

REPUBLIQUE FRANCAISE

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
DIRECTION GENERALE DES TRAVAUX PUBLICS

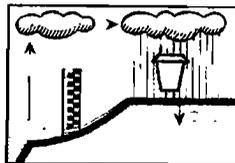
SOUS-DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

DIVISION HYDROLOGIE

NOTE SUR LA SALINITE DES EAUX DU TABOU

par

H. CAMUS



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIPODOUMÉ — COTE D'IVOIRE

MAI 1969

B. P. 20 — ABIDJAN

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE des TRAVAUX PUBLICS

SERVICE des TRAVAUX PUBLICS

SOUS-DIRECTION de L'HYDRAULIQUE

SERVICE HYDROLOGIQUE.

Note sur la Salinité des eaux du TABOU
(région de TABOU)

par

H. CAMUS
Chargé de Recherches à l'ORSTOM

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE ORSTOM d'ADIOPODOUME

MAI 1969

INTRODUCTION

Dans le courant du premier trimestre 1968, à la demande de la Sous-Direction de l'Hydraulique, 2 séries de prélèvements pour mesures du taux de salinité des eaux du TABOU ont été effectuées (l'une en Février 1968, l'autre en Mars 1968).

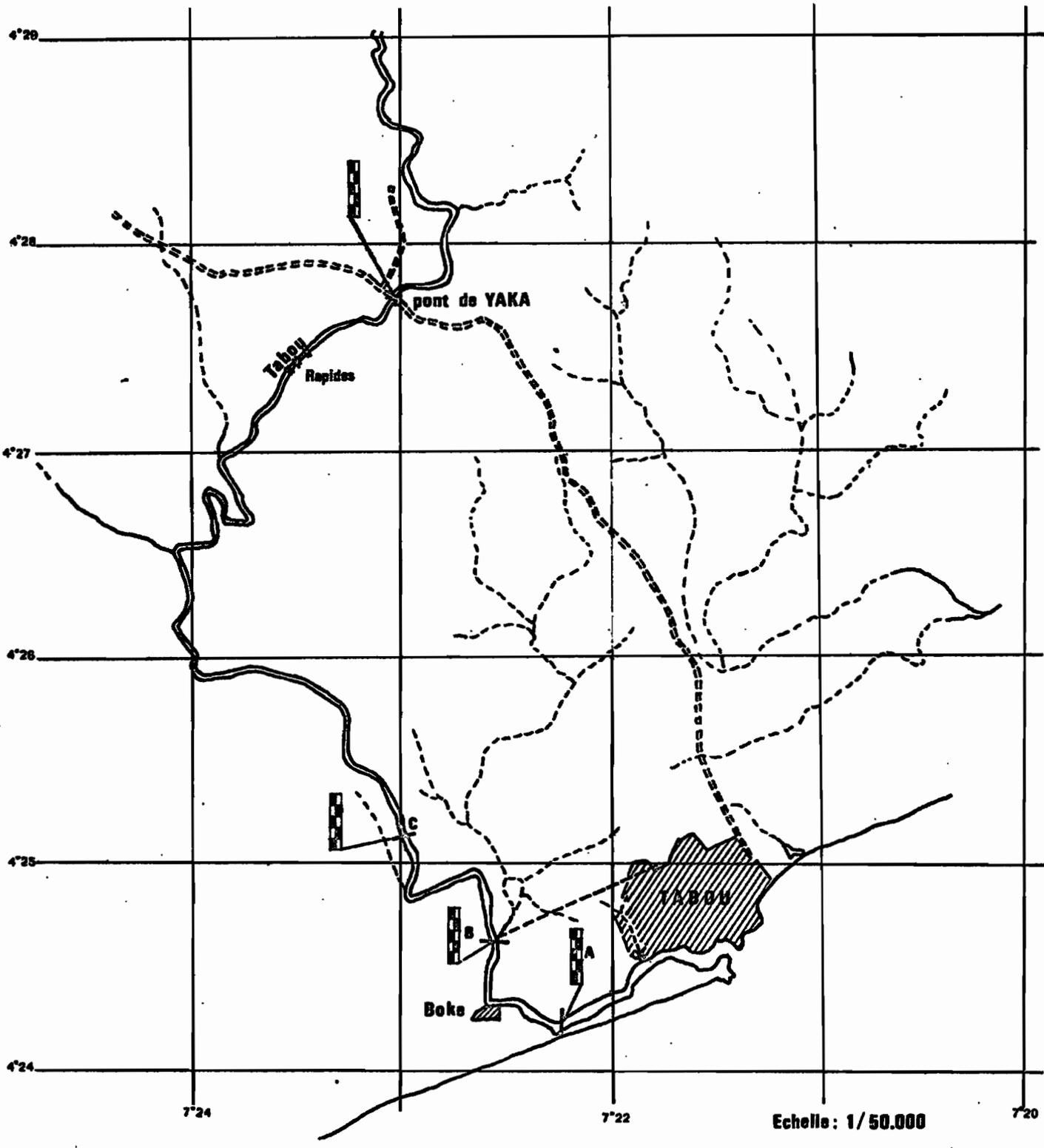
En 1969, à la demande de la Sous-Direction de l'Hydraulique, le Service Hydrologique à procéder à deux autres séries de mesures (Janvier et Mars 1969), afin de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus en 1968.

Les deux campagnes de mesures, qui comportaient notamment des études de marnage, mesures de courants, de température, de résistivité, ainsi que des prélèvements d'échantillons à des fins d'analyses chimiques, ont été réalisé en collaboration avec MM. F. LENOIR et C. MONNET, sédimentologues de l'ORSTOM.

Cette note fait le point des résultats acquis tant en 1968 qu'en 1969.

*
*
*

SITUATION GEOGRAPHIQUE



1 - LOCALISATION

Cette étude a été entreprise dans le but de déterminer les possibilités offertes par les eaux du TABOU, pour l'alimentation en eau de la ville de TABOU.

Le point important de l'étude consistait à mettre en évidence l'éventuelle présence de sel (due à la remontée des eaux salées en période d'étiage du Tabou) à l'emplacement de la future station de pompage (cf. graphique 1 et 2).

2 - MESURES et OBSERVATIONS

Pour déterminer avec une certaine rigueur, l'influence de la marée sur les eaux du Tabou, dans la zone précitée, il a été procédé sur le terrain à un certain nombre de mesures.

En premier lieu afin de déterminer l'amplitude du marnage, en plus de l'échelle limnimétrique permanente placée au pont de YAKA, 3 éléments d'échelles limnimétriques (de 0 à 2 m) ont été installées pour les besoins de l'étude au point A, B (emplacement de la future station de pompage) et C. - (cf. graphiques 1 et 2).

Des lectures ont été faites simultanément à ces 4 échelles pendant les journées d'observations. Au droit du point B, un profil en travers de la section a été levé.

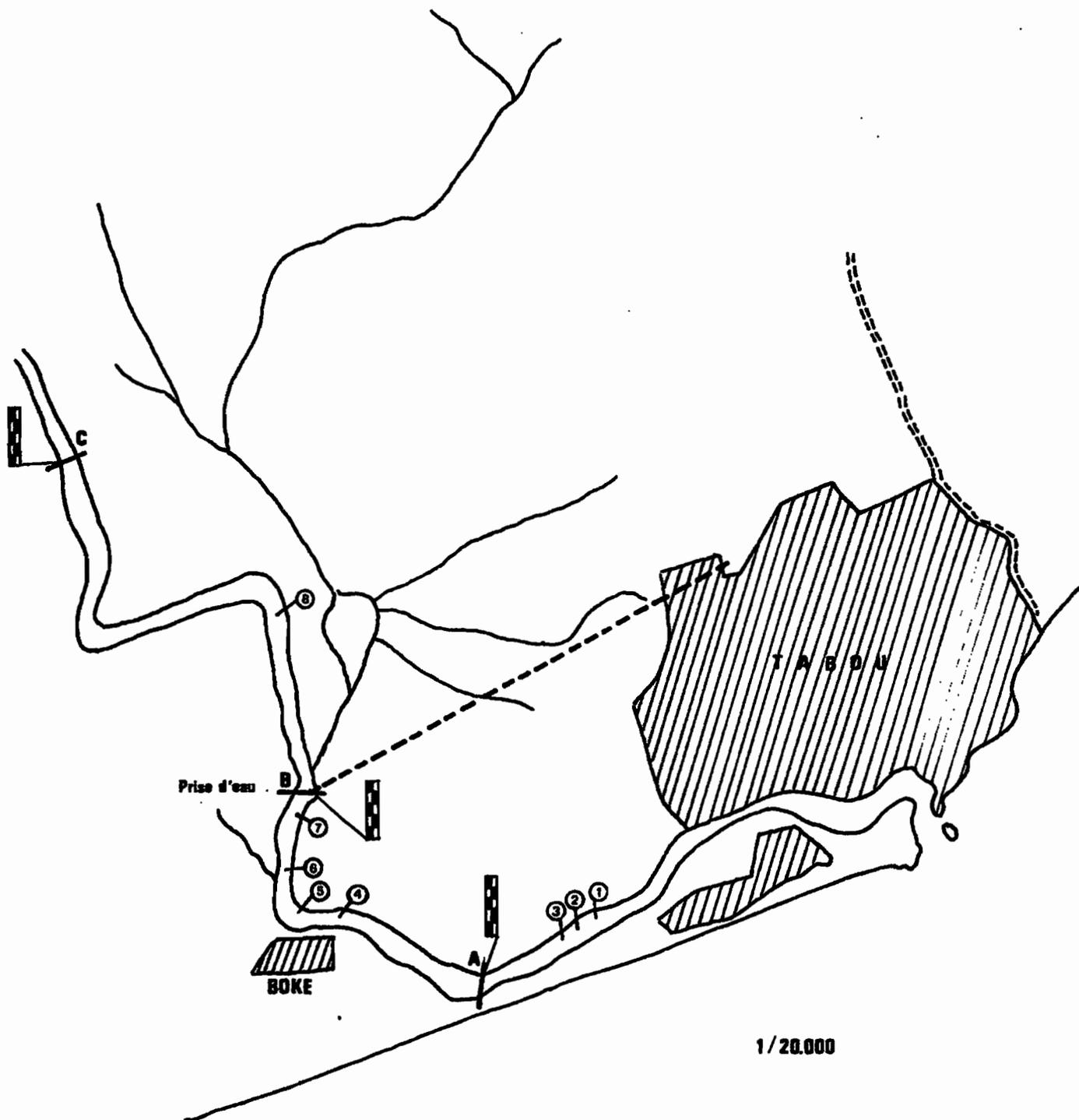
Les mesures de vitesses et de résistivité ont été faites en différents points de la verticale la plus profonde de cette section.

Enfin des mesures de résistivité, accompagnées de quelques prélèvements d'échantillons pour analyses chimiques ont été faites entre l'embouchure du Tabou et le point C afin de déterminer la zone d'influence de la marée.

Deux tournées ont été effectuées, l'une en Janvier (du 17 au 20), l'autre en mars (du 16 au 19).

Le choix de ces deux dates a été déterminées en fonction des marées de forte amplitude.

LOCALISATION DES STATIONS D'ETUDES



D'après les prédictions de marée à Vridi; les marées du 18 et 19 Janvier avaient une amplitude de 100, celles du mois de mars 110. De plus cette époque de l'année correspond théoriquement aux plus basses eaux de Tabou.

3 - MARNAGE et VITESSES DU COURANT

Nous avons représenté sur les graphiques 3 et 4, les variations d'amplitude du marnage au point A, B et C, ainsi que la variation à l'échelle du pont de YAKA.

Comme on peut le constater, aussi bien en janvier qu'en Mars, le marnage est assez fort (amplitude 0,95 m en moyenne). Il est vraisemblable que l'influence de la marée se fasse ressentir encore en amont du point C. Cependant on peut constater qu'il n'atteint pas le pont de Yaka, ceci en raison de la zone de rapides qui se trouvent à 1 km en aval du pont de Yaka (cf. graphique 1).

Sur ces mêmes graphiques nous avons représenté la variation des vitesses à différentes profondeurs, ainsi que le marnage. Ces observations ont été faites au point B, emplacement choisi pour la future station de pompage.

De ces observations on peut déduire les faits suivants :

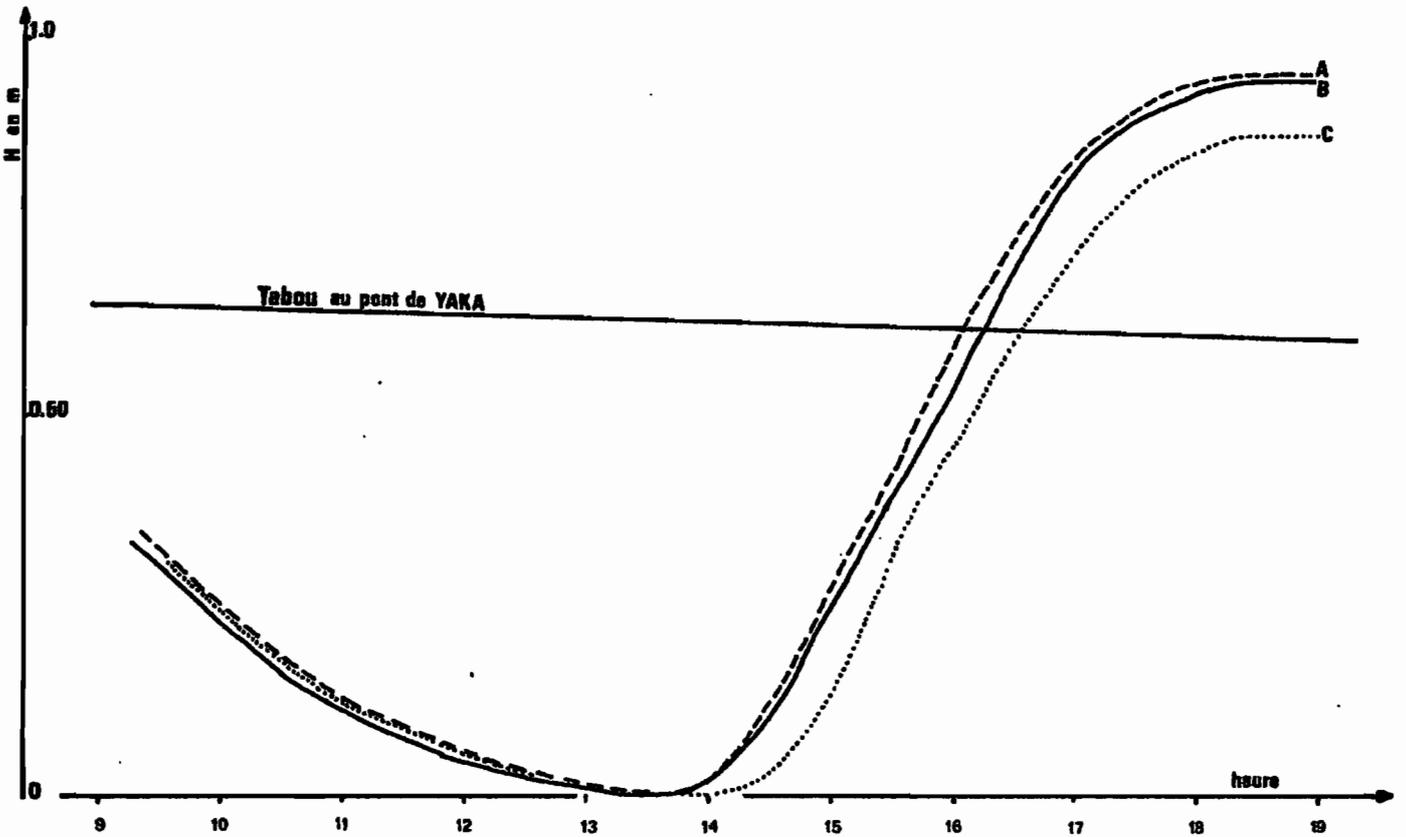
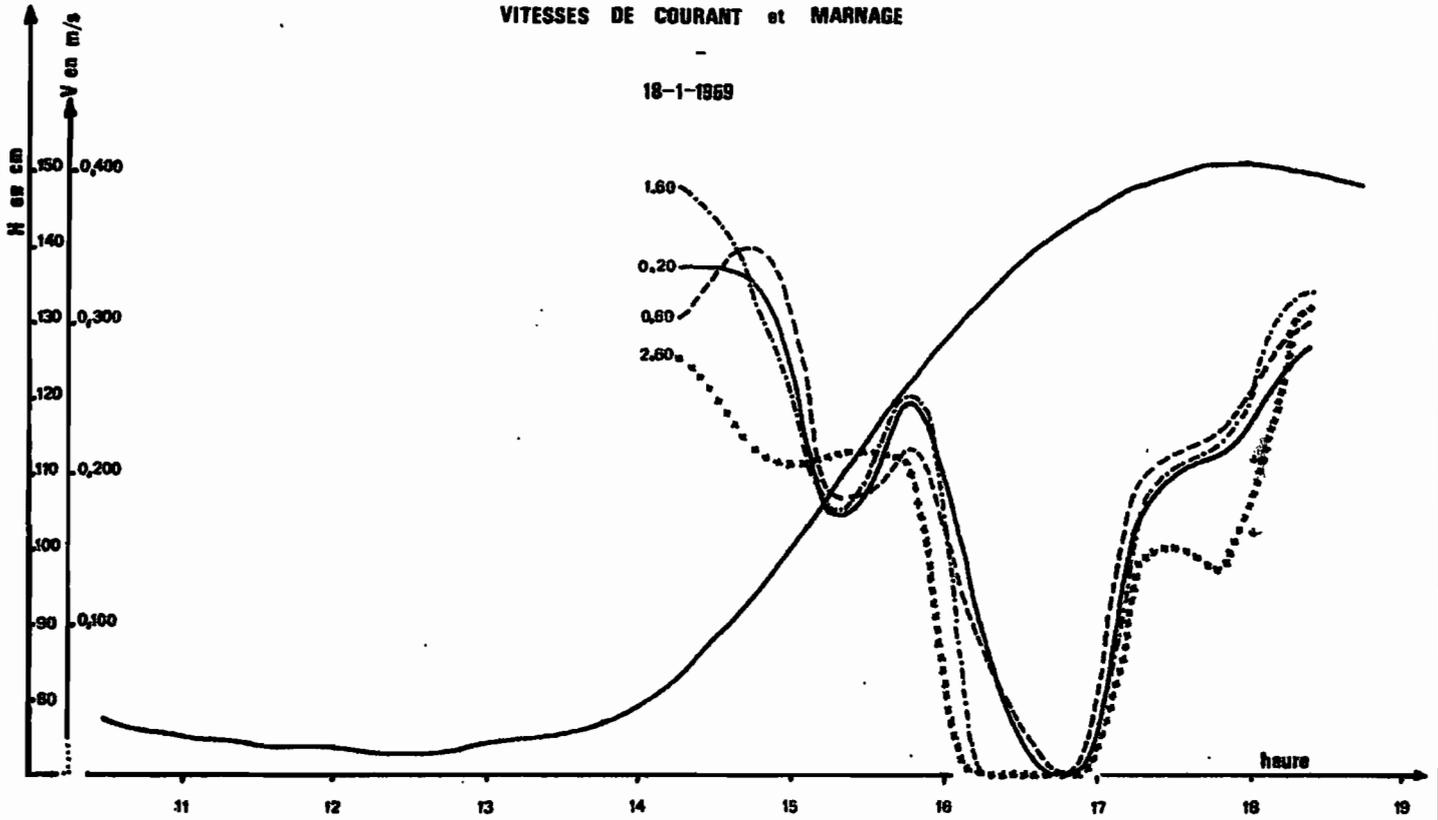
- Au point B, il n'y a à aucun moment inversion du courant, c'est-à-dire qu'on n'observe pas en ce point de courant de sens amont-aval (comme c'est le cas dans la région de Boké). Il y a seulement un ralentissement des vitesses qui deviennent peu différentes de zéro, une heure avant l'amplitude maximum de marnage.

- L'amplitude de marnage, qui ce soit en janvier comme en Mars reste en ce point importante (0,95 m).

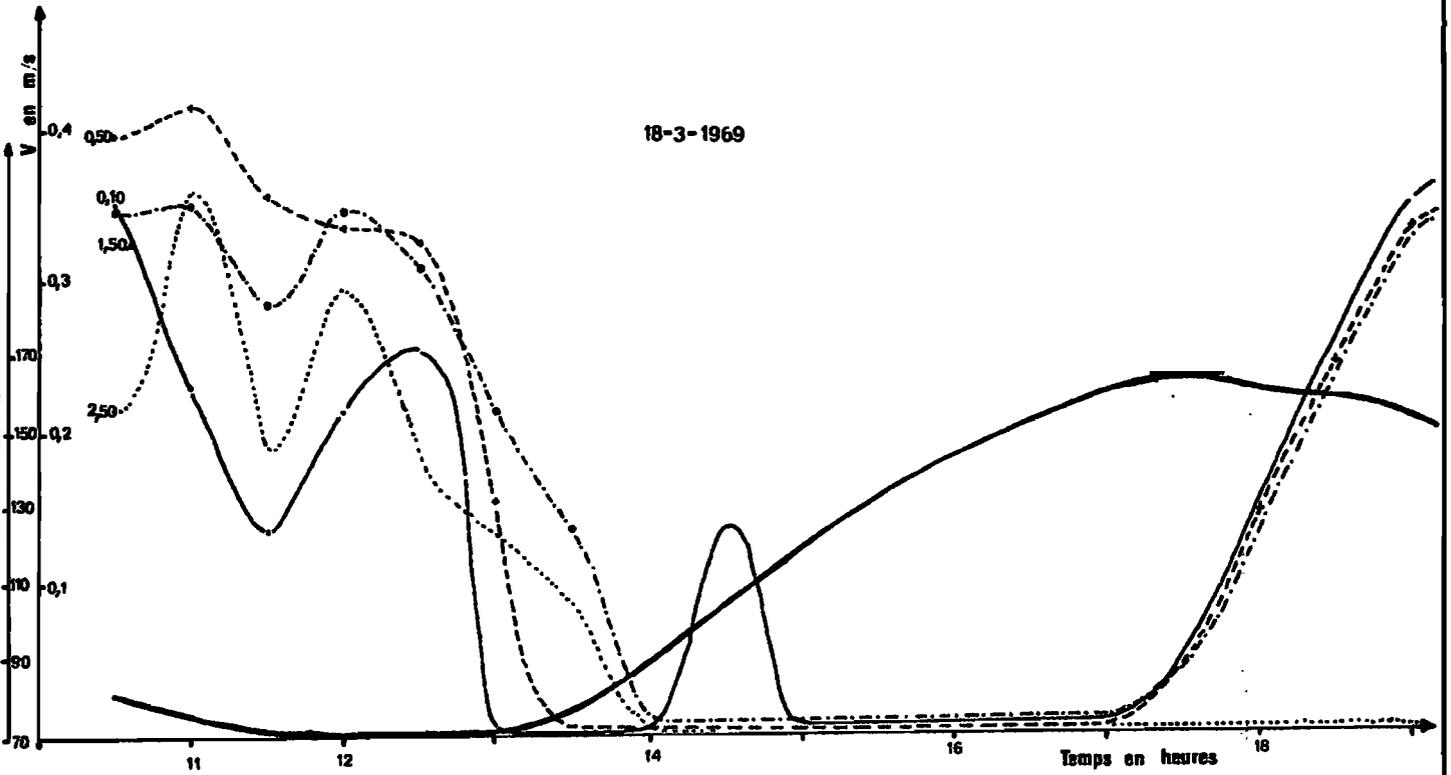
- La reprise du courant se fait sentir en premier lieu dans les zones superficielles (jusqu'à moins 1 m sous la surface). - la reprise du courant en profondeur (de 2 à 3,50 m) ne se faisant que 3 à 4 heures après le maximum de marnage.

VITESSES DE COURANT et MARNAGE

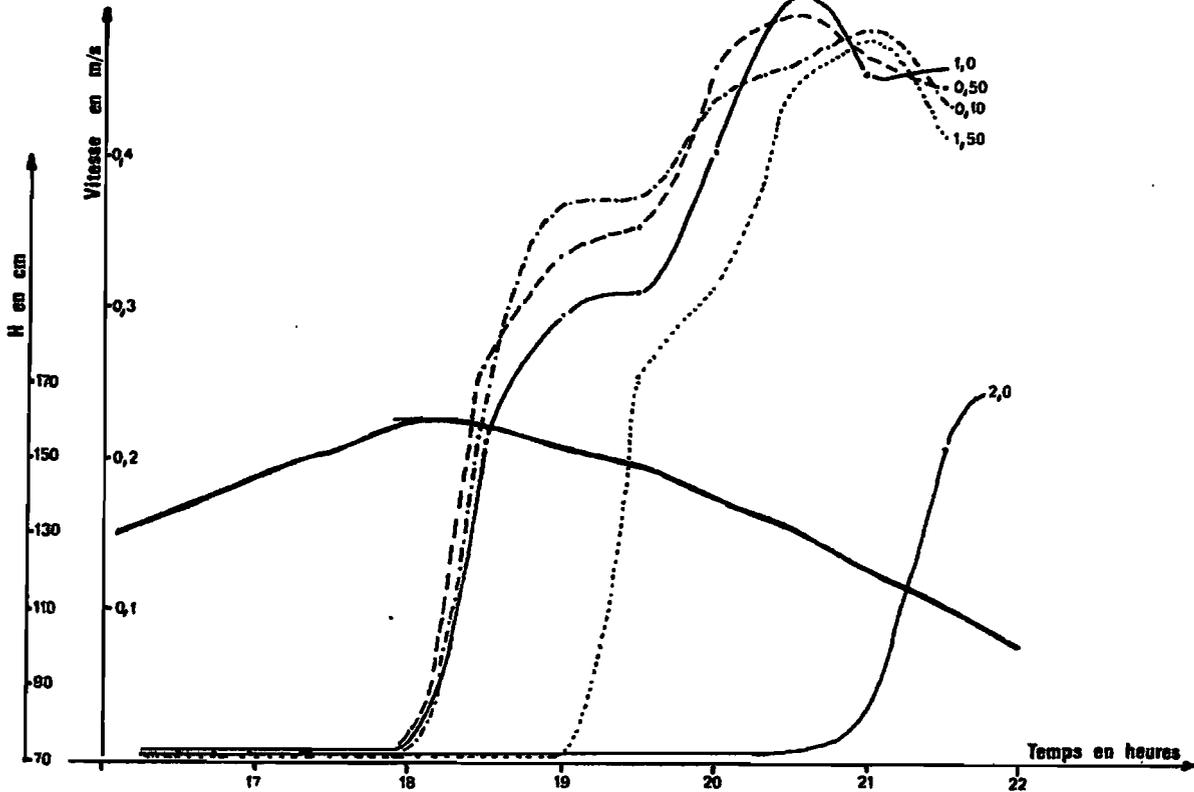
18-1-1969



VITESSES DU COURANT et MARNAGE
au point B



19-3-1969



4 - RESISTIVITES

En Janvier 1969, un profil en long des résistivités a été fait entre la mer (embouchure du Tabou) et le point B. (station de pompage). Les valeurs des résistivités mesurées (1) aux différents point (cf. graphique 2) sont les suivantes :

Point	1	:	300
Point	2	:	1310
Point	3	:	1520
Point	4	:	19000
Point	5	:	16500
Point	6	:	17000
Point	7	:	26000
Station B			30500

En tenant compte de ces valeurs, on en déduit que les remontées salines en Janvier ne semblent pas avoir dépassées le village de Boké.

Dans la journée du 18 Janvier 1969, des mesures systématiques de résistivités ont été effectuées au point B, sur la verticale la plus profonde de la section et à des niveaux différents. Les valeurs de résistivité obtenues pendant les marées montante et descendante sont voisines de 33 000 Ω /cm/cm². Ces valeurs correspondent à des teneurs en sel inférieur à 0,01 gr/litre (cf. paragraphe 6).

En Mars 1969, des mesures identiques ont été faites les 18 et 19 Mars, au même emplacement et sur la verticale la plus profonde.

Le 18 Mars, de 10 H 00 à 19 H 00, des mesures ont été faites toutes les demi-heures. Entre 10 H et 17 H 00, les valeurs de résistivité n'ont guère changées (entre 28000 et 19 000 Ω /cm/cm²). Cependant à partir de 17 H 30, alors que le courant reprenait (il avait été annulé par la marée montante), les valeurs de résistivité sont apparues beaucoup plus faibles.

(1) Toutes ces mesures de résistivité ont été faites à l'étale de basse mer.

Les valeurs de résistivité enregistrées dans les zones les plus profondes étaient inférieures à $300 \Omega / \text{cm} / \text{cm}^2$, attestant ainsi de la présence d'un front salé vers 19 H 00 ; cependant le front salé est repoussé par le courant et les résistivités redeviennent de l'ordre de $20\ 000 \Omega / \text{cm} / \text{cm}^2$ vers 22 heures.

Le 19 Mars, bien que la marée soit moins forte que la veille, de nouvelles séries de mesures systématiques de la résistivité, sont faites à la station B.

Cette nouvelle série de mesure faites entre 16 H 30 et 22 H 00, c'est-à-dire au moment du maximum de marnage, et ensuite alors que le courant à repris a permis de mettre en évidence la présence de sels dans les zones profondes (- Résistivités voisines de $5000 \Omega / \text{cm} / \text{cm}^2$ entre 0,10 et 1,50 m en dessous de la surface et inférieures à $200 \Omega / \text{cm} / \text{cm}^2$ entre 1,50 et 3,50, atteignant même des valeurs de $22-23 \Omega / \text{cm} / \text{cm}^2$ à 3,50 m de profondeur).

Cette remontée saline, entrevue la veille, alors que le flot descendait et que les vitesses du courant reprenaient, semble donc s'être manifesté également pendant la journée du 19 Mars.

Une corrélation des valeurs de salinité en fonction de la résistivité a été faite, d'après les analyses chimiques des échantillons prélevés en différents points du cours inférieur du Tabou.
(cf. paragraphe 6)

5 - ANALYSES CHIMIQUES

Les résultats des analyses chimiques des eaux du Tabou sont présentées sous forme de tableaux.

5-1- Résultats 1968

Tous les échantillons ont été prélevés entre l'emplacement de la future station de pompage et le village de Boké. Les résultats sont donnés en teneur en grammes/litre de Cl Na.

N°	Nacl gr/l	N°	Na cl gr/l
1	0,038	7	0,090
2	0,042	8	0,024
3	0,040	9	0,016
4	0,029		
5	0,034	11	0,041
6	0,026	12	0,023

Tous ces échantillons ont été prélevés le 2 février 1968, à marée basse.

N°	Na cl gr/l	N°	Na cl gr/l
1	0,017	13	0,013
2	0,016	14	0,015
3	0,021	15	0,016
4	0,016	16	0,017
5	0,016	17	0,017
6	0,017	18	0,019
7	0,016	19	0,015
8	0,016	20	0,020
9	0,017	21	0,018
10	0,014	22	0,013
11	0,017	23	0,015
12	0,017	24	0,019

Ces échantillons ont été prélevés le 19 Mars 1968. Les échantillons 1 à 12 à marée basse, les échantillons 12 à 24 à marée haute.

5-2- Résultats 1969

Les teneurs en salinité (en gr/litre) ont été calculées à partir de la formule suivantes :

$$\text{Taux de Salinité } S \text{ (gr/l)} = (Cl \times 1,805) + 0,030.$$

Les résultats obtenus sont les suivants :

n°	date du prélèvement	lieu de prélèvement	Résistivité $\Omega/\text{cm}/\text{cm}^2$	Cl gr/l	S gr/l
1	18-1-69	Station de pompage	34 300	0,0032	0,04
2	18-1-69	Pompage	33 800	0,0030	0,05
3	18-1-69	Pompage	33 800	0,0028	0,04
4	19-1-69	Point 2	1 520	0,14	0,28
5	19-1-69	Point 2	1 310	0,14	0,28
6	19-1-69	Point 1	300	0,83	1,53
7	19-1-69	Boké point 4	19 000	0,012	0,05
8	19-1-69	Boké point 5	16 500	0,011	0,05
9	19-1-69	point 6	17 000	0,010	0,05
10	19-1-69	Pont de Yaka	33 000	0,026	0,05
11	19-1-69	Pont de Yaka	33 000	0,030	0,05
12	19-1-69	Embouchure du Tabou	18	19,4	35,05
13	17-3-69	point A	660	0,38	0,72
14	"	point A	500	0,52	0,97
15	"	" A	310	0,92	1,69
16	"	" A	186	1,42	2,59
17	17-3-69	" A	149	1,44	2,63
18	18-3-69	Boké - surface	3 400	0,071	0,16
19	18-3-69	Pompage - 0,10	26 000	0,005	0,04
20	"	Pompage - 0,10	21 000	0,011	0,05
21	"	Pompage - 2,50	11 000	0,009	0,05
22	"	Pompage - 0,10	11 000	0,015	0,06
23	"	pompage - 3,50	4 800	0,037	0,09
24	"	pompage - 2,0	12 500	0,017	0,07
25	"	pompage - 0,50	8 000	0,027	0,08
26	"	pompage - 0,10	8 000	0,024	0,07
27	"	pompage - 0,10	17 000	0,009	0,05
28	"	pompage - 3,0	44,8	7,60	13,75
29	"	pompage - 3,0	37,4	9,80	17,72
30	"	pompage - 3,0	32,6	11,20	20,25
31	"	pompage - 0,10	24 000	0,011	0,05
32	20-3-69	pont de Yaka	33 800	0,001	0,03
33	20-3-69	pont de Yaka	33 200	0,001	0,03

6 - Correlation - Résistivité - Salinité

En nous servant des valeurs de Salinité, calculées d'après la teneur en chlore des échantillons, et des valeurs de résistivité de ces échantillons mesurées sur le terrain, nous avons tracé la courbe de corrélation Résistivité - Salinité. Les valeurs de résistivités exprimés en Ω /cm/cm² sont portées en ordonnée, celles de Salinité, exprimées en gr/l figurent en abscisse.

Cette courbe nous a permis en quelque sorte d'établir un barème résistivité-Salinité, dont les principales valeurs figurent ci-après :

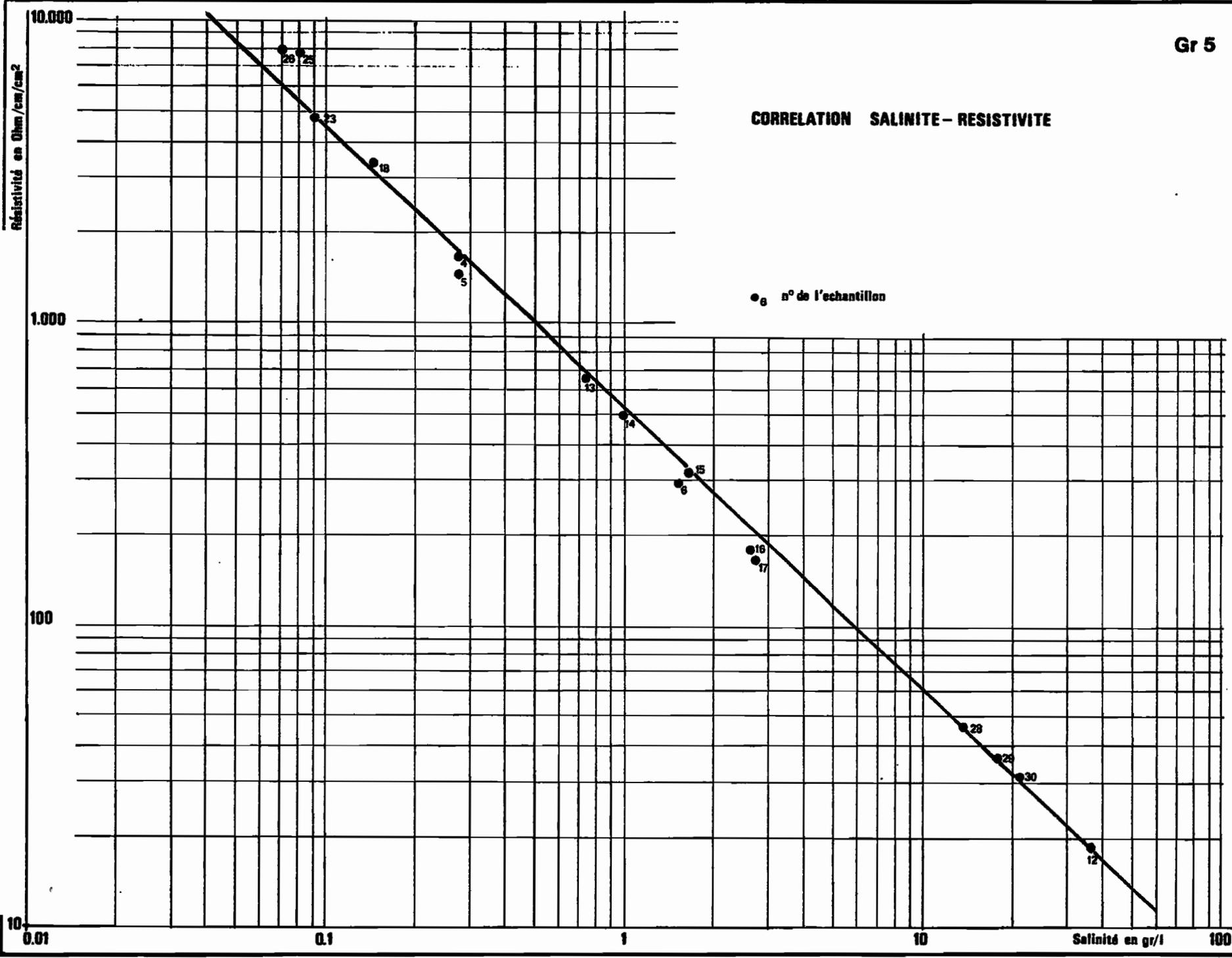
Salinité en gr/l	Résistivité en Ω /cm/cm ²
30	21
25	26,5
20	32
15	43
10	60
5	115
3	185
2	270
1	510
0,8	630
0,5	1000
0,1	4500
0,05	8200
0,01	35000

Partant de ce barème, et des mesures de résistivité faites en différents points du cours inférieur du Tabou les 17, 18 et 19 mars 1969, il a été possible de représenter schématiquement le mécanisme de la remontée saline dans le cours inférieur du Tabou -(cf. graphique 6)

Nous avons tracés les courbes d'isosalinité (courbe 0,1 gr/l, 1 gr/l, 3 gr/l, 10 , 20 et 30 gr/l -)

Comme on peut le constater sur ce graphique, de 6 heures à 4 heures avant la marée haute, le front salé ne varie pas beaucoup et n'a pas dépassé Boké.

CORRELATION SALINITE - RESISTIVITE



3 heures avant la marée haute, il atteint Boké (coubbe 0,1 gr/l). Une heure avant la marée haute, à Boké, on peut noter en profondeur des teneurs en sel comprises entre 20 et 30 gr/l.

A marée haute, la remontée saline atteint la station de pompage, mais les teneurs en sel sont faibles (0,1 gr/l au point le plus profond de la section) - Une heure après la Haute mer, alors que les vitesses du courant reprennent en surface, le front salé continue de pénétrer plus avant en profondeur. Les valeurs de Salinité, si elles ne dépassent pas 0,5 gr/l jusqu'à 1,50 m de profondeur, sont de l'ordre de 20 gr/l dans les zones profondes.

Des mesures de résistivité faites au point B, le 19 mars, vers 22 H 00, soit 3 heures après la marée haute, tendent à montrer que malgré la reprise du courant en surface, la présence du front salé persiste dans les zones les plus profondes (Des valeurs de $30 \mu\text{cm/cm}^2$ correspondant à 20 gr/l de sel ont été mesurées à 3,0 m de profondeur).

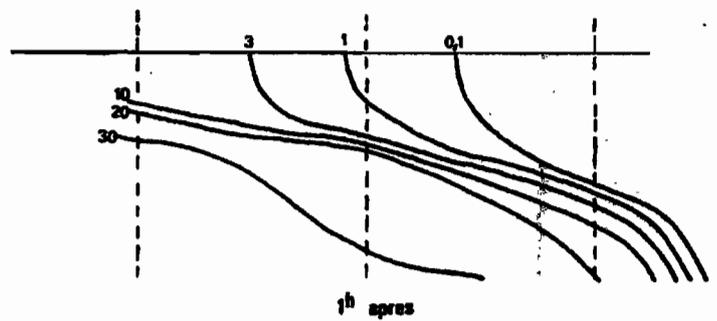
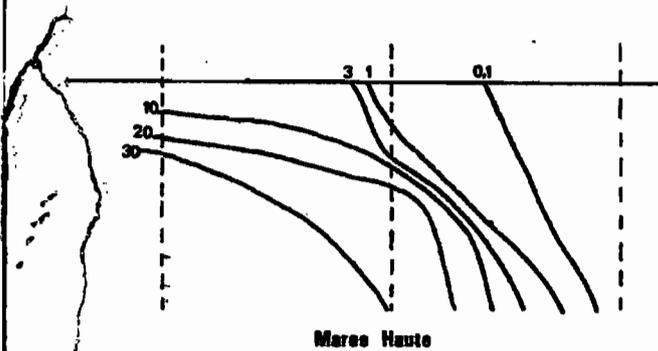
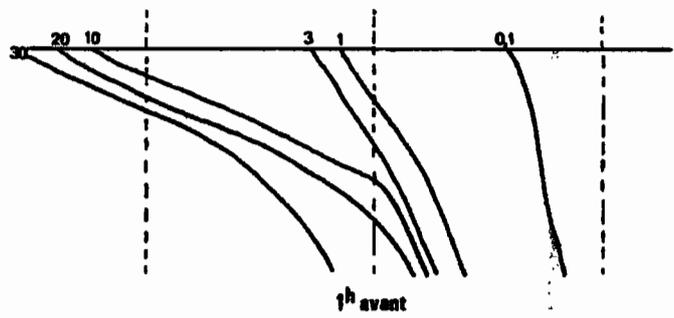
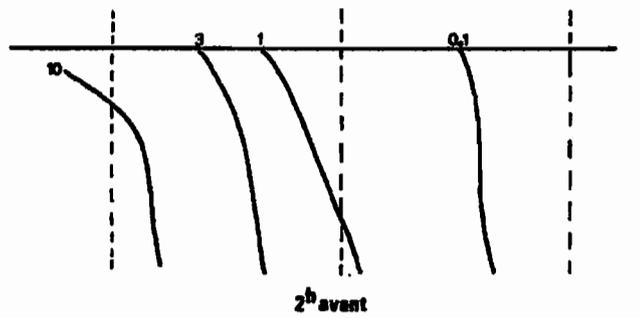
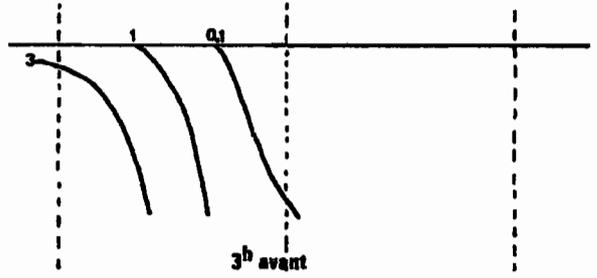
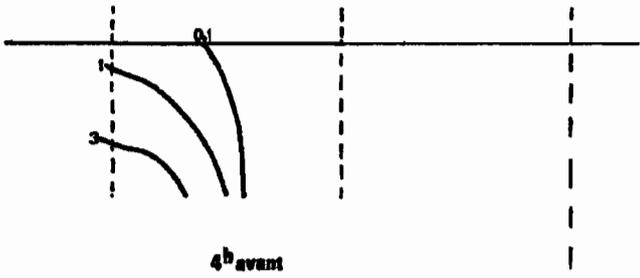
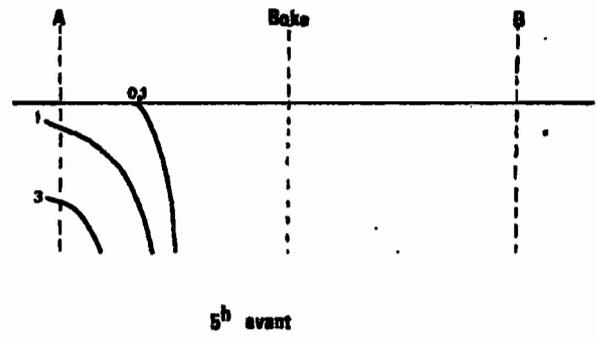
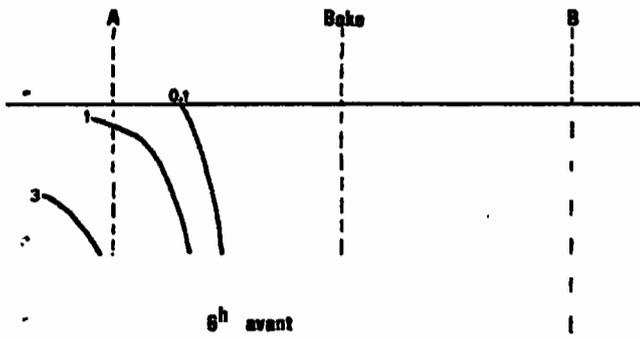
Il est possible que 4 à 5 heures après la marée haute, le courant en profondeur ayant repris, le front salé soit plus ou moins repoussé, mais il est également possible que ce même front salé se maintienne en profondeur, malgré la reprise du courant et ce pendant plusieurs jours (correspondant au 2 ou 3 jours où les marées sont les plus fortes).

7 - CONCLUSIONS

Cette étude de la remontée saline dans le cours inférieur du Tabou, nous a permis de constater que le front salé pouvait atteindre l'emplacement choisi pour la future station de pompage (point B.) Or en Mars 1969, nous n'étions pas dans les conditions optima. En effet, si les mesures ont été faites pendant les marées d'équinoxe, de forte amplitude, l'étiage du Tabou n'était pas atteint. La hauteur à l'échelle du pont de Yaka était de 0,54 m le 18/3/1969 et de 0,53 m le 19/3/1969, soit environ 35 cm supérieur à l'étiage le plus sévère observé (0,19 m, le 16 et 17 avril 1967).

EVOLUTION DE LA REMONTEE SALINE DANS LE COURS INFÉRIEUR DU TABOU

(entre l'embouchure et le point B) - mars 1969



Dans l'hypothèse ou l'étiage du Tabou correspondrait effectivement avec une forte marée, nous pouvons affirmer que la remontée du front salé atteindrait le point B et le dépasserait vraisemblablement.

Dans les conditions d'observations où nous étions en Mars 1969, bien que n'étant pas les conditions optima, nous avons pu constater que l'influence du front salé se faisait sentir en amont du point B. Des mesures de résistivités effectuées le 19/3/1969, à environ 600 m en amont du point B (point B sur le graphique 2) ont donné des valeurs comprises entre 3500 et 6500 Ω /cm/cm², attestant ainsi de l'influence de la remontée saline, sans que le taux de salinité n'atteigne cependant des valeurs supérieures à 0,5 gr/l.

*
* *
* * *
* *