités différentes à la faveur de courants différentiels qui s'expriment plus particulièrement lorsque les vitesses deviennent maximales dans la section. Par ailleurs, la section G a été choisie pour sa position au sein d'une portion rectiligne et uniforme avec des écoulements naturels non turbulents qui auraient pu expliquer le phénomène observé.

Les vitesses moyennes de fond, mi-profondeur et surface ont été obtenues à partir du planimétrage des courbes précédentes. Ce résultat (homogène à une distance) est ensuite divisé par la durée du flot ou du jusan pour obtenir la vitesse moyenne de la verticale centrale de chaque section (bouée n° 3). Le tableau 5 résume ces résultats et nous permet de faire quelques commentaires :

- La différence mortes-eaux et vives-eaux s'exprime surtout sur les valeurs des vitesses de surface qui augmentent notablement pour des coefficients de marée forts. Ceci est particulièrement net pour la section A de l'embouchure.

- Les vitesses moyennes de flot à mi-profondeur sont plus élevées qu'en surface soulignant le phénomène de prédominance qui apparaît aux sections A et D. Ceci souligne encore la distinction en deux zones signalée dans notre

TABLEAU 4 : Vitesses maximales (m/s) au flot et au jusant observées au fond (F), au milieu (M) et en surface (S) aux stations A, D, G, et J.

		A	D	G	J
<i>Flot</i> 29-30/10	F	0,42	0,34	0,45	0,47
	M	0,60	0,38	0,54	0,51
	S	0,50	0,44	0,68	0,48
<i>Jusant</i> 29-30/10	F	0,6	0,37	0,56	0,42
	M	0,65	0,81	0,81	0,56
	S	1,25	0,98	0,92	0,60
<i>Flot</i> 20-21/11	F	0,67	0,43	0,52	0,38
	M	0,91	0,57	0,73	0,55
	S	0,84	0,61	0,80	0,58
<i>Jusant</i> 20-21/11	F	0,77	0,7	0,7	0,52
	M	1,20	0,86	0,94	0,76
	S	1,81	1,04	1	0,81

**TABLEAU 5 : Vitesses moyennes de flot et de jusant observées
au fond (F), au milieu (M) et en surface (S)
aux stations A, D, G et J.**

<i>Marée</i>			<i>A</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>J</i>
<i>mortes eaux</i>	<i>Flot</i> <i>29-30/10</i>	<i>F</i>	0,17	0,18	0,22	0,22
		<i>M</i>	0,36	0,27	0,33	0,28
		<i>S</i>	0,16	0,15	0,33	0,29
	<i>Jusant</i> <i>29-30/10</i>	<i>F</i>	0,14	0,07	0,21	0,20
		<i>M</i>	0,27	0,5	0,27	0,34
		<i>S</i>	0,82	0,62	0,32	0,39
<i>vives eaux</i>	<i>Flot</i> <i>20-21/11</i>	<i>F</i>	0,24	0,22	0,34	0,24
		<i>M</i>	0,56	0,40	0,55	0,41
		<i>S</i>	0,54	0,42	0,63	0,46
	<i>Jusant</i> <i>20-21/11</i>	<i>F</i>	0,24	0,31	0,40	0,32
		<i>M</i>	0,58	0,59	0,59	0,57
		<i>S</i>	1,17	0,57	0,76	0,59

Fig.17

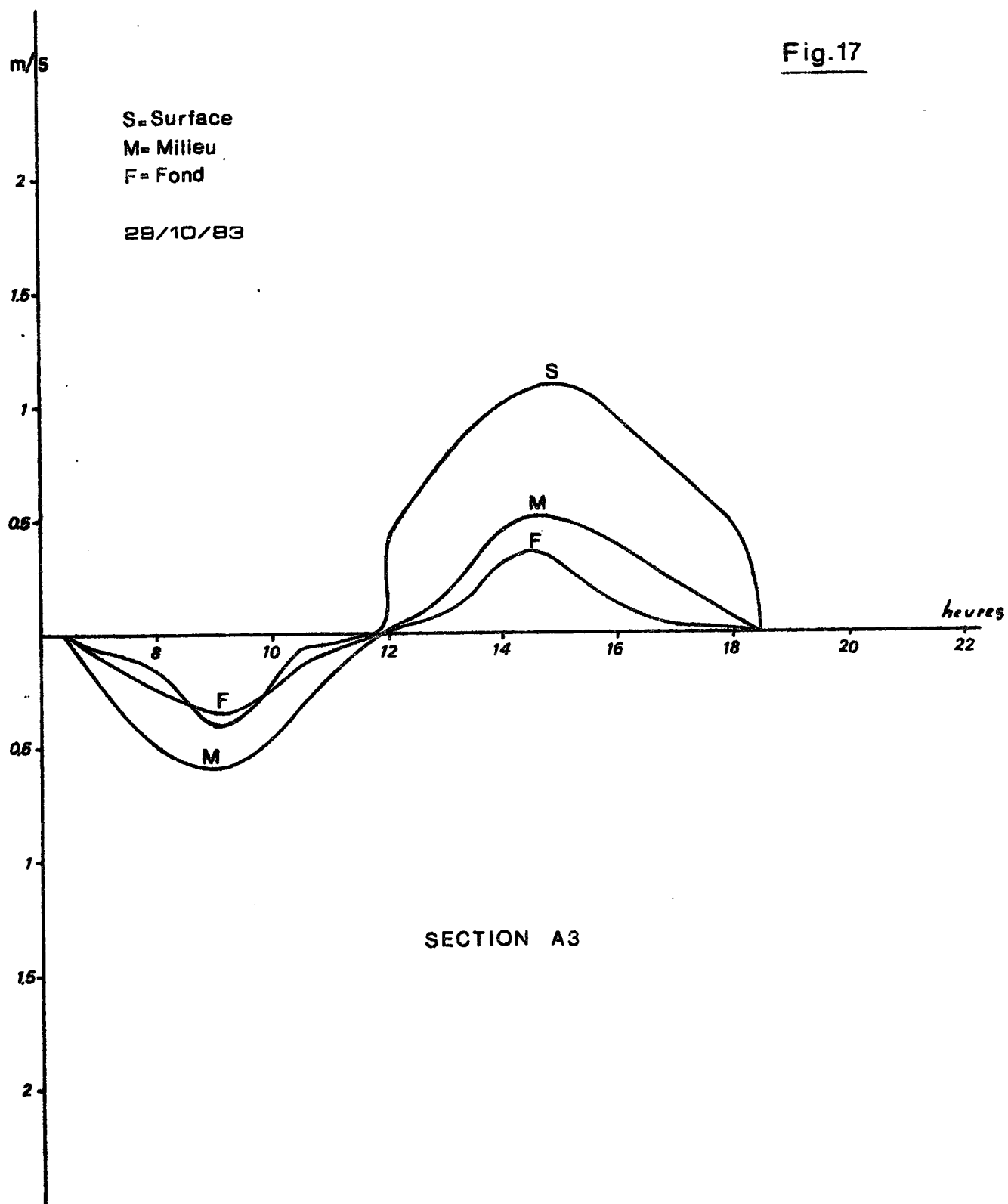
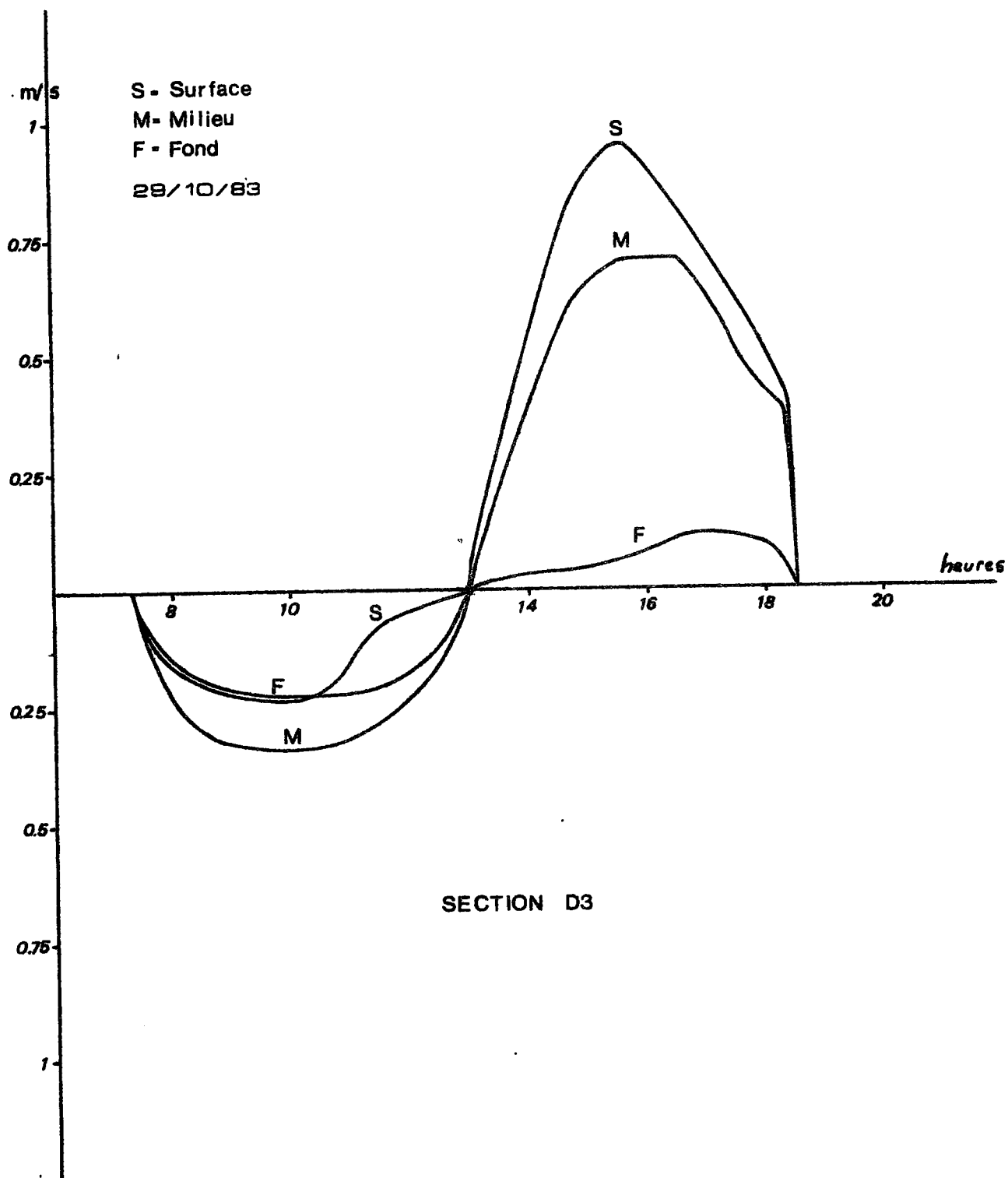


Fig.18



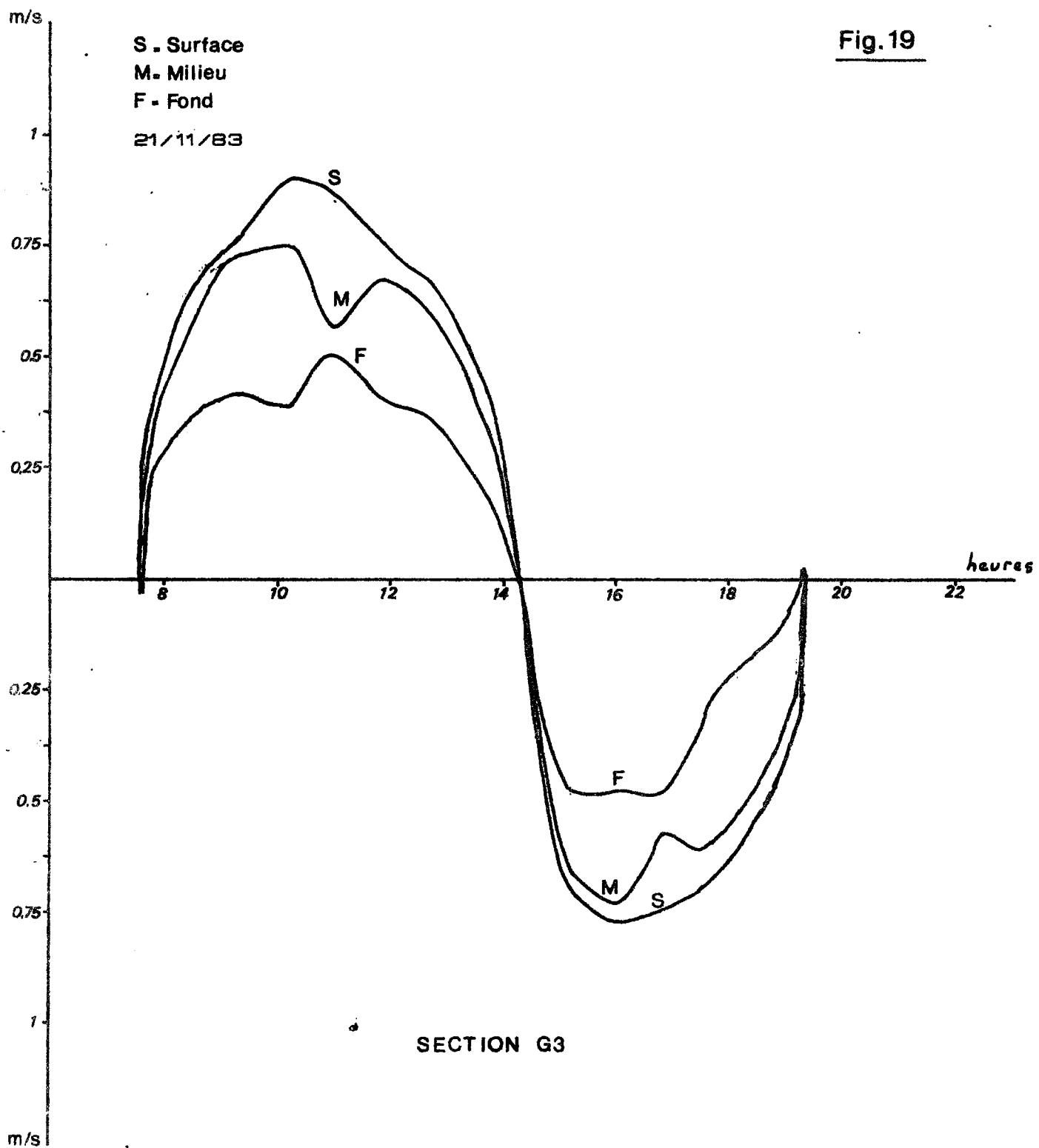
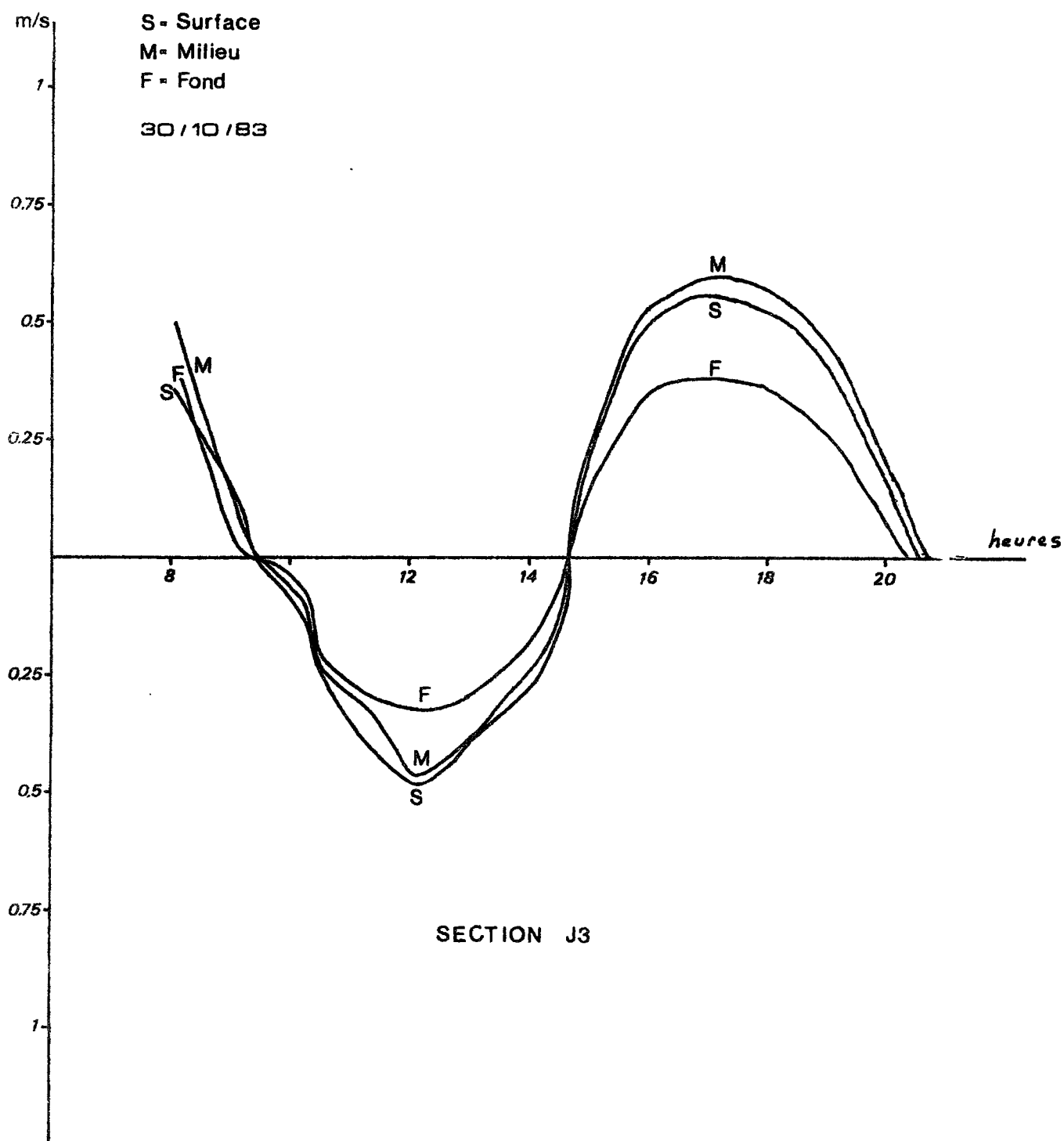


Fig.20



paragraphe sur la morphologie de l'estuaire.

Par ailleurs, en comparant les valeurs relatives des vitesses sur la verticale on peut remarquer que la prédominance est beaucoup plus nette en mortes-eaux.

observations relatives aux vitesses instantanées (toutes verticales)

A la section A, nous avons observé sur les vitesses instantanées le phénomène de prédominance du flot sur le jusan. Pendant la renverse suivant la basse mer, nous avons mesuré sur les cinq verticales des vitesses de flot au fond, de 0,25 à 0,30 m/s, pendant que le jusan était encore établi en surface avec des vitesses variant entre 0,3 et 0,6 m/s selon les verticales. Ces mesures confirment l'existence des prédominances dans l'estuaire du SINNAMARY et mettent en évidence les mécanismes de remontée du "coin salé" par les eaux de fond plus denses qu'en surface. Nous verrons au chapitre suivant la forme que peuvent prendre les isohalines sous l'effet de ces phénomènes.

Si l'on admet que les vitesses moyennes sont en relation linéaire avec le coefficient de marée on peut tracer le graphique de la figure 20 bis. Aux plus fortes marées, les vitesses moyennes atteintes seraient de 0,35 à 0,6 m/s pour le flot et de 0,4 à 0,8 m/s pour le jusan, pour tout lieu de l'estuaire.

2) Débits

En utilisant la méthode des verticales indépendants exposée au premier chapitre, on obtient les courbes de débits instantanés pour chaque section (fig. 21 à 28) sur un cycle de marée, en vives eaux et en mortes eaux. Le tableau 6 résume les débits maximums enregistrés pendant les deux campagnes de jaugeages ainsi que les vitesses moyennes maximales (Q_m/s), avec S = section mouillée au niveau moyen.

Les débits maximum décroissent vers l'amont avec un léger palier en D et G. Les valeurs de flot sont très inférieures à celles du jusan à l'embouchure (A) surtout en vives eaux. Ce caractère s'estompe vers l'amont.

Le rapport Q_m/s max homogène à une vitesse dans la section, est calculé avec la valeur de la section mouillée au niveau moyen. Ce calcul entraîne une surestimation des vitesses en flot (puisque la surface mouillée réelle est plus importante) et une sous-estimation en jusan.

3) Dérives de flot et de jusan

Les dérives ou excursions sont exprimées en kilomètres (tabl. 7). Elles sont obtenues en divisant le volume oscillant d'une section par la surface mouillée. Les valeurs en flot, varient entre 3,5 km en J en mortes eaux, et 9,5 km en G en vives eaux. Les moyennes sur les quatre sections donnent selon le coefficient, une dérive de flot comprise entre 5,3 et 8 km. Les valeurs moyennes en jusan sont comprises entre 7,4 et 11 km. Les dérives résultantes augmentent vers l'amont puisque les volumes oscillants résultants* sont presque constants, tandis que les sections mouillées diminuent. La moyenne des dérives résultantes est de 2 km en mortes eaux et 3,1 km en vives eaux. Ceci permet de calculer le temps que met une particule pour

* Volume jusan - Volume flot

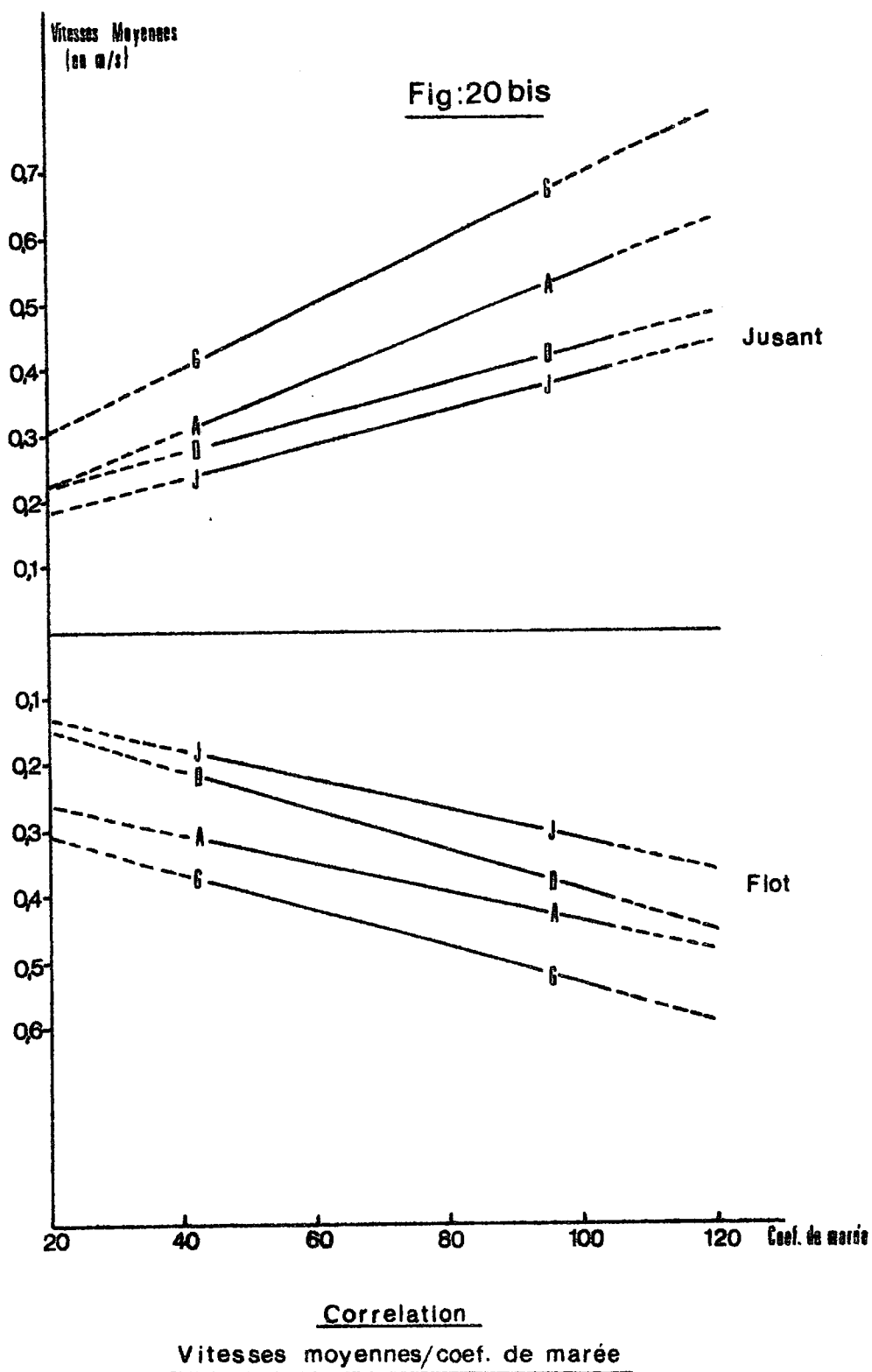


TABLEAU 6 : Débit maximum et valeur de Q_m/s maximum au niveau moyen. Stations A, D, G, J en mortes et vives eaux (Q_m en m^3/s - Q_m/s en m/s).

Section		mortes eaux (45/40)		vives eaux (85/105)	
		Flot	Jusant	Flot	Jusant
A	Q_m	-750	800	-960	1210
	Q_m/s	-0,51	0,54	-0,65	0,82
D	Q_m	-350	420	-520	580
	Q_m/s	-0,35	0,42	-0,52	0,58
G	Q_m	-340	370	-440	450
	Q_m/s	-0,59	0,64	-0,76	0,77
J	Q_m	-250	250	-330	360
	Q_m/s	-0,31	0,31	-0,41	0,45

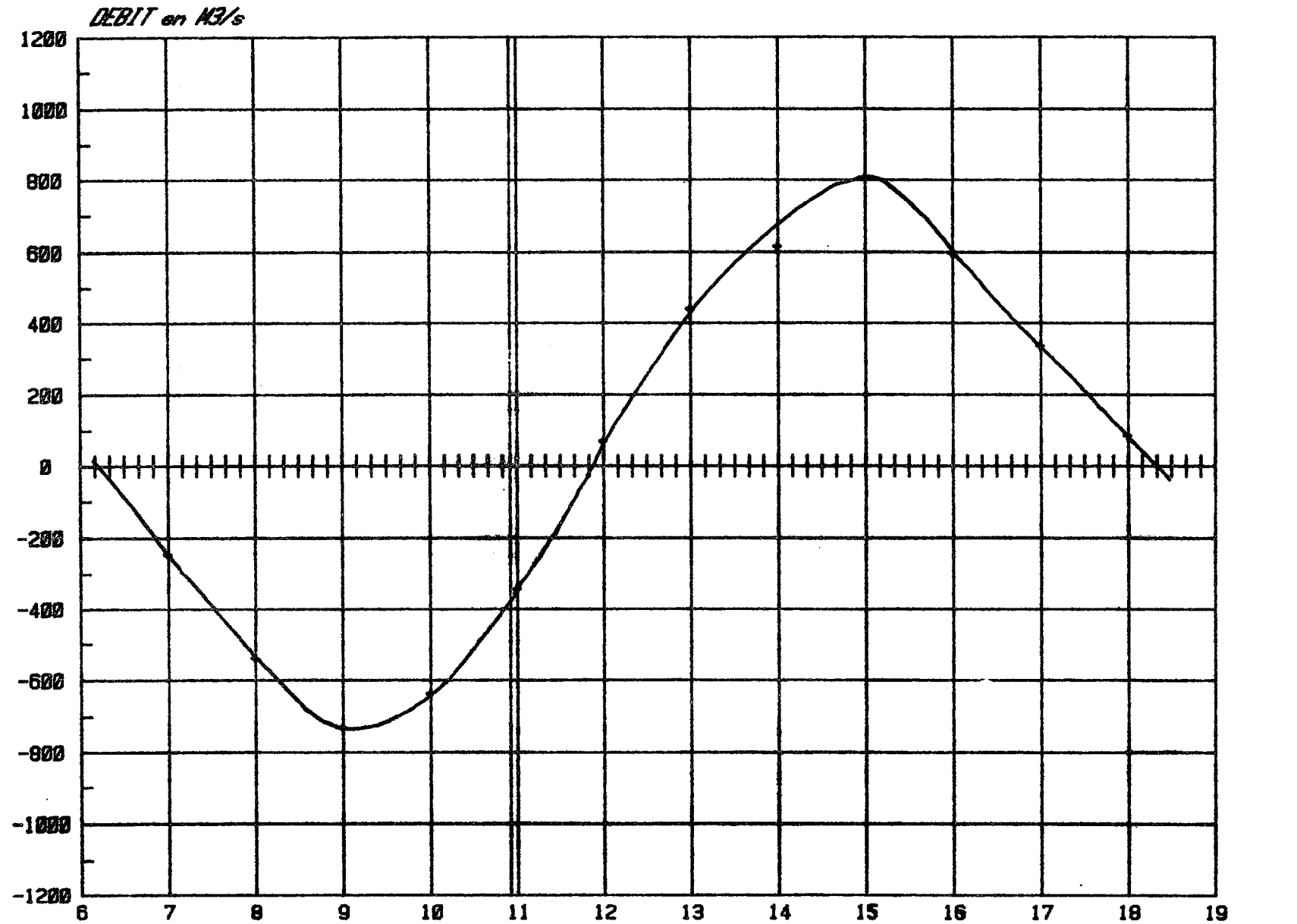
DATE : 29/10/83

HEURE P.M. : 10.55

COEF: 45/40

Section: A

Fig:21



DEBITS D UNE SECTION EN FONTION DU TEMPS

ORSTOM Aménagement Petit Saut M.L. 84

Heure Locale

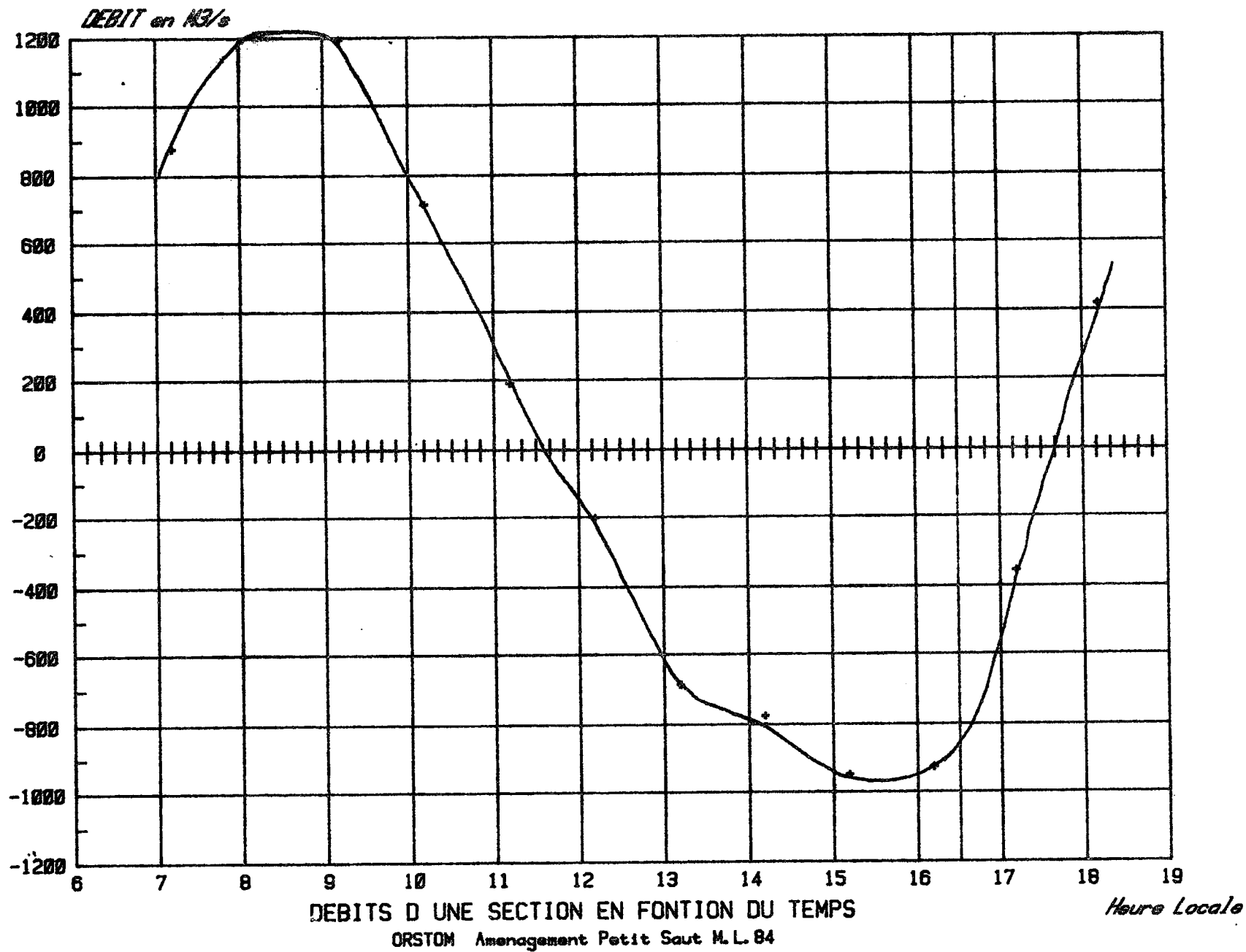
DATE : 20/11/93

HEURE P.M. : 16.30

COEF: 85/100

Section: A

Fig:22



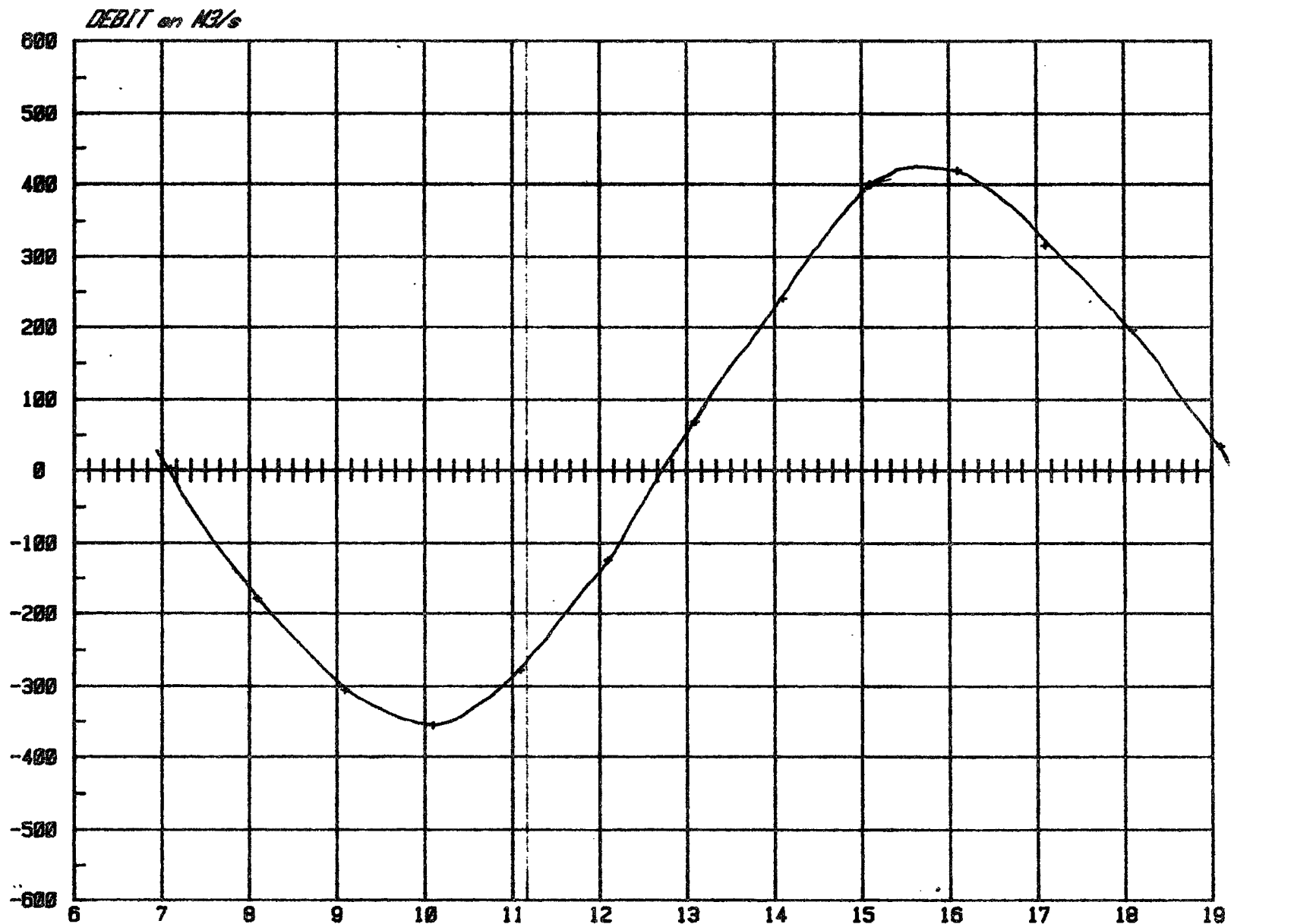
DATE : 29/10/83

HEURE P.M. : 11.10

COEF: 45/40

Section: D

Fig: 23



DEBITS D UNE SECTION EN FONTION DU TEMPS
ORSTOM Aménagement Petit Saut M.L. 84

Heure Locale

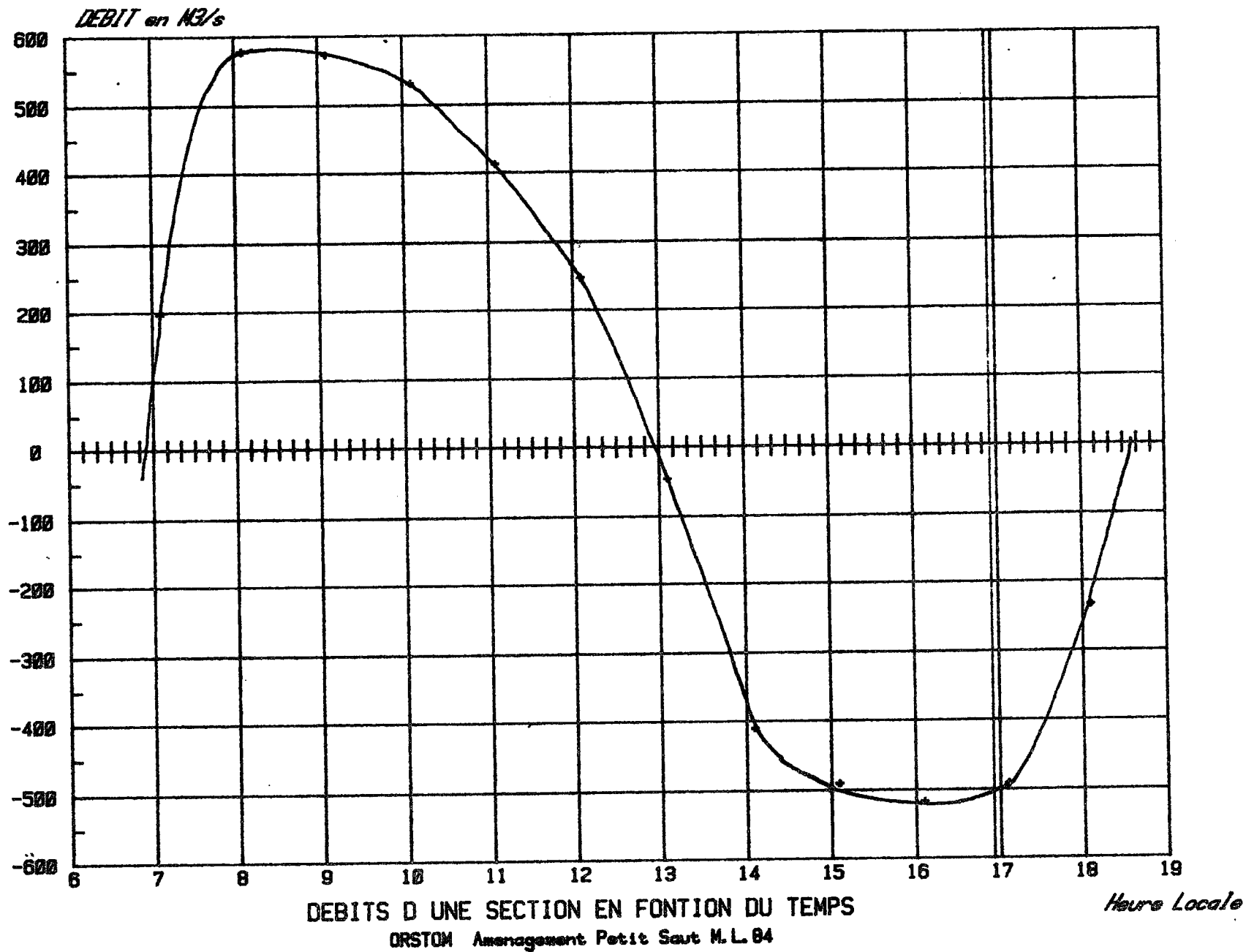
DATE : 20/11/83

HEURE P.M. : 16.55

COEF: 85/105

Section: D

Fig: 24



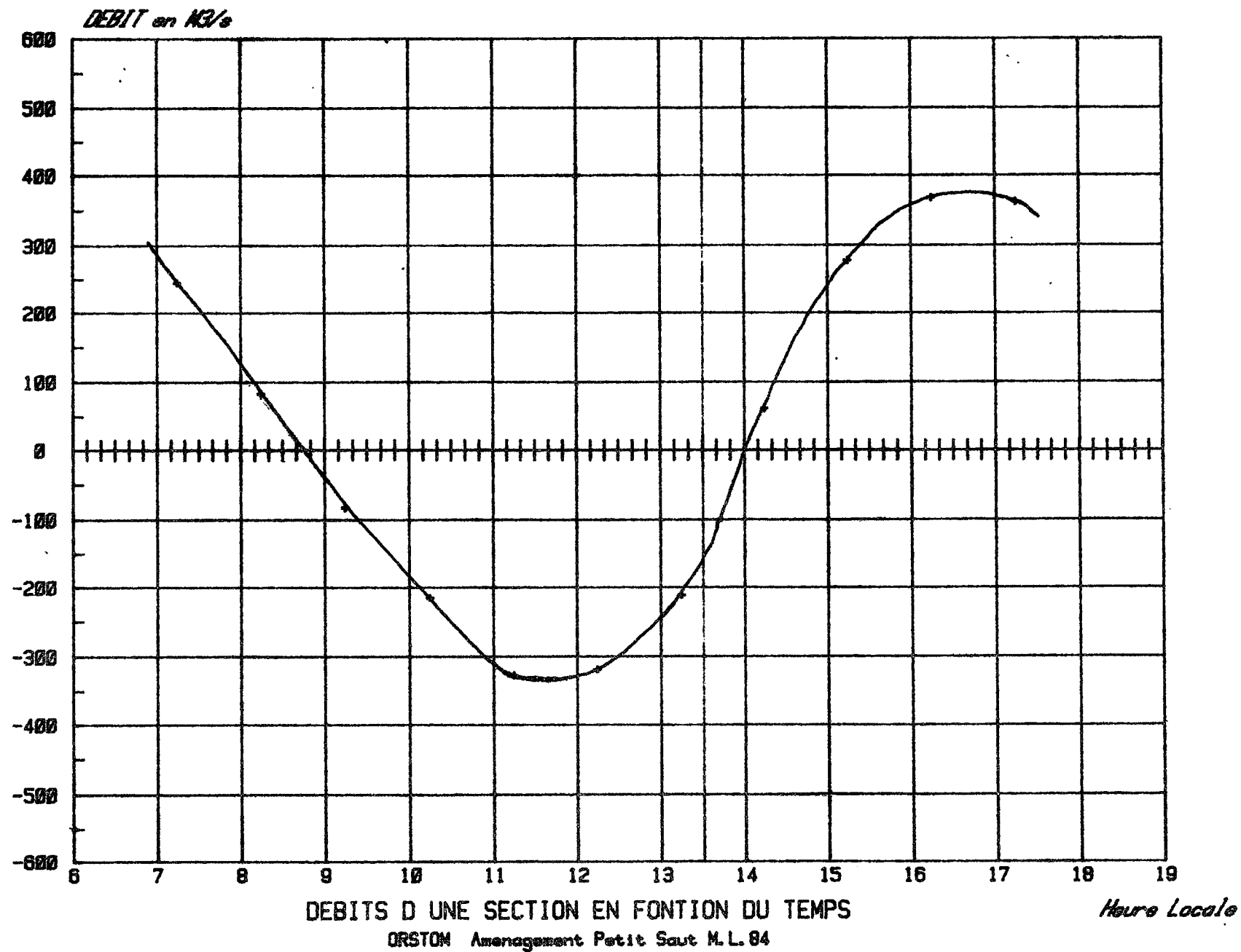
DATE : 30/10/83

HEURE P.M. : 13.30

COEF: 45/40

Section: G

Fig: 25



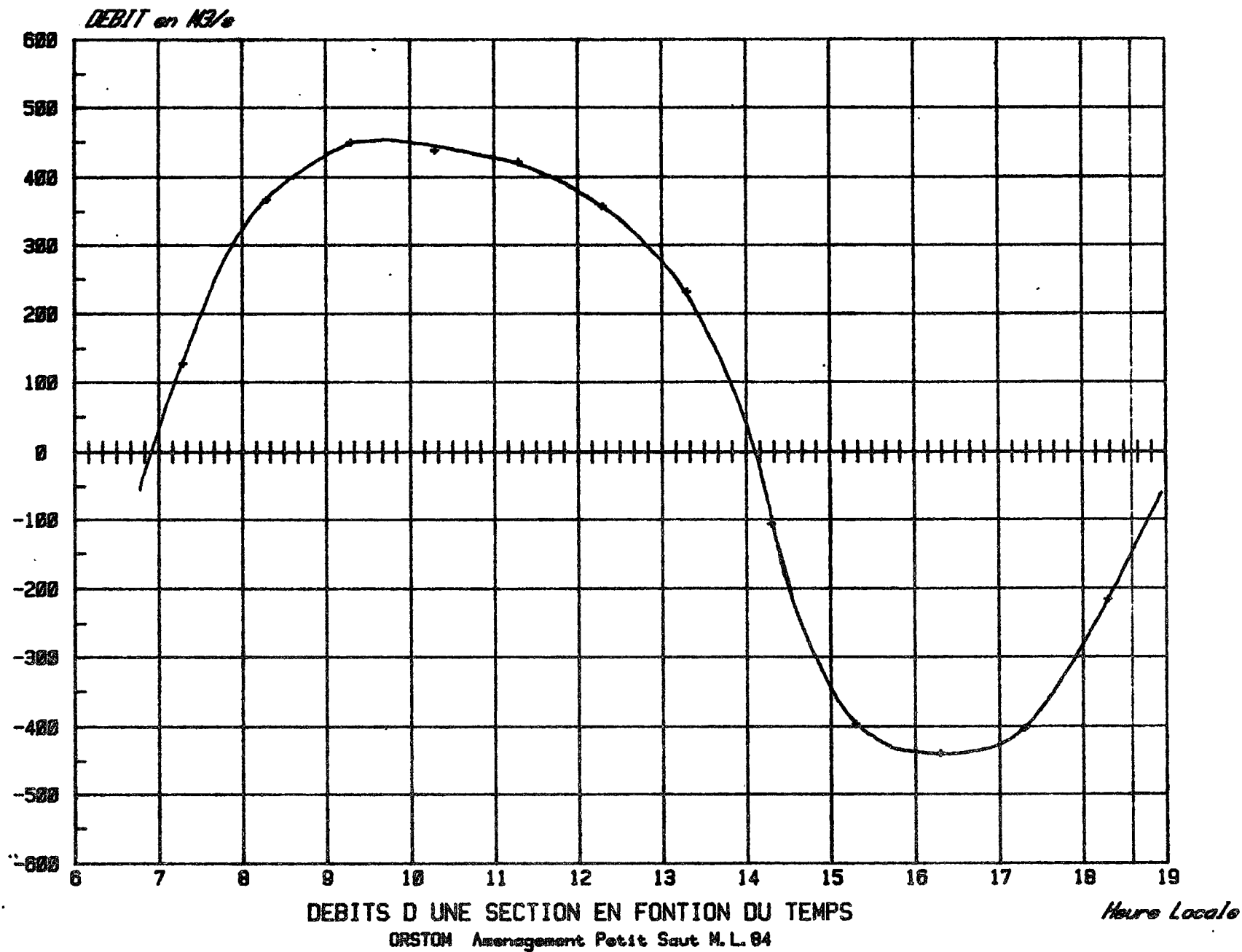
DATE : 21/11/83

HEURE P.M. : 18.35

COEF: 85/105

Section: G

Fig:26



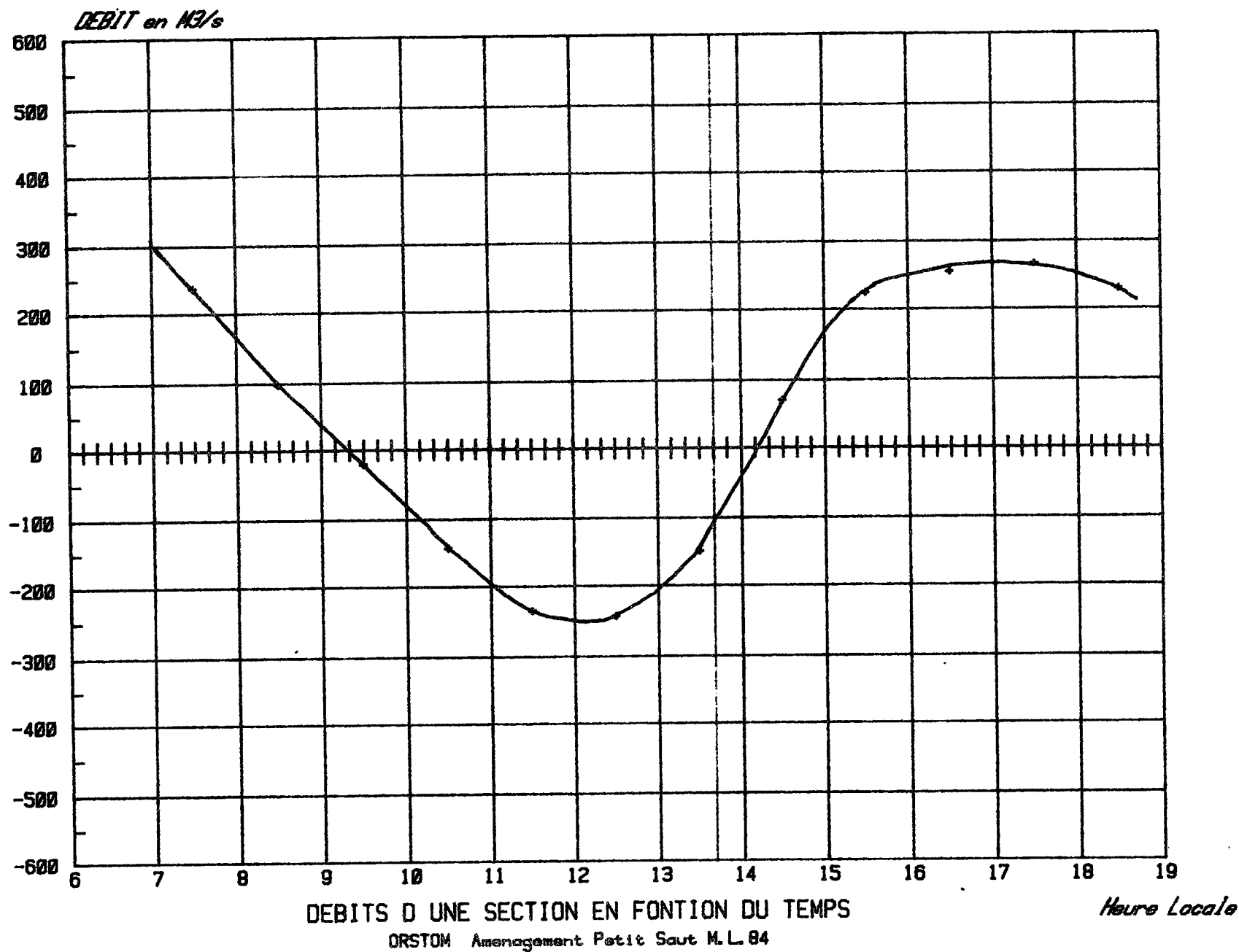
DATE : 30/10/83

HEURE P.M. : 13.40

COEF: 45/40

Section: J

Fig:27



DATE : 21/11/83

HEURE P.M. : 18.50

COEF: 85/105

Section: J

Fig:28

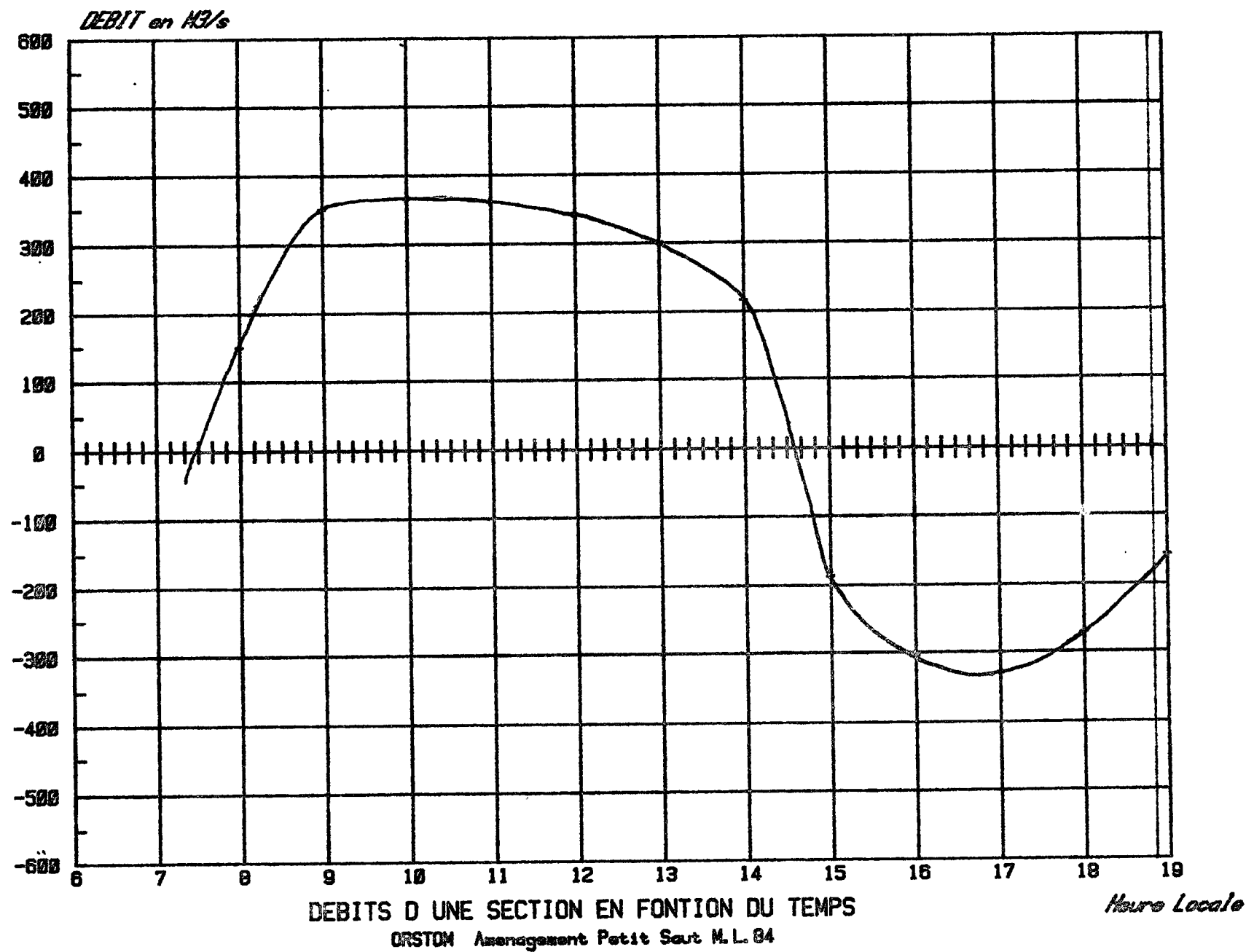


TABLEAU 7 : Influence des facteurs débits fluviaux, coefficient de marée, durée relatives du flot et du jasant sur les dérives moyennes observées dans l'estuaire.

		(Volume/section) Dérive moyenne (m)		Dérive résultante (m)	Débits à PETIT SAUT m3/s	Coefficient DE MAREE matin/soir	Durée (h)	
		Flot	Jusant				Flot	Jusant
M.E.	29/10/83	A	6200	7200	76	45/40	5.30	6.25
		D	4500	6000			1500	5.35
	30/10/83	G	7100	10300	72	45/40	5.25	6.50
		J	3500	5900			2400	5.15
V.E.	20/11/83	A	9400	11100	107	85/105	6.05	5.50
		D	7500	9700			2200	5.35
	21/11/83	G	9500	14400	96	85/105	5.00	6.00
		J	5500	9100			3600	5.05
Moyenne M.E		5300	7400	2000				
V.E		8000	11000	3100				

parcourir la distance séparant la pointe COMBI (J) à l'estuaire (A). On constate qu'il faut entre 15 et 10 cycles de marées, soit environ 7 à 5 jours, selon le coefficient de marée pour parcourir cette distance. Si l'on admet que l'effet du flot se fait sentir sur 40 à 50 km de l'embouchure du SINNAMARY on constate que, pour la période d'étiage, les eaux de la rivière mettent environ une journée entre PETIT SAUT (70 km) et le point où l'effet de la marée ne se fait plus sentir, puis une semaine à 10 jours pour descendre jusqu'à l'embouchure.

Ce temps de "résidence" des eaux dans l'estuaire est une donnée importante qu'il conviendra de préciser par la suite, dans le cadre de l'étude de l'évacuation des eaux du barrage de PETIT SAUT. Les eaux rejetées vers l'aval seront d'autant plus réductrices qu'elles séjourneront dans l'estuaire et il serait important de connaître la dynamique de la marée et les dérives oscillantes pour des débits supérieurs à 100 m³/s. En effet il doit exister une valeur optimale du débit réservé pour laquelle la dérive résultante en étiage est faible ou nulle.

Notons par ailleurs (tabl. 7) que les durées de flot sont inférieures à celles du jusant c'est-à-dire que le cycle de marée est asymétrique. Cette particularité appartient aux caractères généraux des estuaires soumis à l'influence de la marée. Cette asymétrie s'accroît vers l'amont et semble être indépendante du coefficient de marée à la station J (pointe COMBI).

4) Volumes oscillants dans l'estuaire

La surface des courbes de débits en fonction du temps (fig. 21 à 28) permet de connaître les volumes oscillants dans l'estuaire. Ceux-ci croissent vers l'aval et augmentent avec le coefficient de marée (tabl. 8). A l'embouchure les volumes de flot sont compris entre 9 et 14 millions de m³, tandis qu'en jusant ils varient entre 10 et 16 Mm³ selon le coefficient. La différence entre les volumes de flot et de jusant est de l'ordre de 1,5 à 2 Mm³ en mortes eaux et de 2 à 3 Mm³ en vives eaux selon la section. Notons que ces valeurs ne peuvent être obtenues avec une grande précision puisqu'en premier lieu elles sont calculées par différence de deux valeurs proches et en second lieu, les variations du coefficient de marée au cours de la journée entachent les mesures des volumes oscillants d'une incertitude difficile à évaluer. Ceci peut expliquer pourquoi les valeurs croissent légèrement vers l'amont.

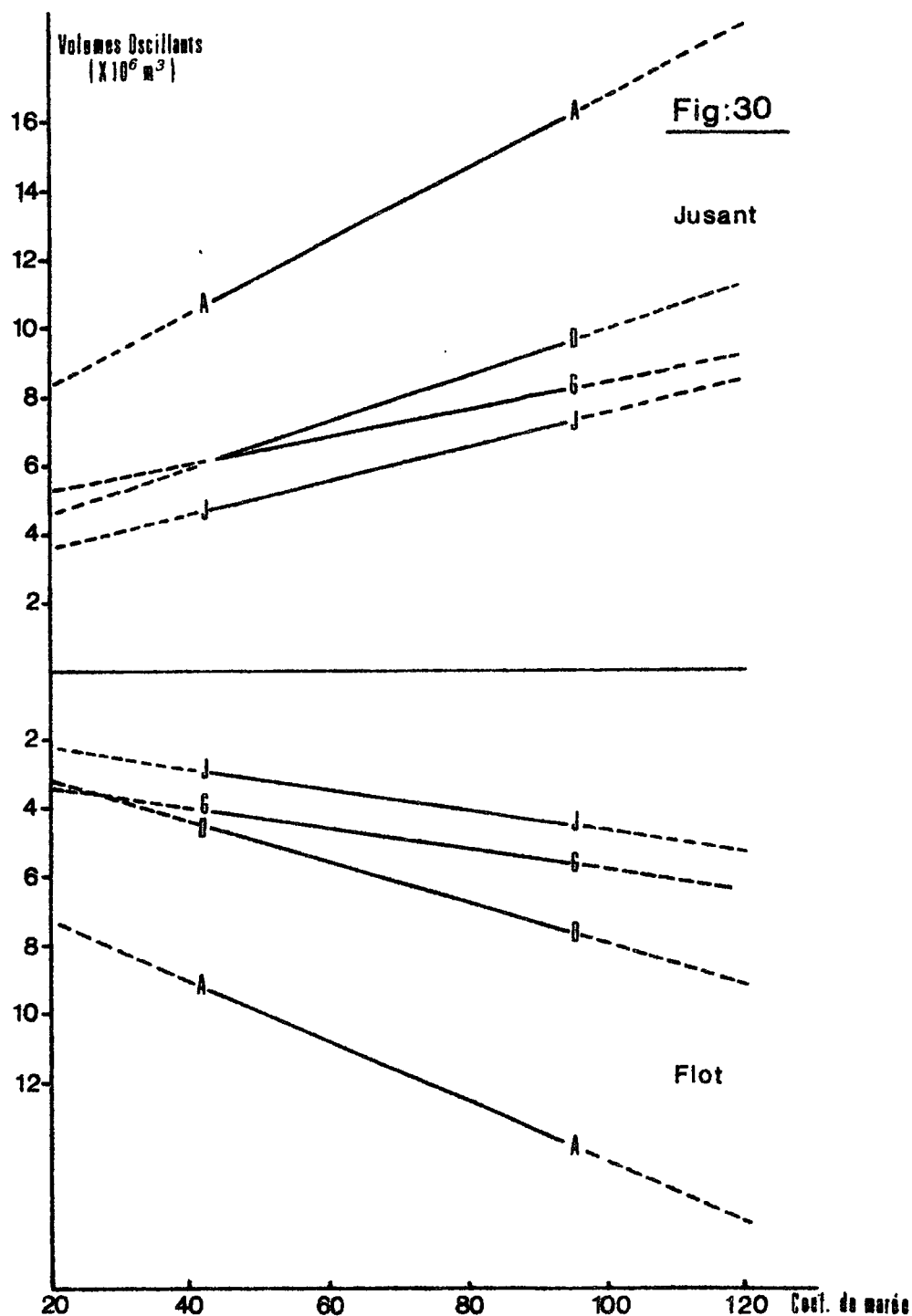
Les valeurs de la colonne "débits résultants" sont obtenues par la différence $(V_{\text{jusant}} / \text{durée du jusant}) - (V_{\text{flot}} / \text{durée du flot})$. Les ordres de grandeur sont comparables aux débits théoriques calculés à partir de la station de PETIT SAUT corrigés de l'augmentation de surface du bassin pour chaque section.

La colonne "VJ/VF" exprime le rapport entre le volume de jusant et le volume de flot. Les valeurs croissent vers l'amont, et il faut souligner que ceux-ci sont indépendants du coefficient de marée.

M.A. ROCHE, P. DUBREUIL, H. HOEPFFNER, (1974) trouvent sur le MAHURY une relation linéaire entre les coefficients de marée et les volumes oscillants. En considérant que cette relation s'applique sur le SINNAMARY on peut tracer cette relation (fig. 30) pour un coefficient de marée moyen en mortes et

TABLEAU 8 : Volumes oscillants dans l'estuaire et débits résultants.

		$V \text{ Flot}$ $\times 10^6 \text{ m}^3$	$V \text{ Jusant}$ $\times 10^6 \text{ m}^3$	ΔV $\times 10^6 \text{ m}^3$	VJ/VF	Débit résultant m^3/s	Débit théorique à la station m^3/s
mortes eaux	A	9,10	10,6	1,5	1,16	70	81
	D	4,46	6,0	1,5	1,35	72	81
	G	4,14	6,0	1,9	1,45	86	80
	J	2,80	4,73	1,9	1,69	89	79
vives eaux	A	13,8	16,3	2,5	1,18	116	112
	D	7,50	9,7	2,2	1,29	102	111
	G	5,53	8,34	2,8	1,51	130	110
	J	4,36	7,30	2,9	1,67	136	109



Correlation
Volumes oscillants/Coef. de marée

vives eaux (45/40 et 85/105). Par extrapolation on obtient les ordres de grandeur des volumes oscillants à l'embouchure pour les configurations extrêmes :

- Flot	7 Mm3	pour un coefficient		20
	16 Mm3	pour		120
- Jusant	8 Mm3	pour		20
	19 Mm3	pour		120

- Décroissance des volumes oscillants en fonction de la distance

BELLESORT et MIGNIOT (1968) ajustent une loi de décroissance exponentielle des volumes oscillants en fonction de la distance à l'embouchure pour quelques grands estuaires. Cette relation à la forme :

$$V_x = V_0 e^{-Kx}$$

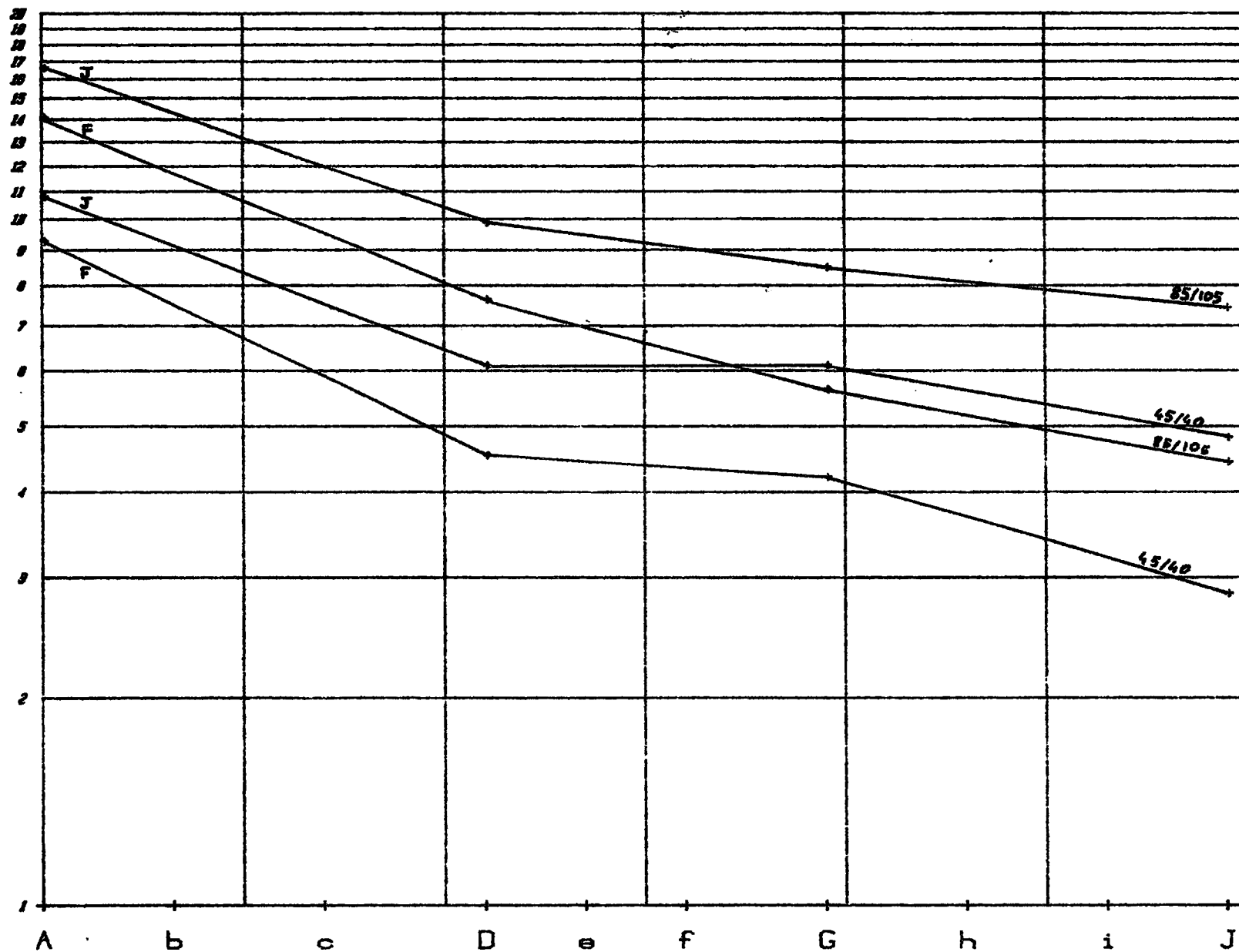
avec V_0 = volume oscillant à l'embouchure
 V_x = " " à la distance x
 K = coefficient de l'estuaire
 x = distance à l'embouchure

Cette relation s'ajuste pour les volumes de jusant de l'estuaire de l'APPROUAGUE (M.A. ROCHE, P. DUBREUIL, H. HOEPPFNER 1974). Pour le SINNAMARY (fig. 31) la relation ne se vérifie pas d'une façon satisfaisante d'autant plus que nous avons déjà mentionné les "irrégularités" de la section G. A titre indicatif on peut calculer le coefficient K entre A et J. Pour les deux campagnes la valeur en flot est de 0,039 et la valeur de jusant de 0,027. Pour la période de l'étude le coefficient K est donc indépendant du coefficient de marée.

V en millions de M3

VOLUMES OSCILLANTS EN FLOT ET JUSANT
SELON UNE LOI EXPONENTIELLE

FIG. 31



ORSTOM Petit Saut ML 84

Distance en Km

V - L'INTRUSION SALINE DANS L'ESTUAIRE

1) Méthodologie

Le mélange des eaux océaniques et fluviales de composition propre différentes ne permet pas d'appliquer la loi de DITTMAR valable pour les eaux océaniques et selon laquelle on peut déterminer la salinité d'une eau marine par dosage d'un de ses éléments. En effet, les proportions relatives des différents constituants participant à la salinité sont constants et le dosage de l'un d'eux permet d'obtenir la teneur des autres éléments et donc la salinité.

Par ailleurs, les teneurs en silice dissoute représentent moins de 0,2% de la charge en sels dissous pour les eaux marines et environ 40% pour les eaux douces continentales. La détermination de la salure ionique globale aurait pu se faire par dosage, pour chaque échantillon, de l'ensemble des ions majeurs et de la silice dissoute.

L'objectif étant de décrire les variations spatiales du coin salé nous avons recherché une méthode satisfaisant à la fois à une bonne précision des mesures et aux possibilités pratiques d'effectuer un nombre significatif d'analyses.

La détermination de la conductivité d'une solution aqueuse est dans ce cas la méthode la plus appropriée. Il reste à trouver le ou les paramètres que l'on cherchera à exprimer en fonction de la mesure de conductivité.

Une centaine d'échantillons ont servi à choisir et à tester un "étalonnage" de chaque paramètre.

Parallèlement des déterminations de la silice dissoute ont été réalisées sur les échantillons servant à construire les étalonnages.

2) Résidus secs

La figure 32 montre la relation "résidus secs moins la silice" en fonction de la conductivité exprimée en microsiemens et ramené à 25° celsius. Au dessus de 100 μS , la relation peut s'ajuster à deux droites (en échelle logarithmique) dont la "cassure" se situe vers 5000 μS . La dispersion augmente légèrement au-dessus de 10000 μS . On obtient la relation suivante :

$$\begin{aligned} \text{pour } 100 < C < 5000 \mu S \\ \log(Rs - Si) = 1,07 \log C - 0,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5000 < C < 15000 \\ \log(Rs - Si) = 2,47 \log C - 5,60 \end{aligned}$$

avec des coefficients de corrélation proches de 0,95

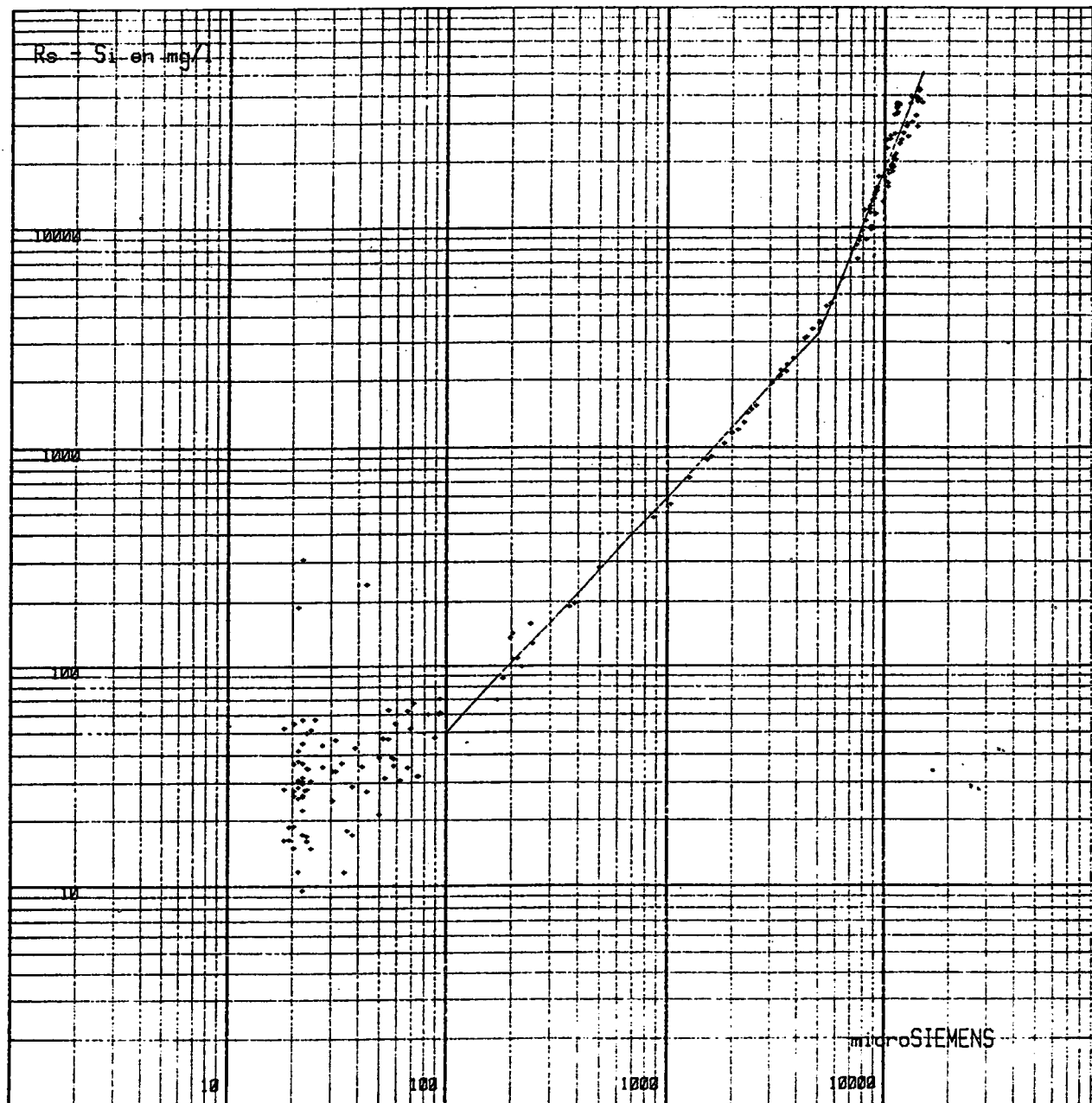


FIG. 32

CORRELATION CONDUCTIVITE / Rs - Si

$$100 < CV < 5000$$

$$\log (Rs - Si) = 1,07 \log C - 0,44$$

$$5000 < CV < 15000$$

$$\log (Rs - Si) = 2,47 \log C - 5,60$$

La grande dispersion des points en dessous de $100 \mu\text{S}$ s'explique par l'influence relative de la silice dissoute qui devient prépondérante dans les eaux douces.

L'utilisation de ces 2 relations sur l'ensemble des mesures de conductivité a conduit à une surestimation importante de la salure ionique globale.

En effet, alors que l'eau de mer n'a jamais dépassé des charges de 36 gr/l (mesures IFREMER), les plus fortes valeurs de résidus secs mesurés à l'embouchure conduisaient à des teneurs voisines de 40 gr/l . Il y a donc une quantité variable de substances qui ne sont pas des ions majeurs. Les argiles ($10 \mu\text{m} - 0,1 \mu\text{m}$) les colloïdes ($0,1 \mu\text{m}$) et la matière organique dissoute sont responsables de ces valeurs élevées en regard du filtre de $0,8 \mu\text{m}$ utilisé au laboratoire.

3) Somme des ions Sodium et Chlore :

La figure 33 présente la corrélation " $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ " en fonction de la conductivité. La relation établie entre $40 \mu\text{S}$ et $6200 \mu\text{S}$ suit parfaitement la corrélation établie en laboratoire sur la conductivité d'une eau contenant des proportions variables de chlorure de sodium pur. Entre $6200 \mu\text{S}$ et $15000 \mu\text{S}$ la relation subit une modification nette et la pente de la droite d'ajustement (par moindres carrés) augmente. On assiste certainement à un phénomène lié à la présence de substances telles que celles citées plus haut qui, contribuent à modifier l'équilibre électronique de l'eau en augmentant sa résistance propre pour une même quantité d'ions Na^+ et Cl^- .

Les deux relations obtenues sont les suivantes :

$$40 < C < 6200 \mu\text{S}$$

$$\log(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = 1,127 \log C - 0,75$$

$$\text{coefficient de corrélation} = 0,99$$

$$6200 < C < 15000 \mu\text{S}$$

$$\log(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) = 2,434 \log C - 5,60$$

$$\text{coefficient de corrélation} = 0,91$$

En considérant la composition chimique de l'eau de mer (SVERDRUP, JOHNSON, FLEMING) et que la plus grande partie des échantillons appartiennent au mélange eau de mer - eau douce, nous avons considéré que la détermination de la quantité de NaCl à partir de la conductivité nous donnait 90% de la teneur ionique globale des eaux. Cette démarche donne de bons résultats pour les échantillons dont la charge en NaCl est supérieure à $0,1 \text{ gr/l}$, seuil en dessous duquel la proportion de NaCl n'est plus que de 70% de la somme des ions majeurs. Néanmoins, on peut déjà considérer ces eaux comme des eaux douces et l'incertude due à cette démarche sera négligeable lors de l'établissement des isohalines. Par abus de langage nous utilisons par la suite le terme de "salinité" pour exprimer la quantité de NaCl dans l'eau.

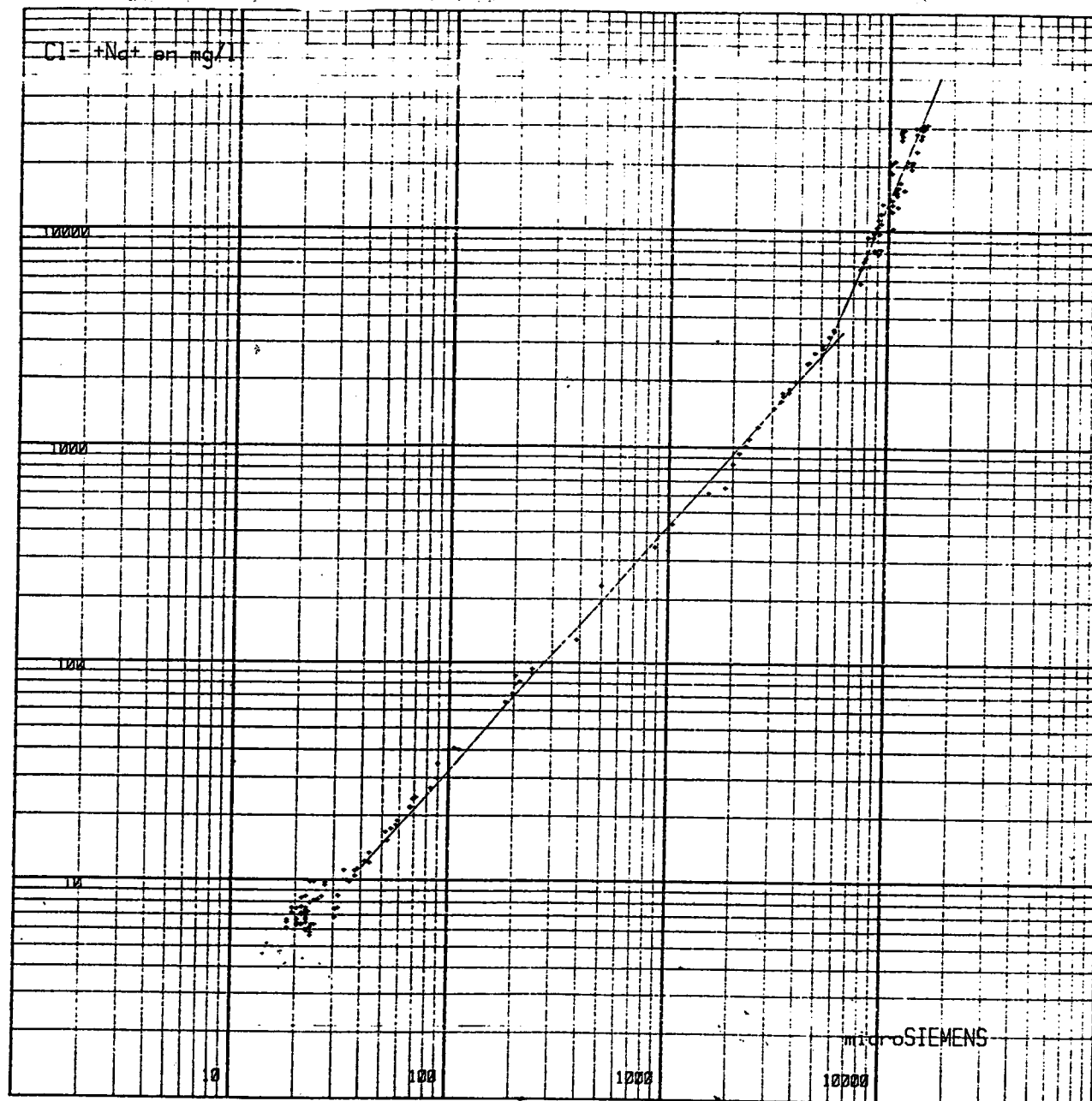


FIG: 33

CORRELATION Cl- et Na+ /CONDUCTIVITE

$$40 < CV < 6200$$

$$\log (Na^+ + Cl^-) = 1,127 \log C - 0,75$$

$$6200 < CV < 15000$$

$$\log (Na^+ + Cl^-) = 2,434 \log C - 5,60$$

ORSTOM
Etude d'impact de l'aménagement de Petit Saut

4) Silice dissoute

La figure 34 présente la relation (en diagramme semi-logarithmique) entre la conductivité et la silice, pour 450 échantillons. M.A. ROCHE (1977) a obtenu les mêmes valeurs sur l'estuaire du KOUROU et explique l'allure générale de la courbe par la dilution des eaux fluviales dans les eaux marines.

5) Evolution de la salinité dans l'estuaire en fonction du temps

Les figures présentées en annexe II montrent d'une façon claire la dynamique des mélanges eau douce / eau de mer pour chaque section d'étude.

En abscisses nous avons porté l'heure marée de la section avec la pleine mer prise pour référence (heure = 0). En ordonnées sont portées les salinités calculées à partir de la relation NaCl/conductivité.

Les cercles correspondent aux mesures en surface
 Les étoiles " " " à mi-profondeur
 Les croix " " " au fond.

Rappelons que les mesures du 29 et 30 octobre 1983 ont été faites en mortes eaux (45/40) et que celles du 20 et 21 novembre 1983 sont en vives eaux (85/105).

- gradient de salinité en fonction de la profondeur

Un gradient de salinité s'établit avec la profondeur, depuis la section A jusqu'à la section F. Les valeurs de fond et de mi-profondeur sont plus élevées qu'en surface et ce gradient s'estompe en général à la pleine mer surtout en A. Ce gradient croît vers l'amont, c'est-à-dire que les différences relatives de salinité entre le fond et la surface croissent vers l'amont.

- évolution au cours d'un cycle de marée

Aux sections A et b le cycle de marée n'affecte qu'assez peu la salinité moyenne.

Le mélange des eaux a été réalisé en amont de ces sections et aucune modification de la salinité ne s'effectue pendant le cycle.

A partir de la section C le mélange des eaux fluviales et marines se fait sentir avec une importance particulièrement marquée au niveau de la section D. Celle-ci présente en effet, au cours du cycle de marée, des eaux de qualité fluviales entre P.M + 6 et P.M - 4 et des eaux de qualité océanique entre P.M et P.M + 3. Ce phénomène est net en vives eaux pendant lesquelles les gradients de salinité en fonction de la profondeur sont faibles. En mortes eaux, l'apparente dispersion des points est due à l'effet du gradient de profondeur et à un brassage des eaux plus lent dans la section.

Les eaux saumâtres résultantes sont reprises par les eaux fluviales jusqu'à la section F, c'est-à-dire en amont du pont de SINNAMARY.

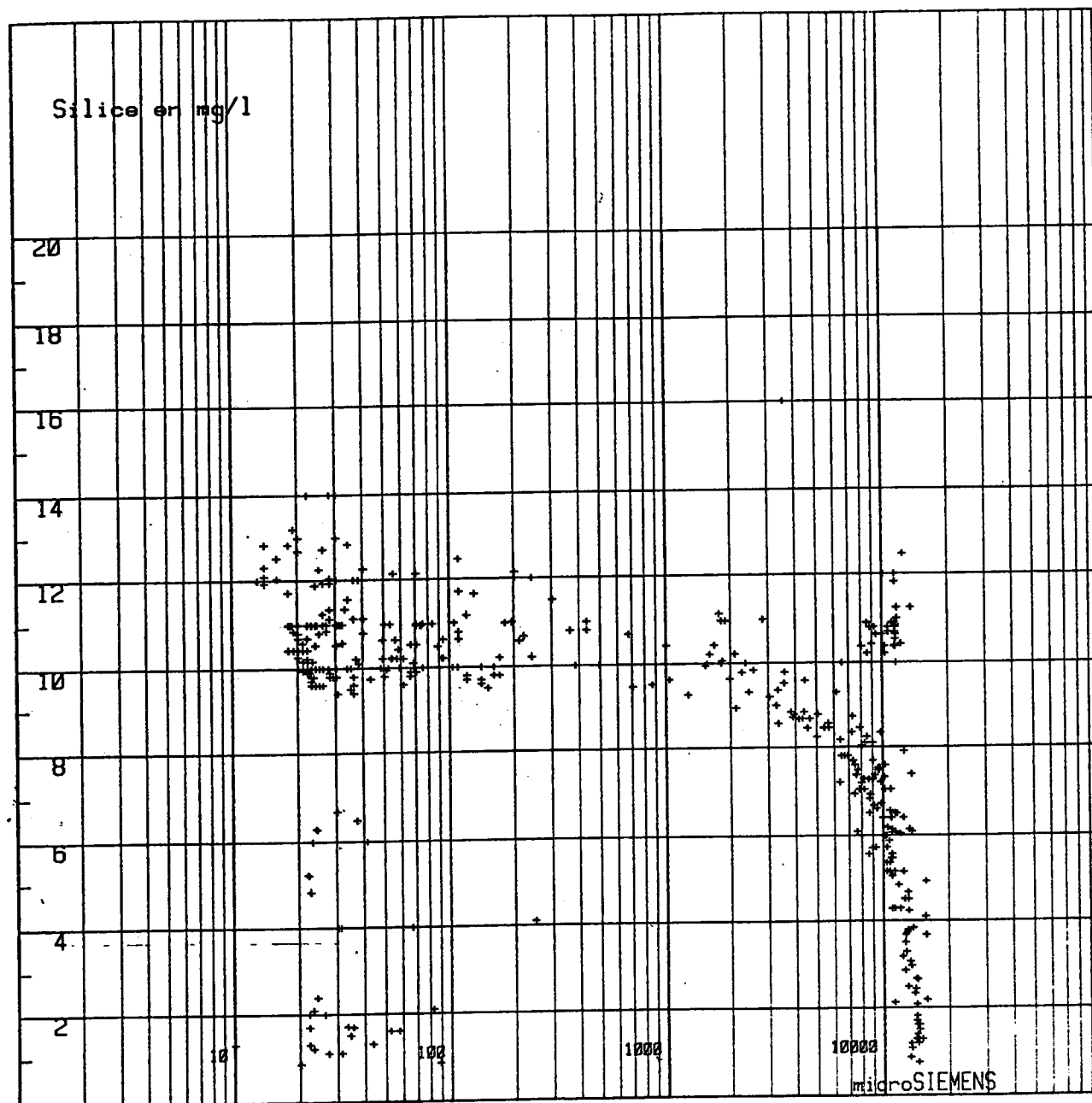


FIG.34

CORRELATION CONDUCTIVITE / SILICE

N = 453 Echantillons

ORSTOM
Etude d'impact de l'aménagement de Petit Saut

A partir de la section G les salinités sont inférieures à 100 mg/l et on peut dire que le brassage des eaux est pratiquement accompli.

De la section h à J (pointe COMBI), et pour les deux campagnes de mesure, on rencontre des eaux exclusivement fluviales.

On peut déjà situer, pour les conditions de mesures (débit de 75 à 100 m³/s à PETIT SAUT), le domaine d'expression des phénomènes de mélange des eaux océaniques et fluviales. Cette zone se situe entre les sections C et h avec un brassage important à la section D qui subit au cours d'un cycle de marée, l'influence océanique et fluviale, alternativement.

Ce domaine particulier de l'estuaire du SINNAMARY qui est le siège des brassages d'eaux se situe donc entre environ 5 et 20 Km de l'embouchure. Les salinités varient entre 30 g/l et 0,1 g/l.

6) Distribution des salinités dans une section à un instant donné

Les coupes des sections (A à G) ont été utilisées pour figurer à un instant donné (une pleine mer et une basse mer) la répartition des salinités (annexe III). Dans les deux cas (PM et BM), on retrouve l'expression importante du gradient de salinité avec la profondeur. Ceci traduit parfaitement la dynamique de base de l'intrusion saline qui s'effectue, pour des raisons de densités d'eaux, par les eaux de fond.

D'autre part, dans ces deux configurations particulières du cycle de la marée, on n'observe pas de gradient horizontal, d'une rive à l'autre. Il n'est pas exclus que celui-ci se manifeste à d'autres instants du cycle, en particulier au moment des renverses de courants qui ont toujours lieu de PM + 1 à PM + 2. Toujours est-il que la dynamique majeure de l'intrusion saline est bien entendu dans la direction Amont-Aval et qu'il n'apparaît pas de phénomènes transversaux importants qui auraient pu favoriser d'éventuelles formations de "lentilles" d'eaux plus salées.

Tout ceci permet de tirer une conclusion pratique sur le suivi de la dynamique du coin salé dans un estuaire de faible importance comme celui du SINNAMARY. Tout d'abord, les mesures de salinité "en continu" par une station automatique par exemple, peuvent se faire à partir d'une rive sans risque d'altération de l'information. D'autre part, et après avoir positionné grosso modo la limite d'extension du coin salé dans plusieurs configurations coefficient/débit propre de la rivière, il apparaît plus intéressant de se placer au niveau d'un "point pivot" comme la section D par exemple, situé environ à mi-distance de l'embouchure et de la limite de la remontée saline maximale. Dans ce cas le "champ d'observation" est plus important et permettrait de suivre par corrélation, le déplacement du front d'extension maximal de sel et les variations de salinité à l'embouchure.

7) Dynamique du front salé dans l'estuaire

Les remarques précédentes sur la dynamique parfaitement longitudinale (d'Amont en Aval) nous permettent de construire les isohalines sur

une coupe de l'estuaire entre l'embouchure et la pointe COMBI. Les valeurs de la salinité ont été calculées à partir des points de mesure de surface, de mi-profondeur et de fond en faisant une moyenne.

Les figures 35 à 37 ont été construites autour d'un profil de l'estuaire réalisé à l'écho-sondeur, puis stylisé afin de conserver les caractères morphologiques importants.

Pour les trois campagnes, quatre "heures-marée" du cycle ont été retenues avec la station D prise pour référence : pleine mer, pleine mer plus 3 Heures, basse mer, pleine mer moins 3 heures, afin de couvrir un cycle complet, en quatre étapes. Les profondeurs ont été recalées par les mesures effectuées lors des jaugeages aux quatre sections principales A, D, G, J.

Les valeurs de salinité retenues pour chaque heure marée ont été moyennées sur 2 heures de prélèvement, c'est-à-dire à partir d'une heure avant et jusqu'à une heure après l'une des quatre heures marée (Pm, Pm + 3, Bm, Bm - 3).

Le seuil de 0,01 g/l a été retenu pour séparer les eaux fluviales des eaux saumâtres. Pour plus de clarté, les points d'appui des isohalines n'ont pu être figurés. La salinité est exprimée en g/l.

- position de la limite eaux saumâtres - eau fluviale

La limite du "front salé" définie par une valeur de 0,01 g/l est suffisamment basse pour présenter un maximum de "sécurité" en regard de la pollution des eaux douces par les eaux marines. En effet, une eau peut encore être qualifiée de "douce" lorsque la minéralisation globale n'excède pas 0,5 g/l, dans lesquels nous aurions environ 0,3 g/l de NaCl pour le cas du SINNAMARY.

La campagne préliminaire du 23 et 24 octobre nous a permis de construire les isohalines pour les heures marées choisies sauf à l'heure de pleine mer. On dispose donc de trois situations, deux en vives eaux et une en mortes eaux.

La situation du 23 et 24 octobre correspond à une marée de coefficient 100 à 90 et un débit à PETIT SAUT de 93 m³/s. Pour la campagne du 29 et 30 octobre 1983 le débit à PETIT SAUT est de 74 m³/s et de 102 m³/s pour les 20 et 21 novembre 1983.

Dans tous les cas, la limite 0,01 g/l oscille avec la marée entre la station D et la station G. A la pleine mer on peut situer la position maximale de la limite entre les stations G et h, c'est-à-dire entre 20 et 23 km de l'embouchure. En aucuns cas la remontée saline n'a affecté les zones comprises entre les sections h et J (station de pompage de la pointe COMBI située à 30 km de l'embouchure).

- Evolution du coin salé dans l'estuaire

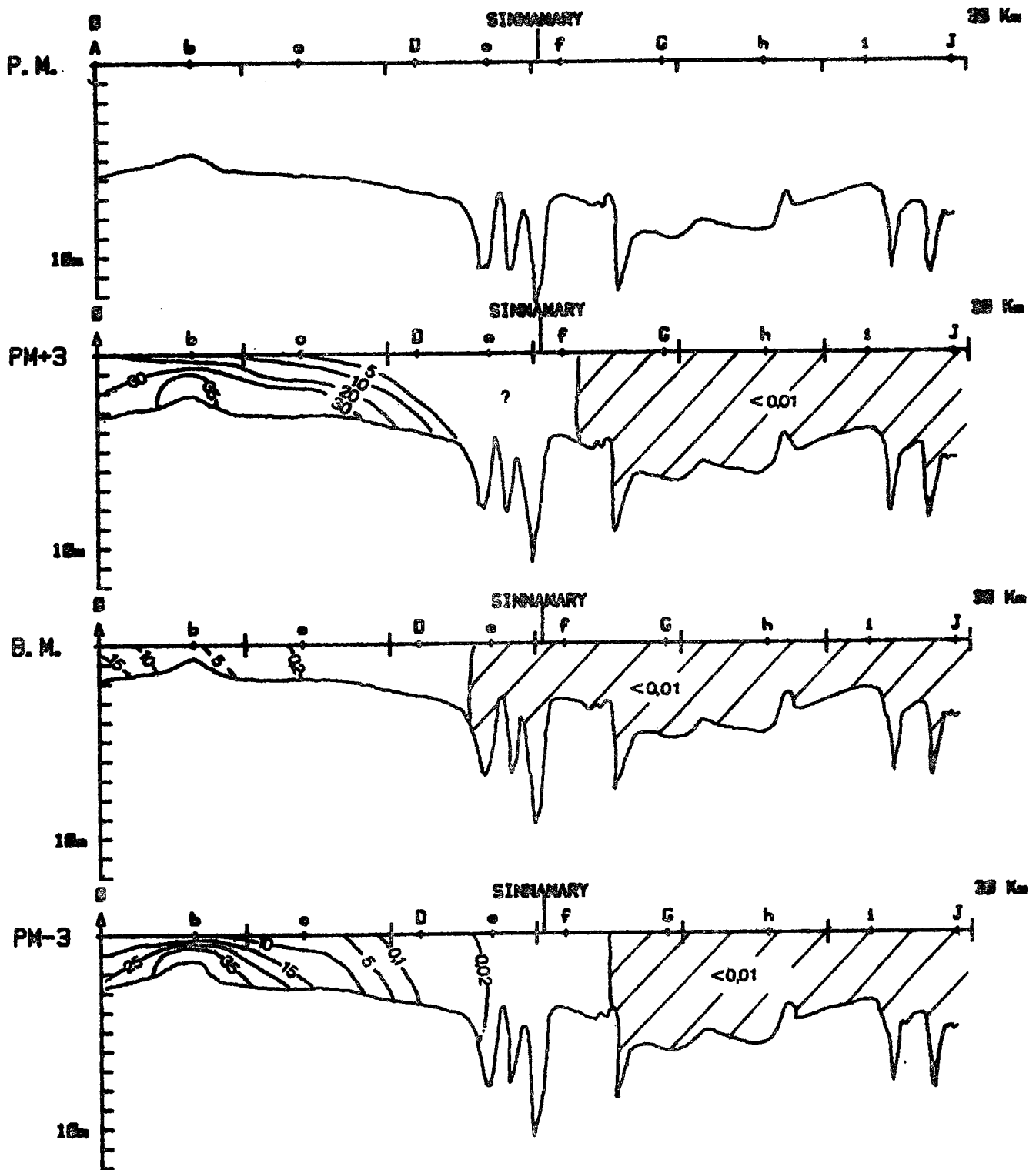
La forme générale des isohalines correspond au schéma habituel connu dans les estuaires soumis à l'influence de la marée. Les eaux marines pénètrent par les eaux de fond et établissent un ensemble d'isohalines de forme

ESTUAIRE DU SINNAMARY

DATE: 23 ET 24/10/83

Coef: 100/90

FIG.35



Echelle

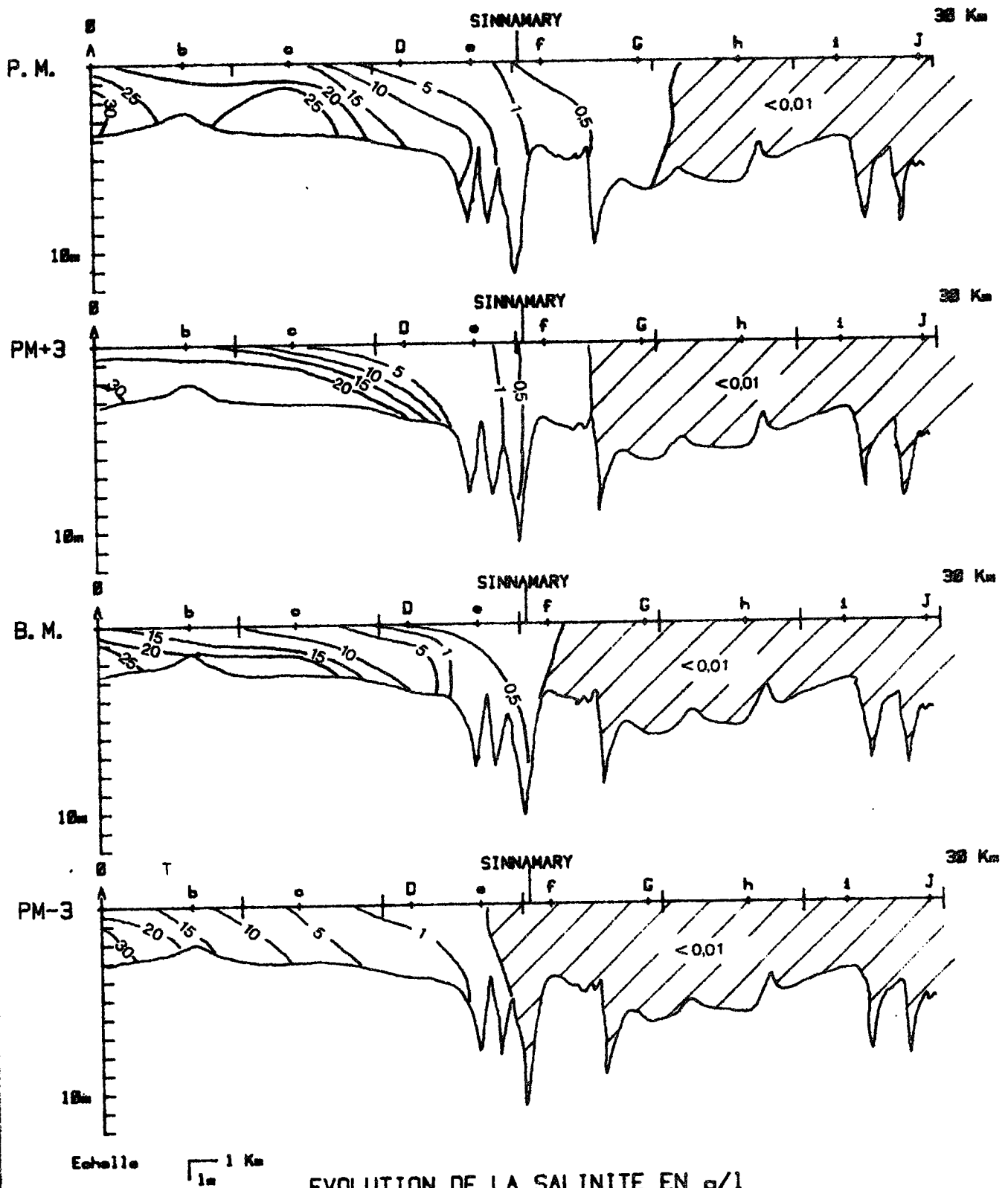
1 Km

EVOLUTION DE LA SALINITE EN g/l
EN FONCTION DE LA PROFONDEUR ET DE L HEURE MAREE

ESTUAIRE DU SINNAMARY
DATE: 29 ET 30/10/83

Coef: 45/40

FIG:36



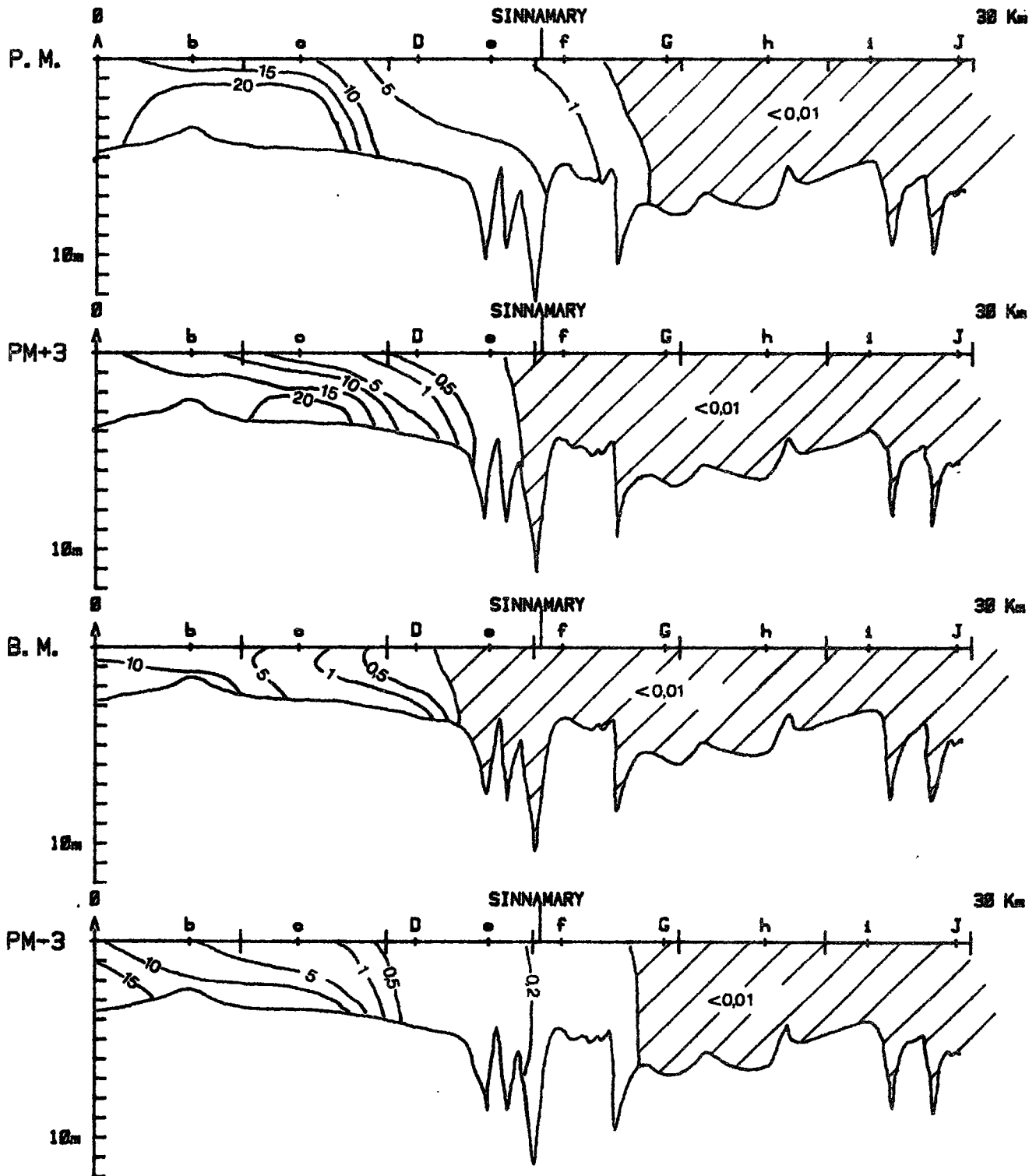
EVOLUTION DE LA SALINITE EN g/l
EN FONCTION DE LA PROFONDEUR ET DE L HEURE MAREE

ESTUAIRE DU SINNAMARY

DATE: 20 ET 21/11/83

Coef: 85/105

FIG:37



Echelle 1 Km
1m

EVOLUTION DE LA SALINITE EN g/l
EN FONCTION DE LA PROFONDEUR ET DE L'HEURE MAREE

globalement biseautées. Cet ensemble oscille avec les courants de marée. On doit remarquer, pour les trois campagnes, la présence d'une concentration supérieure en sel autour de la "ride" de la section b. Cette sursalure locale contribue certainement à l'entretien de la ride par floculation des argiles contenues dans l'eau qui précipiteraient préférentiellement à cet endroit.

Tandis que les isohalines comprises entre 5 et 30 g/l sont sub-horizontales, les isohalines de valeur inférieure à 5 g/l deviennent progressivement verticales entre les sections D et e. C'est également entre ces deux sections que l'estuaire s'approfondit tout en conservant une surface mouillée voisine de 1000 m² entre D et e (cf. tableau 1). Cette transformation de la forme de la section de l'estuaire peut expliquer la modification du coin salé après la section D.

Tandis que la forme générale des isohalines demeure quasiment identique, on constate par contre que les salinités observées au même point varient rapidement en fonction des valeurs que prennent les paramètres coefficient de marée et débit. Aux deux campagnes de vives eaux, on observe des salinités de 35 g/l à l'embouchure les 23 et 24 octobre et de 20 g/l les 20 et 21 novembre. Dans le premier cas, le débit est légèrement inférieur à celui de novembre (-10%) et le coefficient de marée est presque identique. Ceci montre la "sensibilité" du mécanisme de l'intrusion saline face au paramètre débit.

- Salinités moyennes du pont de SINNAMARY

Situé entre les sections e et F le pont de SINNAMARY peut constituer un site privilégié pour l'enregistrement des salinités. Cette possibilité a d'ailleurs été exploitée par E.D.F. durant la période du 17 août au 1er décembre 1983, date à laquelle l'appareil a été manipulé puis endommagé.

Les coupes de l'estuaire (fig. 35 à 37) permettent de constater que les eaux douces fréquentent la section du pont de SINNAMARY entre PM + 3 et BM en vives eaux et autour de PM - 3 en mortes eaux.

Au cours des cycles de marée, la salinité maximale serait comprise entre 1 g/l en surface et 5 g/l au fond, dans les conditions de mesures d'octobre et novembre 1983.

CONCLUSIONS

Les mesures hydrométriques et chimiques réalisées, en période d'étiage, sur le fleuve SINNAMARY, de l'embouchure à la pointe COMBI, permettent de décrire la dynamique des eaux et de l'intrusion saline dans l'estuaire. Pour comprendre ces mécanismes il était indispensable de connaître, par ailleurs, la morphologie de l'estuaire et quelques caractéristiques principales des marées.

Les profils en long à l'échosondeur de l'estuaire, complétés par la connaissance des dix sections de mesure choisies ont mis en évidence l'existence de deux unités morphologiques. Reflet de la pédologie locale l'estuaire s'organise en une partie proprement fluviale jusqu'au dernier méandre en aval de la ville de SINNAMARY. La présence d'un cordon sableux parallèle au littoral et situé au niveau du canal PHILIPPON, marque le passage vers la partie "marine" du fleuve traversant les argiles marines bleues avant de déboucher en mer. Cette partie est affectée, peu avant l'embouchure, d'une remontée importante du Fond, sur environ deux kilomètres, qui provoque à cet endroit un élargissement de l'estuaire (section b). A marée basse les sondes sont de 0,5 m à 1,5 m.

Dans la partie fluviale, en amont de la ville de SINNAMARY et sur environ dix kilomètres, on observe la présence de dunes hydrauliques de 1 à 2 mètres d'amplitude et de 40 à 100 m de longueur d'onde.

Les quatre limnigraphes installés aux "sections principales" c'est-à-dire à l'embouchure, au canal PHILIPPON, au canal de SINNAMARY et à la pointe COMBI, ont joué le rôle de marégraphes pour la circonstance. Ils ont permis d'apprécier la complexité des variations de hauteur d'eau lors de plusieurs cycles de marée. L'assymétrie de l'onde de marée provoquée par sa rencontre avec les eaux du fleuve, a pour effet d'augmenter la durée du jusant par rapport à celle du flot, cet effet étant plus prononcé vers l'amont de la rivière. D'autre part, les variations importantes du coefficient de marée au cours d'une journée ont conduit à retenir deux coefficients distincts par 24 heures, pour pouvoir interpréter au mieux les séries de mesures hydrométriques.

La détermination précise des heures de pleine mer sur les enregistrements nous permet de calculer une valeur moyenne de la célérité de l'onde de pleine mer dans l'estuaire qui est de 16 km/h.

Lors des mesures de vitesses on a pu observer in situ l'expression des prédominances, phénomènes connus dans les estuaires à marée. Les renverses de courant succédant les basses mer s'effectuent sur une même verticale de mesure (dans la zone "marine" de l'estuaire) de manière assynchrone. Les courants de flot en surface croissent donc pendant plusieurs minutes des courants de jusant au fond. D'autre part, les pleines et les basses mers sont suivies une à deux heures après par la renverse effective des courants. Pour un même lieu, le temps, séparant ces deux phénomènes, semble complètement indépendant du coefficient de marée, et stable dans le temps.

De la pointe COMBI (section J) à l'embouchure (section A) les débits oscillants enregistrés ont varié entre 250 et 1200 m³/s avec une prépondérance des débits de jusan sur ceux de flot. De ces valeurs on peut en déduire les dérives moyennes de chaque tronçon de l'estuaire, puis la dérive résultante vers la mer. Dans les conditions de mesure de l'étiage 1983, avec un débit propre de la rivière de l'ordre de 100 m³/s, il faut une quinzaine de cycles de marée soit une semaine, pour qu'une particule parcoure les 30 Km qui séparent la station J de l'embouchure. Ceci montre l'importance de la valeur d'un débit réservé lors de l'exploitation du futur ouvrage en regard de l'évacuation des eaux appauvries en oxygène et probablement très riches en hydrogène sulfureux. Il serait donc important dans l'avenir, de pouvoir déterminer la valeur du débit le plus bas, pour lequel la dérive résultante s'annule. Les conditions expérimentales de l'étiage 1983 n'ont pas permis d'observer ce phénomène.

Selon le coefficient de marée, il transite dans l'estuaire entre 9 et 14 millions de m³ en flot et entre 10 et 16 Mm³ en jusan. Par ailleurs, le rapport volume en jusan / volume en flot est constant, quelque soit le coefficient de marée. Ce rapport prend des valeurs comprises entre 1,2 et 1,7 selon la section.

La dynamique du coin salé a été explorée grâce aux mesures de conductivité corrélées expérimentalement aux dosages des ions Na⁺ et Cl⁻ sur le quart des échantillons. Jusqu'à des teneurs en NaCl de 0,1 g/l on peut admettre que l'on mesure 90% de la salinité totale des eaux. Ceci nous a semblé amplement suffisant pour dresser une évolution, en coupe de l'estuaire, des isohalines pour quatre situations du cycle de marée. On constate qu'il existe un gradient de salinité vertical assez fort entre l'embouchure et le canal PHILIPPON (D) conférant à la remontée saline la forme "de coin" ou de biseau. L'ensemble oscille d'aval en amont et vice-versa pendant un cycle de marée. La limite du front salé déterminée avec un seuil de 0,01 g/l oscille aux vives eaux entre le canal PHILIPPON et la section dite "du canal" (station G) c'est-à-dire sur une dizaine de kilomètres. Dans les conditions de mesures il faut souligner que le brassage des eaux marines avec celles du fleuve s'effectuent jusqu'à 20 Km de l'embouchure.

Les tracés d'isohalines sur les coupes de l'estuaire présentent une anomalie de disposition au niveau de la section b. Cette section est située dans la zone d'élargissement de l'estuaire et de remontée des fonds. La présence de cette "ride", située dans des zones de salinité évoluant entre 10 et 35‰, pourrait avoir son origine dans une sédimentation locale due à la floculation des suspensions argileuses. Il est vraisemblable, par ailleurs, que les conditions hydrodynamiques dues aux mouvements marins entretiennent cette ride par le jeu des prédominances qui s'expriment toute l'année, quelque soit le débit de la rivière. Cette zone, proche de l'embouchure, nous semble être la partie de l'estuaire dont la morphologie sera la plus sensible à la présence de l'ouvrage et pourra être utilisée comme point test dans le suivi de l'évolution de la sédimentation du SINNAMARY.

ANNEXE I

I. MATERIEL UTILISE :

- 2 pirogues munies d'un treuil hydrométrique OTT et d'un moulinet C31 avec saumon de 20 kg. Un ajutage a été fixé sur le support du saumon. Ce dispositif relié à une pompe JAPY par un tuyau a permis de faire les prélèvements d'eau à différentes profondeurs.

- 1 canot aluminium muni du même dispositif sans moulinet.

II. HISTORIQUE DES INSTALLATIONS

1) Section A

Une station limnigraphique a été installée le 15 et 16 octobre 1983 sur une tour métallique en rive droite. L'appareil est un OTT X, les hauteurs sont réduites au dixième et sa révolution est de 32 heures. Trois éléments d'échelle ont été également posés sur la tour (1-2, 2-3, 3-4 m). Le zéro de l'échelle a été nivelé par rapport à une souche peinte en rouge, soit -4049 mm sous ce repère.

Depuis la fin des mesures, les bouées ont été récupérées et la section a été repérée par une plaque de contre-plaqué rouge avec lettre blanche, attachée à un arbre en rive droite, au droit de la section.

2) Section D - Canal PHILIPPON

La section a été installée le 20 octobre 1983 avec un limnigraphe OTT X, réduction 1/10e, révolution de 32 heures. Trois éléments d'échelle ont été posés (0-1, 1-2, 2-3).

L'ensemble-gaine plus échelle, a été fixé sur le petit pont métallique de la route de l'anse (CD7) qui traverse ledit canal qui débouche 20 Mètres plus en aval, dans le SINNAMARY.

Le repère du zéro de l'échelle est constitué par deux boulons peints en vert situés de part et d'autre du tablier, côté ville de SINNAMARY.

Le zéro est à -4161 mm sous le boulon amont et à -4207 mm sous le boulon aval.

Le repérage de la section est réalisé par une plaque de contre-plaqué (lettre blanche sur fond rouge) située sur un arbre en rive gauche.

3) Section G - Canal de SINNAMARY

La station a été installée sur une tour métallique le 14 octobre 1983 à l'entrée du canal. L'appareil est un OTT X, réduction 1/10e en révolution de 32 heures.

Trois éléments d'échelle ont été posés (7-8, 8-9, 9-10) sur la tour.

Le zéro de l'échelle est constitué par un tire-fond peint en rouge et enfoncé à la base d'un moutouchi. Le zéro est à -9532 mm sous ce repère.

La plaque de contre-plaqué repérant la section est en rive droite du SINNAMARY, près du canal.

4) Section J - POINTE COMBI

La section a été installée le 19 octobre 1983 à 100 m en aval de la prise d'eau du Service des Eaux, en rive droite. Même dispositif qu'en G. Trois éléments d'échelle (0-1, 1-2, 2-3) ont été montés à côté de la tour du limnigraphe, le zéro est à -4200 mm d'un tire-fond peint en rouge et fixé dans une souche.

5) Sections de prélèvements (b, c, e, f, h, i)

Les six sections ont été repérées, après la récupération des bouées, par les plaques de contre-plaqué déjà citées. Ces plaques sont en rive droite du SINNAMARY pour les sections b, c, e, f, h, et en rive gauche pour la section i.

6) Position des bouées

Les bouées ont été posées début octobre et mouillées sur un corps-mort en béton de 60 kg. Les sections jaugées prélevées comportent 5 bouées, les autres 3. La numéro 1 est en rive droite, la 5 en rive gauche.

Les largeurs et les intervalles ont été mesurés au "topofil". On a obtenu les valeurs suivantes :

Section	largeur totale (m)	distance entre bouée (m)
A	438	73
b	755	189
c	490	123
D	258	43
e	152	38
f	172	43
G	120	20
h	136	34
i	168	42
J	108	18

ANNEXE II

*Evolution de la salinité en
fonction de l'heure marée de la
section considérée*

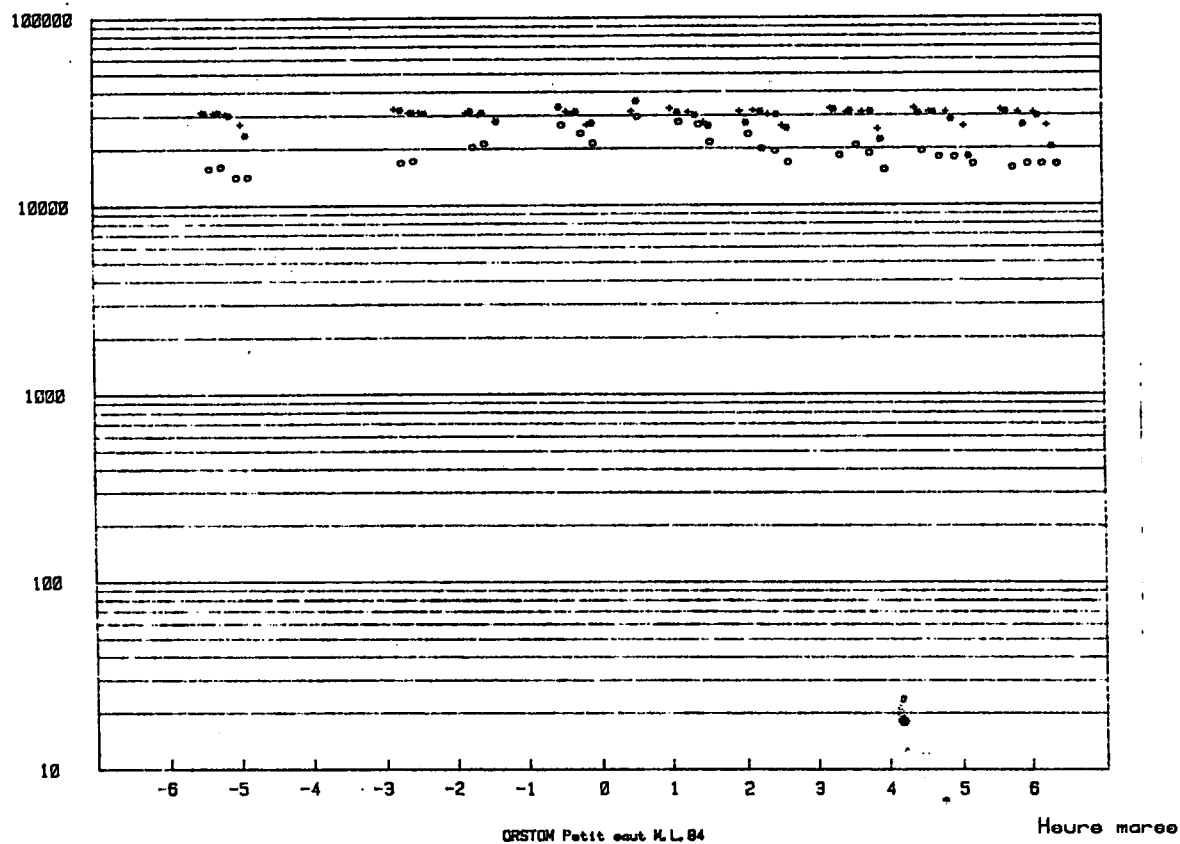
- 29/30 octobre 1983
- 20/21 novembre 1983

Légende : cercles : mesures de surface
 : étoiles : mesures à mi-profondeur
 : croix : mesures de Fond.

Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

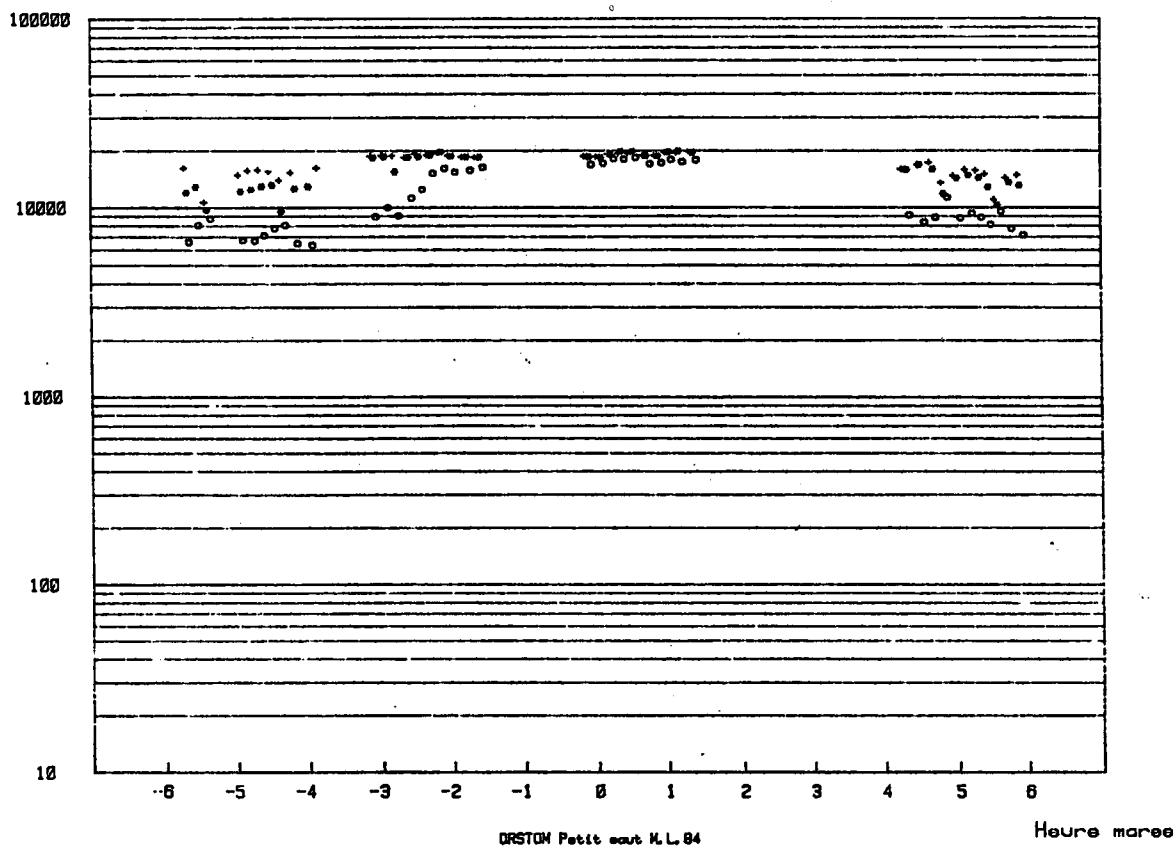
SECTION A



Salinite en mg/l

20 ET 21/11/83

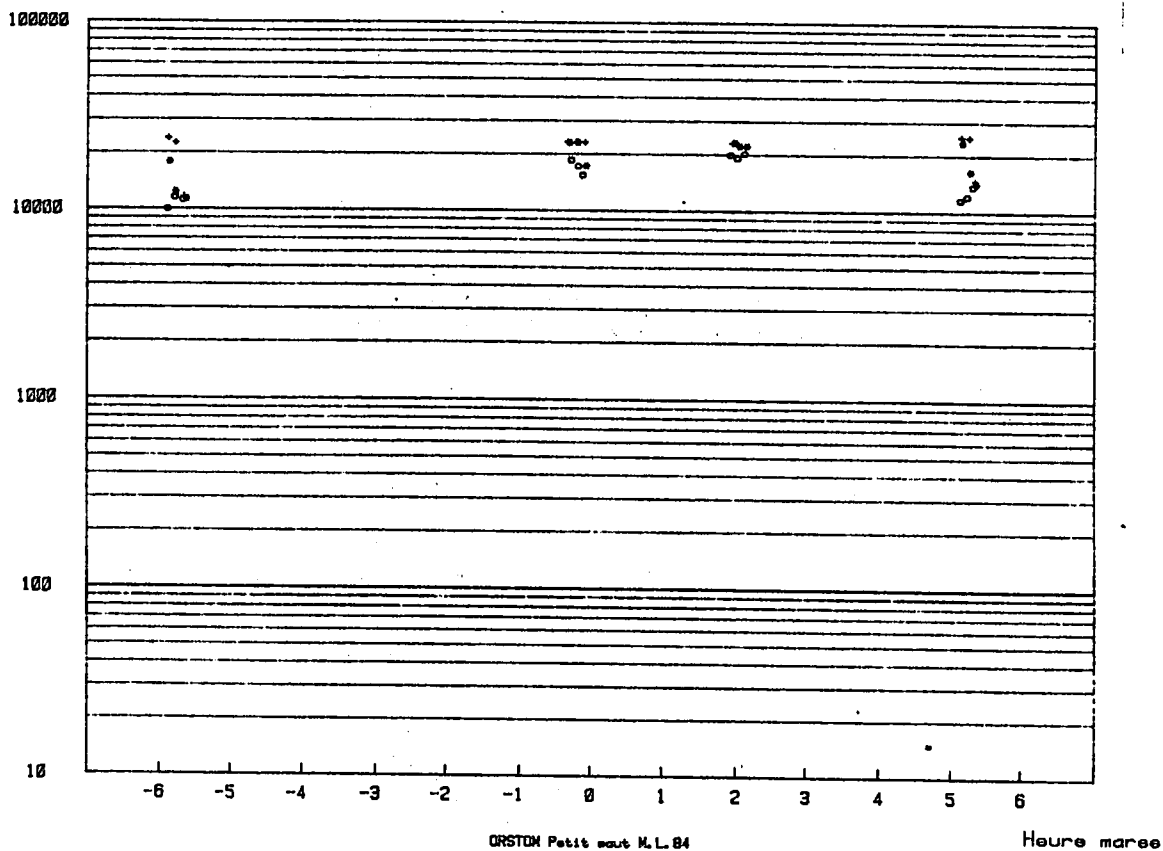
SECTION A



Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

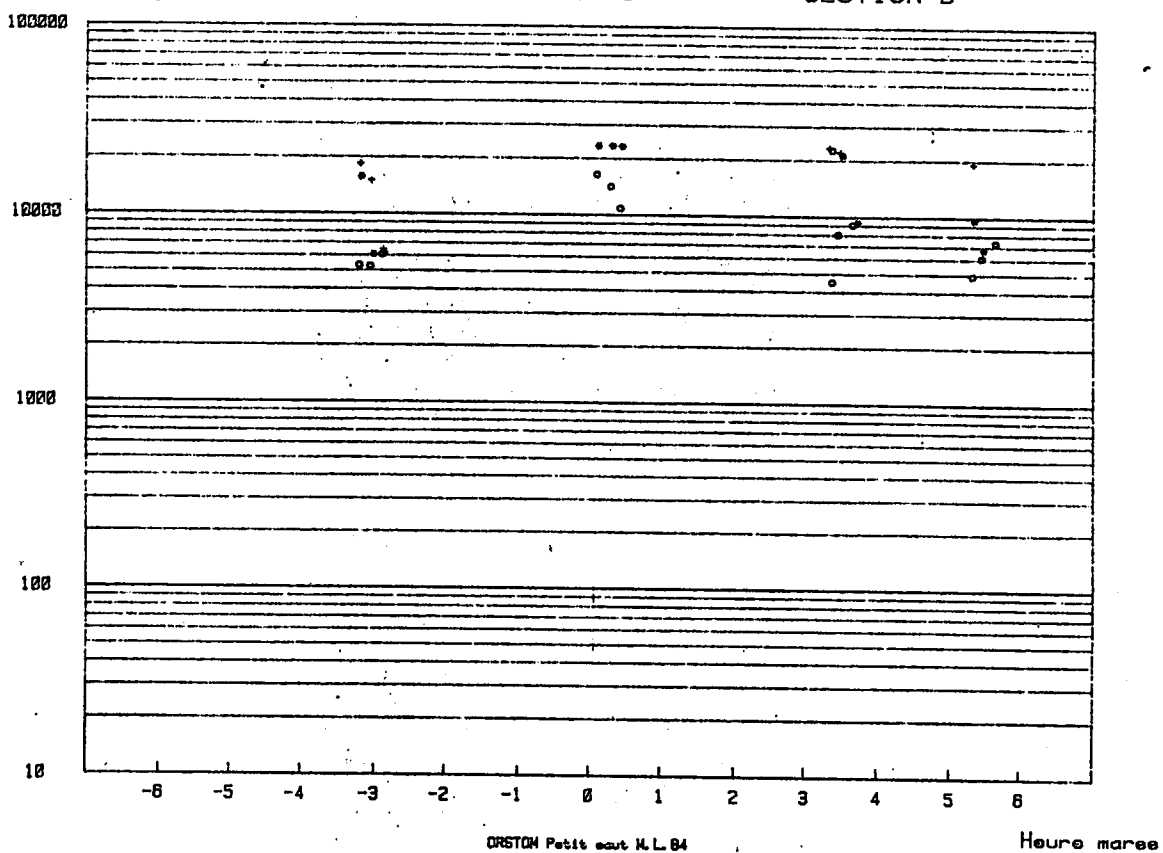
SECTION B



Salinite en mg/l

20 ET 21/11/83

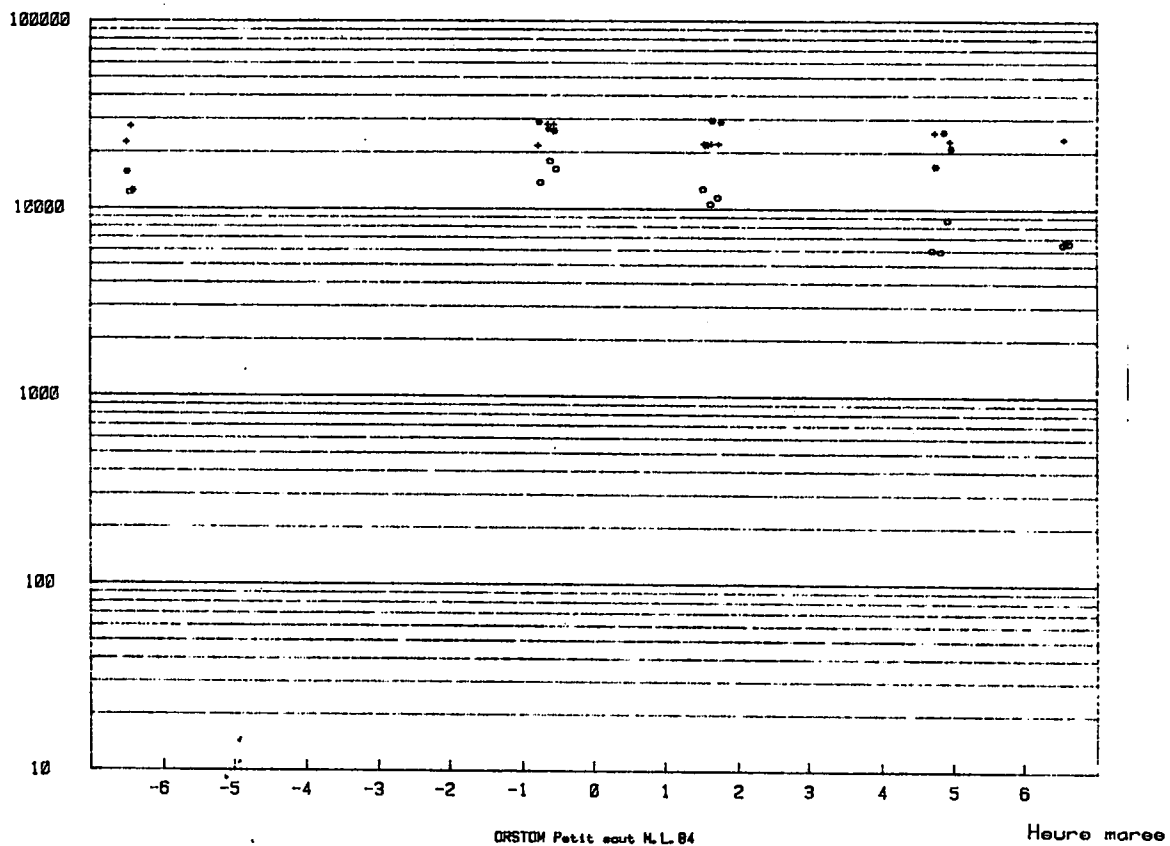
SECTION B



Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

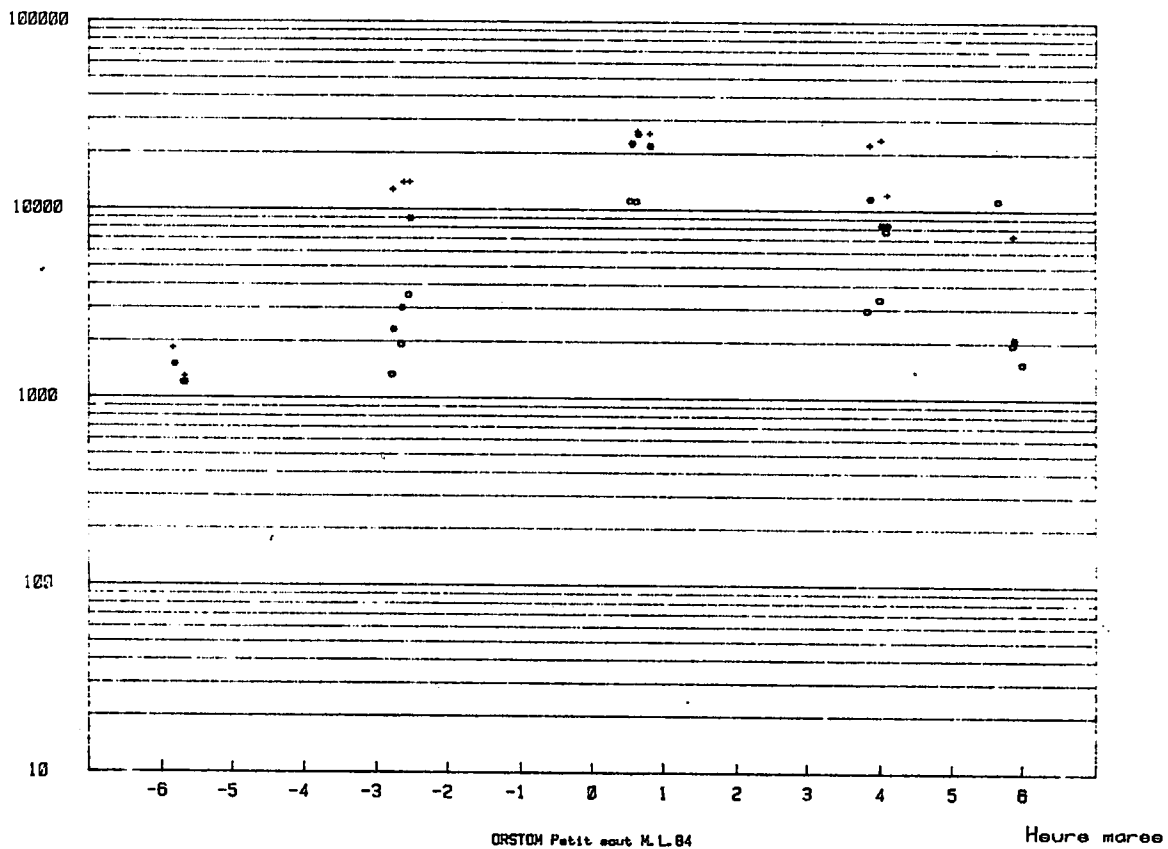
SECTION C

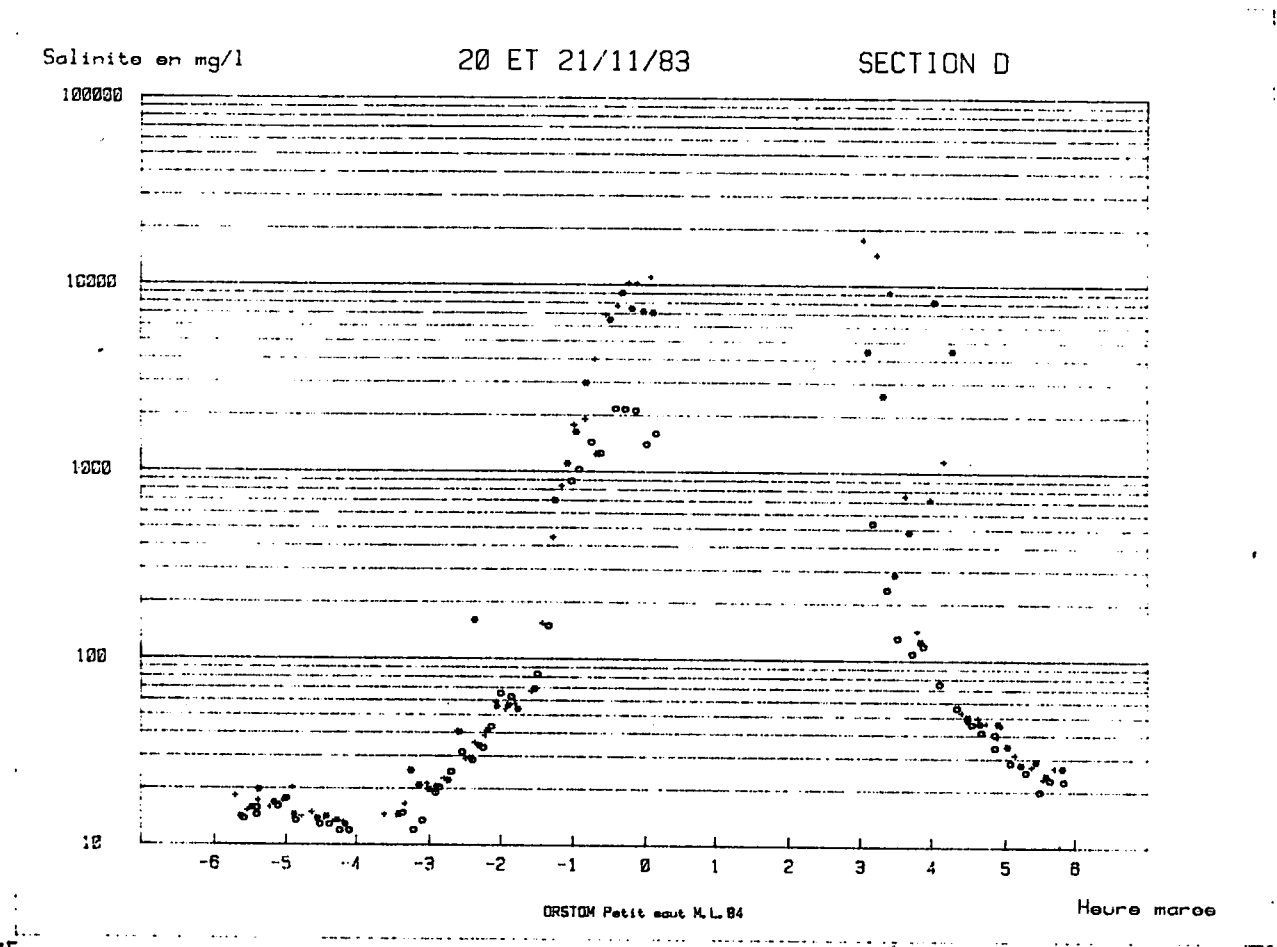
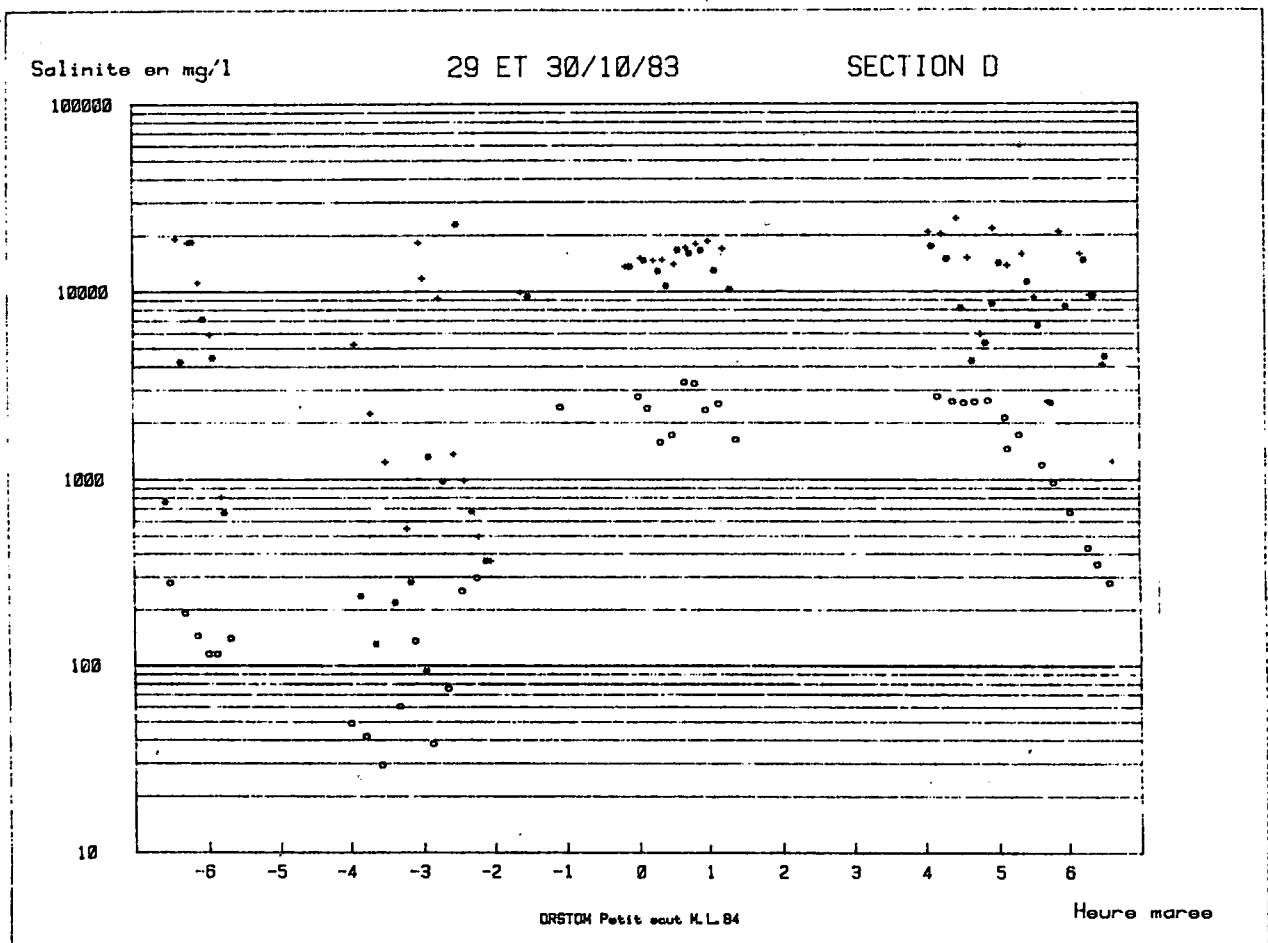


Salinite en mg/l

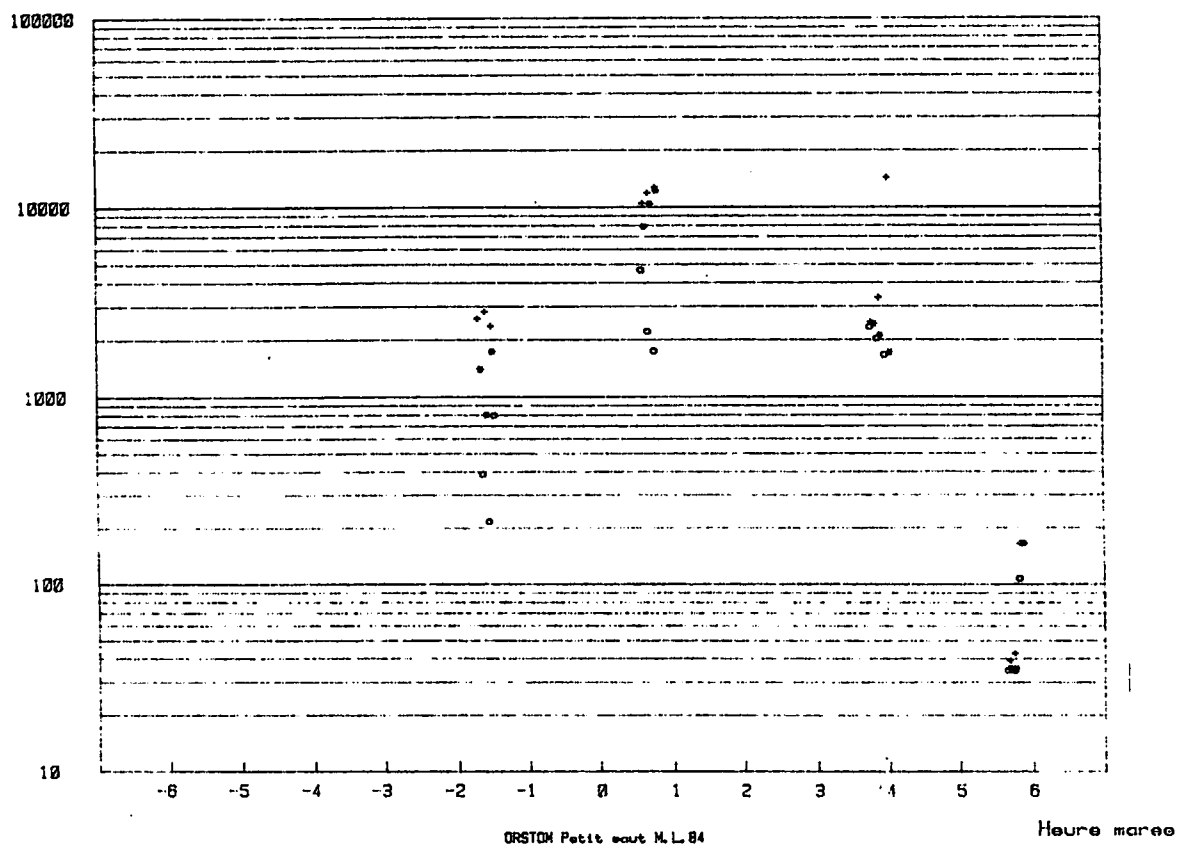
20 ET 21/11/83

SECTION C

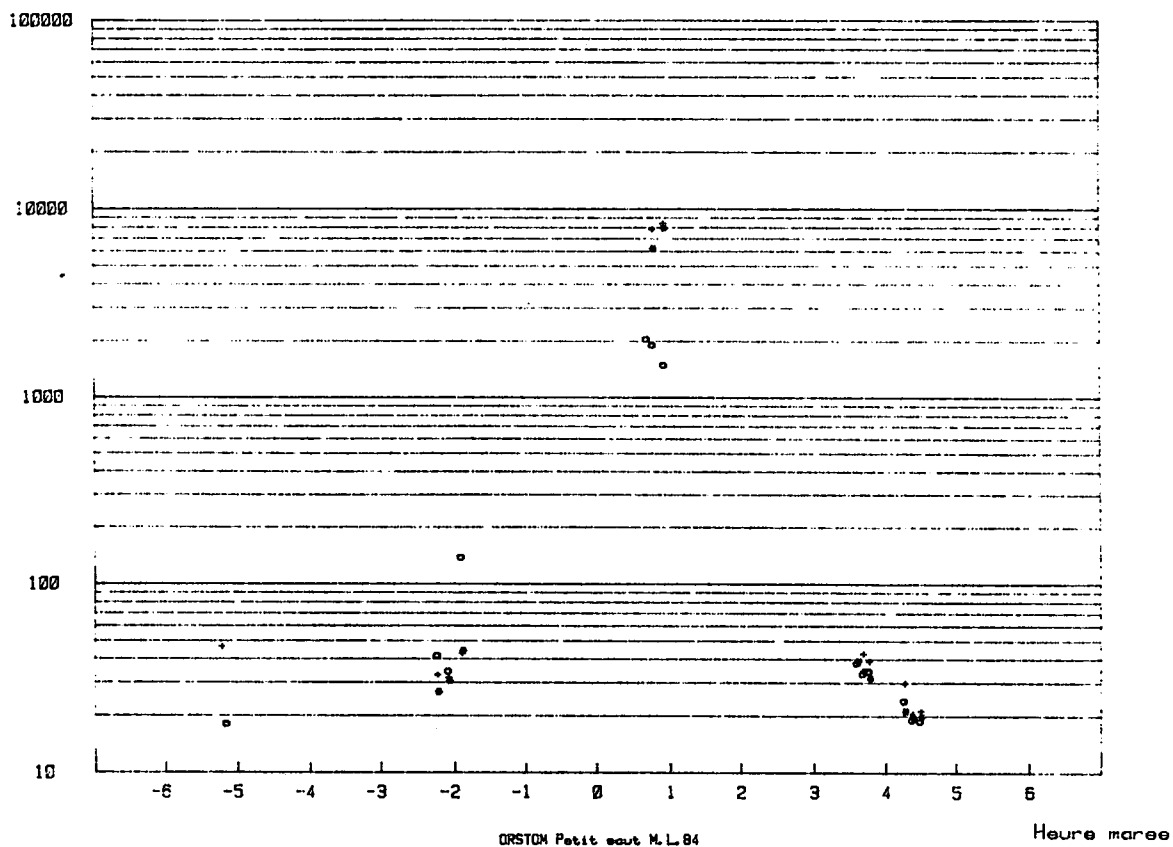




SECTION E



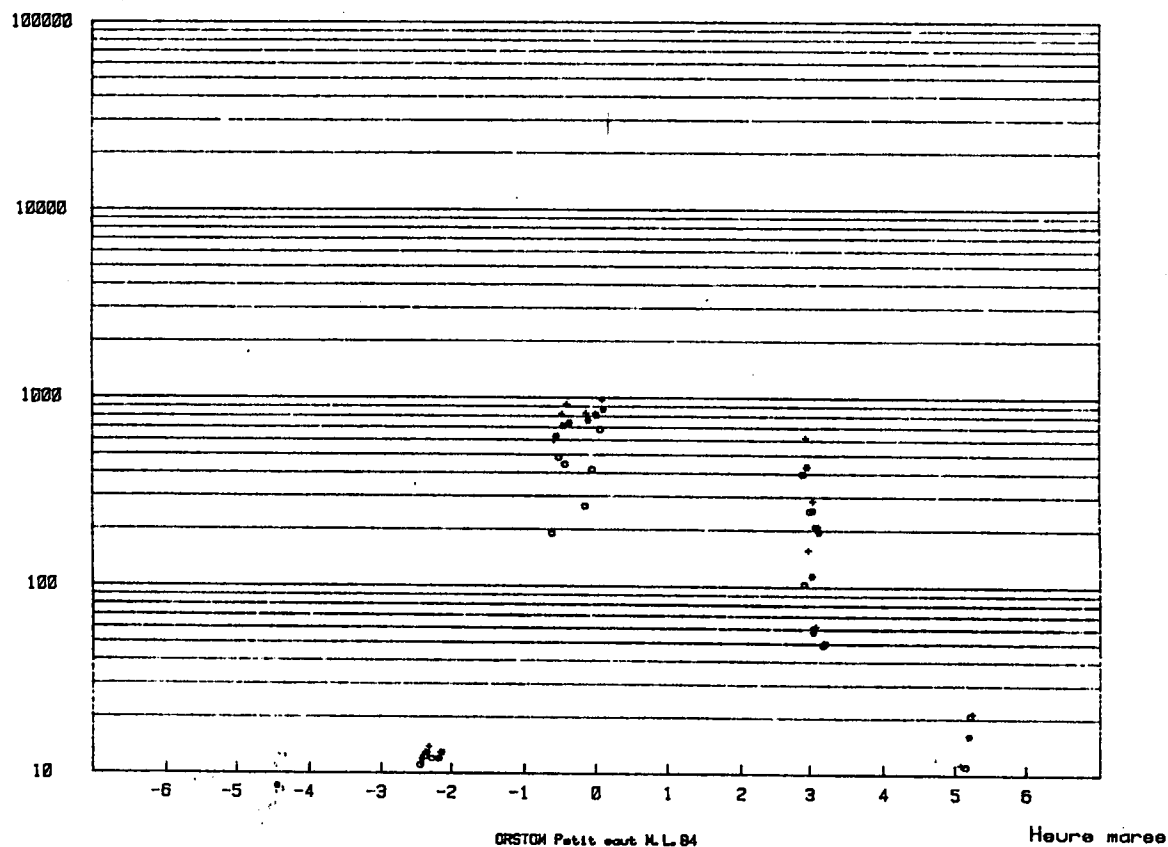
SECTION E



Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

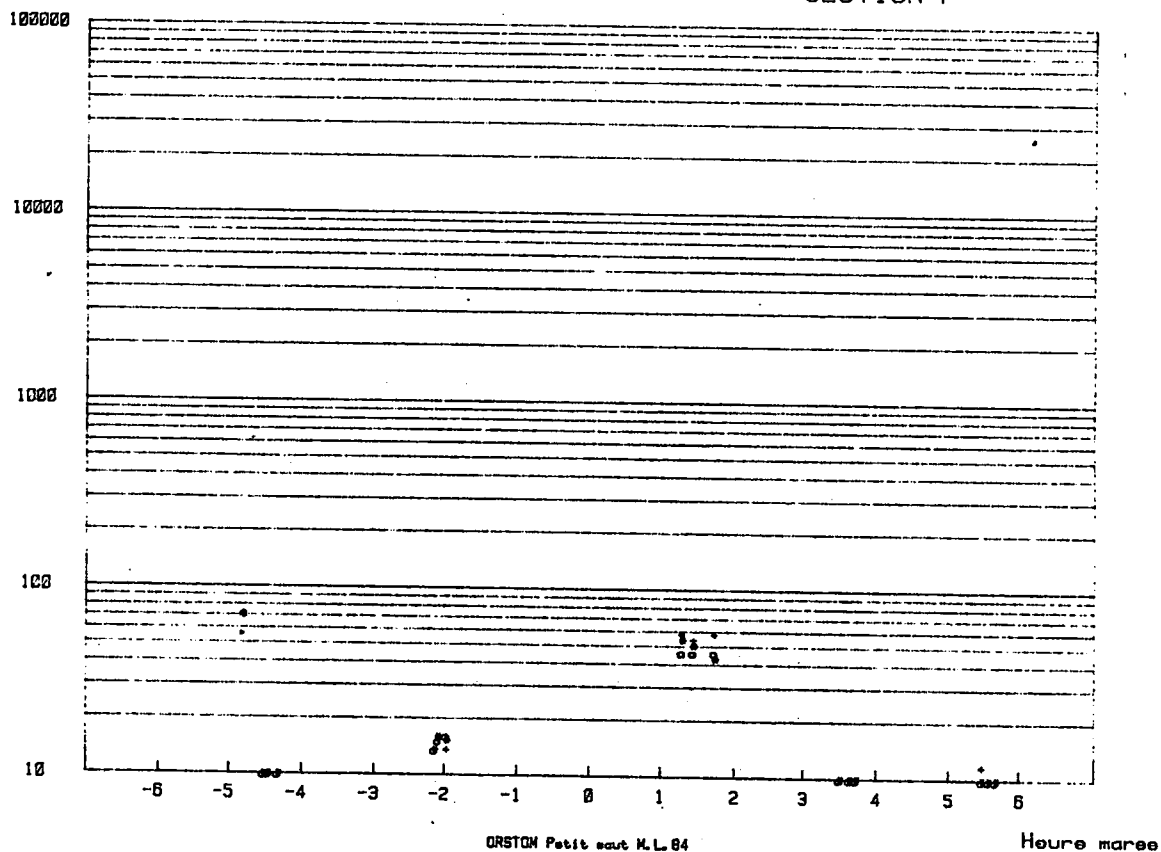
SECTION F



Salinite en mg/l

20 ET 21/11/83

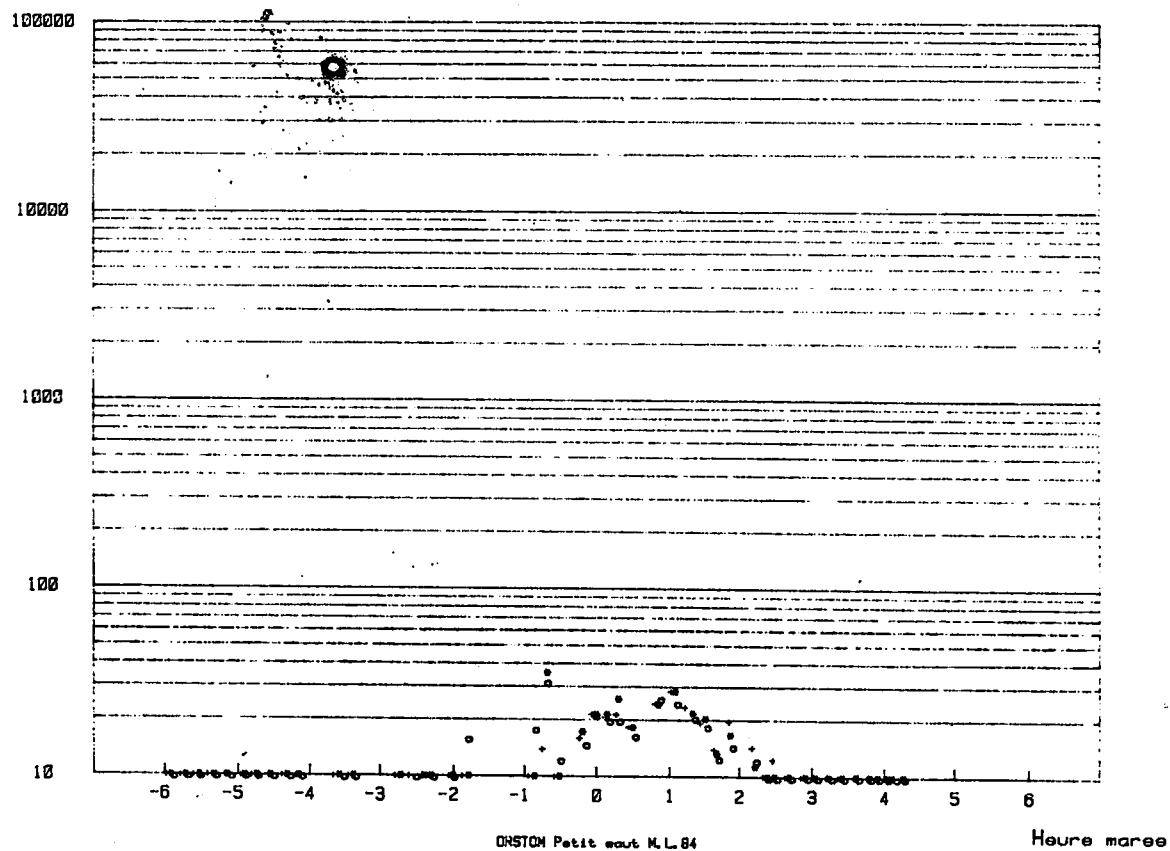
SECTION F



Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

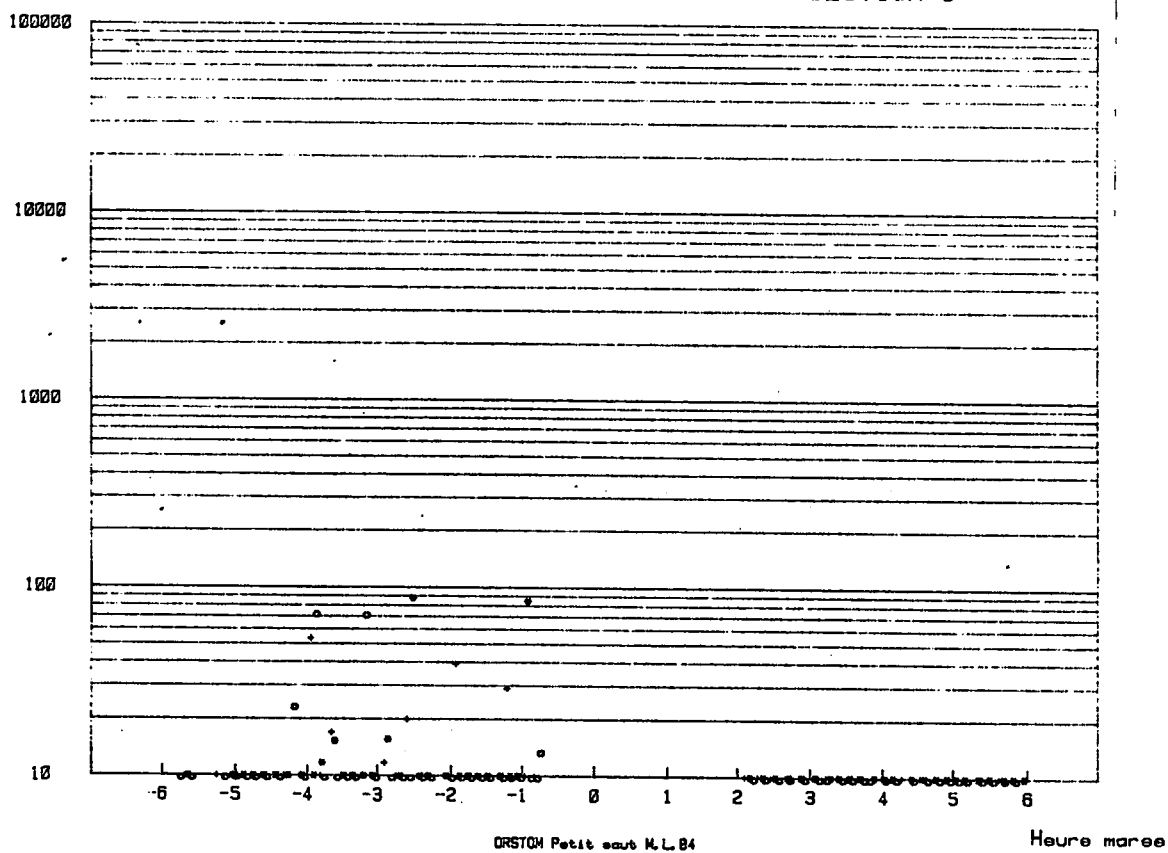
SECTION G



Salinite en mg/l

20 ET 21/11/83

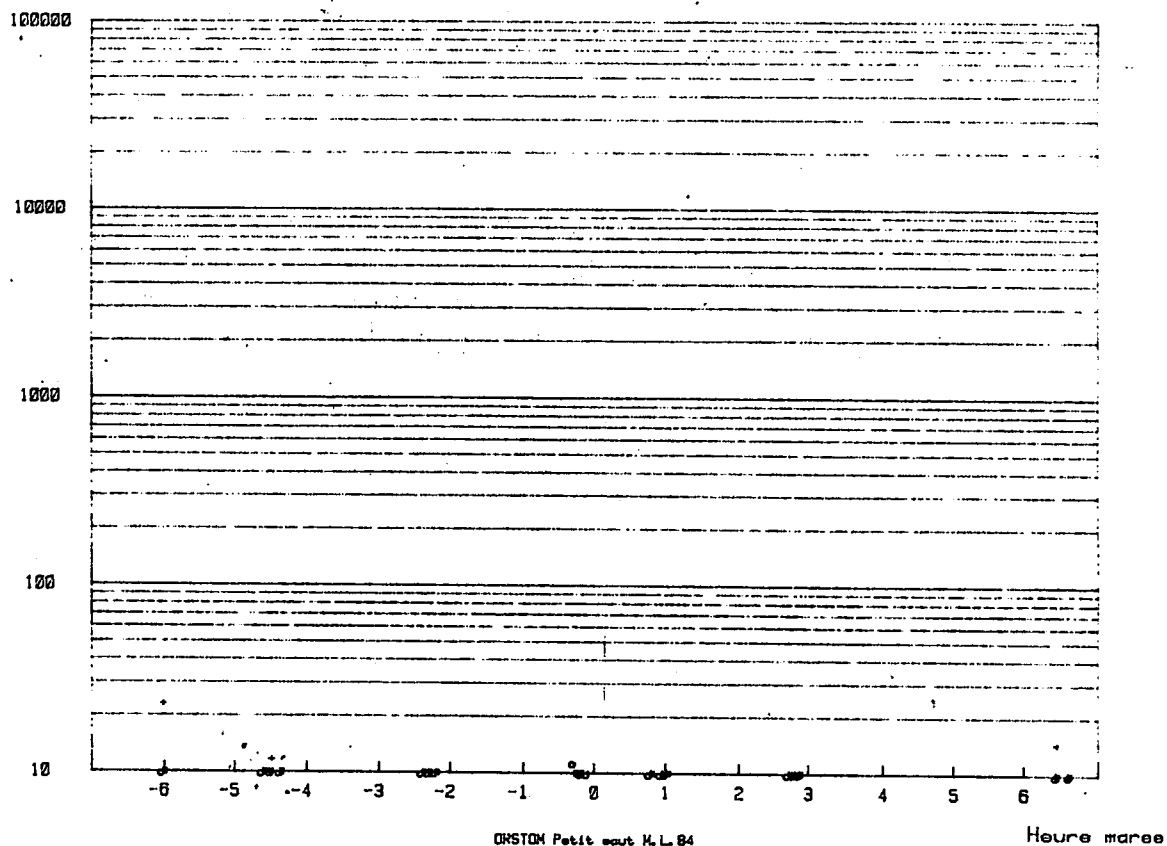
SECTION G



Salinite en mg/l

29 ET 30/10/83

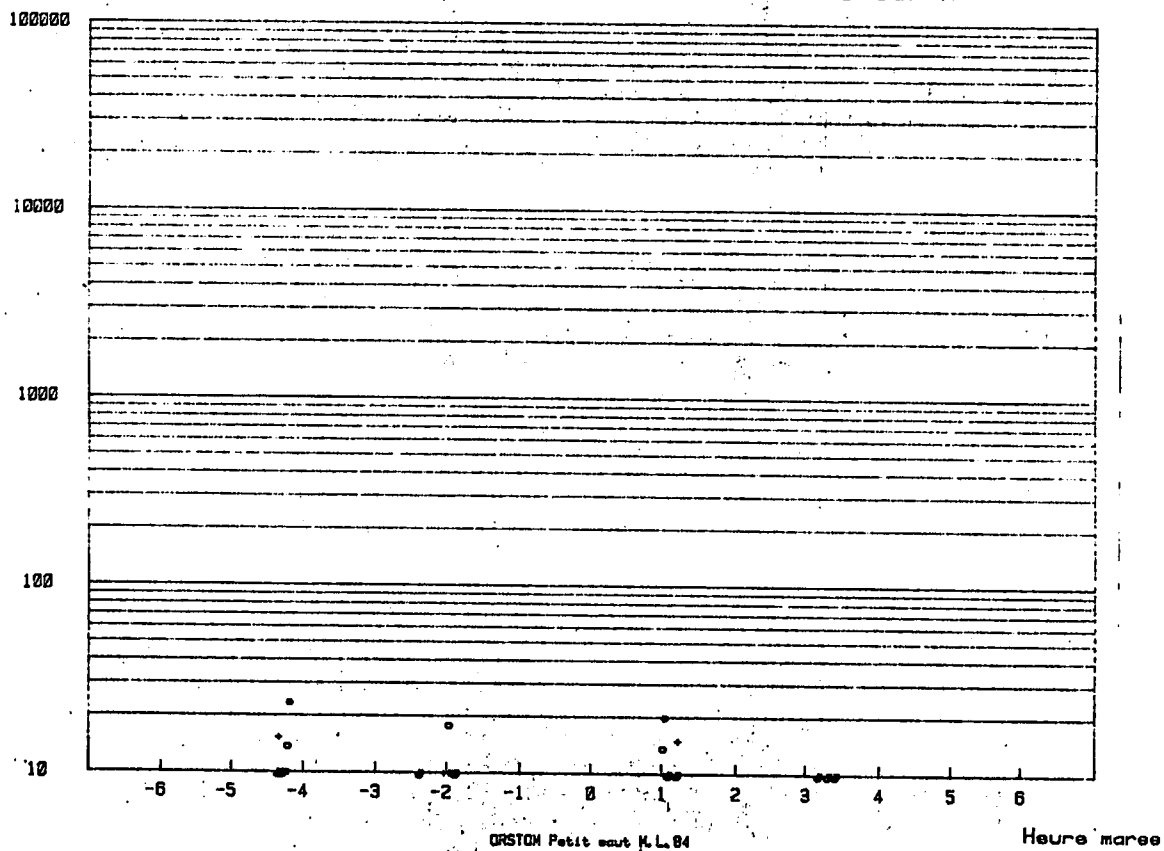
SECTION H



Salinite en mg/l

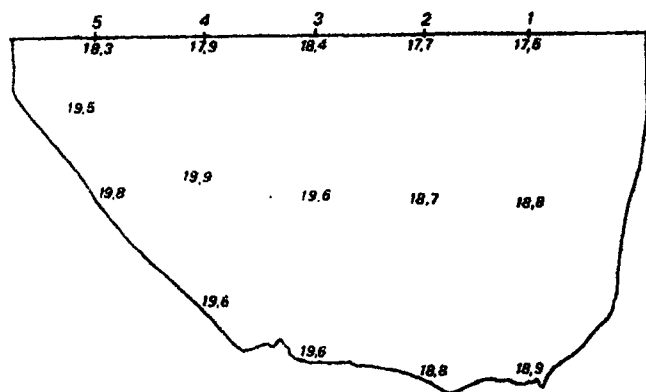
20 ET 21/11/83

SECTION H

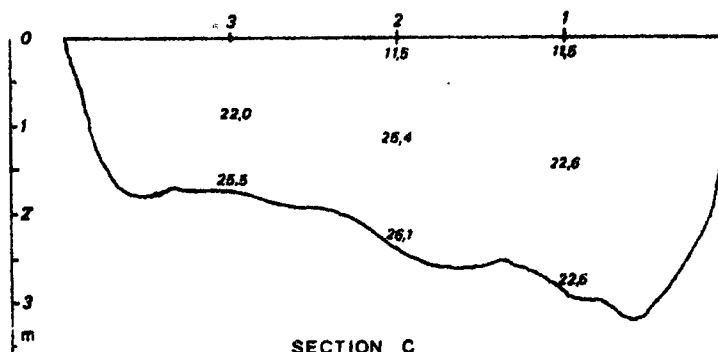


ANNEXE III

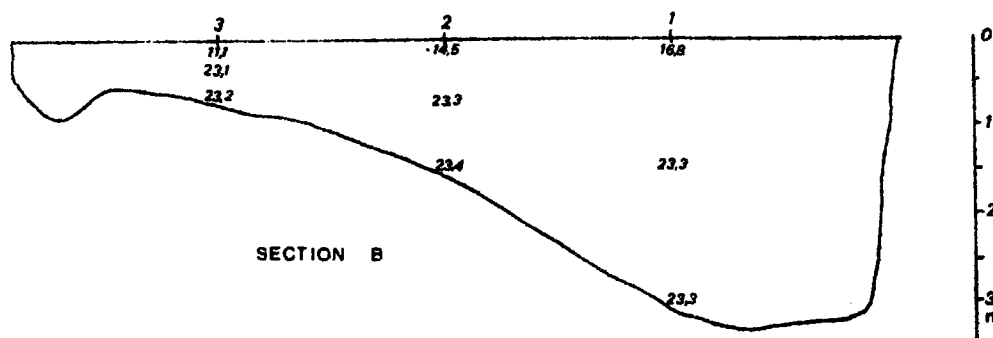
*Distribution des salinités aux pleines mer et
aux basses mer dans les sections d'étude (en g/l).*



SECTION A

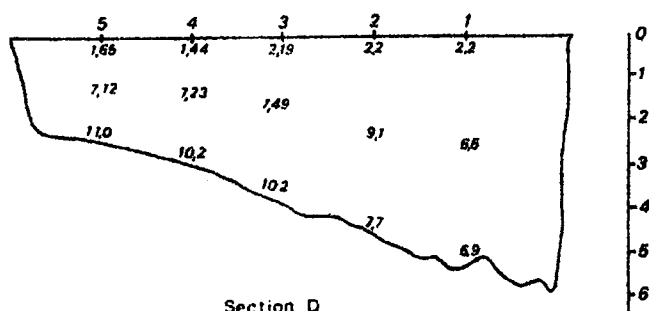


SECTION C

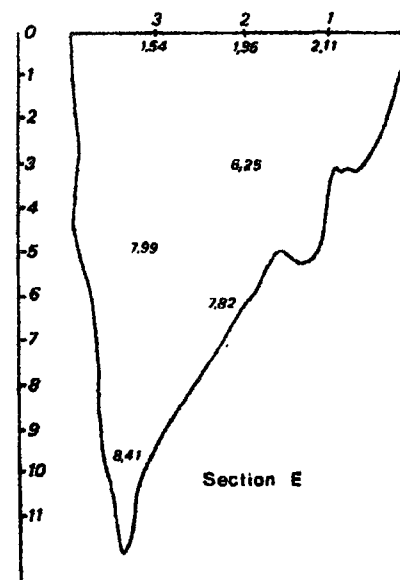


SECTION B

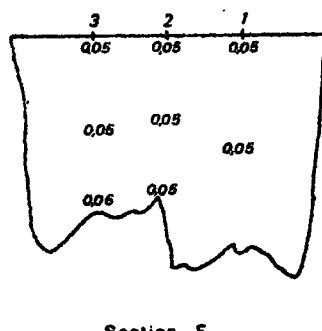
DISTRIBUTION DES SALINITES (g/l) AUX PLEINES MERS DANS
LES SECTIONS DE L'ESTUAIRE - Le 20-21-11-83



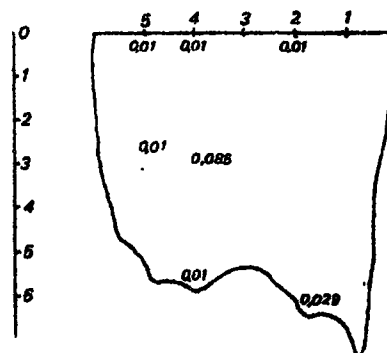
Section D



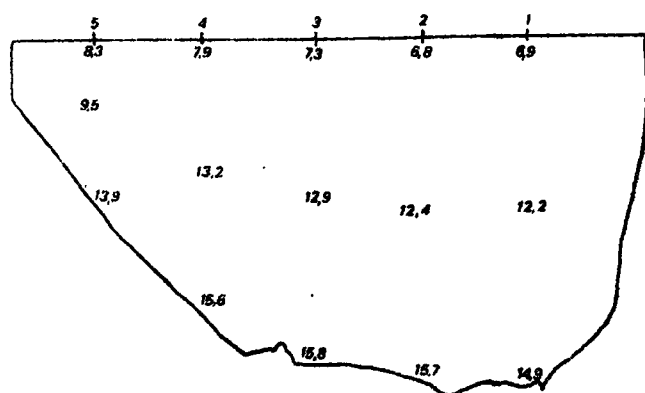
Section E



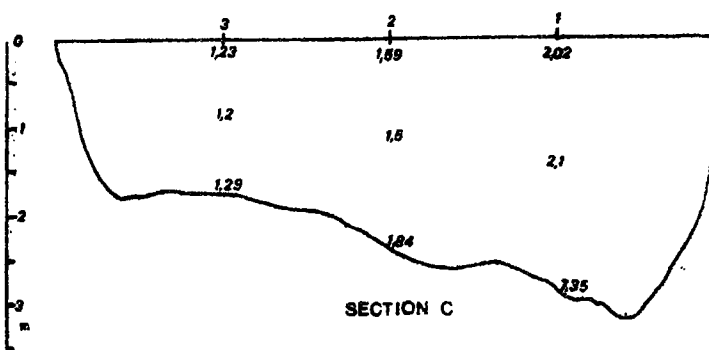
Section F



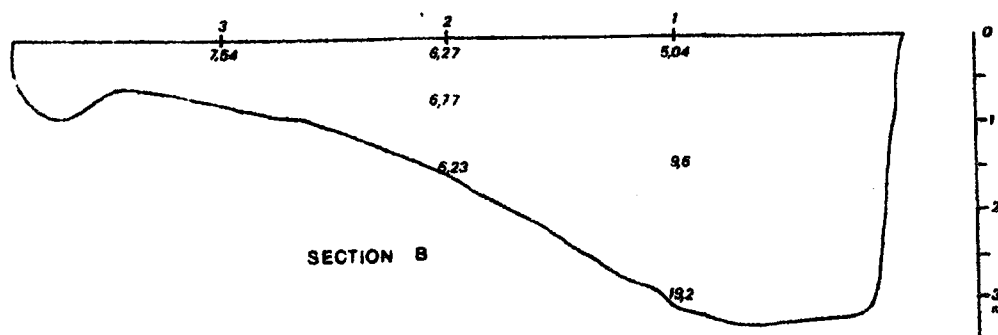
Section G



SECTION A

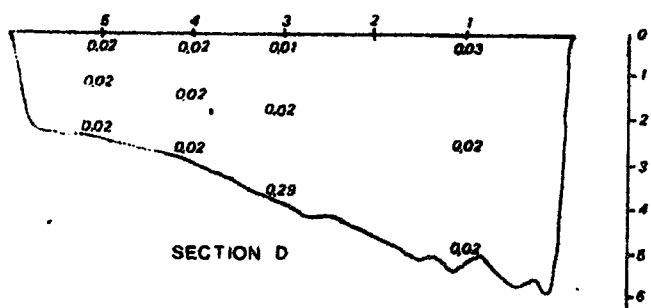


SECTION C

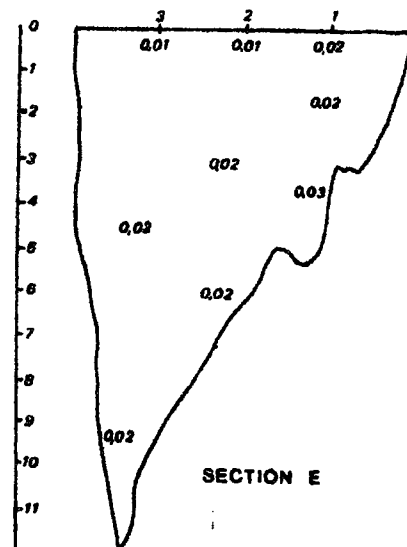


SECTION B

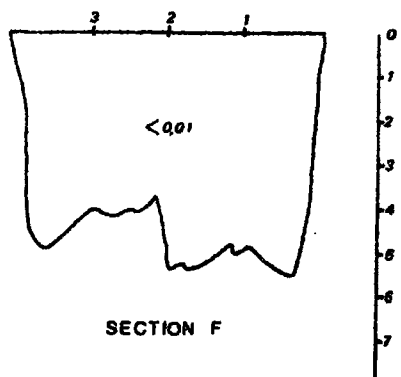
DISTRIBUTION DES SALINITÉS (g/l) AUX BASSES MERS DANS
LES SECTIONS DE L'ESTUAIRE le 20-21-11-83



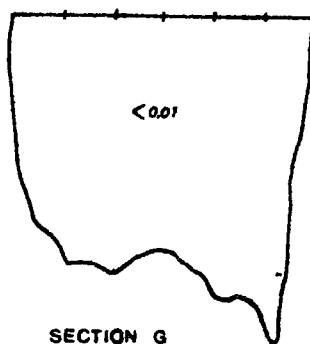
SECTION D



SECTION E



SECTION F



SECTION G

ANNEXE IV

Résultats d'analyses chimiques
IONS MAJEURS

Nous donnons ci-après les résultats d'analyses d'eau faites à la pointe COMBI et au site de PETIT SAUT. Les prélèvements ont été effectués au milieu de la rivière et à environ 0,50 m sous la surface. Les résultats sont exprimés en mg/l.

LIEU	Pointe COMBI	PETIT SAUT	Observations
Date	21-11-83	22-02-84	
pH		6,5	in situ
Conductivité (μS)	31	35	labo
Résidus secs (mg/l)	35	-	"
Fe ³⁺	0	0,25	"
Ca ²⁺	0,50	0,25	"
Mg ²⁺	0,70	0,41	"
K ⁺	0,75	0,52	"
Na ⁺	3,4	2,35	"
Cl ⁻	4,35	2,9	"
NO ₃ ⁻	1,72	0,33	"
SO ₄ ²⁻	1,28	-	"
SiO ₂	11,0	9,1	"

Par ailleurs, il a été réalisé des mesures in situ à PETIT SAUT dans les mêmes conditions de prélèvement que ci-avant, le 22-2-84, afin de déterminer si la qualité des eaux du SINNAMARY pouvait convenir à la réalisation des ouvrages en béton. Un essai au marbre a donc été réalisé.

	eau naturelle	eau + marbre
Titre Hydrotimétrique (deg. Français)	1,73	4,31
Titre alcalimétrique (deg. Français)	0	0,22
Titre alcalimétrique complet (deg. Français)	0,38	2,75
pH	6,50	9,26
Conductivité (à 25° en μS)	35	69
Teneur en CO ₂ (mg/l) calculée	2,0	0

- BIBLIOGRAPHIE -

Annuaire des marées 1984, Tome 2, ports d'outre mer S.H.O.M. PARIS

ANWAR H.O., WELLER J.A. : An experimental study of the structure of a freshwater - saltwater interfacial mixing
In : *La Houille Blanche*, n° 6, 1981, p 405-412.

Atlas des départements français d'Outre Mer. 1979 - 4 - La Guyane ORSTOM.

BELLESORT B., MIGNIOT Cl. : Etude comparative des mouvements sédimentaires dans quelques estuaires : *La Houille Blanche* n° 8, 1972, p 695 à 701.

BOULOT F., BRACONNOT P., MARVAUD Ph. : Détermination numérique des mouvements d'un coin salé.
In : *La Houille Blanche*, n° 8, 1967, p 871-877

BONNEFILLE R. : Cours d'hydraulique maritime. MASSON 1976.

BRUGIERE J.M. et HOORELBECK J. : Dynamique fluviale dans la basse Comté. ORSTOM 1967.

FRANCIS-BOEUF C. - 1947 - Recherches sur le milieu fluvio marin et les dépôts d'estuaire. Ann. Inst. Océan., XXIII, 3 3444 p.

FRITSCH J.M. : Données hydrologiques pour l'aménagement de Petit-Saut ORSTOM 1982.

FRITSCH J.M. : Les transports solides - Etude d'impact de l'aménagement de Petit Saut - ORSTOM 1984.

FORMIN L.M. : Dynamic method in oceanographie ELSEVIER 1964.

HARLEMAN D.R.F., THATCHER M.L. : Longitudinal dispersion and unsteady salinity intrusion in estuaries.
In : *La Houille Blanche*, n° 1/2, 1974, p 25-33.

HEIDE J. VAN DER : BROKOPONDO RESEARCH report, Suriname PART II
HYDROBIOLOGY "Fondation for the scientific research in Surinam and the Netherlands Antilles" Zoological Laboratory Plompetorengracht, Utrecht, the Nederland.

HIEZ et DUBREUIL - 1964 - Les régimes hydrologiques en Guyane Française ORSTOM. IFAT.

LACOMBRE H. - 1965 - *Cours d'océanographie physique*. Gauthier-Villars.
Paris, 392 pp.

LAFOND L.R. : *Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide*. Thèse. Univ. Paris 1967.

PRICE W.A., KENDRICK M.P. : *Density currents in estuary models*
In : *La Houille Blanche*, n° 5, 1962, p 611-628.

Progress in océanography, Vol. 3 Editor M. SEARS Pergamon Press 1965.

RASMUSSEN H., HINWOOD J.B. : *On flow in estuaries*
In : *La Houille Blanche*, n° 5, 1972, p 377-395.

ROCHE M.A., DUBREUIL et HOEPPFNER - 1974 - *Dynamique des eaux, des sels et des sédiments en suspension dans les estuaires du Mahury et de l'Approuague. Etude en vue de l'alimentation d'une usine de pâte de bois (Guyane française) ORSTOM.*

ROCHE M.A. - 1977 - *L'estuaire du Kourou en Guyane française. Possibilités d'alimentation en eau d'une usine de pâte de bois et risques de pollution par rejets industriels dans l'estuaire. ORSTOM.*

RODIER J. - 1966 - *L'analyse chimique et physicochimique de l'eau. Eaux naturelles, Eaux usées*. Ed. Dunod.

SAVEY P., POMMIER M., MARVAUD P. : *Observations et mesures sur les coins salés du grand et du petit Rhône.*
In : *La Houille Blanche*, n° 2-3, 1972, p 151-162.

SWERDRUP-JOHNSON - FLEMING - *The oceans* prentice - hall, inc. 1942.