

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS

SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS
SOUS-DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

PARUTION AVRIL 1967

PREMIERS RESULTATS HYDROLOGIQUES

SUR LE SAN PEDRO

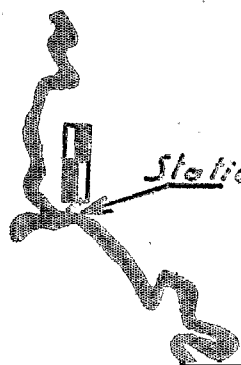
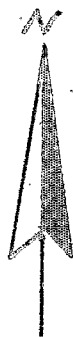
Dans le cadre de l'aménagement du PORT de SAN PEDRO la Direction des Travaux Publics a demandé à l'ORSTOM en collaboration avec la Division Hydrologique de commencer en 1966 l'étude hydrologique du cours inférieur du SAN PEDRO, cette étude concerne les débits liquides, les transports solides et les remontées salines dans la zone de l'embouchure

Cette présente note fait le point des 8 tournées réalisées et donne les premiers résultats, qui seront précisés en 1967 grâce à une Convention passée entre le B.N.E.T.D. et l'ORSTOM./-

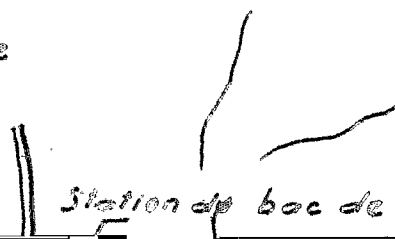
S O M M A I R E

I - DONNEES GEOGRAPHIQUES et CLIMATOLOGIQUES	page 2
II - HISTORIQUE ET EQUIPEMENT	page 4
III - ETUDE DES DEBITS	page 6
IV - ETUDE DES TRANSPORTS SOLIDES	page 8
V - PENETRATION DE LA MAREE ET REMONTEE SALINE	page 10
PREMIERS CONCLUSIONS	page 13

CROQUIS DE SITUATION



Station Hydrométrique



Station de bac de PORO

I - Données géographiques et climatologiques

Situation Générale

Le SAN PEDRO, encore appelé localement HE ou YE est un fleuve entièrement forestier drainant un bassin d'une superficie totale de 3360 km². Il est bordé à l'Ouest par les bassins du NONO et du CAVALLY et à l'Est par les bassins des BRIME et du SASSANDRA.

Géologie et relief

Le relief du bassin est très mou avec quelques collines dépassant rarement 300 mètres, le substratum est formé de granites alcalins alternant avec des bandes allongées NE-SW de BIRRIMIEN.

Réseau Hydrographique

Le SAN PEDRO a un lit apparent bien marqué dans son cours supérieur avec des berges abruptes assez prononcées. Dans son cours inférieur la pente est très faible, il divague fortement, recoupe très fréquemment ses méandres formant ainsi des bras morts. Dans ses derniers kilomètres de cours les débordements du fleuve alimentent un vaste lacis marécageux compris entre la rive droite et la lagune DIGBOUE. En saison des pluies, une partie du SAN PEDRO se deverse dans le marais et un écoulement temporaire se fait dans le sens Est-Ouest (DEGANABO).

Climat

Le climat est de type équatorial de transition (climat attien), caractérisé par :

- une première saison des pluies d'avril à juillet avec maximum en juin
- une petite saison sèche de juillet à septembre
- une seconde saison des pluies de septembre à novembre
- une grande saison sèche de décembre à mars.

La ville de SAN PEDRO se trouve à distance à peu près égale entre SASSANDRA et TABOU dont les hauteurs mensuelles moyennes (en mm) sont les suivantes :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
													annual
													mm
SASSANDRA	:24	:23	: 75	:107	: 301	:507	:151	: 23	:49	:102	: 153	: 88	: 1603
TABOU	:55	:48	: 91	:136	: 426	:530	:154	: 83	:224	:209	: 198	:145	: 2299

Les différences entre ces 2 stations sont accusées ; la hauteur pluviométrique annuelle à SAN PEDRO doit être de l'ordre de 1800 à 1900 mm avec une repartition mensuelle se rapprochant davantage de celle de SASSANDRA que de TABOU, l'accroissement pluviométrique vers l'Est devant être sensible surtout à partir de Grand Berebi.

II - Historique et Equipement

a) Historique : - Afin de connaître le régime hydrologique du SAN PEDRO dans son cours inférieur, il était nécessaire d'installer une station hydrométrique assez bas dans le cours pour être représentative de tout le bassin tout en étant le plus possible hors de l'influence de la marée.

L'installation d'une telle station s'est rapidement avérée très difficile ; en effet les accès au fleuve se limitent en deux points : d'une part ou "Rapides Grâ" très à l'amont et d'autre part au "bac de PORO" sur la route joignant Sassandra à San-Pedro.

Une première reconnaissance en janvier 66 avait pour objet de déterminer l'emplacement d'une station hydrométrique, station où seraient effectuées toutes les mesures nécessaires, c'est-à-dire, jaugeages, transports solides et salinité.

Le site des "Rapides Grâ" ne pouvant être retenu car étant situé beaucoup trop à l'amont, une première série de mesures eu lieu au bac de PORO après reconnaissance préalable du cours jusqu'à son embouchure. Les résultats n'étaient pas brillants car l'onde de marée était encore à peine amortie et des marnages de plus de 75 cm furent observés.

Une seconde tournée en avril avait donc pour objet de trouver une station de mesures nettement plus en amont en remontant en bateau le cours du SAN PEDRO.

L'entreprise se révélait très délicate par la présence de nombreux arbres morts dans le lit du cours d'eau. La station "provisoire" encore utilisée actuellement fut installée au maximum possible de remontée en embarcation. Elle se trouve approximativement au point de changement de direction du SAN PEDRO, qui après avoir coulé Nord-Sud, s'infléchit vers le Sud-Est.

.../...

Depuis cette date, de nombreuses tournées ont eu lieu tout en saison des pluies qu'en saison sèche au prix souvent de nouvelles difficultés en particulier coupure de la route de Sassandra en saison des pluies.

b) Equipement

La station de mesure, dite station "échelles" a les coordonnées suivantes : 4° 48' latitude N
6° 40' 40" longitude W

Le 23 Avril 66 était installée une échelle de 0 à 6 m en éléments émaillés métriques. Une borne S.H. (non rattachée par la SOGETEC) était mise en place a un mètre en amont de l'élément de 5 à 6 m. La borne S.H. ayant une cote fictive de + 100,00, le zéro de l'échelle se trouve à la côte + 95,196.

Le 24 Avril, un limnigraphe OTT type X à enregistrement mensuel était installé en rive droite face aux échelles. La hauteur totale de l'ouvrage était de 4,60 m.

En juillet le limnigraphe devait être surelevé d'un mètre, une crue (devant être la plus forte de l'année) ayant en partie submergé l'installation./-

III - Etude des Débits

a) Etalonnage de la station

Les jaugeages effectués au cours de l'année 1966 et les premières mesures de 1967 permettent de tracer une courbe de tarage à caractère très provisoire.

L'imprécision des bas débits est rendue assez grande par l'influence de la marée, dont l'onde se fait sentir jusqu'aux échelles (pratiquement jusqu'à la cote 1,50 m à l'échelle). On observe ainsi un même débit pour des cotes pouvant varier de 70 à 40 cm (cotes de jaugeage de 16 à 14 m). On a

Jours:	J	:	F	:	M	:	A	:	M	:	J	:	J	:	A	:	S	:	O	:	N	:	D	:	
1	:	:	:	:	:	:	:	:	14,2	:	:	:	:	:	32,6	:	35	:	28,3	:	56,1	:	(45)	:	
2	:	:	:	:	:	:	:	:	11,0	:	:	:	:	:	27,4	:	>35	:	25,2	:	49,5	:	43,4	:	
3	:	:	:	:	:	:	:	:	10,0	:	:	x	:	:	23,9	:	>35	:	25,8	:	46,8	:	39,0	:	
4	:	:	:	:	:	:	:	:	11,0	:	:	:	:	:	20,2	:	>35	:	24,6	:	41,8	:	34,9	:	
5	:	:	:	:	:	:	:	:	9,0	:	:	:	:	:	18,6	:	28,6	:	35,0	:	38,2	:	34,1	:	
6	:	:	:	:	:	:	:	:	7,8	:	:	:	:	:	16,9	:	27,6	:	97,0	:	47,9	:	34,5	:	
7	:	:	:	:	:	:	:	:	6,0	:	:	:	:	:	15,1	:	40,3	:	126	:	39,8	:	25,0	:	
8	:	:	:	:	:	:	:	:	6,2	:	(110)	:	:	:	13,5	:	52,8	:	75,3	:	31,2	:	22,2	:	
9	:	:	:	:	:	:	:	:	5,8	:	:	:	:	:	11,9	:	31,3	:	52,0	:	28,2	:	27,7	:	
10	:	:	:	:	:	:	:	:	6,2	:	:	:	:	:	10,9	:	22,8	:	67,7	:	61,5	:	40,1	:	
11	:	:	:	:	:	:	:	:	6,2	:	:	:	:	:	10,0	:	18,1	:	43,2	:	80,8	:	42,5	:	
12	:	6,7	:	:	:	:	:	:	5,6	:	:	:	:	:	10,0	:	15,3	:	31,4	:	62,0	:	26,3	:	
13	:	:	:	:	:	:	:	:	4,7	:	:	:	:	:	10,2	:	14,0	:	30,7	:	(80)	:	29,6	:	
14	:	:	:	:	:	:	:	:	4,4	:	:	:	80,5	:	11,0	:	13,0	:	48,1	:	(80)	:	24,9	:	
15	:	:	:	:	:	:	:	:	4,0	:	:	:	68,9	:	>17	:	12,0	:	108	:	(70)	:	22,6	:	
16	:	:	:	:	:	:	:	:	5,0	:	:	:	80	:	>17	:	11,0	:	126	:	(60)	:	22,2	:	
17	:	:	:	:	:	:	:	:	14,5	:	:	:	:	:	>17	:	45,9	:	78,2	:	(50)	:	25,1	:	
18	:	:	:	:	:	:	:	:	27,7	:	:	:	:	:	>17	:	37,1	:	81,8	:	(50)	:	29,8	:	
19	:	:	:	:	:	:	:	:	9,9	:	:	:	:	:	>60	:	16,6	:	75,5	:	(45)	:	21,4	:	
20	:	:	:	:	:	:	:	:	39,9	:	:	:	:	:	57,9	:	11,8	:	49,6	:	(45)	:	18,8	:	
21	:	:	:	:	:	:	:	:	54,3	:	:	:	:	:	53,8	:	9,4	:	41,1	:	(45)	:	16,1	:	
22	:	:	:	:	:	:	:	:	32,8	:	:	:	:	:	49,0	:	8,0	:	36,5	:	(45)	:	15,1	:	
23	:	:	:	:	:	:	:	:	19,8	:	:	:	:	:	46,5	:	8,2	:	36,7	:	(40)	:	14,2	:	
24	:	:	:	:	:	:	x	:	18,8	:	:	:	:	>80	:	43,0	:	8,6	:	34,4	:	(40)	:	13,0	:
25	:	:	:	:	:	:	7,0	:	:	:	:	:	59,5	:	37,1	:	12,0	:	36,2	:	(40)	:	12,0	:	
26	:	:	:	:	:	:	6,6	:	:	:	:	:	51,6	:	33,9	:	16,3	:	30,8	:	(35)	:	11,4	:	
27	:	:	:	:	:	:	4,5	:	:	:	:	:	47,8	:	31,7	:	58,8	:	30,0	:	(35)	:	11,0	:	
28	:	:	:	:	:	:	4,0	:	:	:	:	:	45,1	:	31,0	:	108	:	29,7	:	(35)	:	13,3	:	
29	:	:	:	:	:	:	4,0	:	:	:	:	:	43,4	:	>35	:	86,7	:	30,5	:	(30)	:	10,0	:	
30	:	:	:	:	:	:	15,5	:	:	:	:	:	43,4	:	>35	:	43,0	:	72,5	:	(30)	:	17,9	:	
31	:	:	:	:	:	:	17,1	:	:	:	:	:	40,8	:	>35	:	:	:	75,8	:	:	:	17,2	:	
Débit	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
moyen	:	:	:	:	:	:	-	:	-	:	:	:	-	:	>27,4	:	>30	:	54,3	:	(50)	:	24,5	:	
mensuel:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

x installation du limnigraphe

x crue maximale de l'année (débit de pointe = 300 m³/s)./-

c) Régime du SAN PEDRO

Soumis au régime climatique équatorial de type boreal, les débits du SAN PEDRO reflètent parfaitement cette influence. Les résultats obtenus même fragmentaires permettent de noter deux périodes de basses eaux, l'une de janvier à avril, l'autre en août et deux périodes de hautes eaux de mai à juillet et de septembre à novembre, la première étant la plus importante.

Les pointes de crues sont nombreuses et les variations de débit assez rapides. On retrouve là les mêmes caractères que pour le Tabou à Yaka, fleuve côtier forestier encore plus arrosé que le SAN PEDRO.

d) Crues 1966

Le nivellement des délaissées de la plus forte crue annuelle de début juillet (observée à la même époque sur le Tabou à Yaka) donne une hauteur à l'échelle de 4,50 m. L'extrapolation de la courbe de tarage aboutit à une fourchette de 250 à 300 m³/s soit un débit spécifique de 70 à 85 l/s/km².

e) Etiages 1966

L'installation tardive d'un limnigraphe ne permet pas de connaître les faibles débits de début d'année mais les premiers résultats de 1967 permettent de supposer un étiage absolu de l'ordre de 2 m³/s soit 0,6 l/s/km² et un débit égal ou inférieur à 5 m³/s pendant 90 jours non consécutifs.

IV- Etude des transports solides

Signalons tout d'abord que cette étude ne concerne que les courants de crue en suspension. A chaque hausse de

Date	Débit	Turbidité	Charge solide
	m ³ /s	g/m ³	kg/s
12 janvier 66	6,70	17,6	0,115
25 avril	8,90	71,4	0,625
8 juin	106	230	24,4
15 juillet	68,6	54,6	3,75
11 août	10,1	27,5	0,278
16 septembre	12,9-13,2	29,5	0,389
17 Octobre	86,0	149	12,8
2 décembre	(42) ?	120,7	5 ?
25 janvier 67	3,28	47,7	0,156
22 février	3,40	40,0	0,136

L'examen de ce tableau montre la grande variation des turbidités en cours d'année. La liaison débit-turbidité est très lâche, ce qui est normal. En effet après de basses eaux où la turbidité reste à peu près constante les crues provoquent une augmentation brutale de celle-ci mais avec un maximum de teneurs en suspension pendant la montée des eaux seulement. A la décrue, les teneurs en suspension baissent fortement (ainsi le 15 juillet à un débit de 68,6 m³/s correspond une turbidité de 54,6 g/m³ seulement). Par suite, il est très difficile de faire l'évaluation des charges totales transportées en cours d'année, même en établissant les relations débit de crue - turbidité et débit de décrue-turbidité. On peut d'ailleurs très bien concevoir qu'une crue brutale correspondant à des pluies torrentielles sera plus turbide qu'une crue lente à pluie régulière. L'estimation mensuelle et annuelle (en tonnes) que nous donnons est donc très approximative.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total annuel
300	300	500	1200	4000	35000	15000	8000	9000	17700	10000	4000	105 000

.../...

Note évaluation de 105 000 tonnes pour 1966 correspond ainsi à un transport en suspension de 31 tonnes par an et par km². Cette valeur est assez forte puisque la même année, le transport total du Bandama à Tiassalé n'est que 1 000 000 tonnes soit 10 tonnes/an/km².

V - Pénétration de la marée et Remontée Saline.-

Les très faibles pentes du cours inférieur du SAN PEDRO favorisent la pénétration de la marée loin vers l'amont. Suivant Mr VARLET, d'après des observations faites en 1955 le marnage se ferait sentir jusqu'à la station de GABO à 25 kms du goulet ce qui semble plausible, en effet.

A la station SOGETEC installé dans le premier coude du SAN PEDRO à 2,4 km du goulet, le plus fort marnage observé en décembre 1965 a été supérieur à 1,10 m. Au bac de PORO, à 9 km du goulet on a relevé en avril 1966, un marnage de 85 cm ; enfin les enregistrements du limnigraphe installé à 14,5 kms (dernier point amont accessible en bateau) indiquent un marnage pouvant encore varier de 0 en période de hautes eaux à 50 cm (grandes marées de vives eaux en période d'étiage). On observe bien deux marées par jour avec une dissymétrie nette entre le flot et le jusant, phénomène très fréquemment observé dans les estuaires.

Si l'onde de flot remonte profondément dans le fleuve, la remontée des eaux salines est elle beaucoup plus progressive et plus lente. Elle s'effectue sous forme de coin à forte salinité en profondeur. Voici les résultats des premières mesures de salinité effectuées.

- Station du limnigraphe

Date jour	Hauteur: heure	à l'échelle:	Caractéristique de la marée	Salinité: en g/l	
				minimum surface	max. fond
8 juin 66	13 H 20	3,10-3,15	fin de jusant vives eaux	0,022	0,027
	14 H 05				
15 juil	10 H-11 H	2,65	fin de jusant-vives eaux	0,029	0,031
11 août	14 H 30	0,79-0,77	fin de flot - mortes eaux	0,032	0,035
	15 H 35				
15 sept.	8 H 30	0,96-0,88	fin de jusant-vives eaux	0,032	0,033
	9 H 10				
19 Oct	11 H 50				
	13 H 15	2,65-2,61	fin de jusant-mortes eaux	0,023	0,026
2 Déc	12 H	1,93	jusant - vives eaux	0,026	0,026
25 janv 67	11 H 30				
	12 H	0,40	fin de jusant-vives eaux	0,034	0,035
22 fév.	15 H 30	0,40-0,59	flot	0,035	0,033

En surface les eaux restent très faiblement salées, les eaux fluviales s'écoulent au-dessus du coin.

En hautes et moyennes eaux, le coin salé est repoussé loin en aval et les eaux sont uniquement fluviales donc pauvres en sels. Par contre pendant l'étiage la remontée du coin salé est progressive. Fin janvier 67 malgré les faibles débits on n'observait pas encore d'eaux saumâtres au bac de PORO, alors qu'un mois plus tard, la salinité dépassait 1 g/l en surface et 3 g/l en profondeur, la station du limnigraphe étant encore hors de portée. Les valeurs du 12 janvier 1966 donnent des salinités considérables au bac :

à marée basse les teneurs varient de 0,65 g/l en surface à 10,8 g/l en profondeur.

à marée haute, elles atteignent 3,4 g/l en surface et 17,0 g/l en profondeur .

Ainsi à la station du bac de PORO les eaux sont salées en période d'étiage vraisemblablement pendant quelques mois (ce qui est confirmé par les habitants). Les mesures ultérieures permettront de préciser - la remontée maximale du coin salé

- la durée de présence du coin salé à la hauteur du bac de PORO ou à la hauteur du limnigraphe et sa teneur en grammes par litre./-

PREMIERES CONCLUSIONS

Bien que notoirement insuffisants, ces premiers résultats permettent d'ores et déjà de se faire une certaine idée du Régime du SAN PEDRO.

Le Régime appartient au type équatorial de transition, marqué par 2 saisons des pluies (la plus forte en juin) et 2 saisons sèches de durées inégales.

Les crues sont assez violentes et les transports en suspension peuvent être relativement considérables (la première évaluation de 30 tonnes par an et par km² est forte pour un cours d'eau forestier).

Les étiages sont assez soutenus dans cette région de Côte d'Ivoire et l'estimation de l'étiage absolu de 1966 à plus de 0,5 l/s/km² concorde avec les résultats des fleuves voisins.

La pénétration de la marée est notable, la remontée du coin salé est beaucoup plus lente ; sans atteindre semble-t-il, la station du limnigraphe, il se maintient cependant un à deux mois par an à la station du bac de PORO.