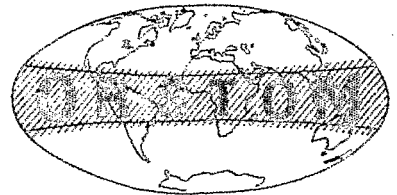


C. MONNET

**TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION
PAR UN FLEUVE DE CÔTE D'IVOIRE :
LE BANDAMA**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ABIDJAN - CÔTE D'IVOIRE

B. R. 20 - ABIDJAN

AOÛT 1970

10 178 ex. 2

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE D'ADIPODOUME

Laboratoire de Sédimentologie

TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION PAR UN FLEUVE DE
COTE D'IVOIRE : LE BANDAMA

par

C. MONNET

DP
MON



11 SEP 1970

Août 1970

10 178 'ex. 2

Ce rapport entre dans le cadre de l'étude sur l'érosion, le transport et la sédimentation en milieu intertropical (bassin du Bandama).

Cette opération a été conçue et dirigée par Monsieur le Professeur J.Ph. MANGIN⁽¹⁾.

(1) - Laboratoire de Géologie et de Sédimentologie
Faculté des Sciences de NICE.

S O M M A I R E

	pages
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>A - LE MILIEU NATUREL :</u>	
I) CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN	3
II) CADRE GEOLOGIQUE	4
III) CADRE CLIMATIQUE	10
IV) COUVERTURE VEGETALE	14
V) UNITES PEDOLOGIQUES	19
VI) GEOMORPHOLOGIE	22
VII) RESEAU HYDROGRAPHIQUE	24
VIII) REGIMES HYDROLOGIQUES	26
<u>B - CHOIX DES STATIONS - MODE OPERATOIRE</u>	
I) CHOIX DES STATIONS	33
II) PROGRAMME DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS	35
III) METHODES :	35
1°) Moyens de prélèvement	
2°) Méthodes de laboratoire	
3°) Résultats.	
<u>C - TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION A DIFFERENTES STATIONS :</u>	
- <u>STATION DE DUIBO</u>	
I) CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN	39
II) PERIODES D'ETUDE	39
III) CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES	39
IV) TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION :	43
1°) Charge solide unitaire	
2°) Exportation solide	
3°) Dégradation spécifique	
- <u>STATION DE BAFECAO-BRIMBO</u>	
I) CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN	53
II) PERIODES D'ETUDE	53
III) CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES	54
IV) TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION :	57
1°) Charge solide unitaire	
2°) Exportation solide	
3°) Dégradation spécifique	

<u>- STATION DE ZIENOA</u>	
I) CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN	71
II) PERIODES D'ETUDE	71
III) CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES	72
IV) TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION :	75
1°) Charge solide unitaire	
2°) Exportation solide	
3°) Dégradation spécifique	
<u>- STATION DE TIASSALE</u>	
I) CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN	91
II) CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES	91
III) PERIODES D'ETUDE	92
IV) ANNEE 1964 :	93
1°) Caracteristiques hydrologiques	
2°) Charge solide unitaire	
3°) Exportation solide	
4°) Dégradation spécifique	
V) ANNEE 1965 :	97
1°) Caracteristiques hydrologiques	
2°) Charge solide unitaire	
3°) Exportation solide	
4°) Dégradation spécifique.	
VI) ANNEE 1966 :	101
1°) Caracteristiques hydrologiques	
2°) Charge solide unitaire	
3°) Exportation solide	
4°) Dégradation spécifique	
VII) ANNEE 1967 :	105
1°) Caracteristiques hydrologiques	
2°) Charge solide unitaire	
3°) Exportation solide	
4°) Dégradation spécifique	
VIII) ANNEE 1969 :	113
1°) Caracteristiques hydrologiques	
2°) Charge solide unitaire	
3°) Exportation solide	
4°) Dégradation spécifique.	

	pages
IX) ETUDE COMPARATIVE DES RESULTATS DES ANNEES 1964 à 1969:	120
1°) Charge solide unitaire	
2°) Exportation solide	
3°) Dégradation spécifique	
4°) Comparaisons avec les charges solubles.	
D - <u>ETUDE COMPARATIVE DES BASSINS :</u>	
I) Les bilans de l'érosion mécanique sur les bassins versants représentatifs (LOSERIGUE-AMITTIORO) et les bilans du transport solide en suspension aux stations - fleuve (DUIBO-BAFECAO-ZIENOA et TIASSALE)	123
II) Comparaisons entre les stations situées en amont de DUIBO : FERKESSEDOUGOU et BECUMI	128
III) Comparaisons entre les stations de DUIBO et de BAFECAO	131
IV) Comparaison des bilans du transport solide en suspension sur deux bassins de superficie équivalente: DUIBO et ZIENOA, mais de caractéristiques différentes	134
V) Comparaison des bilans du transport solide en suspension aux stations de BAFECAO-BRIMBO et de ZIENOA	139
VI) Transports solides en suspension par des cours d'eau présentant des analogies avec le fleuve BANDAMA	143
VII) Minéralogie des argiles	146
<u>CONCLUSION</u>	149
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	153
<u>TABLE DES FIGURES</u>	157

INTRODUCTION

Dans le cadre du programme de recherches sur l'érosion, le transport et la sédimentation en milieu intertropical, mené sur le bassin versant du Bandama, un des aspects de l'étude concerne le transport solide en suspension par le fleuve Bandama.

Ce rapport rassemble les principaux résultats obtenus durant les années 1964, 1965, 1966, 1967 et 1969. Nous avons pu établir un bilan de l'exportation solide et étudier certaines de ses modalités. Ce travail est complémentaire des rapports traitant de l'érosion et du transport solide en zone de savane (Loserigue)⁽¹⁾ et sous forêt (Amitioro)⁽²⁾ et ⁽³⁾.

Sur le bassin du Bandama, nous avons choisi quatre stations d'étude principales : d'amont en aval, sur le cours du Bandama, Duibo (superficie : 32.200 km²), soumis à un régime hydrologique tropical de transition. Bafecao (superficie : 60.200 km²), soumis à un régime équatorial de transition. Tiassalé (superficie : 94.250 km²) présentant un régime hydrologique mixte. Sur le cours du Nzi, Zienoa (superficie : 33.150 km²), soumis à un régime équatorial de transition atténué. Nous expliciterons le choix de ces stations après avoir présenté les divers domaines du milieu naturel.

Les études de terrain ont été réalisées en collaboration avec le Service Hydrologique, principalement, pour les années 1963, 1964 et 1965. L'étude préliminaire ayant pour but de déterminer le choix des stations et les méthodes à utiliser, a duré de juillet 1963 à avril 1964 ; l'installation des stations fixes, équipées de plateformes potamologiques a été faite en avril 1964 à Bafecao et en juin 1965 à Duibo et Tiassalé. De juillet 1963 à août 1966, nous avons effectué des campagnes de prélèvements d'eau,

(1) F. LENOIR (décembre 1968)

(2) Ph. MATHIEU (novembre 1969)

(3) B. BOULANGE (mars 1970)

dont le calendrier était basé sur les variations des caractéristiques hydrologiques du fleuve. A la station de Tiassalé, en 1967 et en 1968, et à la station de Zienoa, en 1969, des prises d'eau quotidiennes nous ont permis de suivre de façon plus détaillée, les variations de la charge solide au cours de l'évènement hydrologique.

Dans ce rapport, nous envisageons successivement :

- les divers domaines du milieu naturel : d'une part, le cadre géologique, les conditions climatiques la couverture végétale, les unités pédologiques, les éléments du relief, dont les interactions déterminent la quantité de matériel disponible pour l'érosion ; d'autre part, les régimes hydrologiques qui conditionnent l'action des agents d'érosion, et par suite, le transport solide en suspension. Ces différents facteurs s'interpénétrant, nous essaierons de mettre en évidence, pour chaque domaine, les paramètres susceptibles d'avoir une influence directe, soit sur la préparation du matériel, soit sur l'importance des agents de transport.

- la méthodologie : nous exposerons les critères du choix des stations d'étude, les méthodes utilisées sur le terrain et au laboratoire.

- les résultats : nous traiterons, bassin par bassin, du bilan de l'exportation solide, de l'évolution de la charge solide unitaire, des variations de la charge solide totale, en fonction du volume d'eau écoulé et de la dégradation spécifique.

Nous établirons des comparaisons entre les divers bassins du Bandama ; nous mettrons en parallèle les données observées sur le Bandama et celles décrites par certains auteurs pour des bassins soumis à des conditions climatiques différentes.

Les problèmes concernant la minéralogie des argiles seront abordés.

A) LE MILIEU NATUREL

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN

Le bassin versant du fleuve Bandama (fig. 1) est compris entre les méridiens 3°50' et 7° W, et les parallèles 5°10' et 10°20' N ; il est situé entièrement en territoire ivoirien. Sa superficie totale est de 97.500 km², il présente une forme allongée dans le sens NNW-SSE, sa plus grande longueur est de 570 km, sa largeur est de l'ordre de 250 km, sauf dans sa partie méridionale où elle atteint quelques dizaines de kilomètres.

L'hypsométrie du bassin, a la station de Tiassalé (superficie : 94.250 km²), est la suivante : (fig. 6).

4,1 %	à moins de 100 m d'altitude	
21,0 %	de 100 m à 200 m	"
36,9 %	de 200 m à 300 m	"
26,5 %	de 300 m à 400 m	"
10,3 %	de 400 m à 600 m	"
1,2 %	de 600 m à 850 m	"

L'altitude moyenne du bassin est de 295 mètres.

Le fleuve Bandama, d'une longueur de 1050 km, prend sa source à 480 m d'altitude, dans la région comprise entre Korhogo et Boundiali. Sa pente moyenne est de 0,46 m/km. Il reçoit deux affluents principaux, le Bandama rouge ou Marahoué, long de 550 km, en rive droite et le Nzi long de 725 km, en rive gauche.

Situé entre 5°10' et 10°20' de latitude nord, ce bassin est soumis à un climat de transition entre climats équatorial et tropical. Le Bandama est tributaire des trois régimes hydrologiques suivants :

- sur la partie septentrionale du bassin (au Nord de l'axe Ferkessédougou - Korhogo) : régime tropical de transition.

- sur la partie méridionale du bassin (au Sud de l'axe Kotobi-Toumodi-Oumé) : régime équatorial de transition.

- sur la partie centrale du bassin (entre les deux axes précédents) : régime équatorial de transition atténué.

Toutes ces caractéristiques seront plus amplement développées dans les chapitres ultérieurs.

II - CADRE GEOLOGIQUE : (fig. 2)

=====

Dans la première partie de ce paragraphe, nous rappellerons brièvement les principaux traits de la géologie structurale de la Côte d'Ivoire (d'après B. TAGINI - 1967), puis nous insisterons plus particulièrement sur la description des roches et des matériaux originels des sols du bassin.

La Côte d'Ivoire appartient à une plateforme ancienne. Son socle date d'environ 2.000 millions d'années ; sa couverture, presque complètement disparue, n'est plus représentée que par des formations sédimentaires d'âge secondaire-tertiaire. La lacune stratigraphique entre socle et couverture équivaut à près de 1.900 millions d'années.

Nous pouvons distinguer autour d'un vieux noyau localisé en Guinée et au Libéria, datant de 2.900 à 2.700 millions d'années, une semi-plateforme et une province éburnéenne :

1°) la semi-plateforme, semi-rigide, nettement métamorphique et ferrifère.

2°) la province éburnéenne, mise en place entre 2.030 et 1.830 millions d'années, caractérisée par une structure rectiligne, linéaire qui constitue de grandes bandes (250 à 300 km de long sur 30 à 50 km de large) de direction générale N NE/S SW. Toutes ces bandes se ressemblent et constituent le géosynclinal éburnéen qui se différencie de la semi-plateforme par sa "mobilité". Cette unité propre au précambrien se divise en intragéosynclinal qui comprend la structure de la bande et en intragéoanticlinal qui est compris entre deux bandes. L'intragéosynclinal plus mobile contient des laves, des sédiments, des granites, l'intragéoanticlinal plus rigide contient des granites et des migmatites.

Le cycle géosynclinal est normal, complet et ultime, il a pu se réaliser entièrement.

Les roches et les matériaux originels des sols :

Les principales roches mères qui constituent le soubassement, sont les suivantes :

1°) Granites et migmatites : (tableau 1).

Dans la partie amont du bassin, les granites constituent de grands massifs de direction N-NE à S-SW, correspondant aux interfluves des grands axes de drainage : Haut Bandama et Haut N'Zi.

a) les granites éburnéens vrais ou granites "baoulé", sont des granites calcoalcalins de types variés : granites à muscovite ; à deux micas ; à amphibole et biotite et granodiorites. Ce sont les granites des massifs médians de plateforme indifférenciés : zone Korhogo-Mankono, zone Petekro-Toumodi.

b) les granites concordants d'intragésynclinaux se distinguent des granites éburnéens vrais par la présence de très nombreux filons de pegmatites. Ils constituent l'interfluve Haut Bandama - Haut N'Zi et limitent le cours supérieur du N'Zi à l'Est.

c) les granites posttectoniques, homogènes et non orientés, discordants dans les formations plissées, se rencontrent sur toute la superficie du bassin, en secteurs bien localisés : le plus important est celui au Nord de la confluence Marahoue-Yani.

d) les migmatites ne se distinguent pratiquement pas des granites éburnéens comme roche mère sauf lorsqu'elles sont enrichies en hypersthène. Elles sont très peu représentées sur le bassin du Bandama.

2°) Roches métamorphiques : (tableau 2)

Les roches métamorphiques schisteuses sont principalement des schistes arkosiques ou argileux, des arkoses et des quartzites qui conservent encore une tendance schisteuse.

TABLEAU 1 - Exemples de composition chimique de granites calco-alcalins, granodiorites et migmatites (d'après N. LENEUF - 1959).

	G R A N I T E S				GRANODIORITES		MIGMATITES
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	73,25 %	73,90 %	71,64 %	66,35 %	65,45 %	65,69 %	68,30 %
Al ₂ O ₃	15,25	12,90	13,30	15,00	15,60	12,00	17,73
Fe ₂ O ₃	0,77	1,40	2,90	0,85	1,84	10,05	0,58
Fe O	0,57	0,80		2,70	2,44		2,10
Mn O	0,03		0,01		0,07	0,03	
Mg O	0,19	0,45	0,70	2,10	2,47	1,90	1,32
Ca O	1,21	1,06	2,33	3,50	4,10	4,38	3,95
Na ₂ O	2,46	2,60	4,90	4,40	4,50	4,40	3,29
K ₂ O	5,50	6,20	2,42	2,00	2,12	1,59	1,92
Ti O ₂	0,20	0,30	0,29	0,60	0,30	0,54	0,25
P ₂ O ₅	0,02	0,10	0,16	0,26	0,10	0,36	0,80
H ₂ O ⁺	0,12	0,28	0,25	0,75	0,70	0,93	0,60
H ₂ O ⁻	0,30	0,13		0,35	0,02		
CO ₂				0,70			
	99,87	100,11	98,90	99,56	99,71	101,87	100,83

ORIGINE : n° 1 = Granite de BCUAKE
n° 2 = " de SEGUELA
n° 3 = " de DIVO-E
n° 4 = " de CDIENNE-E
n° 5 = Granodiorite de KOCORANDUM
n° 6 = " d'HIRE
n° 7 = Migmatite de KRAGUI-NEYA

Ces roches constituent le panneau Sud-Est du bassin : cours inférieur du N'Zi et les parties centrales des chaînes des collines des intragéosynclinaux : zone comprise entre Haut Bandama et Haut Marahoue, a prédominance quartzitique - zone comprise entre Haut Bandama et Haut N'Zi - bande étroite Fetekro-Oume.

TABLEAU 2 - Exemples de composition chimique de roches métamorphiques de la région de Toumodi (d'après I.YACE 1967).

	1	2
SiO ₂	79,53 %	80,00 %
Al ₂ O ₃	11,15	13,55
Fe ₂ O ₃	1,57	1,70
FeO	0,25	1,70
Mn O	traces	0,03
Mg O	0,42	0,30
Ca O	0,63	0,65
Na ₂ O	0,15	0,20
K ₂ O	3,90	0,10
Li ₂ O	traces	traces
Ti O ₂	0,40	0,45
P ₂ O ₅	0,10	0,10
P. F	1,63	1,15
	<u>99,73</u>	<u>99,93</u>

Roches : 1 = paraséricitoschiste

2 = quartzite schistoïde à chloritoïde

3°) "Roches vertes" : (tableau 3)

Les "roches vertes" comprennent des amphibolites et des schistes amphibolitiques dérivés de diverses roches basiques, dolérites et gabbros. Elles forment l'ossature des chaînes des collines des intragéosynclinaux ; elles se rencontrent dans la bande Fetekro-Oumé, et dans le Haut Bandama.

4°) Sables tertiaires

Les sables tertiaires plus ou moins argileux du bassin sédimentaire, sont très peu développés sur le bassin du Bandama : région de N'Zida.

5°) Sables marins quaternaires et actuels du cordon littoral : Grand-Lahou.

6°) Les alluvions anciennes et récentes des cours d'eau, ont une texture très variable, allant des argiles compactes aux sables grossiers graveleux.

TABLEAU 3 - Exemples de composition chimique de "roches vertes",
de la région de TOUMODI (d'après I. YACE - 1967).

	1	2	3	4	5	6	7	8
Si O ₂	49,04 %	47,53 %	49,01 %	47,74 %	47,86 %	49,31 %	51,01 %	51,88 %
Al ₂ O ₃	13,93	14,74	14,66	14,35	16,73	15,16	14,19	14,75
Fe ₂ O ₃	0,92	1,92	1,62	3,82	2,82	2,60	0,74	4,77
Fe O	7,79	7,94	9,21	9,20	8,98	8,48	7,60	5,83
Mn O	0,21	0,18	0,21	0,17	0,21	0,20	0,15	0,15
Mg O	9,24	10,68	7,86	7,25	6,85	6,45	8,26	5,64
Ca O	11,41	11,77	10,93	11,76	9,25	10,37	7,57	13,73
Na ₂ O	1,60	1,40	2,80	1,30	0,55	3,50	2,65	0,35
K ₂ O	0,27	0,10	0,20	0,53	1,80	1,00	2,65	0,15
Li ₂ O	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces	traces
Ti O ₂	1,04	0,64	1,17	1,18	1,28	1,36	1,22	1,07
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,13	0,03	0,28	0,04	0,44	0,14
P. F.	3,80	2,54	2,48	2,97	3,47	1,31	2,96	2,25
	99,31	99,49	100,28	100,30	100,06	99,78	99,44	100,71

ROCHES : n° 1 = métadolérite
n° 2 = "
n° 3 = métagabbro
n° 4 = "
n° 5 = orthoamphibolite
n° 6 = para-amphibolite
n° 7 = calcochloritoschiste
n° 8 = epidiorite

III - CADRE CLIMATIQUE : (fig. 3)

Situé entre $5^{\circ}10'$ et $10^{\circ}20'$ de latitude Nord, le bassin du Bandama présente un climat de transition entre climats équatoriaux et climats tropicaux. Il se trouve dans la zone balayée par le front intertropical (F.I.T.) qui sépare les masses d'air humide d'origine atlantique (mousson), de l'air sec d'origine désertique (harmattan).

Les déplacements du Front intertropical en latitude, liés au balancement apparent du soleil de part et d'autre de l'équateur entraînent au sol la succession des saisons sèches et pluvieuses.

La pluviométrie du bassin est comprise, en année moyenne, entre 1050 et 1800mm. Sur le territoire de Côte d'Ivoire, ces isohyètes interannuels ont un tracé qui affecte dans l'ensemble la forme de U inclinés vers le Nord-Est et axés sur une ligne qui traverse la Côte d'Ivoire en diagonale, en passant par Grabo, Bouaké, Bouna. Les précipitations diminuent progressivement du Sud-Ouest vers le Nord-Est en suivant cet axe. Par contre, elles augmentent lorsqu'on s'en éloigne, aussi bien vers le Nord-Ouest que vers le Sud-Est.

Suivant l'abondance des précipitations annuelles et surtout leur répartition saisonnière, on peut distinguer les régimes pluviométriques suivants :

1°) Régime tropical de transition (climat Soudanais).

La partie septentrionale du bassin, limitée approximativement au Sud par le parallèle 8° N, est affectée par ce régime. Les précipitations annuelles assez abondantes (1250 à 1600 mm) surviennent en majeure partie pendant les mois de juillet, août et septembre. Les premières pluies d'avril à juin sont espacées et de faible importance en général. De novembre à mars-avril, la sécheresse est absolue, sauf exceptions assez rares dues à une extension accidentelle du régime que l'on rencontre plus au Sud.

Exemple : FERKESSEDCUGCU

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
5	19	47	91	140	158	186	299	251	112	32	10	(1)
1	2	4	7	13	12	14	19	19	13	4	1	(2)

(1) Répartition mensuelle des hauteurs de précipitations (mm)

(2) Nombre moyen des jours de pluie.

L'ensemble des mois consécutifs présentant un déficit hydrique est de six à huit mois et son intensité augmente régulièrement avec la latitude.

Au cours de l'année, la moyenne mensuelle des amplitudes thermiques quotidiennes oscille entre 10° C (juillet) et 20° C (décembre). Les moyennes annuelles des températures sont voisines de 27°.

2°) Régime équatorial de transition atténué (climat Baouléen)

C'est le régime de la région située au dessous du 8° parallèle et limitée approximativement au Sud par l'axe Abengourou-Toumodi-Soubre.

Il est caractérisé par :

- une première saison des pluies de mars à juin (environ 150 à 200 mm par mois).
- un ralentissement des précipitations en juillet-août.
- une seconde saison des pluies en septembre et octobre, plus irrégulière que la première au Sud et plus abondante au Nord.
- une saison sèche très marquée de novembre à février comportant toutefois quelques précipitations isolées.

Exemple : DIMBOKRO

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
16	46	123	151	182	184	95	60	138	130	63	19	(1)
1	4	8	11	12	14	9	9	13	13	6	2	(2)

(1) Répartition mensuelle des hauteurs de précipitations (mm)

(2) Nombre moyen de jours de pluie.

Les moyennes annuelles des températures oscillent autour de 26°5. Les amplitudes annuelles moyennes sont de l'ordre de 7 à 11°.

3°) Régime équatorial de transition (climat Attien)

C'est le régime de la partie méridionale située au Sud de la ligne Abengourou-Toumodi-Soubré.

Il est caractérisé par :

- une saison des pluies d'avril à juillet qui, contrairement à ce que l'on observe dans le régime précédent, est plus importante que la seconde.

- une petite saison sèche, généralement de juillet à septembre.

- une seconde saison des pluies de septembre à novembre très irrégulière.

- une grande saison sèche de décembre à mars.

En se rapprochant de la côte, le maximum de juin s'accroît, la petite saison sèche devient plus marquée et se décale légèrement sur août ou septembre. La deuxième saison des pluies est généralement un peu plus tardive.

Dans ce régime équatorial de transition, les hauteurs des précipitations annuelles varient de 1500 à 2000 mm.

Exemple : TIASSALE (climat équatorial de transition type boréal).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(1)	23	56	128	148	166	223	106	56	115	169	106	40

(1) Répartition mensuelle des hauteurs de précipitation (mm)

Les moyennes annuelles des températures oscillent autour de 26°. Les amplitudes moyennes annuelles sont de l'ordre de 5 à 6°.

Caractéristiques principales des précipitations sur le bassin du Bandama

L'intensité des averses est l'un des facteurs les plus importants qui conditionne l'érosion. Les hyétogrammes-types des deux genres principaux d'averses que l'on peut rencontrer sur le bassin du Bandama sont les suivants :

a) cas des tornades dans la partie Nord du bassin (région de Korhogo) : elles présentent une phase préliminaire de courte durée, puis un corps d'averse bien marqué a forte intensité, elles se terminent par une traîne a faible intensité. La durée totale est de 2 a 3 heures.

b) cas des pluies de mousson dans la partie Sud du bassin, (région de Tiassalé) : elles se caractérisent par de nombreuses pointes à intensité moyenne, séparées par des périodes a faible intensité. La durée totale de la précipitation dépasse souvent 15 heures.

IV - COUVERTURE VEGETALE : (fig. 4)

Les caractéristiques des zones de végétation du bassin versant du Bandama sont extraites de la notice explicative de la carte de végétation de Côte d'Ivoire (carte au 1/500.000e) dressée par J.L. GUILLAUMET (C.R.S.T.C.M. 1967).

Dans ce paragraphe nous mettrons plus particulièrement l'accent sur les caractères physiognomiques et les relations végétation-sol, paramètres influençant l'érosion et par conséquent le transport par les cours d'eau.

Pour établir la carte de végétation, trois caractères de description ont été utilisés : la physiognomie, la composition floristique et le dynamisme actuel.

Deux domaines ont été distingués, avec les secteurs suivants :

Domaine guinéen :

- secteur ombrophile
- secteur mésophile
- secteur littoral
- secteur montagnard

Domaine soudanais :

- secteur subsoudanais
- secteur soudanais.

Domaine Guinéen :

Le domaine guinéen possède un climax prépondérant de forêt dense humide. On y distingue quatre secteurs caractérisés par des groupements végétaux particuliers répondant à des conditions écologiques différentes :

- climat dû à la latitude :

- secteur ombrophile : climax principal de forêt dense humide sempervirente
- secteur mésophile : climax principal de forêt dense humide semi-décidue.

- climat dû à la proximité de la mer - nature des sols :
 - secteur littoral : pas de climax dominant, mais un ensemble de climax édaphiques.
- climat dû à l'altitude :
 - secteur montagnard : climax principal de forêt dense humide montagnarde.

A - Secteur ombrophile : (ombros = pluie) climax principal de forêt dense humide sempervirente. La physionomie de la forêt se caractérise par une diversité floristique très grande.

1) forêt sur sols drainés : la reconstitution de la forêt sempervirente se fait de la façon suivante : dans les fourrés des espèces caractéristiques du type climacique final sont visibles, mais c'est surtout dans les forêts secondaires qu'elles apparaissent, d'autant plus que celles-ci sont âgées. Les vieilles forêts secondaires sont caractérisées par la présence, dans les strates supérieures, d'espèces héliophiles venues des stades précédents, abritant un sous-bois floristiquement climacique où elles ne peuvent se renouveler. Des espèces de forêt semi-décidue climacique s'infiltrèrent dans ces vieilles forêts secondaires du secteur ombrophile, grâce aux conditions microclimatiques.

2) les savanes incluses : les savanes prélagunaires y dominent, elles se développent sur les sables néogènes. Elles sont composées de deux strates herbacées avec un élément arbustif pauvre et fort dispersé. Les rôniers y étaient nombreux autrefois. Quelques îlots forestiers, forêts galeries et palmeraies interrompent leur uniformité. Groupe caractéristique des savanes prélagunaires : *Brachiaria brachylopha*.

3) les forêts sur sols hydromorphes : la forêt marécageuse est localisée dans les bas-fonds à hydromorphie constante, elle est composée d'espèces très spécialisées : forêt à *Symphonia*.

4) groupements accessoires :

- prairies aquatiques :

rhizomes enchevêtrés formant un véritable radeau flottant le long des rives.

- groupements herbacés variés et floristiquement originaux, groupements forestiers bas et secs sur les dômes granitiques.

B - Secteur mésophile

Le climax prédominant est la forêt dense humide semi-décidue (forêt à Celtis), caractérisée physionomiquement par la chute quasi simultanée des feuilles des grands arbres, les espèces des strates inférieures étant sempervirentes.

Dans le secteur mésophile, se distingue une zone forestière, y compris les savanes incluses, opposée à une zone de savane préforestière.

1) la zone forestière :

- a) les forêts sur sols drainés.

- b) les forêts sur sols hydromorphes :

il n'y a plus dans ce secteur de grandes forêts marécageuses, mais des franges plus ou moins larges très abondantes le long des cours d'eau.

- c) les savanes incluses : la frontière entre les forêts denses et les savanes guinéennes préforestières dessine une ligne en forme de V (le "V baoulé") dont la physionomie est bien différente à l'Est et à l'Ouest. Ici la limite n'est pas nette et se trouve représentée par une zone où la forêt inconsistante sur sol sablonneux est parsemée de petites savanes sèches ; là, elle est rigoureuse, les quelques savanes incluses y étant marécageuses ou sur dalles latéritiques dénudées.

Trois types physionomiques peuvent y être considérés :

- savanes à rôniers, à strate arbustive importante.

- savanes arbustives sans rôniers, généralement sur sols drainés.

- savanes herbeuses strictement édaphiques, comparables à des pelouses sur dalles latéritiques, plus hautes avec quelques essences ligneuses éparses sur des alluvions périodiquement inondées et très polymorphes entrecoupées de raphiales et de mares dans les aires marécageuses.

2) la zone préforestière :

Les savanes préforestières ou guinéennes se présentent comme des étendues herbeuses parsemées de petits arbres isolés ou rassemblés en bosquets, entrecoupées par les forêts galeries, peuplement d'arbres et de lianes de forêt dense humide installés le long des cours d'eau. Ça et là existent des îlots boisés offrant d'évidentes affinités floristiques avec ces mêmes forêts.

a) les savanes : sur sols drainés quatre types physiologiques peuvent être distingués.

Actuellement, toutes les savanes guinéennes sont envahies progressivement, malgré l'action destructive de l'homme, par la forêt dense.

b) les boisements denses : les principaux îlots forestiers sont localisés sur schistes tandis que sur granite la végétation forestière est beaucoup plus instable et longue à s'établir. Leurs physiologie, structure, composition floristique sont très comparables à ce qu'elles sont en forêt semi-décidue.

c) les groupements accessoires : les rochers découverts, très fréquents dans certaines régions, présentent les mêmes caractéristiques écologiques que plus au Sud, avec une diversité extraordinaire de "microstations". De même les cuirasses dénudées abritent des petits groupements aussi remarquables que divers. Tant sur les rochers que sur cuirasses, l'élément ligneux est pratiquement inexistant, faute de sol.

La limite entre les secteurs ombrophile et mesophile est d'ordre climatique, il n'y a donc pas de transition nette mais passage progressif. Ici et là on voit, grâce aux conditions édaphiques spéciales, des remontées de forêt sempervirente en forêt semi-décidue le long des vallées et l'une dans l'autre.

Domaine soudanais :

Le domaine soudanais, domaine des forêts claires et des savanes qui en dérivent, se subdivise en Côte d'Ivoire en deux secteurs :

- secteur subsoudanais : caractérisé par la présence d'îlots localisés de forêt dense sèche.

- secteur soudanais : présence d'espèces largement répandues vers le Nord.

La limite méridionale de la forêt claire correspond à la limite septentrionale des savanes guinéennes préforestières. C'est une zone parfois difficile à définir, altérée par l'action humaine ou le passage individuel des espèces de forêt claire dans la zone guinéenne. Au Nord, toute savane intégralement protégée devient une forêt claire typique. La limite entre les secteurs du domaine soudanais est moins évidente et se définit essentiellement par la limite méridionale de certaines espèces strictement soudanaises.

A - Forêt claire : composée de deux strates, l'une ligneuse (*Isoborlinia*) et l'autre herbeuse (*Andropogon*).

B - Les savanes : le groupement à *Panicum phragmitoides* débordé largement de la zone guinéenne et constitue l'unique groupement caractéristique des savanes drainées sous climax de forêt claire mais il s'enrichit en espèces herbacées avec la latitude. Le peuplement ligneux présente la même composition que celui de la forêt claire.

C - Les boisements denses : îlots forestiers à trois strates doivent être considérés comme forêt dense sèche.

V - UNITES PEDCLOGIQUES : (fig. 5) (d'après A. PERRAUD - 1967)

Les facteurs d'évolution majeurs de la pédogénèse - climat et végétation - et le cadre géologique étant définis, les principales unités simples rencontrées sur le bassin versant du Bandama sont les suivantes :

1°) Les sols ferrallitiques :

Dans cette catégorie de sols, les sous-classes moyennement et faiblement désaturées dans l'horizon B, sont largement représentées sur la plus grande partie du bassin du Bandama.

La désaturation du complexe absorbant permet de distinguer les différentes sous-classes des sols ferrallitiques, l'ensemble des trois valeurs suivantes caractérisent les sols moyennement et faiblement désaturés : S (somme des bases échangeables) : compris entre 2 et 4-5 méq. %

V (taux de saturation) : entre 30 et 70 %

pH (réaction physico-chimique du sol) :
entre 5 et 6.

D'une manière générale, le processus de ferrallitisation se caractérise par :

- une altération complète des minéraux primaires (feldspath, micas, amphibole, pyroxène..) avec possibilité de minéraux hérités (illite...) abondance de quartz résiduel, élimination de la majeure partie des bases alcalines et alcalino-terreuses, d'une grande partie de la silice.

- la présence en abondance des produits de synthèse suivants :

- silicates d'alumine : famille de la kaolinite
- hydroxydes d'alumine (gibbsite, rarement boehmite et produits amorphes)

- hydroxydes et oxydes de fer (goethite, hematite et produits amorphes).

- un profil A.B.C. ou A. (B). C. comprenant :

- l'horizon A où la matière organique est bien évacuée.

- l'horizon B le plus souvent épais où les minéraux primaires autres que les quartz sont rares et où les minéraux secondaires sont essentiels.

- l'horizon C le plus souvent très épais mais variable en fonction de la roche mère est caractérisé par des matériaux complètement altérés, très friables.

- L'abondance de la pluie chaude détermine l'apparition des caractéristiques physico-chimiques suivantes :

- une capacité d'échange faible due aux constituants kaoliniques et aux sesquioxydes.
- une quantité de bases échangeables faible
- un pH acide
- un taux de saturation variable, généralement faible, surtout dans l'horizon B

Le rapport moléculaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ qui rend compte de l'élimination de la silice et de la présence d'alumine est compris entre 1,7 et 1,9 dans la majorité des horizons B des sols de Côte d'Ivoire issus de schistes ou de granites.

Ce rapport devient supérieur à 2 dans le cas de sols très sableux, jaunes issus d'une arenne granitique ou dans le cas de sols issus de roches basiques : sols bruns eutrophes, représentés en îlots sur la presque totalité du bassin du Bandama.

Nous devons souligner qu'un des caractères les plus remarquables des sols ferrallitiques est la présence d'un horizon riche en éléments grossiers (débris de cuirasse, gravillons ferrugineux, graviers et cailloux de quartz plus ou moins émoussés et ferruginisés).

Il est à remarquer qu'au Nord de Bécumi, un processus d'appauvrissement en argile affecte très souvent les horizons superficiels de certains groupes de sols, en particulier ceux issus de granites.

2°) Les sols ferrugineux tropicaux :

Dans le Nord-Est du bassin et dans le couloir du N'Zi, une évolution de type ferrugineux se surimpose dans le matériau ferrallitique initial grâce :

- à la texture assez sableuse des matériaux ferrallitiques remaniés appauvris en argile, issus et dérivés de granites.
- au climat à une seule saison des pluies avec une pluviométrie annuelle voisine de 1100 mm qui permet une individualisation et une induration actuelle des hydroxydes et oxydes de fer (formation de concrétions et de carapaces).
- au modèle très peu ondulé qui se traduit par un mauvais drainage général
- et enfin à la végétation constituée de savanes très peu boisées.

Cette évolution du type ferrugineux se traduit en particulier par la différenciation des horizons supérieurs, un horizon de structure massive, d'aspect spongieux malgré sa texture sableuse se développe sous l'horizon humifère. Les phénomènes d'accumulation (taches et concrétions) et d'induration des hydroxydes et oxydes de fer se développent dans l'horizon sous-jacent qui est fréquemment sur les sommets, l'horizon B. C. du sol ferrallitique tronqué ; ces phénomènes se confondent sur les pentes moyennes et inférieures avec les phénomènes d'hydromorphie dûs au mauvais drainage général.

VI - GEOMORPHOLOGIE : (fig. 6)

- Le relief du bassin est celui d'une pénéplaine dont l'altitude varie de 250-350 mètres au Nord à 50-100 mètres au Sud. Le modelé ondulé est caractérisé par la succession de collines plus ou moins subaplanies, très monotone. Ces collines sont le résultat d'une reprise d'érosion d'anciennes surfaces plus ou moins planes et indurées, qui ont laissé des reliques : buttes-témoins de la région Nord.

D'autre part les modèles issus de granites et de schistes sont assez différents dans une même région, la différence est plus accentuée dans le Nord, le processus d'induration étant plus fréquent sur schistes que sur granites, à cause de la richesse en sesquioxydes, ce qui se traduit par la présence de cuirasses de plateaux et de cuirasses de bas de pente.

- Les chaînes de collines dont l'ossature est formée par le complexe volcano-sédimentaire correspondent aux intragéosynclinaux du géosynclinal éburnéen. Elles sont donc formées de bandes rectilignes de 30 à 50 km de large dont la longueur peut atteindre 200 km, d'orientation SSW/NNE (chaîne Oumé-Féttékro) ou de massifs plus compacts.

Le modelé des "roches vertes" est accidenté, les pentes sont fortes et les sommets réduits.

Des cuirasses très épaisses coiffent les sommets les plus élevés ; ces différentes cuirasses appartiennent à une série de surface ancienne, dans une même région, elles se trouvent à des altitudes variées : niveau 500 m, niveau 350 m ; mais ces altitudes sont variables suivant la latitude.

Les cuirasses de glacis ou de replats occupent une surface beaucoup plus grande et se trouvent en contrebas des buttes de roches basiques : ce sont les bowe.

- Entre les chaînes de collines, dans la partie médiane des bandes, se développe un modelé ondulé sur schistes, entrecoupé de surfaces planes : buttes témoins sur les parties hautes et glacis avec cuirasse de nappe en pente inférieure.

- ce modelé accidenté peut aussi exister au milieu du modelé ondulé de la pénéplaine sur le même soubassement géologique : c'est le cas de la chaîne des collines orientée SSW/NNE qui domine la pénéplaine du panneau schisteux du S E.

VII - RESEAU HYDROGRAPHIQUE : (fig. 7)

Dans ce paragraphe, nous ferons une description succincte du réseau hydrographique ; les caractéristiques physiques des bassins versants seront données ultérieurement pour chaque station d'étude.

Le fleuve Bandama, d'une longueur de 1050 km prend sa source à 480 m d'altitude, dans la région comprise entre Korhogo et Boundiali. Après une orientation Ouest-Est de son cours supérieur, jusqu'à Ferkéssédougou, il prend une direction Nord-Sud. De Ferkéssédougou à sa confluence avec le Bou, son lit comporte de nombreux méandres, dus à une bande de flysch éburnéen. Au droit de Kossou, la vallée du Bandama se resserre notablement ; peu après, il reçoit en rive droite, le Marahoué ou Bandama rouge, long de 550 km ; sa direction s'infléchit ensuite vers le Sud-Est jusqu'au N'Zi, affluent de rive gauche, long de 725 km. Avant la confluence avec le N'Zi, dans la région de Kimoukro, une zone de rapides présente une dénivellation de 100 m pour 100 km de cours. La ligne de partage des eaux du N'Zi et du Bandama est très proche de ce dernier.

Les hypsométries des bassins du N'Zi et du Bandama sont très différentes : (fig. 9).

	<u>N'Zi</u>	<u>Bandama</u>
inférieur à 100 m :	7 %	1 %
de 100 à 200 m :	40 %	10 %
de 200 à 300 m :	36 %	38 %
de 300 à 400 m :	16 %	33 %
supérieur à 400 m :	1 %	18 %

Le tracé du N'Zi et de ses affluents est particulier : les thalwegs sont orientés successivement Nord-Sud et Est-Ouest, sans relation avec la structure de cette région.

Le profil en long du Bandama (fig. 8), entre les stations d'étude, indique les pentes suivantes :

Source	→	Ferkéssédougou	=	0,97 m/km
Ferkéssédougou	→	Béoumi	=	0,27 "
Béoumi	→	Duibo	=	0,38 "
Duibo	→	Bafecao	=	0,66 "
Bafecao	→	Tiassalé	=	0,89 "

La pente moyenne du Bandama est de l'ordre de 0,46 m/km.

Les profils transversaux des sections des stations d'étude : Ferkéssédougou - Béoumi - Duibo - Bafecao - Zienca et Tiassalé sont représentés dans les figures 10 à 11.

VIII - RÉGIMES HYDROLOGIQUES : (fig. 12) (d'après G. GIRARD et
J. SIRCOULON 1968)

1°) Régime tropical de transition :

Le domaine de ce régime s'étend sur la partie septentrionale du bassin (approximativement au Nord de l'axe Ferkessedougou - Korhogo). Pour les bassins versants importants (de 1000 à 5000 km² de superficie), du type Haut Bandama, ce régime comporte généralement une crue unique en août, septembre, octobre, suivie d'un tarissement rapide en novembre et décembre, puis d'une longue période de basses eaux de janvier à mai, pendant laquelle le débit est très faible.

Les premières pluies de la saison donnent lieu, si elles sont abondantes, à une remontée irrégulière du débit qui, peu notable en mai, devient très nette en juillet.

La crue annuelle résulte toujours, soit d'une succession de pluies de valeurs normales, soit d'une chute d'eau exceptionnelle en 2 ou 3 jours consécutifs, mais atteint une certaine ampleur et inonde souvent de grandes étendues.

Les étiages sont très marqués et sont alimentés essentiellement par les nappes des plaines alluviales.

2°) Régime équatorial de transition :

Le domaine de ce régime s'étend sur la partie méridionale du bassin au Sud de la ligne Kotobi-Toumodi-Oumé.

Le régime équatorial de transition se caractérise par le dédoublement de la crue annuelle, qui s'explique aisément par la répartition saisonnière des pluies.

La première période de hautes eaux prédominantes, se situe en juin-juillet et la seconde en octobre-novembre.

Une période de basses-eaux s'observe en août-septembre et une autre, bien plus marquée, s'étend de décembre à mars.

3°) Régime équatorial de transition atténué :

Le domaine de ce régime s'étend sur la partie centrale du bassin, limitée par les axes Ferkessedougou-Korhogo et Kotobi-Oumé. Cette région est couverte de savanes boisées, sauf à ses extrémités Sud-Ouest et Sud-Est, de part et d'autre du "V Baoulé", où domine la forêt.

Le régime équatorial de transition atténué, bien représenté par le N'Zi à Zienca est intermédiaire entre les deux régimes précédents. La saison des moyennes et hautes eaux s'étale de mai à novembre, mais le débâclement de la crue annuelle n'est plus toujours nettement marqué. Il est nécessaire que la pluviosité de la deuxième saison des pluies soit très faible pour que la pointe de juin-juillet devienne prédominante par rapport à celle de septembre-octobre.

Du fait de l'étendue de son bassin de réception, le Bandama présente un régime hydrologique mixte. Le Bandama se rattache au régime tropical de transition à son extrémité supérieure, puis dans son cours moyen reçoit des affluents de régime équatorial de transition atténué, et enfin dans son cours inférieur, des affluents de régime équatorial de transition.

Les caractéristiques hydrologiques des stations d'étude sont les suivantes :

- Modules = (tableau 4)
- Débits moyens mensuels : (tableau 5 et fig. 12).

L'étiage absolu se situe en mars, pour le bassin du Bandama. Lorsque l'influence tropicale de transition est très nette, le tarissement des basses-eaux se prolonge jusqu'en mai (Haut Bandama).

Le maximum annuel survient en octobre dans le cas de grands bassins versants (Brimbo-Tiassalé). Quelques stations, soumises à un régime équatorial de transition plus ou moins pur, ont deux pointes annuelles, l'une en juin ou juillet, et l'autre en septembre ou octobre, par exemple, le N'Zi à Zienoa.

L'irrégularité saisonnière que l'on peut caractériser par le rapport du débit mensuel le plus fort au débit mensuel le plus faible, varie considérablement. Elle est nettement plus accentuée pour le régime tropical de transition que pour les autres régimes. Elle s'établit comme suit :

- entre 60 et 100, pour le Bandama à Brimbo et Tiassalé et le N'Zi à Zienoa.

- entre 130 et 225, pour le Bandama à Bécumi

- entre 450 et 500 pour le Haut Bandama.

- Débits de crue : (tableau 6)

Les débits spécifiques concernant les crues annuelles moyennes se classent comme suit :

Bassin du N'Zi : 13 à 27 l/s/km²

Bassin du Bandama : 25 à 50 l/s/km²

- Débits d'étiage : (tableau 7)

Les débits spécifiques d'étiage absolu moyen en 10⁻³ l/s. km² sont :

Bassin moyen du Bandama: = entre 150 et 200

Bassin supérieur " = entre 50 et 80

Bassin du N'Zi = entre 10 et 50.

- Tableau récapitulatif : (tableau 8).

TABLEAU 4 - Modules

Stations	Module		Module spécifique			Lame écoulee en année				Superf. km ²	Nbre d'années
	Année décen-nale sèche m ³ /s	Inter-annuel m ³ /s	Année décen-nale humide m ³ /s	Inter-annuel l/s/km ²	Année centen-nale humide l/s/km ²	Décen-sèche mm	My mm	Décen. humide mm	Cent. humide mm		
FERKE	18	46	70	6,5	13,5	81	208	316	425	7.000	9
BEOUMI	80	162	245	6,2		96	195	295		26.200	14
BRIMBO	120	300	500	5,0		90	162	262		60.200	15
ZIENOA (NZI)	28	97,4	180	2,9	8,1	27	84	171	257	33.150	15

TABLEAU 5 - Débits moyens mensuels (m³/s)

	STATIONS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
BANDAMA	FERKE	7,7	3,9	1,9	1,6	1,5	3,5	15,8	100	222	137	40	15,4	46
	BECUMI	31,3	15,5	9,0	12,3	17,3	43,1	100	281	634	545	179	71,4	162
	BRIMBO	53	27,7	19,9	30,9	45,8	129	218	439	1050	1067	372	130	300
	TIASSALE	62	32	24	45	77	250	375	565	1275	1400	525	160	400
N'ZI	ZIENOA	8,7	3,4	3,6	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215	320	147	26	97,4

TABLEAU 6 - Débits de crue

	Débit de crue (m ³ /s) en année			Débit spécifique de crue (l/s/km ²) en année			Débit de crue centennale (m ³ /s)	K ₃
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide		
FERKE	100	330	500	21	47	110	900	5,0
BEOUMI	520	840	1150	19,8	32	44	(2700)	2,2
BRIMBO	1000	1516	2200	16,6	25,2	36,6	3700	2,2
ZIENOA	160	440	750	4,8	13,2	22,6	1150	4,7

TABLEAU 7 - Débits d'étiage

	Etiage (m ³ /s) en année			Etiage spécifique (l/s/km ²) en année			K ₃
	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide	Décennale sèche	Moyenne	Décennale humide	
FERKE	0,005	0,500	1,0		0,071	0,14	200
BEOUMI	(0,5) ?	2,0	7,5	0,02	0,076	0,286	15
BRIMBO	3,0	10,7	25,0	0,05	0,178	0,415	8,3
ZIENOA	0,02	0,89	2,3	0,0006	0,027	0,069	115

K₃ = coefficient d'irrégularité interannuelle

TABEAU 8 -

STATION	Superficie	Pluviométrie moyenne	Déficit d'é- coulement	Coefficient d'écoulement	Module spécifique	Module médian F = 50 %	Module en année humide F = 10 %	Module en année sèche F = 90 %	K ₃	Régime	Nombre d'années d'observa- tions
	km ²	mm	mm	%	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s			
FERKE	7.000	1390	1195	14	6,15	43	70	20	3,5	T.T	4
BEOUMI	26.200	1355	1175	13	5,7	150	255	55	4,65	T.T E.T.A	9
BRIMBO	60.300	1315	1160	12	5,0	300	475	105	4,5	T.T E.T.A	10
TIASSALE	94.250	1270	1140	10	4,15	390	600	140	4,3	T.T E.T.A E.T	8
ZIENOA	33.150	1205	1120	7,1	2,7	90	150	25	6	E.T.A	9

B) CHOIX DES STATIONS

MODE OPERATOIRE

I - CHOIX DES STATIONS : (fig. 7)

Les critères scientifiques qui devaient nous guider dans le choix des zones d'étude, nous conduisaient à déterminer un réseau assez dense de stations représentatives des divers régimes hydrologiques du Bandama ; de plus, la position de ces stations devait permettre d'intégrer les apports de bassins bien définis au point de vue couverture végétale et unités géologiques. Cependant, des considérations d'ordre matériel nous obligeaient à limiter le nombre de ces stations, les raisons en étaient les suivantes :

- la limitation du nombre des zones d'étude et la localisation géographique étaient imposées par le fait, qu'en période de crue, les mesures et les prélèvements d'eau doivent être effectués dans un laps de temps assez court, pour établir des comparaisons valables, malgré le décalage du au temps d'écoulement des eaux.

- l'étalonnage hydrologique des stations devait être réalisé.

- l'équipement d'une station tel qu'il est décrit dans le paragraphe suivant, est coûteux.

Etant donné les considérations exposées ci-dessus, nous avons opté pour les stations suivantes, d'amont en aval :

- Stations de Ferkéssédougou (superficie : 7000 km²) et Béoumi (superficie : 26.200 km²), étudiées durant les saisons 1963-1964, ont été ensuite abandonnées. Ces stations sont soumises au régime hydrologique tropical de transition. Leurs bassins sont situés dans la zone des forêts claires.

- Station de Duibo située sur le Bandama blanc (superficie du bassin : 32.200 km²). Sa position est intéressante pour les raisons suivantes : elle est située à la limite de la forêt sempervirente et des savanes préforestières, elle intègre tous les apports du Bandama Blanc, dont le cours est entièrement compris dans la zone des savanes préforestières et forêts claires ; les terrains traversés sont à prédominance granitique. Cette station est soumise à un régime tropical de transition. De plus, elle est

située en amont de la confluence du Bandama Blanc et de la Marahoué.

- Station de Bafecao, située sur le Bandama, à 910 km de la source, la superficie de son bassin est de 60.200 km². La pente moyenne entre Duibo et Bafecao est de 0,82 m/km. Sa position en amont de la confluence du Bandama et du N'Zi, nous permet d'établir un bilan des apports de la Marahoué et du Bandama Blanc, ce dernier étant étudié à Duibo. La surface du couvert forestier équivaut à 15 % de la surface du bassin. Cette station est soumise à un régime composé, régime tropical de transition et régime tropical de transition atténué.

- Station de Zienoa : située sur le N'Zi, affluent de rive gauche du Bandama; la superficie de son bassin est de 33.150 km² par conséquent, équivalent à celle de Duibo. En amont de la confluence du N'Zi et du Bandama, elle reçoit la totalité des apports du bassin du N'Zi, bassin dont 20 % sont sous couvert forestier. La particularité intéressante du N'Zi est que, son cours inférieur se trouve en bordure des zones de forêt sempervirente et de savanes préforestières, et que ses affluents de rive gauche coulent sur le panneau schisteux du Sud-Est du bassin. Ce bassin est soumis à un régime hydrologique équatorial de transition.

- Station de Tiassalé : la superficie du bassin à Tiassalé est de 94.250 km², alors que la superficie totale du bassin du Bandama est de 97.500 km². Placée en aval de la confluence du Bandama et du N'Zi, elle intègre la totalité des apports du bassin ; les deux stations précédentes permettant de déterminer les transports solides en suspension du N'Zi et du Bandama.

Le régime hydrologique du fleuve à Tiassalé est mixte. Il est soumis aux influences des régimes tropical de transition et tropical de transition atténué (affluent de rive droite) et du régime équatorial de transition (affluent de rive gauche).

Le choix de cette station a également été déterminé par le fait qu'une station placée plus en aval, aurait été atteinte par l'onde de marée dynamique.

Des renseignements complémentaires seront fournis pour chaque station, au cours des chapitres ultérieurs.

En résumé, les stations principales sont :

Duibo : fleuve Bandama en amont de la confluence du Bandama Blanc et du Marahoué.

Bafecao : fleuve Bandama en amont de la confluence du Bandama et du N'Zi.

Zienoa : fleuve N'Zi - totalité du bassin versant du N'Zi.

Tiassalé : fleuve Bandama - totalité du bassin versant du Bandama.

II - PROGRAMME DES CAMPAGNES DE PRÉLEVEMENTS :

=====

L'étude des transports solides en suspension a pu être faite, durant les périodes suivantes :

à Ferkéssédougou : crue 1964

à Béoumi : crues 1963 et 1964

station relayée en 1965 par celle de Duibo.

à Duibo : crue 1963 - d'avril 1965 à janvier 1968

à Bafecao : de juillet 1963 à janvier 1968-1969

à Zienoa : d'avril 1964 à janvier 1968 - Prélèvements journaliers de mai à décembre 1969.

a Tiassalé : d'avril 1964 à janvier 1968 avec prélèvements journaliers d'avril 1967 à novembre 1967 - Prélèvements journaliers de mai à décembre 1969.

III - METHODES :

=====

1°) Moyens de prélèvement :

Chaque station principale est équipée d'une plateforme potamologique (fig. 13), celle-ci est constituée d'un plateau en bois de 3 mètres de côté, fixé sur deux flotteurs cylindriques. Sur la partie centrale de la plateforme, un système de levage permet par l'intermédiaire d'une trappe de 1,20 m de côté, de manoeuvrer l'ensemble des sondes et appareil de prélèvement. Le dépla-

cement du catamaran se fait par déhalage sur un cable tendu en permanence, en travers de la section du fleuve.

Au cours des missions, une unité manuelle de mesures est installée sur la plateforme, elle comprend :

- un pH mètre MEICI type VS₂
- un résistivimètre MEICI type IP 31
- un thermomètre MEICI type IP 41
- une cage à prélèvement d'eau (fig. 14), de section rectangulaire (20 x 10 cm), construite en matière plastique rigide ("afcodur"), ceci pour éviter les contaminations des eaux prélevées en vue d'analyses chimiques. La position des portes par rapport au corps de l'appareil (longueur : 75 cm), la surface de la section (200 mm²) et la minceur des parois (5 mm) évitent la formation de turbulences trop importantes. Cet appareil a une contenance de 15 litres : 2 litres sont destinés à l'analyse chimique ; 10 litres à l'étude des matériaux solides. La fermeture des portes est obtenue par l'envoi d'un message. La conception de l'appareil permet de réaliser une prise d'eau instantanée.

- un saumon muni d'une hélice, pour mesurer les vitesses de courant, complète l'appareillage nécessaire à la détermination des principaux paramètres.

2°) Méthodes de laboratoire :

Les échantillons (10 litres) sont mis à décanter dans des bonbonnes en verre. La sédimentation étant très lente, il est nécessaire d'ajouter un produit flocculant : nous utilisons 15 cc de sulfate d'alumine à 10 %. Le flocculant employé doit toujours être le même, en effet, les résultats sont différents avec du sulfate d'alumine et de l'acide chlorhydrique :

- 1 - échantillon : $+(SO_4)_3 Al_2 = 117,7 \text{ mg/l} - + HCl = 88,3 \text{ mg/l}$
- 2 - échantillon : $+(SO_4)_3 Al_2 = 123,1 \text{ mg/l} - HCl = 95,3 \text{ mg/l}$
- 3 - échantillon : $(SO_4)_3 Al_2 = 130,9 \text{ mg/l} - HCl = 90,5 \text{ mg/l}$

Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par centrifugation ou par filtration ; cependant, la méthode par floculation, est plus rapide et permet de traiter une quantité plus importante d'eau.

Après décantation, le liquide surnageant est siphonné à l'aide d'un tube recourbé à son extrémité sur 3 cm. Le résidu est ensuite transvasé dans un béccher forme haute de 2 litres. On procède à une seconde décantation, sans rajouter de flocculant, puis à un second siphonage. Le résidu est ensuite placé dans une capsule et mis à évaporer sur plaque chauffante, puis à l'étuve pendant 48 heures à 105° C.

3°) Résultats :

a) Au cours des missions périodiques de prélèvements d'échantillons d'eau, le processus était le suivant : des prises étaient faites à différentes profondeurs, sur plusieurs verticales choisies suivant le profil transversal du fleuve.

A partir des valeurs de charge solide unitaire, la détermination des débits solides peut être faite, soit en multipliant la valeur de la charge solide unitaire moyenne (en g/m^3) par la valeur du débit liquide (en m^3/s), soit en utilisant la "méthode des paraboles". Cette méthode consiste à calculer le débit solide partiel pour chaque verticale, en multipliant la valeur de la charge solide unitaire (en g/m^3) par la vitesse du courant (en m/s), pour chaque profondeur de prise. La détermination du débit solide total (en g/s) s'obtient par planimétrage de la surface obtenue en reportant les valeurs des surfaces planimétrées de chaque verticale de la section.

Nous avons choisi, pour illustrer la comparaison de ces deux méthodes, la station de Duibo, pour des valeurs de débits liquides allant de 23,6 à 895 m^3/s (fig. 15-16 et 17) :

! DEBIT LIQUIDE ! (m ³ /s)	! DEBIT SOLIDE (Kg/s)	
	! Q x CH. S. UN! "Méthode des paraboles"!	
! 23,6	! 2,6	! 2,6
! 212,0	! 9,0	! 9,1
! 456,0	! 53,6	! 50,0
! 895,0	! 82,5	! 83,3

b) Dans le cas des prises d'eau journalières, nous avons été amenés à choisir un seul point de prélèvement pour des raisons pratiques. Ce point n'est pas tout à fait représentatif de l'ensemble de la section, mais il permet de suivre les variations saisonnières de la charge solide unitaire.

C) TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION A DIFFERENTES STATIONS

STATION DE DUIBO

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN :

Les coordonnées géographiques de la station de Duibo sont les suivants : 5°29'27" de longitude W et 7°04'00" de latitude N (fig. 7).

La superficie du bassin est de 32.200 km². L'hypsométrie s'établit comme suit (fig. 6 et 9) :

altitude inférieure a 200 m =	3,0 %	de la superficie
" comprise entre 200-300 m =	26,0 %	de la superficie
" " " 300-400 m =	67,8 %	de la superficie
" " " 400-600 m =	2,4 %	de la superficie

L'altitude moyenne est de 310 mètres.

La station est située à 770 km de la source ; la pente moyenne de la source a Duibo est de 0,53 m/km (fig. 8).

Le bassin du Bandama au niveau de Duibo est entièrement compris dans la zone des forêts claires et des savanes préforestières (fig. 4).

II - PERIODES D'ETUDE :

L'installation d'une plateforme potamologique a été réalisée en juin 1965, après des études préliminaires menées durant la période des hautes eaux de 1963, à Duibo, et d'août 1963 à mars 1965, à Béoumi, pour déterminer le choix entre ces deux stations.

Les résultats de l'étude du transport solide en suspension, porteront sur les années 1963, 1965, 1966, et 1967.

III - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU BANDAMA A DUIBO :

Le Bandama, à la station de Duibo, présente un régime hydrologique mixte, où le régime tropical de transition prédomine : la saison des hautes-eaux s'étale de juillet à octobre, le maximum de crue se situe en général, dans la seconde quinzaine de septembre

et la première quinzaine d'octobre. L'étude hydrologique de la station de Duibo n'ayant commencé qu'à la fin de l'année 1962, nous donnerons les caractéristiques hydrologiques de la station de Kossou, dont la superficie est voisine de celle de Duibo : 32.400 km².

Pluviométrie moyenne	:	1.335 mm
Déficit d'écoulement	:	1.165 m
Coefficient d'écoulement	:	12,7 %
Module spécifique	:	5,41 /s/km ²
Module moyen	:	175 m ³ /s
Module en année humide	:	295 m ³ /s
Module en année sèche	:	65 m ³ /s
Coefficient d'irrégularité interannuelle	:	4,55

La répartition des débits moyens mensuels s'établit comme suit :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
35	15	5	20	30	60	110	270	660	610	200	80	175

Les caractéristiques hydrologiques correspondant aux années étudiées : 1963-1965-1966 et 1967, sont rassemblées dans les tableaux 9 et 10.

L'examen des modules annuels nous montre que les années 1963 et 1965 sont excédentaires, l'année 1966 est moyenne et l'année 1967, déficitaire :

1963	:	229 m ³ /s
1965	:	226 "
1966	:	152 "
1967	:	141 "
interannuel	:	175 m ³ /s

TABLEAU 9 - Caractéristiques hydrologiques du BANDAMA à DUIBO.

	1963	1965	1966	1967	INTERANNUEL
Pluviométrie moyenne P my (mm)	1531	1332	1388	1317	1335
Module moyen (m ³ /s)	229	226	152	141	175
Débit spécifique (l /s/km ²)	7,11	7,02	4,72	4,38	5,40
Volume d'eau écoulé Ve (10 ⁶ cm ³)	7.222	7.171	4.822	4.480	5.519
Lame d'eau écoulée Le (mm)	223	220	153	139	170
Déficit d'écoulement De (mm)	1308	1112	1235	1178	1165
Coefficient d'écoulement Ce %	14,6	16,5	11,0	10,5	12,7
Débit maximum (m ³ /s)	950	935	640	754	

TABLEAU 10 - Débits moyens bimensuels et mensuels du Bandama à Duibo.

	J		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		ANNÉE
1963													207	258	317	404	728	757	784	823	621	227	115	77	229
	232		360		742		803		424		96														
1965	104	88	57	51	24	12	28	31	16	13	27	115	213	321	402	525	534	833	892	588	260	142	94	62	226
	96		54		18		29,5		14,5		71,5		267		464		683		740		201		78		
1966	40	21	17	10	8	6	25	15	11	21	66	96	93	74	63	374	592	419	549	522	301	159	104	64	152
	30,5		13,5		7		20		16		83		83,5		219		505		536		230		84		
1967	43	16	12	16	12	10	6	8	15	15	13	47	45	20	115	365	554	724	646	365	158	97	63	39	141
	29,5		14		11		7		15		30		32,5		240		639		505		128		51		
Inter-annuel	35		15		5		20		30		60		110		270		660		610		200		80		175

IV - TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION :

Nous exposerons successivement les résultats concernant :

- la charge solide unitaire
- l'exportation solide
- la dégradation spécifique. Cette notion n'a aucune signification réelle, mais elle permet d'établir des comparaisons dans le temps et dans l'espace, avec les autres bassins d'étude.

1°) Charge solide unitaire :

Le tableau 11 représente les valeurs de charges solides unitaires observées à la station de Duibo.

L'étude des charges solides unitaires nous permet de distinguer les variations annuelles suivantes : (fig. 18).

- en période d'étiage du fleuve, généralement, de février à avril, les valeurs observées varient entre 15 et 60 g/m³ (17,0 en janvier 1966 ; 24,2, en mars 1966 ; 24,8 en mai 1966 - 53,15 g/m³ en janvier 1967 ; 60,1, en avril 1967).

- au cours de la première crue et dans la première partie de la montée de la crue annuelle, les charges solides unitaires présentent des valeurs élevées : 113,85 g/m³ (en juin 1965) ; 157,3 (en juillet 1965) - 96,5 g/m³ (début août 1966) ; 176,2 (fin août 1966) - 110,9 g/m³ (en mai 1967) ; 137,0 (en août 1967).

- dans la seconde partie de la crue et en période de décrue : les valeurs de charges solides unitaires décroissent régulièrement indépendamment des variations du débit du fleuve :

- en 1963 : 117,6 g/m³ (28 août) - 92,1 (11 septembre) - 65,2 (9 octobre) - 32,3 (25 octobre) - 42,2 (23 novembre) - 16,2 (24 décembre) - Maxima de crue : 10 au 15 septembre et 10 au 25 octobre.

- en 1965 : 111,3 g/m³ (24 août) - 77,8 (15 septembre) - 36,9 (12 octobre) - 59,4 (10 novembre) - 38,9 (21 décembre). Maximum de crue : 20 septembre au 12 octobre.

Date de Prélèvement	Charge solide unitaire (g/m ³) moyenne	Débit liquide correspondant (m ³ /s)	Débit solide (g/s)
28- 8-1963	117,6	456,0	53.600
11- 9-1963	92,1	895,0	82.500
9-10-1963	65,2	780,0	50.900
25-10-1963	32,3	835,0	26.900
23-11-1963	42,2	212,0	8.900
24-12-1963	16,2	75,8	1.200
21- 4-1965	111,5	23,6	2.631
16- 6-1965	113,85	57,6	6.998
21- 7-1965	157,3	343,2	53.985
24- 8-1965	111,3	541,6	60.280
15- 9-1965	77,8	622,0	48.390
12-10-1965	36,9	911,0	33.615
10-11-1965	59,4	232,6	13.815
21-12-1965	38,9	66,0	2.567
20- 1-1966	17,0	26,8	455
2- 3-1966	24,2	9,3	225
11- 5-1966	24,8	12,8	317
30- 6-1966	66,9	129,6	8.670
11- 8-1966	96,5	50,6	4.883
31- 8-1966	176,2	587,0	103.430
12-10-1966	60,0	610,0	36.570
23-11-1966	34,6	152,0	5.260
14-12-1966	71,1	88,6	6.300
18- 1-1967	53,15	19,9	1.058
5- 4-1967	60,1	6,5	390
30- 5-1967	110,9	6,8	754
9- 8-1967	137,0	146,0	20.000
13- 9-1967	99,0	605,2	59.915
11-10-1967	80,55	589,2	47.460
8-11-1967	57,4	150,0	8.610
10- 1-1968	32,2	13,1	422

- en 1966 : 176,2 g/m³ (31 août) - 60,0 (12 octobre) - 34,6 (23 novembre) - 71,1 (14 décembre). Maxima de crue : 1 au 12 septembre et 10 au 16 octobre.

- en 1967 : 99,0 g/m³ (13 septembre) - 80,55 (11 octobre) - 57,4 (8 novembre) - 32,2 (10 janvier 1968). Maximum de crue : 20 septembre au 2 octobre.

2°) Exportation solide :

Les valeurs des débits solides correspondant aux valeurs de charges solides unitaires présentées dans le chapitre précédent, sont exposées dans le tableau 11. Les résultats des apports solides et liquides bimensuels et annuels dans les tableaux 12 à 15.

Nous étudierons, année par année, le bilan de l'exportation solide :

A) Année 1965 : (tableaux 12 et 15 - fig. 19, 20 et 21) :

Le module annuel (226 m³/s) est nettement supérieur au module interannuel (175 m³/s). La répartition mensuelle des débits moyens montre des mois excédentaires, comme les mois de juillet (267 m³/s au lieu de 110) et d'août (464 m³/s au lieu de 270). Le maximum de crue se situe dans la seconde quinzaine de septembre et la première quinzaine d'octobre : les modules des mois de crue (septembre et octobre) sont identiques aux modules mensuels interannuels.

D'avril à décembre, l'exportation solide peut être évaluée à 590.620 tonnes ; le volume d'eau écoulé correspondant est de 7.171.10⁶ m³. Les histogrammes et les courbes cumulatives (fig. 19, 20 et 21) représentant les débits liquides et solides bimensuels et leurs pourcentages respectifs, font apparaître un décalage entre les maxima de volume d'eau écoulé et d'exportation solide : maximum de crue liquide, dans la première quinzaine d'octobre : 16,1 % du total annuel (78,35 % cumulés) et maximum de crue solide, dans la seconde quinzaine d'août : 14 % du total annuel (57,2 % cumulés) ;

TABLEAU 12 - DUIBO 1965

- Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	A		M		J		J		A		S		O		N		D		ANNEE
Volume écoulé (10 ³ m ³)	36.300	40.200	20.700	18.000	35.000	149.000	276.000	443.700	521.900	725.800	692.100	1.079.600	1.156.000	812.900	337.000	184.000	121.800	85.700	7.171.000
Pourcentage volume écoulé	0,5	0,6	0,3	0,25	0,5	2,1	3,8	6,2	7,3	10,2	9,6	15,0	16,1	11,3	4,7	2,6	1,7	1,2	
Pourcentage cumulé	6,5	7,1	7,4	7,65	8,15	10,25	14,05	20,25	27,55	37,75	47,35	62,35	78,35	89,65	94,45	97,05	98,75	99,95	
Exportation solide (tonnes)	2.420	3.110	5.180	6.570	8.290	19.010	47.000	74.300	75.000	82.940	67.740	58.060	45.620	35.940	19.350	13.820	8.290	3.460	590.620
Pourcentage Exportation solide	0,4	0,5	0,9	1,1	1,4	3,2	8,0	12,6	12,7	14,0	11,5	9,8	7,7	6,1	3,3	2,3	1,4	0,6	
Pourcentage cumulé	2,8	3,3	4,2	5,3	6,7	9,9	17,9	30,5	43,2	57,2	68,7	78,5	86,2	92,3	95,6	97,9	99,3	99,9	

ceci est dû à la montée progressive de la crue (mois de juillet et d'août excédentaires) et aux valeurs élevées de charge solide unitaire. La distribution bimensuelle des pourcentages des apports solides est homogène durant la montée de la crue : 1ère quinzaine de juillet : 8,0 %. 2e quinzaine de juillet : 12,6 %. 1ère quinzaine d'août : 12,7 %. 2e quinzaine d'août : 14,0 %. 1ère quinzaine de septembre : 11,5 %. 2e quinzaine de septembre : 9,8 %; ces valeurs tombent à 7,7 et 6,1 % au maximum de crue.

B) Année 1966 : (tableaux 13 et 15 - fig. 19, 20 et 22) :

Le module annuel ($152 \text{ m}^3/\text{s}$) est proche du module interannuel ($175 \text{ m}^3/\text{s}$). L'hydrogramme de l'année 1966 se différencie de l'hydrogramme interannuel, par l'existence de deux pointes de crue bien individualisées. Les maxima des deux crues atteignent $650 \text{ m}^3/\text{s}$ à la mi-septembre et à la mi-octobre.

L'exportation solide est estimée à 508.530 tonnes ; le volume d'eau écoulé correspondant est de $4.822 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Le pourcentage de matériel exporté durant la première pointe de crue est important (fig. 22) : 58,9 % dont 17,9 % dans la seconde quinzaine d'août : 23,7 % dans la première quinzaine de septembre et 17,3 % dans la seconde quinzaine de septembre ; tandis que le pourcentage correspondant à la deuxième pointe de crue est nettement plus faible : 24,3 %, dont 11,2 %, dans la première quinzaine d'octobre et 8 % dans la seconde quinzaine d'octobre. Le maximum d'exportation solide (120.615 tonnes) correspond au premier maximum de crue ($767 \cdot 10^6 \text{ m}^3$). Les pourcentages de volume d'eau écoulé au cours des deux crues, sont respectivement de 37,9 et 29,7 %.

TABLEAU 13 - DUIBO 1966

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	51.800	29.000	22.000	11.200	10.400	8.300	32.400	19.400	14.300	29.000	85.500	124.400	120.600	102.300	81.600	517.000	767.200	543.000	711.500	721.600	390.100	206.100	134.800	88.500	4.822.000
Pourcentage volume écoulé	1,1	0,6	0,5	0,2	0,2	0,2	0,7	0,4	0,3	0,6	1,8	2,6	2,5	2,1	1,7	10,7	15,9	11,3	14,7	15,0	8,0	4,3	2,8	1,8	
Pourcentage cumulé	1,1	1,7	2,2	2,4	2,6	2,8	3,5	3,9	4,2	4,8	6,6	9,2	11,7	13,8	15,5	26,2	42,1	53,4	68,1	83,1	91,1	95,4	98,2	100,0	
Exportation solide (tonnes)	1.728	660	432	397	328	380	346	415	657	3.456	6.220	10.020	9.680	9.330	10.710	91.240	120.615	88.130	57.020	40.780	25.920	13.825	7.600	8.690	508.530
Pourcentage Exportation solide	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	1,2	2,0	1,9	1,8	2,1	17,9	23,7	17,3	11,2	8,0	5,1	-2,7	1,5	1,7	
Pourcentage cumulé	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,8	3,0	5,0	6,9	8,7	10,8	28,7	52,4	69,7	80,9	88,9	94,0	96,7	98,2	99,9	

C) Année 1967 : (tableaux 14 et 15 - fig. 19, 20 et 23) :

Le module annuel ($141 \text{ m}^3/\text{s}$) est inférieur au module inter-annuel ($175 \text{ m}^3/\text{s}$) ; l'allure générale de l'hydrogramme est semblable à celle de l'hydrogramme interannuel. Le maximum de crue se situe dans la seconde quinzaine de septembre et la première quinzaine d'octobre. Il est de l'ordre de $750 \text{ m}^3/\text{s}$.

L'exportation solide globale est estimée à 417.610 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de $4.480.10^6 \text{ m}^3$.

Les pourcentages bimensuels de matériel exporté et de volume d'eau écoulé (fig. 23), varient dans le même sens : $5,0 \%$ ($V_e = 0,6 \%$) dans la seconde quinzaine de juillet - $6,1 \%$ ($V_e = 3,3 \%$) dans la première quinzaine d'août - $11,4 \%$ ($V_e = 11,3\%$) dans la seconde quinzaine d'août - $16,3 \%$ ($V_e = 16,0 \%$) dans la première quinzaine de septembre - $17,5 \%$ ($V_e = 20,9 \%$) dans la seconde quinzaine de septembre - $14,9 \%$ ($V_e = 18,7 \%$) dans la première quinzaine d'octobre - $10,8 \%$ ($V_e = 11,3 \%$) dans la seconde quinzaine d'octobre.

Le maximum d'exportation solide (73.270 tonnes) correspond au maximum de volume d'eau écoulé (938.10^6 m^3). Les courbes cumulatives se superposent, sauf, dans la période d'amorce de la crue annuelle (juillet - début août).

Tableau récapitulatif des exportations solides :

! ANNEE !	! Exportation solide !	! Volume d'eau écoulé !
! !	! (tonnes) !	! (10^6 m^3) !
! 1965 !	! 590.620 !	! 7.171 !
! 1966 !	! 508.530 !	! 4.822 !
! 1967 !	! 417.610 !	! 4.480 !

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	55.700	22.100	15.600	18.100	15.600	13.800	7.800	10.400	19.400	20.700	16.800	60.900	58.300	27.600	149.000	504.600	718.000	938.300	837.200	504.600	204.800	125.700	81.600	53.900	4.480.500
Pourcentage volume écoulé	1,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	1,4	1,3	0,6	3,3	11,3	16,0	20,9	18,7	11,3	4,6	2,8	1,8	1,2	
Pourcentage cumulé	1,2	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,2	3,4	3,8	4,3	4,7	6,1	7,4	8,0	11,3	22,6	38,6	59,5	78,2	89,5	94,1	96,9	98,7	99,9	
Exportation solide (tonnes)	4.303	2.333	1.054	1.140	847	743	518	639	760	916	3.456	8.640	14.515	21.080	25.575	47.695	68.080	73.270	62.210	44.930	15.550	9.330	6.220	3.802	417.610
Pourcentage Exportation solide	1,0	0,6	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,8	2,1	3,5	5,0	6,1	11,4	16,3	17,5	14,9	10,8	3,7	2,2	1,5	0,9	
Pourcentage cumulé	1,0	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,9	6,0	9,5	14,5	20,6	32,0	48,3	65,8	80,7	91,5	95,2	97,4	98,9	99,8	

TABLEAU 15 - Débits moyens solides bimensuels et mensuels du
BANDAMA à DUIBO (en Kg/s)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1965				1,9	4,0	6,4	36,3	57,9	52,3	35,2	14,9	6,4	
				2,4	4,7	14,7	53,7	60,0	44,8	26,0	10,7	2,5	
				2,15	4,35	10,5	45,0	58,9	48,5	30,6	12,8	4,45	24,1
1966	1,3	0,3	0,25	0,3	0,5	4,8	7,5	8,3	93,1	44,0	20,0	5,9	
	0,5	0,35	0,3	0,3	2,5	7,7	6,7	66,0	68,0	29,5	10,7	6,25	
	0,9	0,35	0,3	0,3	1,5	6,2	7,1	37,1	80,5	36,7	15,3	6,1	16,0
1967	3,3	0,8	0,65	0,4	0,6	2,7	11,2	19,7	52,5	48,0	12,0	4,8	
	1,7	1,0	0,5	0,5	0,7	6,7	15,2	34,5	56,5	32,5	7,2	2,7	
	2,5	0,9	0,6	0,45	0,65	4,7	13,2	27,1	54,5	40,2	9,6	3,7	13,2

3°) Dégradation spécifique :

Les valeurs des dégradations spécifiques observées sur le bassin du Bandama à Duibo sont les suivantes :

Dégradations spécifiques annuelles (t/km²) :

ANNEE	Degradation spécifique (t/km ²)	Coefficient d'écoulement
1965	18,3	16,5
1966	15,8	11,0
1967	13,0	10,5

Dégradations spécifiques bimensuelles (t/km²) :

	1965	1966	1967
2-q - Mai	0,20	0,11	0,03
1-q - Juin	0,26	0,19	0,11
2-q - Juin	0,59	0,31	0,27
1-q - Juillet	1,46	0,30	0,45
2-q - Juillet	2,31	0,29	0,65
1-q - Août	2,33	0,33	0,79
2-q - Août	2,58	2,83	1,48
1-q - Septembre	2,10	<u>3,75</u>	2,11
2-q - Septembre	1,80	<u>2,74</u>	<u>2,28</u>
1-q - Octobre	<u>1,42</u>	1,77	1,93
2-q - Octobre	1,12	<u>1,27</u>	1,40
1-q - Novembre	0,60	0,80	0,48
2-q - Novembre	0,43	0,43	0,29
1-q - Décembre	0,26	0,24	0,19
2-q - Décembre	0,11	0,27	0,12

(les chiffres soulignés correspondent aux maxima de volume d'eau écoulé par quinzaine).

STATION DE BAFECAO - BRIMBO

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN

Les coordonnées géographiques de la station de Brimbo sont les suivantes : 4°25'30" de longitude W et 6°00'45" de latitude N (fig. 7).

La superficie du bassin est de 60.200 km². L'hypsométrie s'établit comme suit (fig. 6 et 9) :

Altitude inférieure à 100 m	:	1 %	de la superficie
"	comprise entre 100-200 m	= 10 %	de la superficie
"	" entre 200-300 m	= 38 %	"
"	" entre 300-400 m	= 33 %	"
"	" entre 400-500 m	= 12 %	"
"	" entre 500-600 m	= 4 %	"
"	" entre 600-850 m	= 2 %	"

L'altitude moyenne est de 315 mètres.

La distance de Brimbo à la source est de 924 km ; la pente moyenne de la source à Brimbo est de 0,57 m/km ; de Duibo à Brimbo, elle est de 0,66 m/km (fig. 8).

Le couvert végétal du bassin comprend 15 % de forêt sempervirente (fig. 4).

II - PERIODES D'ETUDE

Des études préliminaires de transport solide en suspension ont été entreprises à la station de Bafecao, de juillet à novembre 1963. Après l'installation d'une plateforme potamologique en avril 1964, les études se sont échelonnées jusqu'en janvier 1968, puis de juillet à décembre 1969.

Des échelles limnimétriques placées à Bafecao (superficie du bassin : 59.500 km²), permettent d'établir une correspondance avec celles de Brimbo (superficie de bassin : 60.200 km²) station hydrologique étalonnée depuis 1953.

III - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU BANDAMA A BRIMBO

Le Bandama, à la station de Brimbo, présente un régime hydrologique mixte, de type tropical de transition et de type équatorial de transition atténué.

Les valeurs des caractéristiques déterminées sur dix ans d'observation sont les suivantes :

Pluviométrie moyenne du bassin	=	1315 mm
Déficit d'écoulement	=	1160 mm
Coefficient d'écoulement	=	12 %
Module spécifique	=	5,0 l/s/km ²
Module médian	=	300 m ³ /s
Module en année humide	=	475 m ³ /s
Module en année sèche	=	105 m ³ /s
Coefficient d'irrégularité interannuelle	=	4,5

La répartition des débits moyens mensuels s'établit comme suit : (en m³/s). (fig. 12).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
53	28	30	31	46	129	218	439	1050	1067	372	130	300

Les caractéristiques hydrologiques correspondant aux années étudiées : 1963-1964-1965-1966-1967 et 1969 sont résumées dans les tableaux 16 et 17.

L'examen des modules annuels nous montre que les années 1963-1964-1965 sont excédentaires et que les années 1966-1967 et 1969 sont déficitaires :

1963	=	424 m ³ /s
1964	=	386 "
1965	=	352 "
1966	=	250 "
1967	=	196 "
1969	=	211 "
interannuel	=	300 m ³ /s

TABLEAU 16 - Caractéristiques hydrologiques du Bandama à Brimbo.

	1963	1964	1965	1966	1967	1969	Inter- annuel
Pluviométrie moyenne P my (mm)	1640	1323	1351	1416	1338	1205	1315
Module (m ³ /s)	424	386	352	250	196	211	300
Débit spécifique (l/s/km ²)	7,04	6,41	5,85	4,20	3,25	3,50	5,0
Volume d'eau écoulé Ve (10 ⁶ m ³)	13.447,5	12.181,6	11,138,8	7.906,1	6.189,5	6.654,1	9.460,8
Lame d'eau écoulée Le (mm)	223	202	185	133	103	110	155
Déficit d'écoulement De (mm)	1417	1121	1166	1283	1235	1095	1160
Coefficient d'écoulement Ce %	13,6	15,3	13,7	9,4	7,7	9,1	12,0
Débit maximum (m ³ /s)	1820	2150	1630	1260	1209		

BANDAMA à BRIMBO.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1963	44 28	23 16	34 23	20 53	59 88	130 191	425 453	570 667	1204 1117	1358 1604	1267 498	197 111	424
	36	19	29	37	74	160	439	618	1160	1481	883	154	
1964	70 45	37 18	11 11	13 12	15 77	115 369	233 126	542 729	1424 2016	1640 733	389 242	185 226	386
	57	27	11	12	46	242	179	635	1720	1186	316	205	
1965	134 112	69 65	37 30	25 45	38 30	41 146	267 447	582 760	864 1348	1545 928	470 256	137 68	352
	123	67	33,5	35	34	93,5	357	671	1106	1236	363	103	
1966	47 35	26 15	12 11	22 32	33 45	125 193	211 160	81 387	801 740	1098 935	503 246	151 83	250
	41	20,5	11,5	27	39	159	185	234	771	1017	375	117	
1967	51 31	19,5 19,5	19 17	12 9	15 31	29 50	76 42	86 412	708 1078	1024 517	215 123	69 52	196
	41	19,5	18	10,5	23	39,5	59	249	893	770	169	60,5	
1969	56 34	21 17	21 17	15 22	23 16	15 38	33 104	220 420	558 622	511 596	872 554	191 102	211
	45	19	19	18,5	19,5	26,5	68,5	320	590	553	713	146,5	
INTER- ANNUEL	53	28	30	31	46	129	218	439	1050	1067	372	130	300

en m³/s.

IV - TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

Nous exposerons successivement les résultats concernant :

- la charge solide unitaire
- l'exportation solide
- la dégradation spécifique

1°) Charge solide unitaire :

Les valeurs de charge solide unitaire, observées durant les années 1963-1964-1965-1966-1967 et 1969, sont rassemblés dans les tableaux 18 et 19.

Les teneurs en matériaux transportés en suspension, varient pour les diverses phases de l'hydrogramme : (fig. 24 et 25).

- Période d'étiage du fleuve, de février à avril : les valeurs de charge solide unitaire s'échelonnent entre 5 et 30 g/m³ (6,2-7,7 en avril 1964 - 31,45 en avril 1965 - 23,9 en mars 1966 - 21,35 en avril 1967). Les valeurs observées aux mois de janvier et février, correspondent à la fin de la décrue du fleuve, elles sont du même ordre que celles d'étiage (41,3 en mars 1965 - 19,6 en janvier 1966 - 25,5 en janvier 1967).

- Première crue et première partie de la montée de la grande crue annuelle : les valeurs de charge solide unitaire des eaux de la première crue (juin-juillet), sont, en général, élevées (158,2 en juin 1964 - 97,4 en juin 1967) ; elles diminuent dans la période comprise entre les deux crues annuelles (107,1 en juillet 1964 - 38,9 en août 1967). Dans la première partie de la montée de la grande crue, un second maximum intervient (137,6 en juillet 1963 - 151,45 en août 1964 - 156,8 en juillet 1965 - 184,7 en septembre 1966 - 106,6 en septembre 1967). En 1965, il n'existe qu'un seul maximum, par suite de l'allure particulière de l'hydrogramme, ne présentant qu'une seule crue annuelle.

TABLEAU 18 - Charges solides à la Station de BAFECAO

Date de Prélèvement	Charge solide unitaire (g/m ³) moyenne	Débit liquide correspondant (m ³ /s)	Débit solide (g/s)
15- 7-1963	137,6	483,2	66.500
23- 8-1963	114,7	630,0	72.260
5- 9-1963	128,3	1.020,0	131.380
24- 9-1963	82,75	1.100,8	91.090
18-10-1963	55,1	1.623,0	89.430
27-11-1963	35,9	351,0	12.600
29- 1-1964	16,9	37,9	640
10- 4-1964	6,2	11,6	70
28- 4-1964	7,7	14,6	110
21- 5-1964	37,2	43,7	1.625
10- 6-1964	158,2	74,0	11.710
6- 7-1964	107,1	233,8	25.040
11- 8-1964	161,45	670,0	108.170
3- 9-1964	87,0	1.168,0	101.620
1-10-1964	38,0	1.947,0	74.000
4-11-1964	59,4	468,8	27.850
10-12-1964	36,2	169,6	6.140
5- 3-1965	41,3	28,7	1.185
22- 4-1965	31,45	41,3	1.300
17- 6-1965	104,4	79,1	8.260
22- 7-1965	156,8	504,0	79.030
25- 8-1965	89,0	794,0	70.670
16- 9-1965	80,4	1.037,0	83.370
13-10-1965	42,9	1.388,0	59.545
11-11-1965	52,6	360,0	18.940
22-12-1965	26,2	69,5	1.820
21- 1-1966	19,6	36,7	720
3- 3-1966	23,9	14,6	350
12- 5-1966	25,6	33,4	855
1- 7-1966	39,4	204,8	8.070
12- 8-1966	67,1	56,5	3.800
1- 9-1966	184,7	830,4	153.375
13-10-1966	80,9	1.273,6	103.035
24-11-1966	40,65	230,4	9.365
15-12-1966	37,5	113,0	4.240
19- 1-1967	25,25	36,7	930
6- 4-1967	21,35	16,4	350
1- 6-1967	29,4	30,6	900
29- 6-1967	97,4	69,5	6.770
10- 8-1967	38,9	75,7	2.945
14- 9-1967	106,6	872,0	92.955
12-10-1967	66,3	851,2	56.435
9-11-1967	56,9	194,4	11.060
11- 1-1968	38,2	21,0	800

TABLEAU 19 - Charges solides à la Station de BAFECAO (suite)

Date de Prélèvement	Charge solide unitaire (g/m ³) moyenne	Débit liquide correspondant (m ³ /s)	Débit solide (g/s)
15- 7-1969	84,1	66,6	5.600
4- 8-1969	128,1	179,2	22.955
18- 8-1969	114,9	369,6	42.470
29- 8-1969	113,0	468,8	52.975
15- 9-1969	85,3	680,0	58.000
27- 9-1969	70,9	576,0	40.840
3-10-1969	59,8	496,0	29.660
16-10-1969	64,6	602,4	38.915
31-10-1969	73,0	650,0	47.450
17-11-1969	87,8	867,0	76.120
1-12-1969	52,6	308,0	16.200
18-12-1969	50,8	121,0	6.150
31-12-1969	40,3	75,7	3.050

- Seconde partie de la montée de crue et décrue : les valeurs de charge solide unitaire décroissent régulièrement, indépendamment des variations de débit du fleuve :

en 1963 : 128,3 g/m³ (5 septembre) - 82,75 (24 septembre) - 55,1 (18 octobre) - 35,9 (27 novembre) - Maximum de crue : mi-septembre

en 1964 : 161,45 (11 août) - 87,0 (3 septembre) - 38,0 (10 octobre) - Maximum de crue : 20 au 30 septembre.

en 1965 : 156,8 (22 juillet) - 89,0 (25 août) - 80,4 (16 septembre) - 42,9 (13 octobre) - Maximum de crue : 1 au 15 octobre.

en 1966 : 184,7 (1er septembre) - 80,9 (13 octobre) - 40,65 (24 novembre) - Maximum de crue : 10 au 15 octobre.

en 1967 : 106,6 (14 septembre) - 66,3 (12 octobre) - 56,9 (9 novembre) - Maximum de crue : 25 septembre au 5 octobre.

en 1969 : 128,1 (4 août) - 114,9 (18 août) - 113,0 (29 août) - 85,3 (15 septembre) - 70,9 (27 septembre) - 59,8 (3 octobre) - 64,6 (16 octobre) - 1er maximum de crue : 15 septembre
La présence de crues emboîtées, a pour conséquence l'apparition d'un second maximum de charge solide unitaire, durant la grande crue : 64,6 (16 octobre) - 73,0 (31 octobre) - 87,8 (17 novembre).
52,6 (1 décembre) - 50,8 (18 décembre) - 2e maximum de crue : 10 au 15 novembre.

2°) Exportation solide :

Les valeurs de débits solides correspondant aux valeurs de charges solides unitaires décrites dans le chapitre précédent, sont rassemblées dans les tableaux 18 et 19. Les résultats des apports solides et liquides bimensuels et annuels, sont exposés dans les tableaux 20 à 24.

Nous étudierons, année par année, le bilan de l'exportation solide :

A) Année 1963 :

Les résultats obtenus durant l'année 1963, concernent la période de crue, de juillet à novembre.

L'allure générale de l'hydrogramme 1963 est sensiblement celle de l'hydrogramme interannuel, seul le maximum de crue est légèrement décalé vers la fin du mois d'octobre. Le module annuel (424 m³/s) est nettement supérieur au module interannuel (300 m³/s).

L'exportation solide correspondant à la crue annuelle du Bandama, de juillet à fin novembre, peut être estimée à 900.445 tonnes, pour un volume écoulé de $11.560 \cdot 10^6$ m³ (soit 86 % du total annuel). Le maximum d'exportation solide se situe dans la première quinzaine de septembre (156.000 tonnes), trois semaines avant le maximum de crue.

B) Année 1964: (tableau 20 - fig. 26 - 27 et 28).

Le module annuel (386 m³/s) est supérieur au module interannuel (300 m³/s). La répartition mensuelle des débits moyens est normale ; le maximum de crue se situe durant la seconde quinzaine de septembre et la première quinzaine d'octobre. Les valeurs des débits moyens des mois d'août et septembre sont nettement supérieures aux valeurs interannuelles (1720 m³/s au lieu de 1050 m³/s, en septembre).

L'exportation solide peut être estimée à 906.785 tonnes, le volume d'eau écoulé correspondant est de $12.182 \cdot 10^6$ m³. Les histogrammes (fig. 26, 27 et 28), représentant les débits liquides et solides bimensuels, et leurs pourcentages respectifs, font apparaître un décalage entre les maxima : le maximum d'exportation solide (16,1 %), dans la seconde quinzaine d'août et le maximum de volume d'eau écoulé (21,4 %), dans la seconde quinzaine de septembre. Cependant, les pourcentages d'apports solides des premières quinzaines d'août et de septembre ont des valeurs voisines

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Vclume écoulé (10 ³ m ³)	90.720 62.208	47.952 20.218	14.256 15.206	16.848 15.552	19.440 106.445	149.040 470.448	301.968 174.182	702.432 1.007.770	1.845.504 2.612.736	2.125.440 1.013.299	504.144 313.632	239.760 312.422	12.181.622
Pourcentage volume écoulé	0,7 0,5	0,4 0,2	0,1 0,1	0,1 0,1	0,2 0,9	1,2 3,9	2,5 1,4	5,8 8,3	15,1 21,4	17,4 8,3	4,1 2,6	2,0 2,6	
Pourcentage cumulé	0,7 1,2	1,6 1,8	1,9 2,0	2,2 2,1	2,4 3,3	4,5 8,4	10,9 12,3	18,1 26,4	41,5 62,9	80,3 88,6	92,7 95,3	97,3 99,9	
Exportation solide (tonnes)	829 829	691 518	449 311	138 104	899 3.802	12.787 23.155	40.781 90.547	130.291 145.843	129.254 107.827	83.981 61.171	33.178 22.118	10.022 7.258	906.785
Pourcentage Exportation solide					0,1 0,4	1,4 2,5	4,5 10,0	14,4 16,1	14,2 11,9	9,3 6,7	3,7 2,4	1,1 0,8	
Pourcentage cumulé				0,4	0,5 0,9	2,3 4,8	9,3 19,3	33,7 49,8	64,0 75,9	85,2 91,9	95,6 98,0	99,1 99,9	

(14,4 et 14,2 %). Durant la première crue de juin-juillet, les proportions sont respectivement de 8,4 % (solide) et 7,6 % (liquide) si l'on décompose la montée de la crue annuelle, en deux parties : la première, correspondant au mois d'août : 30,5 % (solide) - 14,1 % (liquide) ; la seconde, au mois de septembre : 26,1 % (solide) - 36,5 % (liquide). Durant la décrue, les taux sont de 16,0 % (solide) et 25,7 % (liquide).

C) Année 1965 : (tableau 21 - fig. 26, 27 et 29).

L'hydrogramme 1965 présente une crue unique, il n'y a pas différenciation entre les crues de l'hydrogramme-type ; le maximum de crue se place fin septembre - début octobre. Le module annuel est de 352 m³/s.

L'exportation solide totale est de 831.775 tonnes, le volume d'eau écoulé, de 11.139.10⁶ m³. Les maxima des apports liquide et solide se produisent respectivement, dans la première quinzaine d'octobre (18 %) et la seconde quinzaine d'août (12,5 %), cependant les proportions des matériaux exportés sont constantes durant la montée de la crue, de l'ordre de 12 %. Dans la première partie de la montée de crue, il s'exporte 34,2 % du total annuel (volume d'eau écoulé correspondant : 17,1 %).

D) Année 1966 : (tableau 22 - fig. 26, 27 et 30).

La particularité de l'hydrogramme 1966 est que la crue principale est tronquée ; le maximum de crue a lieu dans la première quinzaine d'octobre. Le module annuel (250 m³/s) est inférieur au module interannuel (300 m³/s).

L'exportation solide totale est de 889.835 tonnes, le volume d'eau écoulé, de 7.906.10⁶ m³. Le maximum des apports solides se produit dans la seconde quinzaine d'août (14,3 %) et le mois de septembre (21,1 et 19,0 %), soit 54,4 % au cours de la première séquence de la crue annuelle (volume d'eau écoulé : 32 %).

TABLEAU 21 - BALEYAC (199)

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	173.664	154.829	89.424	73.008	47.952	41.472	32.400	58.320	49.248	41.472	53.136	189.216	346.032	617.933	754.272	1.050.624	1.119.744	1.747.008	2.002.320	1.282.867	609.120	331.776	177.552	95.386	11.138.775
Pourcentage volume écoulé	1,5	1,4	0,8	0,7	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	1,7	3,1	5,5	6,8	9,4	10,0	15,7	18,0	11,5	5,5	3,0	1,6	0,8	
Pourcentage cumulé	1,5	2,9	3,7	4,4	4,8	5,2	5,5	6,0	6,4	6,8	7,3	9,0	12,1	17,6	24,4	33,8	43,8	59,5	77,5	89,0	94,5	97,5	99,1	99,9	
Exportation solide (tonnes)	1.469	1.642	1.728	1.382	1.555	1.642	1.642	1.642	3.456	5.789	17.021	22.032	66.960	97.632	98.496	103.680	99.792	99.360	79.056	61.344	31.968	18.749	10.109	3.629	831.775
Pourcentage Exportation solide	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	2,0	2,6	8,1	11,7	11,8	12,5	12,0	11,9	9,5	7,4	3,8	2,2	1,2	0,4	
Pourcentage cumulé	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,7	4,7	7,3	15,4	27,1	38,9	51,4	63,4	75,3	84,8	92,2	96,0	98,2	99,4	99,8	

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m3)	60.912	48.384	33.696	16.848	15.552	15.206	28.512	41.472	42.768	62.208	162.000	250.128	273.456	221.184	104.976	534.989	1.038.096	959.040	1.423.008	1.292.544	651.888	318.816	195.696	114.739	7.906.118
Pourcentage volume écoulé	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,8	2,0	3,2	3,5	2,8	1,3	6,8	13,1	12,1	18,0	16,3	8,2	4,0	2,5	1,5	
Pourcentage cumulé	0,8	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,6	6,6	9,8	13,3	16,1	17,4	24,2	37,3	49,4	67,4	83,7	91,9	95,9	98,4	99,9	
Exportation solide (tonnes)	1.123	1.037	691	778	346	605	691	778	1.210	3.802	6.912	9.504	9.677	8.381	9.158	127.008	187.920	168.912	143.856	114.048	62.208	19.440	8.035	3.715	889.835
Pourcentage Exportation solide	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,8	1,1	1,1	0,9	1,0	14,3	21,1	19,0	16,1	12,8	7,0	2,2	0,9	0,4	
Pourcentage cumulé	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,3	2,1	3,2	4,3	5,2	6,2	20,5	41,6	60,6	76,7	89,5	96,5	98,7	99,6	100,0	

E) Année 1967 : (Tableau 23 - fig. 26, 27 et 31).

L'année 1967 est déficitaire, le module annuel est de 196 m³/s. L'hydrogramme se décompose de la façon suivante : la première crue de juin-juillet est pratiquement inexistante ; la crue annuelle présente une montée et une descente de crue régulière.

L'exportation solide totale est de 485.140 tonnes, le volume d'eau écoulé, de 6.190.10⁶ m³. Les maxima des apports liquide et solide se superposent, cela tient à l'allure particulière de l'hydrogramme ; ils se placent dans la seconde quinzaine de septembre (22,1 % solide - 22,6 % liquide). Le pourcentage des apports solides est plus élevé que celui des apports liquides, en fin de montée de crue (première quinzaine de septembre : 20,9 % solide - 14,8 % liquide).

F) Année 1969 : (fig. 32)

L'année 1969 est également déficitaire : le module annuel est de 211 m³/s. La crue annuelle se produit tardivement, le maximum de crue a lieu dans la première quinzaine de novembre.

L'exportation solide correspondant à la crue annuelle, de juillet à décembre, est de 526.176 tonnes, le volume d'eau écoulé durant cette période est de 6.262.10⁶ m³ (soit 94 % du total annuel). Les apports solides présentent deux maxima : l'un qui est décalé par rapport au premier maximum de crue (2e quinzaine de septembre) il se produit dans la première quinzaine de septembre (74.305 tonnes) ; l'autre qui coïncide avec le second maximum, de crue (1e quinzaine de novembre), atteint 79.500 tonnes.

Tableau récapitulatif des exportations solides :

ANNEE	Exportation solide (tonnes)	Volume d'eau écoulé (10 ⁶ m ³)
1963 (crue)	900.445	11.560
1964	906.785	12.182
1965	831.775	11.139
1966	889.835	7.906
1967	485.140	6.190
1969 (crue)	526.176	6.262

Volume d'eau écoulé et exportation solide

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Vclume écoulé (10 ³ m ³)	66.096	42.854	25.272	21.902	24.624	23.501	15.552	11.664	19.440	42.854	37.584	64.800	98.496	58.061	111.456	569.549	917.568	1.397.088	1.327.104	714.701	278.640	159.408	89.424	71.885	6.189.523
Pourcentage vclume écoulé	1,1	0,7	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,7	0,6	1,0	1,6	0,9	1,8	9,2	14,8	22,6	21,4	11,5	4,5	2,6	1,4	1,2	
Pourcentage cumulé	1,1	1,8	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6	3,8	4,1	4,8	5,4	6,4	8,0	8,9	10,7	19,9	34,7	57,3	78,7	90,2	94,7	97,3	98,7	99,9	
Exportation solide (tonnes)	1.296	1.210	950	778	778	605	432	605	864	1.210	2.938	7.258	7.776	6.480	7.085	51.840	101.520	107.136	82.512	55.728	20.563	11.491	8.554	5.530	485.139
Pourcentage Exportation solide	0,25	0,25	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,5	1,6	1,3	1,5	10,7	20,9	22,1	17,0	11,5	4,2	2,4	1,8	1,1	
Pourcentage cumulé	0,25	0,5	0,7	0,85	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,4	3,9	5,5	6,8	8,3	19,0	39,9	62,0	79,0	90,5	94,7	97,1	98,9	100	

Bandama à Bafecac (en Kg/s).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	C	N	D	ANNEE													
1963								65,3	70,5	84,7	120,3	94,8	90,5	82,5	48,8	21,8										
									77,6	107,5	86,5	35,3														
1964	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,7	2,8	9,9	17,9	31,5	65,5	100,5	105,5	99,7	83,2	64,8	44,2	25,6	17,1	7,7	5,2		
	0,6	0,5	0,25	0,1	1,75	13,9	48,5	103,0	91,4	54,5	21,35	6,45	28,5													
1965	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	2,7	4,2	13,1	17,0	51,7	70,6	76,0	75,0	77,0	76,7	61,0	44,4	24,7	14,5	7,8	2,6			
	1,15	1,25	1,2	1,3	3,45	15,05	61,15	75,5	76,85	52,7	19,6	5,2	26,2													
1966	0,9	0,7	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	2,8	5,3	7,3	7,5	6,1	7,1	91,9	145,0	130,3	111,0	82,5	48,0	15,0	6,2	2,7		
	0,8	0,6	0,35	0,55	1,85	6,3	6,8	49,5	137,65	96,75	31,5	4,45	28,1													
1967	1,0	0,9	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,9	2,3	5,6	6,0	4,7	5,5	37,5	78,3	82,7	63,7	40,3	15,9	8,9	6,6	4,0		
	0,95	0,7	0,5	0,4	0,8	3,95	5,35	21,5	80,5	52,0	12,4	5,3	15,4													
1969																										
									11,1	27,7	46,1	57,3	47,0	31,7	39,8	60,5	61,3	11,5	5,1							
										36,9	52,15	35,75	60,9	8,3												

Le graphique (fig. 84), établi en portant en abscisses, les volumes d'eau écoulé et en ordonnées, les valeurs de l'exportation solide annuelle, met en évidence la relation existant entre ces deux grandeurs ; cependant, elle semble être moins satisfaisante, pour l'année 1966, bien que les valeurs d'exportation solide à la station de Bafécao, concordent avec celles des stations de Zienoa et Tiassalé.

3°) Dégradation spécifique :

Nous nous servons de cette caractéristique, établie en rapportant la quantité de matériel exporté à la station de Bafécao, au km² de bassin, uniquement, pour des comparaisons annuelles. Cette notion de dégradation spécifique ne présentant aucune signification réelle.

Les valeurs des dégradations spécifiques observées sur le bassin du Bandama à Bafécao sont les suivantes :

Dégradations spécifiques annuelles (t/km²) :

! ANNEE	! Dégradation spécifique (t/km ²)	! Coefficient d'écoulement!
! 1964	! 15,1	! 15,3
! 1965	! 13,8	! 13,7
! 1966	! 14,8	! 9,4
! 1967	! 8,1	! 7,7
! 1969	! 8,7	! 9,1

Dégradations spécifiques bimensuelles (t/km²) :

	1963	1964	1965	1966	1967	1969
1e q. Mai		0,06	0,10	0,06	0,02	
1e q. Juin		0,21	0,28	0,11	0,05	
2e q. Juin		0,38	0,37	0,16	0,12	
1e q. Juillet		0,68	1,11	0,16	0,13	
2e q. Juillet	1,50	1,50	1,62	0,14	0,11	0,25
1e q. Août	1,52	2,16	1,64	0,15	0,12	0,59
2e q. Août	1,94	2,42	1,72	2,11	0,86	1,06
1e q. Septembre	2,59	2,15	1,66	3,12	1,69	1,23
2e q. Septembre	2,04	<u>1,79</u>	1,65	2,81	<u>1,78</u>	<u>1,01</u>
1e q. Octobre	1,95	1,40	<u>1,31</u>	<u>2,39</u>	1,37	0,68
2e q. Octobre	<u>1,89</u>	1,02	1,02	1,89	0,93	0,91
1e q. Novembre	1,05	0,55	0,53	1,03	0,34	<u>1,30</u>
2e q. Novembre	0,47	0,37	0,31	0,32	0,19	1,32
1e q. Décembre		0,17	0,17	0,13	0,14	0,25
2e q. Décembre		0,12	0,06	0,06	0,09	0,12

(les chiffres soulignés, correspondent aux maxima de volume d'eau écoulé par quinzaine).

Il est à remarquer que les valeurs de dégradations spécifiques les plus élevées se situent pendant la montée de crue.

STATION DE ZIENGA

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN

Les coordonnées géographiques de la station de Zienoa sont les suivants : 4°48'42" de longitude W et 6°00'40" de latitude N (fig. 7).

La superficie du bassin est de 33.150 km². L'hypsométrie s'établit comme suit (fig. 6 et 9).

altitude inférieure à 100 m	:	7 %	de la superficie		
"	comprise entre 100-200 m	:	40 % de la superficie		
"	"	entre 200-300 m	:	36 %	"
"	"	entre 300-400 m	:	16 %	"
"	"	entre 400-710 m	:	1 %	"

L'altitude moyenne est de 215 mètres.

La station de Zienoa est située à 710 km de la source ; la pente moyenne de la source à Zienoa est de 0,52 m/km (fig. 8).

La couverture végétale du bassin comprend 20 % de forêt sempervirente ; le reste étant représenté par des forêts claires et des savanes préforestières (fig. 4).

II - PERIODES D'ETUDE

Les études de transport solide en suspension ont été menées d'avril 1964 à janvier 1968 ; de mai à décembre 1969, nous avons procédé à un échantillonnage journalier.

Les modules des années d'étude sont les suivants :

1964 : 95,5 m³/s

1965 : 87,8 m³/s

1966 : 118,8 m³/s

1967 : (32,5) m³/s

1969 : 32,5 m³/s

Module interannuel : 90,0 m³/s

soit une année excédentaire (1966) - deux années moyennes (1964-1965) et deux années déficitaires (1967-1969).

III - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU N'ZI à ZIENCA

Le N'Zi, à la station de Zienca, présente un régime hydrologique de type équatorial de transition atténué. La saison des moyennes et hautes eaux s'étale de mai à novembre.

Les valeurs des caractéristiques déterminées sur neuf ans d'observation, sont les suivantes :

Pluviométrie moyenne du bassin	:	1205 mm
Déficit d'écoulement	:	1112 mm
Coefficient d'écoulement	:	7,7 %
Module spécifique	:	2,9 l/s/km ²
Module médian	:	97,4 m ³ /s
Module en année humide	:	150 m ³ /s
Module en année sèche	:	25 m ³ /s
Coefficient d'irrégularité inter-annuelle	:	6,0

La répartition des débits moyens mensuels s'établit comme suit : (en m³/s) (fig. 12).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1,7	3,4	3,6	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215,0	320,0	147,0	26,0	97,4

Les caractéristiques hydrologiques correspondant aux années étudiées : 1964 - 1965 - 1966 - 1967 et 1969, sont résumées dans les tableaux 25 et 26.

TABLÉAU 25 - Caractéristiques hydrologiques
du NZI à ZIENOA

	1964	1965	1966	1967	1969	INTER- ANNUEL
Pluviométrie moyenne - P my (mm)	1152	1175	1205	1173	922	1205
Module (m ³ /s)	95,5	87,8	118,8	(32,5)	32,5	97,4
Débit spécifique (l/s/km ²)	2,9	2,6	3,6	1,0	1,0	2,9
Volume d'eau écoulé Ve (10 ⁶ m ³)	3007,3	2799,7	3767,7	1031,2	1024,9	3071,6
Lame d'eau écoulée Le (mm)	90	84	113	31 _m	31	93
Déficit d'écoulement De (mm)	1062	1091	1092	1142	891	1112
Coefficient d'écoulement Ce %	7,8	7,1	9,4	2,6	3,4	7,7
Débit maximum (m ³ /s)	435	368	420	165		

TABLEAU 26 - Débits moyens bimensuels et mensuels du NZI à ZIENOA

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1964	21,2 9,8	6,3 4,9	1,9 3,8	21,2 13,6	22,4 52,5	108,1 249,3	224,4 95,4	97,3 68,3	233,3 345,7	358,6 138	86,5 40,8	32,7 56,8	
	15,5	5,6	2,8	17,4	37,4	178,7	159,9	82,8	289,5	248,3	63,6	44,7	95,5
1965	18,1 8,7	4,2 3,3	7,4 7,3	4,4 14,6	25,9 17,5	20,7 98,6	145,4 214,8	127,6 183,8	163,3 243,6	317,7 322	92,4 40,1	18,7 9,7	
	13,4	3,7	7,4	9,5	21,7	59,6	180,1	155,7	203,4	319,8	66,2	14,2	87,8
1966	5,7 3,7	4,5 3,4	2,3 2,1	30,0 32,7	75,8 58,1	84,9 255,7	201,2 186,8	61,8 141,1	355,9 335,4	315,7 393,5	170,5 64,1	41,8 26,8	
	4,7	3,9	2,2	31,3	66,9	170,3	194,0	101,4	345,6	354,6	117,3	34,3	118,8
1967	8,0 5,4	2,7 3,2	1,3 1,3	1,8 3,1	5,6 8,0	14,5 47	95,1 32,0	10,9 67,1	112,0 87,7	87,8 91,7	31,0 25,3	25,4 13,6	
	6,7	2,9	1,3	2,4	6,8	30,7	(63,5)	(39,0)	(99,8)	(89,7)	(28,1)	(19,5)	(32,5)
1969	34,3 19,3	11,1 6,9	7,2 12,7	7,1 26,1	29,4 17,8	15,7 39,7	21,6 13,0	10,7 6,7	9,5 17,0	30,8 40,7	144,4 187,6	48,6 22,6	
	26,8	9,0	9,9	16,6	23,6	27,7	17,3	8,7	13,2	35,7	166,0	35,6	32,5
INTER- ANNUUEL	8,7	3,4	3,6	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215,0	320,0	147,0	26,0	97,4

IV - TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION

=====

1°) Charge solide unitaire :

Les tableaux 27 à 30 présentent les valeurs de charge solide unitaire observées durant les années 1964-1965-1966-1967 et 1969.

Les variations des teneurs en matériaux transportés en suspension sont les suivantes : (fig. 36 - 39 et 40).

- les valeurs observées en période d'étiage, de janvier à mi-avril, sont comprises entre 20 et 80 g/m³. (78 g/m³ en avril 1964 - 62,3 en mars 1965 - 61,1 en avril 1965 - 21,0 en janvier 1966 - 23,1 en mars 1966 - 54,2 en janvier 1967 - 23,2 en avril 1967).

- les valeurs correspondant aux premières crues qui s'échelonnent d'avril à juillet, présentent une forte augmentation 197,3 g/m³ en avril 1964 - 159,0 en juin 1965 - 158,5 en juin 1967 - 210,9 en mai 1969. Les teneurs restent élevées durant toute cette période. Au cours de la crue 1969, où les observations étaient journalières, ce phénomène est bien mis en évidence : au mois de mai, un groupe de fortes valeurs supérieures à 200 g/m³ avec un maximum de 306,5 g/m³, intervient dès la première crue ; ensuite, les teneurs se stabilisent autour d'une valeur moyenne de 150 g/m³, avec quelques ressauts dus aux pointes de crue. Nous pouvons cependant noter une légère décroissance jusqu'au début de la seconde crue, dont le maximum est anormalement placé très tard dans la saison.

- les valeurs de la seconde crue, qui s'étale en général, d'août à fin octobre, diminuent régulièrement, indépendamment des variations du débit liquide, ainsi :

en 1964 : 142,6 (août) - 144,7 (septembre) - 102,3 (octobre) - 99,7 (novembre) - 93,7 (décembre).

en 1965 : 191,7 (août) - 114,2 (septembre) - 108,9 (octobre) - 86,2 (novembre) - 46,5 (décembre).

TABLEAU 27 - Charges solides à la Station de ZIENOA

Date de Prélèvement	Charge solide unitaire moyenne (g/m ³)	Débit liquide (m ³ /s)	Débit solide (g/s)
10- 4-1964	78,0	22,8	178
28- 4-1964	197,3	10,0	1.973
22- 5-1964	151,0	30,5	4.605
11- 6-1964	168,4	164,0	27.618
5- 7-1964	166,1	266,0	44.183
13- 8-1964	142,6	94,6	13.490
4- 9-1964	144,7	136,6	19.766
2-10-1964	102,35	380,0	38.893
5-11-1964	99,7	83,0	8.275
11-12-1964	93,7	33,0	3.092
5- 3-1965	62,3	9,1	567
22- 4-1965	61,1	24,0	1.466
18- 6-1965	159,0	45,0	7.155
23-7 -1965	255,9	242,8	62.132
26- 8-1965	191,7	212,4	40.717
17- 9-1965	114,2	159,2	18.181
14-10-1965	108,9	277,7	30.241
11-11-1965	86,2	78,1	6.732
22-12-1965	46,5	10,8	502
21-1 -1966	20,85	3,2	67
3- 3-1966	23,15	0,7	17
12- 5-1966	54,7	34,0	1.860
1- 7-1966	96,4	160,8	14.501
12- 8-1966	80,3	42,6	3.421
1- 9-1966	171,05	323,0	55.249
13-10-1966	137,2	320,0	43.904
24-11-1966	59,35	66,0	3.917
15-12-1966	32,1	34,0	1.091
19- 1-1967	54,2	6,4	347
6- 4-1967	23,2	1,0	24
1- 6-1967	19,25	5,4	104
29- 6-1967	158,5	92,4	14.645
10- 8-1967	116,05	11,6	1.346
14- 9-1967	180,8	88,0	15.910
12-10-1967	135,0	94,6	12.771
9-11-1967	81,5	25,5	2.078
11-1- 1968	75,55	2,1	156

M A I				J U I N				J U I L L E T			
Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s		Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s		Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s	
1			1	167,0	10,0	1670	1	156,1	29,0	4527	
2			2	153,6	9,7	1490	2	143,9	26,5	3813	
3			3	139,7	9,4	1313	3	157,3	24,5	3854	
4			4	138,2	9,1	1244	4	150,8	24,0	3619	
5			5		8,8		5	150,9	24,5	3697	
6			6	153,3	9,1	1395	6	152,3	24,5	3731	
7			7	145,3	9,1	1322	7	173,8	24,5	4258	
8			8	150,5	9,4	1415	8	160,9	23,4	3765	
9			9	145,9	9,7	1415	9	165,1	19,8	3269	
10			10	165,9	18,6	3086	10	182,4	19,2	3502	
11			11	135,1	21,6	2918	11	171,9	22,2	3816	
12			12	176,2	24,0	4229	12	191,5	18,6	3562	
13			13	139,2	28,0	3898	13	179,3	15,6	2797	
14			14	170,3	31,5	5364	14	174,9	14,4	2519	
15			15	139,8	25,0	3495	15	171,5	14,4	2470	
16	210,9	20,4	16	160,4	22,2	3561	16	170,3	13,2	2248	
17	215,5	18,6	17	169,1	22,2	3754	17	178,7	12,0	2144	
18	196,2	18,0	18	161,9	18,6	3011	18	169,8	10,8	1834	
19	195,7	18,0	19	171,7	23,4	4018	19	171,8	10,0	1718	
20	206,4	18,6	20	181,9	49,7	9040	20	175,5	9,1	1597	
21	204,0	20,4	21	166,8	48,2	8040	21	178,0	8,5	1513	
22	200,9	26,5	22	167,7	47,4	7949	22	177,4	7,6	1348	
23	214,2	21,0	23	174,4	65,0	11336	23	186,8	7,6	1420	
24	256,4	19,2	24	166,3	59,0	9812	24	166,6	7,3	1216	
25	170,4	18,6	25		57,0		25	169,5	7,3	1237	
26	280,8	16,8	26	167,1	45,0	7520	26	170,7	14,0	2390	
27	197,4	15,2	27	170,7	38,2	6521	27	178,3	24,5	4368	
28	200,2	14,4	28	165,5	36,1	5975	28	173,7	22,8	3960	
29	306,5	13,2	29	162,5	33,5	5444	29	161,7	19,8	3202	
30	235,5	12,0	30	167,8	30,5	5118	30	152,1	17,6	2677	
31		10,8					31	160,7	16,0	2571	

A O U T				S E P T E M B R E				O C T O B R E			
	Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s		Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s		Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s
1	156,8	14,8	2321	1	131,5	6,8	894	1	138,4	21,0	2906
2	166,7	14,0	2334	2	133,3	6,6	880	2		19,8	
3	163,6	12,8	2094	3	135,0	7,0	945	3		18,6	
4	159,4	12,4	1977	4	126,8	7,6	964	4	113,7	20,4	2319
5	159,8	11,6	1854	5	136,3	7,9	1077	5	129,4	22,2	2873
6	170,4	11,2	1908	6	139,9	8,2	1147	6	161,3	23,4	3774
7	176,8	10,8	1909	7	137,2	7,6	1043	7	134,1	24,0	3218
8	165,9	12,0	1991	8	140,3	7,6	1066	8	136,4	27,0	3683
9	157,9	11,2	1768	9	136,2	10,4	1416	9	112,3	32,0	3594
10	167,5	10,0	1675	10	141,2	12,4	1751	10	233,0	34,0	7922
11	168,5	9,1	1533	11	143,5	13,6	1952	11	193,1	41,0	7917
12	159,2	8,8	1401	12	148,8	13,2	1964	12	177,1	45,8	8111
13	156,3	8,2	1282	13	154,1	12,4	1911	13	204,1	46,6	9511
14	156,9	7,6	1192	14	161,4	11,2	1808	14	206,4	44,2	9123
15	170,9	7,3	1248	15	164,0	10,4	1706	15	201,5	42,6	8584
16	159,1	6,8	1082	16	151,5	10,8	1636	16	186,3	42,6	7936
17	154,0	6,4	986	17	154,8	11,2	1734	17	176,5	41,8	7378
18	153,3	6,2	950	18	153,1	10,8	1653	18	184,9	40,3	7451
19	150,0	6,0	900	19	145,9	10,8	1576	19	188,6	38,9	7337
20	142,7	5,8	828	20	144,2	10,4	1500	20	179,3	38,2	6849
21	146,8	5,6	822	21	145,7	10,4	1515	21	179,7	41,0	7388
22	142,3	5,4	768	22	152,0	12,4	1885	22	177,7	40,3	7161
23	140,6	5,2	731	23	140,3	16,4	2301	23	179,3	38,9	6975
24	143,3	5,2	745	24	125,1	18,0	2252	24	195,8	38,2	7480
25	135,8	6,0	815	25	121,3	22,2	2693	25	207,1	39,6	8201
26	139,0	8,5	1182	26	130,6	25,5	3330	26	207,8	41,0	8520
27	133,8	9,1	1218	27	130,5	26,0	3393	27	209,1	41,0	8573
28	130,5	8,8	1148	28	120,5	24,5	2952	28	202,5	41,0	8303
29	137,3	7,9	1085	29	130,9	24,0	3142	29	191,4	41,0	7847
30	127,3	7,6	967	30	131,6	22,2	2922	30	178,4	41,8	7457
31	128,7	7,3	940					31	185,2	46,6	8630

N O V E M B R E				D E C E M B R E			
	Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s		Charge unitaire g/m ³	Débit liquide m ³ /s	Débit solide g/s
1		44,2		1	180,7	73,7	13.318
2	179,3	49,7	8.911	2	164,5	68,2	11.219
3		69,3		3	166,2	63,0	10.471
4	184,6	66,0	12.184	4	160,2	59,0	9.452
5		88,0		5	152,9	55,3	8.455
6	289,7	66,0	19.120	6	148,0	52,5	7.770
7		54,6		7	151,0	48,2	7.278
8	334,8	152,8	51.157	8	164,2	45,8	7.520
9		148,0		9	140,0	42,6	5.964
10	289,7	180,2	52.204	10	146,0	40,3	5.884
11		210,3		11	140,2	38,9	5.454
12	309,2	230,0	71.116	12	138,2	37,5	5.182
13		256,8		13	136,9	36,8	5.038
14		274,2		14	133,6	34,0	4.542
15		276,0		15	120,4	34,0	4.094
16		279,4		16	125,9	31,5	3.966
17		279,4		17	131,8	29,5	3.888
18	248,8	282,8	70.361	18	129,2	28,0	3.618
19	252,8	279,4	70.632	19	123,3	26,5	3.267
20	232,7	268,8	62.550	20	117,4	25,0	2.935
21	229,2	249,6	57.208	21	133,5	24,5	3.271
22	217,9	223,6	48.722	22	123,3	24,0	2.959
23	213,9	188,4	40.299	23	123,6	23,4	2.892
24	215,3	154,4	33.242	24	120,2	21,0	2.734
25	206,8	132,4	27.330	25	122,2	20,4	2.493
26	209,6	114,2	23.936	26	130,4	19,8	2.582
27	194,7	102,3	19.918	27	120,2	19,2	2.308
28	196,7	94,6	18.608	28	125,6	19,2	2.411
29	185,0	85,8	15.873	29	127,7	17,2	2.196
30	187,9	80,3	15.088	30	114,9	16,4	1.884
				31	89,1	16,0	1.426

en 1966 : 171,0 (septembre) - 137,2 (octobre) - 59,3 (novembre) - 32,1 (décembre).

en 1967 : 180,8 (septembre) - 135,0 (octobre) - 81,5 (novembre) - 75,5 (janvier).

en 1969 : le schéma est différent, par suite de l'allure particulière de l'hydrogramme, caractérisé par une pointe de crue, réduite dans le temps. A l'amorce de la seconde crue, la charge augmente brutalement, pour se stabiliser aux environs de 190 g/m^3 . Une seconde augmentation, plus nette, de 190 à 335 g/m^3 se produit à la pointe de crue ; à la décrue, les valeurs décroissent rapidement de 310 à 120 g/m^3 .

2°) Exportation solide :

Les valeurs des débits solides correspondant aux valeurs de charges solides unitaires décrites dans le paragraphe précédent sont rassemblées dans les tableaux 27 à 30. Les résultats des apports solides et liquides bimensuels et annuels, sont exposés dans les tableaux 31 à 36.

Nous étudierons, année par année, le bilan de l'exportation solide :

A) Année 1964 : (tableau 31 - fig. 37, 38 et 42).

Le module annuel ($95,5 \text{ m}^3/\text{s}$) est équivalent au module inter-annuel ($97,4 \text{ m}^3/\text{s}$). L'hydrogramme se différencie du modèle inter-annuel par ses maxima de crue décalés (1^e maximum, en juin - 2^e maximum, en septembre).

L'exportation solide peut être estimée à 420.335 tonnes, le volume d'eau écoulé correspondant est de $3.007.10^6 \text{ m}^3$. Les histogrammes (fig. 37, 38 et 42), représentant les débits moyens liquides et solides bimensuels, et leurs pourcentages respectifs, nous montrent que les maxima des apports liquides et solides coïncident. Au cours de la première crue (juin-juillet), il s'exporte 41,3 % des apports solides annuels (volume d'eau écoulé correspondant : 29,5 %) et au cours de la seconde (septembre-octobre), 36,3 % (Ve : 46,6 %).

TABLEAU 31 - ZIENOA 1964

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	27.475	13.547	8.165	5.504	2.462	5.253	27.475	17.626	29.030	72.576	140.098	323.093	290.822	131.881	126.101	94.418	302.357	448.027	464.746	190.771	112.104	52.877	42.379	78.520	3.007.307
Pourcentage Volume écoulé	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	0,2	0,9	0,6	1,0	2,4	4,7	10,7	9,7	4,4	4,2	3,1	10,0	14,9	15,4	6,3	3,7	1,8	1,4	2,6	
Pourcentage cumulé	0,9	1,4	1,7	1,9	2,0	2,2	3,1	3,7	4,7	7,1	11,8	22,5	32,2	36,6	40,8	43,9	53,9	68,8	84,2	90,5	94,2	96,0	97,4	100,0	
Exportation solide (tonnes)							5.011	1.728	3.888	11.059	30.240	46.310	54.259	42.682	22.810	22.464	29.894	50.112	44.582	28.166	11.405	7.430	4.493	3.802	420.335
Pourcentage Exportation solide							0,4	0,9	2,6	7,2	11,0	12,9	10,2	5,3	5,3	7,1	11,9	10,6	6,7	2,7	1,8	1,1	0,9		
Pourcentage cumulé							1,2	1,6	2,5	5,1	12,3	23,3	36,2	46,4	51,7	57,0	64,1	76,0	86,6	93,3	96,0	97,8	98,9	99,8	

B) Année 1965 : (tableau 32 - fig. 37, 38 et 43).

Le module ($87,8 \text{ m}^3/\text{s}$) est celui d'une année moyenne. La répartition mensuelle des débits moyens est normale, cependant les mois de juin et novembre sont déficitaires.

L'exportation solide totale est de 447.205 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de $2.780.10^6 \text{ m}^3$. Le maximum de transport solide (18,7 % dans la seconde quinzaine de juillet - 15,2 % et 13,3 % au mois d'août) se produit nettement avant le maximum de crue (11,3 % dans la seconde quinzaine de septembre - 14,7 % et 15,9 % au mois d'octobre). Si l'on considère que la première crue s'étale en juillet-août et la seconde en septembre-octobre, les pourcentages respectifs de matériaux solides sont les suivants : 58,3 % (Ve : 32,3 %) et 27,8 % (Ve : 49,4 %).

C) Année 1966 : (tableau 33 - fig. 37, 38 et 44).

Le module ($118,8 \text{ m}^3/\text{s}$) est supérieur au module interannuel ($97,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Les deux crues sont mieux individualisées qu'en 1965 ; les débits moyens mensuels correspondant à ces crues sont nettement excédentaires (juin : $170,3 \text{ m}^3/\text{s}$ - juillet : $194,0 \text{ m}^3/\text{s}$ - septembre $345,6 \text{ m}^3/\text{s}$ - octobre : $354,6 \text{ m}^3/\text{s}$).

L'exportation solide totale est de 397.975 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de $3.768.10^6 \text{ m}^3$. Les variations mensuelles des pourcentages relatifs aux apports liquides et solides évoluent dans le même sens. A la première crue, correspondent les taux suivants : 14,15 % solide - 25,5 % liquide ; a la seconde, 77,6 % solide - 60,1 % liquide.

Volume d'eau écoulé et exportation solide

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	23.458	12.027	5.443	3.707	9.590	10.091	5.702	18.922	33.566	24.192	26.827	127.786	188.438	296.939	165.370	254.085	211.637	315.706	411.739	445.133	119.750	51.970	24.235	13.409	2.799.722
Pourcentage volume écoulé	0,8	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4	0,2	0,7	1,2	0,9	1,0	4,6	6,7	10,6	5,9	9,1	7,5	11,3	14,7	15,9	4,3	1,9	0,8	0,5	
Pourcentage cumulé	0,8	1,2	1,4	1,5	1,8	2,2	2,4	3,1	4,3	5,2	6,2	10,8	17,5	28,1	34,0	43,1	50,6	61,9	76,6	92,5	96,8	98,7	99,5	100,0	
Exportation solide (tonnes)	346	864	518	691	518	1.037	1.210	2.419	3.974	68.394	7.430	17.971	49.594	83.635	67.910	59.616	34.042	27.302	36.288	26.784	11.405	4.838	1.382	1.037	447.205
Pourcentage Exportation solide	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	1,7	4,0	11,1	18,7	15,2	13,3	7,6	6,1	8,1	6,0	2,6	1,1	0,3	0,2	
Pourcentage cumulé	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,7	2,6	4,0	5,7	9,7	20,8	39,5	54,7	68,0	75,6	81,7	89,8	95,8	98,4	99,5	99,8	100,0	

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	7.387	5.115	5.832	3.819	2.981	2.903	38.880	42.379	98.237	80.317	110.030	331.387	260.755	258.232	80.093	195.057	461.246	434.678	409.147	543.974	220.968	83.074	54.173	37.048	3.767.712
Pourcentage volume écoulé	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	1,0	1,1	2,6	2,1	2,9	8,8	6,9	6,9	2,1	5,2	12,2	11,5	10,9	14,4	5,9	2,2	1,4	1,0	
Pourcentage cumulé	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,8	2,9	5,5	7,6	10,5	19,3	26,2	33,1	35,2	40,4	52,6	64,1	75,0	89,4	95,3	97,5	98,9	99,9	
Exportation solide (tonnes)	138	121	69	35	190	708	1.279	1.728	2.298	6.394	11.059	16.416	16.934	12.096	6.912	44.755	67.910	65.318	58.752	47.002	25.229	8.260	2.730	1.642	397.975
Pourcentage Exportation solide	0,05	0,05			0,05	0,2	0,3	0,4	0,6	1,6	2,8	4,1	4,25	3,0	1,7	11,2	17,1	16,4	14,8	11,8	6,3	2,1	0,7	0,4	
Pourcentage cumulé	0,05	0,1			0,15	0,35	0,65	1,05	1,65	3,25	6,05	10,15	14,4	17,4	19,1	30,3	47,4	63,8	78,6	90,4	96,7	98,8	99,5	99,4	

D) Année 1967 : (tableau 34 - fig. 37, 38 et 45).

Le module ($32,5 \text{ m}^3/\text{s}$) est nettement inférieur au module interannuel ($97,4 \text{ m}^3/\text{s}$). La répartition mensuelle des débits moyens est normale. Les crues annuelles très atténuées, sont cependant individualisées.

L'exportation solide est de 136.497 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de $1.031.10^6 \text{ m}^3$. Comme en 1966, les maxima de crues liquide et solide coïncident (1^e quinzaine de juillet : 11,9 % solide ; 11,3 % liquide - septembre : 14,5 % solide - 14,1 % liquide et 13,7 % solide - 11,0 % liquide - 1^e quinzaine d'octobre : 12,5 % solide - 11,0 % liquide). On peut noter que durant la seconde quinzaine de juin, il y a prédominance de la proportion des éléments solides (11,0 % pour 5,9 % liquide). Il s'évacue, à la première crue (juin-juillet), 32,0 % des solides, et 23,9 % du volume d'eau ; à la seconde, 57,8 % des solides et 57,4 % du volume d'eau écoulé.

E) Année 1969 : (tableau 35 - fig. 37, 38, 41 et 46).

Le module ($32,5 \text{ m}^3/\text{s}$) est faible, tout comme en 1967. Les débits moyens mensuels sont nettement inférieurs aux débits mensuels interannuels, sauf le mois de novembre qui est légèrement excédentaire. L'hydrogramme est caractérisé par une crue unique, en novembre.

De mai à décembre, l'exportation solide est de 160.222 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de 821.10^6 m^3 . Le maximum de crue solide (46.373 et 50.226 tonnes) en novembre, correspond au maximum de crue liquide (187 et 243.10^6 m^3). Les pourcentages relatifs aux matériaux exportés et au volume d'eau écoulé sont respectivement de 60,2 % et 52,4 % pour la seule crue du mois de novembre.

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	10.368	7.465	3.499	3.594	1.685	1.797	2.333	4.018	7.258	11.059	18.792	60.912	123.250	44.237	14.126	92.759	145.152	113.659	113.789	126.766	40.176	32.789	32.918	18.801	1.031.202
Pourcentage volume écoulé	1,0	0,7	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	1,1	1,8	5,9	11,9	4,3	1,4	9,0	14,1	11,0	11,0	12,3	3,9	3,2	3,2	1,8	
Pourcentage cumulé	1,0	1,7	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,3	4,0	5,1	6,9	12,8	24,7	29,0	30,4	39,4	53,5	64,5	75,5	87,8	91,7	94,9	98,1	99,9	
Exportation solide (tonnes)	363	415	311	225	173	121	35	104	86	138	4.493	15.034	15.466	8.813	3.715	12.010	19.872	18.749	17.107	11.318	3.629	1.901	1.469	950	136.497
Pourcentage Exportation solide	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,3	11,0	11,3	6,4	2,7	8,8	14,5	13,7	12,5	8,3	2,6	1,4	1,1	0,7	
Pourcentage cumulé	0,3	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	4,9	15,9	27,2	33,6	36,3	45,1	59,6	73,3	85,8	94,1	96,7	98,1	99,2	99,9	

TABLEAU 35 - ZIENOA 1969

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE							
Volume écoulé (103 m ³)	24.330	20.088	51.451	28.123	17.971	13.997	9.262	12.312	22.032	39.917	56.540	187.142	243.259	62.986	31.242	820.652
Pourcentage volume écoulé	3,0	2,4	6,3	3,4	2,2	1,7	1,1	1,5	2,7	4,9	6,9	22,8	29,6	7,7	3,8	
Pourcentage cumulé	3,0	5,4	11,7	15,1	17,3	19,0	20,1	21,6	24,3	29,2	36,1	58,9	88,5	96,2	100,0	
Exportation solide (tonnes)	5.177	3.062	7.871	4.597	3.062	2.287	1.309	1.773	2.978	7.322	10.667	46.373	50.226	9.645	3.873	160.222
Pourcentage Exportation solide	3,2	1,9	4,9	2,9	1,9	1,4	0,8	1,1	1,9	4,6	6,7	28,9	31,3	6,0	2,4	
Pourcentage cumulé	3,2	5,1	10,0	12,9	14,8	16,2	17,0	18,1	20,0	24,6	31,3	60,2	91,5	97,5	99,9	

TABLEAU 30 - DEBITS MOYENS SOLIDES DIMENSIONNELS ET MENSUELS DU
 NZI à ZIENOA (en Kg/s).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
1964				3,9	3,0	23,3	41,9	17,6	23,1	34,3	8,8	3,5	
				1,3	8,0	35,7	30,9	16,2	38,7	20,4	5,7	2,7	
1965				2,6	5,5	29,5	36,4	16,9	30,9	27,3	7,25	3,1	
	0,3			0,9	3,1	5,7	38,3	51,8	26,3	28,0	8,8	1,1	
1966	0,45	0,5	0,55	1,4	3,85	9,8	49,4	47,45	23,7	23,7	6,25	0,9	14,0
	0,1	0,05	0,1	1,0	1,8	6,5	13,1	5,3	52,4	45,3	19,5	2,1	
1967	0,3	0,2	0,1	0,75	1,6	7,55	9,15	5,8	14,9	10,7	2,15	0,9	4,5
	0,1	0,05	0,3	1,15	3,2	10,6	10,9	18,85	51,4	39,65	12,95	1,65	12,6
1969						3,7	2,4	1,8	1,4	5,6	35,8	7,4	
						6,5	6,5	0,9	2,3	7,7	38,7	2,8	
						4,45	2,85	1,35	1,85	6,65	37,25	5,1	

Tableau récapitulatif des exportations solides.

! ANNEE !	! Exportation solide ! ! (tonnes) !	! Volume d'eau écoulé ! ! (10^6 m ³) !
! 1964 !	! 420.335 !	! 3.007 !
! 1965 !	! 447.205 !	! 2.780 !
! 1966 !	! 397.975 !	! 3.768 !
! 1967 !	! 136.497 !	! 1.031 !
! 1969 !	! 160.222 !	! 821 !
! (crue) !	! !	! (mai à décembre) !

Le graphique (fig. 84), établi en portant en abscisses, les volumes d'eau écoulé et en ordonnées, les valeurs de l'exportation solide annuelle, met en évidence la relation existant entre ces deux grandeurs ; cependant, comme pour la station de Bafecao, les valeurs de l'année 1966 s'écartent légèrement de la droite.

3°) Dégradation spécifique :

Les valeurs des dégradations spécifiques observées sur le bassin du N'Zi à Zienoa sont les suivantes :

Dégradations spécifiques annuelles (t/km²) :

! ANNEE !	! Dégradation spécifique ! ! (t/km ²) !	! Coefficient d'écoulement !
! 1964 !	! 12,7 !	! 7,8 !
! 1965 !	! 13,5 !	! 7,1 !
! 1966 !	! 12,0 !	! 9,4 !
! 1967 !	! 4,1 !	! 2,6 !
! 1969 !	! 4,8 !	! 3,4 !

Dégradations spécifiques bimensuelles (t/km²) :

	1964	1965	1966	1967	1969
2e q. Mai	0,33	0,19	0,19	0,01	0,16
1e q. Juin	0,91	0,22	0,33	0,14	0,09
2e q. Juin	1,40	0,54	<u>0,50</u>	0,45	0,24
1e q. Juillet	1,64	1,50	0,51	<u>0,47</u>	0,14
2e q. Juillet	<u>1,29</u>	<u>2,52</u>	0,36	0,27	0,09
1e q. Août	0,69	2,05	0,21	0,11	0,07
2e q. Août	0,68	1,80	1,35	0,36	0,04
1e q. Septembre	0,90	1,03	2,05	<u>0,60</u>	0,05
2e q. Septembre	<u>1,51</u>	0,82	1,97	0,57	0,09
1e q. Octobre	<u>1,34</u>	<u>1,09</u>	1,77	0,52	0,22
2e q. Octobre	0,85	<u>0,81</u>	<u>1,42</u>	0,34	0,32
1e q. Novembre	0,34	0,34	0,76	0,11	1,40
2e q. Novembre	0,22	0,15	0,25	0,06	<u>1,52</u>
1e q. Décembre	0,14	0,04	0,08	0,04	0,29
2e q. Décembre	0,11	0,03	0,05	0,03	0,12

(les chiffres soulignés, correspondent aux maxima de volume d'eau écoulé par quinzaine).

STATION DE TIASSALE

I - CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN

Les coordonnées géographiques de la station de Tiassalé sont les suivants : $4^{\circ}49'04''$ de longitude W et $5^{\circ}53'41''$ de latitude N (fig. 7).

La superficie du bassin est de 94.250 km^2 , ce qui représente la quasi-totalité de la superficie du bassin du Bandama : 97.500 km^2 . L'hypsométrie du bassin à Tiassalé se présente de la façon suivante : (fig. 6 et 9)

altitude inférieure a 100 m :	4,1 %	de la superficie
"	comprise entre 100-200 m :	21,0 % de la superficie
"	"	entre 200-300 m : 36,9 % "
"	"	entre 300-400 m : 26,5 % "
"	"	entre 400-600 m : 10,3 % "
"	"	entre 600-850 m : 11,2 % "

L'altitude moyenne est de 295 mètres.

La station est située a 943 km de la source; la pente moyenne de la source a Tiassalé est de $0,63 \text{ m/km}$; celle de la station précédente, Bafecao a Tiassalé est de $0,89 \text{ m/km}$ (fig. 8).

Le couvert végétal du bassin comprend de 15 à 20 % de forêt sempervirente, le reste étant représenté par des forêts claires et des savanes préforestières (fig. 4).

II - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU BANDAMA A TIASSALE

A la station de Tiassalé, le Bandama présente un régime hydrologique mixte. En effet, la station est située en aval de la confluence du N'Zi, soumis au régime équatorial de transition atténué, et du Bandama blanc, soumis aux régimes tropical et équatorial de transition.

Les valeurs des caractéristiques déterminées sur huit ans d'observation sont :

Pluviométrie moyenne du bassin	:	1.270 mm
Déficit d'écoulement	:	1.140 mm
Coefficient d'écoulement	:	10 %
Module spécifique	:	4,15 l/s/km ²
Module médian	:	390 m ³ /s
Module en année humide	:	600 m ³ /s
Module en année sèche	:	140 m ³ /s
Coefficient d'irrégularité interann	:	4,3

Répartition des débits moyens mensuels interannuels: (en m³/s) - (fig. 12).

J	!	F	!	M	!	A	!	M	!	J	!	J	!	A	!	S	!	O	!	N	!	D	!	ANNEE!	
62	!	32	!	24	!	45	!	77	!	250	!	375	!	565	!	1275	!	1400	!	525	!	160	!	400	!

III - PERIODES D'ETUDE

L'installation d'une plateforme potamologique a été réalisée en juin 1965.

Des missions périodiques ont été faites d'avril 1964 à avril 1967. Ensuite, nous avons procédé à des prélèvements d'eau journaliers, d'avril à décembre 1967, et de mai à décembre 1969.

Les résultats de l'étude du transport solide en suspension, concernent donc, les années 1964-1965-1966-1967 et 1969, dont les modules annuels sont les suivants :

484 m ³ /s	(1964)
438 "	(1965)
372 "	(1966)
232 "	(1967)
252 "	(1969)

soit une saison excédentaire (1964), deux saisons proches de la moyenne (1965-1966) et deux saisons déficitaires (1967-1969).

Nous exposerons en détails, les différents paramètres hydrologiques, en étudiant l'exportation solide, année par année.

IV - ANNEE 1964 :

1°) Caractéristiques hydrologiques :

! P my (mm)	!	1253	!	1270	!
! M (m ³ /s)	!	484	!	400	!
! Q.spécifique (l/s/km ²)	!	5,14	!	4,15	! (1) 1964
! Ve (10 ⁶ m ³)	!	15261,0	!	12614,4	! (2) calculé sur
! Le (mm)	!	162	!	130	! 8 années d'ob-
! De (mm)	!	1091	!	1140	! servation
! Ce %	!	12,9	!	10,0	!
! Q. max. (m ³ /s)	!	2380	!		!
	!	(1)	!	(2)	!

Débits moyens bimensuels et mensuels : (en m³/s) : (fig. 49).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE											
57	49	27	16	13	20	24	47	122	227	608	481	243	678	784	1544	2350	2046	930	475	283	217	282	
5,5	38	14	22	84,5	417,5	362	731	1947	1488	379	249,5	484											
52	32	24	45	77	250	375	565	1275	1400	525	160	400											

(1) débits moyens bimensuels

(2) débits moyens mensuels 1964

(3) débits moyens mensuels interannuels.

La répartition des débits moyens bimensuels (fig. 49) montre que le maximum de crue se situe fin septembre, début octobre. Si l'on considère la répartition des débits moyens mensuels, ce maximum est légèrement décalé par rapport à la distribution normale, cependant l'allure générale de l'hydrogramme 1964 (fig. 47) est proche de l'hydrogramme interannuel.

2°) Charge solide unitaire :

Les valeurs de charge solide unitaire (en g/m^3) observées en 1964, sont les suivantes : (fig. 51).

! D A T E !	! TIASSALE !	! ZIENOA !	! BAFECAC !
! 11 avril !	! 27,5 !	! 78,0 !	! 6,2 !
! 28 avril !	! 57,4 !	! 197,3 !	! 7,7 !
! 22 mai !	! 91,2 !	! 151,0 !	! 37,2 !
! 11 juin !	! 155,6 !	! 168,4 !	! 158,2 !
! 3 juillet !	! 135,7 !	! 166,1 !	! 107,5 !
! 14 août !	! 146,7 !	! 142,6 !	! 161,4 !
! 4 septembre !	! 93,8 !	! 144,7 !	! 87,0 !
! 3 octobre !	! 52,8 !	! 102,3 !	! 38,0 !
! 5 novembre !	! 64,5 !	! 99,7 !	! 59,4 !
! 11 décembre !	! 46,2 !	! 93,7 !	! 36,2 !

Les valeurs les plus élevées : $155,6 \text{ g/m}^3$ (11 juin) - $135,7 \text{ g/m}^3$ (3 juillet) - $146,7 \text{ g/m}^3$ (14 août), sont celles qui correspondent à la première crue, de juin-juillet, provoquée par les eaux de N'Zi, et à la première phase de la grande crue du Bandama. Les valeurs correspondantes des charges solides unitaires des eaux du N'Zi sont : $168,4 \text{ g/m}^3$ (11 juin) - $166,1 \text{ g/m}^3$ (3 juillet) - $142,6 \text{ g/m}^3$ (14 août) et celles du Bandama Blanc : $158,2 \text{ g/m}^3$ (11 juin) - $107,5 \text{ g/m}^3$ (3 juillet) - $161,4 \text{ g/m}^3$ (14 août). Ces fortes concentrations de matière solide en suspension sont dues aux crues de début de saison des pluies : mi-juin dans la zone

climatique à régime équatorial de transition et juillet-août dans la zone à régime tropical de transition. Pendant la montée et la descente de crue du Bandama, en août et septembre, les teneurs diminuent et passent de 150 g/m^3 à 50 g/m^3 .

3°) Exportation solide : (tableau 37 - fig. 50 et 52).

En 1964, l'exportation solide globale peut être estimée à 1.480.030 tonnes. Les pourcentages annuels des matériaux exportés par le N'Zi et le Bandama Blanc, sont respectivement de 30 % et de 70 % (fig. 53). La répartition bimensuelle de ces apports montre la prédominance du N'Zi, d'avril à la première quinzaine de juillet, (environ 75 % de l'exportation). Pendant la crue principale, d'août à fin septembre, cette valeur tombe à 15 %, pour ensuite, se stabiliser vers 25 %. Les pourcentages annuels des volumes écoulés à Zienoa et Bafecao sont de 20 % et 30 %.

Valeurs des débits solides (en g/s) à la station de Tiassalé (fig. 51).

28 avril	: 1.600 g/s
22 mai	: 6.200 g/s
11 juin	: 54.000 g/s
3 juillet	: 98.000 g/s
14 août	: 105.000 g/s
4 septembre	: 120.000 g/s
3 octobre	: 120.000 g/s
5 novembre	: 36.000 g/s
11 décembre	: 9.600 g/s

4°) Dégradation spécifique :

La dégradation spécifique annuelle est de $15,7 \text{ t/km}^2$; le coefficient d'écoulement correspondant de 12,9. Les valeurs bimensuelles maximales ($1,7 \text{ t/km}^2$) se rencontrent durant la crue principale.

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	121.824	78.797	63.504	30.326	20.736	17.971	25.920	31.104	60.912	168.653	294.192	787.968	623.376	335.923	878.688	1.083.802	2.001.024	3.045.600	2.651.616	1.285.632	615.600	366.768	281.232	389.837	15.261.005
Pourcentage volume écoulé	0,8	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	1,1	1,9	5,2	4,1	2,2	5,8	7,1	13,1	20,0	17,4	8,4	4,0	2,4	1,8	2,6	
Pourcentage cumulé	0,8	1,3	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,9	4,0	5,9	11,1	15,2	17,4	23,2	30,3	43,4	63,4	80,8	89,2	93,2	95,6	97,4	100	
Exportation solide (tonnes)							21.600	7.776	11.232	49.248	110.160	130.896	147.744	136.512	155.088	158.112	158.976	151.632	129.600	58.752	29.376	16.416	6.912	1.480.032	
Pourcentage Exportation solide							0,5	0,8	3,3	7,4	8,8	10,0	9,2	10,5	10,7	10,7	10,2	8,8	4,0	2,0	1,1	0,5			
Pourcentage cumulé					1,5	2,0	2,8	6,1	13,5	22,3	32,3	41,5	52,0	62,7	73,4	83,6	92,4	96,4	98,4	99,5	100				

V - ANNEE 1965

1°) Caractéristiques hydrologiques :

P moy. (mm)	1.290	1.270	
M (m ³ /s)	438	400	
Q. spécif. (l/s/km ²)	4,65	4,15	(1) 1965
Ve (10 ⁶ m ³)	13.895,0	12.614,4	(2) calculé sur 8 années d'observation.
Le (mm)	147	130	
De (mm)	1.143	1.140	
Ce %	11,4	10,0	
Q. max. (m ³ /s)	1.830 (1)	(2)	

Débits moyens bimensuels et mensuels : (fig. 49).

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
133	85	51	28	60	69	730	1012	1796	539	152		(1)
133	79	36	61	49	241	438	1507	1258	279	93		(2)
143	82	43,5	44,5	54,5	155	573,5	841	1259,5	409	122,5	438	(3)
62	32	24	45	77	250	375	565	1275	1400	525	160	400

(1) débits moyens bimensuels

(2) débits moyens mensuels 1965

(3) débits moyens mensuels interannuels.

Les caractéristiques hydrologiques de l'année 1965 sont très proches de celles de l'année moyenne. En ce qui concerne l'allure de l'hydrogramme (fig. 47) le maximum de crue se situe fin septembre à début octobre, comme en 1964. Cependant, les deux crues de l'hydrogramme-type ne sont pas individualisées, les eaux montent régulièrement de la mi-juin à la mi-septembre.

2°) Charge solide unitaire :

Les valeurs de charge solide unitaire (en g/m^3) observées en 1965, sont les suivantes : (fig. 54).

! D A T E !	! TIASSALE !	! ZIENOA !	! BAFECAO !
! 6 mars !	! 47,5 !	! 62,3 !	! 41,3 !
! 23 avril !	! 31,2 !	! 61,1 !	! 31,4 !
! 19 juin !	! 132,9 !	! 159,0 !	! 104,4 !
! 23 juillet !	! 190,7 !	! 255,9 !	! 156,8 !
! 27 août !	! 110,1 !	! 191,7 !	! 89,0 !
! 17 septembre !	! 41,45(!) !	! 114,2 !	! 80,4 !
! 14 octobre !	! 56,5 !	! 108,9 !	! 42,9 !
! 12 novembre !	! 48,1 !	! 86,2 !	! 52,6 !
! 23 décembre !	! 33,7 !	! 46,5 !	! 26,2 !

Le schéma des variations de la charge solide unitaire (fig. 54) est le même que pour l'année 1964. En effet, nous remarquons que les plus fortes valeurs : $132,9 \text{ g}/\text{m}^3$ (19 juin) - $190,7 \text{ g}/\text{m}^3$ (23 juillet), correspondent à la première crue du N'Zi, et au début de la crue du Bandama Blanc : $110,1 \text{ g}/\text{m}^3$, le 27 août - Les eaux du N'Zi sont en général chargées en matériaux solides en suspension : $159,0 \text{ g}/\text{m}^3$ (19 juin) - $255,9 \text{ g}/\text{m}^3$ (23 juillet) - $191,7 \text{ g}/\text{m}^3$ (27 août). Par ailleurs, ses apports liquides constituant, en juin et juillet, de 35 à 40 % du volume écoulé à Tiassalé. Son influence sur la charge solide unitaire à cette station, est prépondérante. Les valeurs de la charge solide unitaire sont ensuite décroissantes.

3°) Exportation solide : (tableau 38 - fig. 50 et 55).

En 1965, l'exportation solide totale peut être estimée à 1.187.570 tonnes, pour un volume d'eau écoulé de $13.895.10^6$ m³. Les pourcentages annuels des matériaux exportés par le N'Zi et le Bandama (fig. 56) Blanc sont respectivement de 35 % et 65 %. Les pourcentages annuels des volumes écoulés à Zienoa et Bafecao sont de 22 % et 78 %.

La répartition bimensuelle des pourcentages des matériaux exportés (fig. 55) montre que la 2e quinzaine de juillet (15,2 %), la 1e quinzaine d'août (14,6 %) et la 2e quinzaine d'août (13,4 %), présentent les plus fortes teneurs. Un second ressaut, en octobre (9,2 et 9,3 %) correspond au maximum des pourcentages de volume écoulé (16,8 et 12,5 %). Les deux maxima, de l'exportation solide et du volume écoulé sont donc décalés de deux mois environ. L'étude des courbes cumulatives met en évidence de décalage :
 fin juillet : 21 % Ve - 32 % Exportation - fin août : 37 %
 Ve - 60 % Exp. fin septembre : 61 % Ve - 75 % Exp. fin octobre :
 90 % Ve - 93 % Exp.

Valeurs des débits solides (en g/s) à la station de Tiassalé : (fig. 50 et 54).

6 mars	:	1.590 g/s
23 avril	:	2.120 g/s
19 juin	:	20.865 g/s
23 juillet	:	144.360 g/s
27 août	:	110.870 g/s
17 septembre	:	48.910 g/s
14 octobre	:	98.310 g/s
12 novembre	:	20.490 g/s
23 décembre	:	2.655 g/s

4°) Dégradation spécifique :

La dégradation spécifique annuelle est de 12,6 t/km² ; le coefficient d'écoulement correspondant de 11,4. Les dégradations bimensuelles les plus importantes : 1,92 (2e quinzaine de juillet) - 1,85 (1e quinzaine d'août) - 1,69 (2e quinzaine d'août).

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	198.288	183.859	110.160	97.328	66.096	49.766	36.288	79.056	77.760	67.738	89.424	312.336	567.648	980122	.946.080	1.316.045	1.311.552	1.953.072	2.327.616	1.739.059	698.544	361.584	196.992	128.563	13.894.976
Pourcentage volume écoulé	1,4	1,3	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,6	2,2	4,1	7,1	6,8	9,5	9,4	14,1	16,8	12,5	5,0	2,6	1,4	0,8	
Pourcentage cumulé	1,4	2,7	3,5	4,2	4,7	5,1	5,4	6,0	6,6	7,1	7,7	9,9	14,0	21,1	27,9	37,4	46,8	60,9	77,7	90,2	95,2	97,8	99,2	100	
Exportation solide (tonnes)	2.592	3.456	2.160	1.160	1.728	2.160	3.456	4.752	7.344	13.392	17.712	39.312	102.816	181.008	174.096	158.976	95.904	77.760	108.864	110.160	42.768	19.440	10.368	5.184	1.187.568
Pourcentage Exportation solide	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,5	3,3	8,7	15,2	14,6	13,4	8,1	6,5	9,2	9,3	3,6	1,6	0,9	0,4	
Pourcentage cumulé	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,0	2,6	3,7	5,2	8,5	17,2	32,4	47,0	60,4	68,5	75,0	84,2	93,5	97,1	98,7	99,6	100,0	

VI - ANNEE 1966 :1°) Caractéristiques hydrologiques :

! P my (mm)	!	1.334	!	1.270	!
! M (m ³ /s)	!	372	!	400	!
! Q.spécif. (l/s/km ²)	!	3,95	!	4,15	!(1) 1966
! Ve (10 ⁶ m ³)	!	11.737,0	!	12.614,4	!(2) calculé sur
! Le (mm)	!	125	!	130	!8 années
! De (mm)	!	1.209	!	1.140	!d'observation
! Ce %	!	9,4	!	10,0	!
! Q. max. (m ³ /s)	!	1.520	!		!
!	!	(1)	!	(2)	!

Débits moyens bimensuels et mensuels: (fig. 49).

J		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		ANNEE
59	42	31	19	14	13	52	65	109	103	210	449	439	399	159	528	1139	1062	1376	1323	713	331	199	110	
50,5		25		14		58,5		106		329,5		419		344		1100		1349		522		154,5		372
62		32		24		45		77		250		375		565		1275		1400		525		160		400

(1) débits moyens bimensuels

(2) débits moyens mensuels 1966

(3) débits moyens mensuels interannuels.

Les caractéristiques hydrologiques du Bandama à Tiassalé en 1966 sont proches de celles d'une année moyenne : module : 372 m³/s. Ve : 11.737.10⁶ m³. Ce : 9,4 %. Cependant l'hydrogramme (fig. 48) présente quelques particularités : la première crue est plus étalée dans le temps, la crue principale est tronquée, le maximum de crue est peu important : 1500 m³/s environ. De plus, après une amorce

de crue dans la première quinzaine de septembre : module $1139 \text{ m}^3/\text{s}$, le maximum se situe en octobre (modules 1376 et $1323 \text{ m}^3/\text{s}$). Ce qui est remarquable durant cette année 1966 c'est la proportion plus importante des apports liquides du N'Zi dans le volume d'eau écoulé à la station de Tiassalé : en effet, le N'Zi présente une année excédentaire : module : $138 \text{ m}^3/\text{s}$ (module interannuel : $97,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Ce : $10,1 \%$ (Ce interannuel : $7,1 \%$), alors que le Bandama est légèrement déficitaire : module : $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (module interannuel : $300 \text{ m}^3/\text{s}$). Ce : 10% (Ce interannuel : 12%). Les pourcentages des volumes écoulés à Tiassalé sont de 32% pour le N'Zi et de 68% pour le Bandama Blanc.

2°) Charge solide unitaire : (fig. 57)

Les valeurs de charge solide unitaire (en g/m^3) observées en 1966, sont les suivantes :

DATE	TIASSALE	ZIENOA	BAFECAO
22 janvier	21,3	21,0	19,6
4 mars	29,5	23,1	23,9
14 mai	42,2	54,7	25,6
2 juillet	70,7	96,4	39,4
13 août	73,0	80,3	67,1
2 septembre	181,1	171,0	184,7
6 septembre	143,7		
8 septembre	129,7		
10 septembre	119,5		
21 septembre	77,3		
24 septembre	84,6		
27 septembre	89,8		
14 octobre	89,3	137,2	80,9
25 octobre	73,0		
26 octobre	56,9		
27 octobre	58,5		
28 octobre	74,0		
25 novembre	34,8	59,3	40,6
16 décembre	33,9	32,1	37,5

En 1966, les valeurs de charge solide unitaire les plus élevées, qui ont pu être observées, se situent dans la première montée de la crue principale ; elles atteignent des valeurs de $181,1 \text{ g/m}^3$ (2 septembre) - $143,7 \text{ g/m}^3$ (6 septembre) - Ensuite, elles se stabilisent vers une valeur moyenne de 80 g/m^3 , sans relation apparente avec les changements de débits.

3°) Exportation solide : (tableau 39 - fig. 50 et 59).

L'exportation solide totale est de 1.183.250 tonnes, le volume d'eau écoulé correspondant est de $11.737.10^6 \text{ m}^3$. Les pourcentages annuels des matériaux exportés par le N'Zi et le Bandama Blanc sont respectivement de 31 % et 69 %. Les pourcentages annuels des volumes d'eau écoulés sont de 32 % et 68 % (fig. 60).

Les plus fortes proportions de matériaux exportés se situent dans la deuxième quinzaine d'août (12,5 %) et dans la 1^{re} quinzaine de septembre (17,1 %). Ce maximum est décalé d'un mois par rapport au maximum de crue : 14,8 et 15,6 % en octobre.

D'avril à juillet inclus, 60 % environ du tonnage transporté à Tiassalé, provient du bassin du N'Zi ; d'août à fin décembre, cette valeur avoisine 25 %.

Valeurs des débits solides (en g/s) à la station de Tiassalé : (fig. 58).

22 janvier	: 925 g/s
4 mars	: 480 g/s
13 mai	: 3.325 g/s
2 juillet	: 13.000 g/s
13 août	: 8.180 g/s
2 septembre	: 207.200 g/s
6 septembre	: 162.700 g/s
8 septembre	: 148.400 g/s
10 septembre	: 136.200 g/s
21 septembre	: 76.150 g/s
24 septembre	: 68.600 g/s
27 septembre	: 99.000 g/s

Volume d'eau écoulé et exportation solide

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE												
Volume écoulé (10 ³ m ³)	Ø6.710	57.549	40.137	20.925	18.649	18.759	67.936	83.825	113.880	142.802	272.510	584.768	568.659	551.937	206.284	730.336	1.476.792	1.376.611	1.733.594	1.829.178	924.398	429.585	258.811	152.202	11.736.840
Pourcentage volume écoulé	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,6	0,7	1,0	1,2	2,3	5,0	4,8	4,7	1,8	6,2	12,5	11,7	14,8	15,6	7,9	3,6	2,2	1,3	
Pourcentage cumulé	0,7	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,7	3,4	4,4	5,6	7,9	12,9	17,7	22,4	24,2	30,4	42,9	54,6	69,4	85,0	92,9	96,5	98,7	100	
Exportation solide (tonnes)				4.752	1.728	1.728	2.160	2.592	3.888	6.912	8.640	13.392	18.576	20.304	15.552	148.608	202.176	115.344	158.544	138.240	119.664	128.304	64.368	7.776	1.183.250
Pourcentage Exportation solide					0,15	0,15	0,2	0,2	0,3	0,6	0,7	1,1	1,6	1,7	1,3	12,55	17,1	9,7	13,4	11,7	10,1	10,8	5,4	0,65	
Pourcentage cumulé				0,4	0,55	0,70	0,90	1,10	1,40	2,0	2,7	3,8	5,4	7,1	8,4	20,95	38,05	47,75	61,15	72,85	82,95	93,75	99,15	99,8	

14 octobre	:	131.200 g/s
25 octobre	:	91.000 g/s
26 octobre	:	70.000 g/s
27 octobre	:	69.300 g/s
28 octobre	:	84.100 g/s
25 novembre	:	10.200 g/s
16 décembre	:	5.100 g/s

4°) Dégradation spécifique :

La dégradation spécifique annuelle est de 12,4 t/km². Le coefficient d'écoulement correspondant est de 9,4 %. La valeur bimensuelle la plus importante : 2,15 t/km², sa place pendant la 1e quinzaine de septembre. De juillet a novembre inclus, les valeurs sont les suivantes :

1e quinzaine de juillet	:	0,20 t/km ²
2e quinzaine de juillet	:	0,22 "
1e quinzaine d'août	:	0,17 "
2e quinzaine d'août	:	1,58 "
1e quinzaine de septembre	:	2,15 "
2e quinzaine de septembre	:	1,22 "
1e quinzaine d'octobre	:	1,68 "
2e quinzaine d'octobre	:	1,47 "
1e quinzaine de novembre	:	1,27 "
2e quinzaine de novembre	:	1,36 "

VII - ANNEE 1967 :

1°) Caractéristiques hydrologiques :

! P my (mm)	!	1.288	!	1.270	!
! M (m ³ /s)	!	232	!	400	!
! Q.spécif. (l/s/km ²)	!	2,46	!	4,15	! (1) 1967
! Ve (10 ⁶ m ³)	!	7.341,8	!	12.614,4	! (2) calculé
! Le (mm)	!	78	!	130	! sur 8 années
! De (mm)	!	1.210	!	1.140	! d'observations
! Ce %	!	6,1	!	10,0	!
! Q. max. (m ³ /s)	!	1.280	!		!
!	!	(1)	!	(2)	!

Débits moyens bimensuels et mensuels : (fig. 49)

J		F		M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		ANNEE	
74	32	20	24	27	24	14	65	21,5	40,5	48	109	171	74	97	479	820	1166	1112	608	246	149	94	65	(1)	
53		22		25,5		40		31		78		122,5		288		993		860		197		80		232	(2)
62		32		24		45		77		250		375		565		1275		1400		525		160		400	(3)

(1) débits moyens bimensuels

(2) débits moyens mensuels 1967

(3) débits moyens mensuels interannuels.

L'année 1967 est déficitaire, en effet, le module mensuel est de 232 m³/s, alors que le module interannuel est de 400 m³/s et le module en année sèche, de 140 m³/s. L'hydrogramme (fig. 48) présente une première crue fin juin-début juillet, de faible importance et la grande crue annuelle est très réduite ; son maximum se situe fin septembre - début octobre.

2°) Charge solide unitaire : (fig. 61)

Des prélèvements d'eau journaliers effectués du 7 avril au 10 novembre, permettent de distinguer les phases suivantes :

Du 22 avril (Q : 10 m³/s) au 5 mai (Q : 20 m³/s), les valeurs de charge solide unitaire sont les plus faibles de l'année. Elles varient de 10 à 20 g/m³.

Du 6 mai (Q : 25 m³/s) au 22 juin (Q : 70 m³/s), ces valeurs oscillent entre 20 et 30 g/m³.

Du 23 juin (Q : 100 m³/s) au 18 juillet (Q : 100 m³/s), se place la première crue qui atteint son maximum, le 8 juillet, avec un débit de 210 m³/s. Les valeurs de charge solide unitaire correspondantes sont les suivantes : 35 g/m³, le 23 juin et 150 g/m³, le 18 juillet ; les valeurs minimale et maximale observées

durant la crue, sont respectivement de 80 g/m^3 , le 14 juillet ($Q : 140 \text{ m}^3/\text{s}$) et de 170 g/m^3 , le 7 juillet ($Q : 200 \text{ m}^3/\text{s}$), soit 24 heures avant le maximum de crue. Il est à remarquer que pendant les trois derniers jours de la crue, les valeurs de charge solide unitaire sont élevées, de l'ordre de 150 g/m^3 . Les débits correspondants oscillent autour de $90 \text{ m}^3/\text{s}$.

Du 18 juillet ($Q : 100 \text{ m}^3/\text{s}$) au 11 août ($Q : 100 \text{ m}^3/\text{s}$), intervalle entre la fin de la crue de juin-juillet et le début de la grande crue annuelle, les valeurs de charge solide unitaire se maintiennent autour de 100 g/m^3 , elles diminuent rapidement jusqu'à 30 g/m^3 , pendant les trois derniers jours. Le débit minimum pendant cette période est de $30 \text{ m}^3/\text{s}$, les 2 et 3 août.

Du 11 août au 1 octobre ; montée de la grande crue annuelle qui peut être décomposée en deux parties bien distinctes à pente différente, ayant une répercussion sur l'évolution de la charge solide unitaire :

du 11 août ($Q : 100 \text{ m}^3/\text{s}$) au 26 août ($Q : 600 \text{ m}^3/\text{s}$), le débit liquide croît régulièrement et les charges solides unitaires correspondantes augmentent progressivement de 30 à 170 g/m^3 . Elles atteignent leurs valeurs maxima lorsque le débit marque un pallier, à $600 \text{ m}^3/\text{s}$, du 26 au 29 août.

du 29 août ($Q : 600 \text{ m}^3/\text{s}$) au 1 octobre ($Q : 1300 \text{ m}^3/\text{s}$), la seconde partie de la montée de la crue présente une pente plus faible que celle de la première partie. Les charges solides unitaires décroissent régulièrement de 170 g/m^3 à 90 g/m^3 , à part quelques irrégularités dues à une augmentation rapide du débit.

Du 1 octobre ($Q : 1300 \text{ m}^3/\text{s}$) au 4 novembre ($Q : 300 \text{ m}^3/\text{s}$) : décrue régulière. Durant cette descente de la crue, les charges solides unitaires sont relativement stables : de 55 à 70 g/m^3 .

Dans le tableau ci-dessous, nous avons extrait quelques valeurs de charge solide unitaire correspondant aux maxima de débit liquide et également des valeurs maxima et minima de charge solide unitaire :

! D A T E !	! Charge solide unitaire ! ! (g/m ³) !	! Débit liquide ! ! (m ³ /s) !
! 22 avril !	! (3) !	! 12,6 !
! 20 mai !	! (1) !	! 27,5 !
! 21 mai !	! (3) !	! 15,6 !
! 3 juin !	! (3) !	! 15,6 !
! 10 juin !	! (1) !	! 37,5 !
! 27 juin !	! (1) !	! 82,2 !
! 28 juin !	! (2) !	! 143,6 !
! 7 juillet !	! (2) !	! 169,5 !
! 8 juillet !	! (1) !	! 135,9 !
! 14 juillet !	! (3) !	! 82,7 !
! 19 juillet !	! (2) !	! 154,5 !
! 10 août !	! (3) !	! 32,8 !
! 28 août !	! (2) !	! 171,6 !
! 7 septembre !	! (2) !	! 149,0 !
! 16 septembre !	! (3) !	! 75,3 !
! 1 octobre !	! (1) !	! 77,0 !
! 30 octobre !	! (3) !	! 50,4 !
! 5 novembre !	! (3) !	! 36,1 !

(1) Maxima débit liquide

(2) Maxima charge solide unitaire

(3) Minima charge solide unitaire

L'étude des variations de la charge solide unitaire nous permet de souligner deux faits intéressants : (fig. 61).

- Nous constatons que la charge solide unitaire atteint des valeurs maximales identiques : 150-170 g/m³, pour des débits d'importance variable : 210 m³/s, débit du maximum de la 1ère crue et 600 m³/s, débit à la fin de la 1ère montée. Ceci peut s'expliquer par les origines différentes des deux pointes de charge solide unitaire. La première correspond à la crue provoquée par les eaux du N'Zi, qui, durant la deuxième quinzaine de juin et la première quinzaine de juillet, constituent plus de 50 % du volume d'eau écoulé à la station de Tiassalé ; de plus, les eaux du N'Zi, à cette époque de l'année, sont plus chargées en matériaux solides

que les eaux du Bandama Blanc, d'où une influence prépondérante sur les valeurs de charge solide unitaire à la station de Tiassalé. Les causes de la seconde pointe de charge solide unitaire ont une origine différente : elle correspond à la crue de début de saison des pluies de la zone climatique à régime tropical de transition, période pendant laquelle l'exportation solide est importante. Au mois d'août, le volume d'eau écoulé à la station de Tiassalé est constitué de 10 % d'eaux du N'Zi et de 90 % d'eaux du Bandama Blanc.

- L'étude des variations de la charge solide unitaire au cours de la crue principale met en évidence les phénomènes suivants (fig. 65) : la crue principale de 1967 a une allure régulière. Cependant la courbe de concentration peut être décomposée en deux parties de pente différente, la première ayant une pente plus prononcée. Dans le premier tronçon, la charge solide unitaire croît régulièrement de 30 à 170 g/m³, dans le second, elle décroît de 170 à 90 g/m³. Par contre, à la décrue, elle reste stable, 60 g/m³ environ. Nous pouvons expliquer ce phénomène de la façon suivante : dans la première partie, il se produit une augmentation brusque de la capacité du fleuve, qui acquiert une charge de plus en plus importante ; la provenance des matériaux est diverse : elle correspond au matériel préparé par l'action érosive des eaux de ruissellement du début de la saison des pluies et aux laisses des cours d'eau d'ordre différent remis en suspension par suite de l'augmentation de capacité des agents de transport. Cette charge atteint son maximum lors du ralentissement de l'accélération du débit. Elle ne correspond aucunement à la capacité du cours d'eau et sera variable selon l'importance des événements hydrologiques annuels. Dans la seconde partie, le phénomène de concentration de la charge solide étant terminé,

il y a dilution de la charge solide totale qui reste constante, d'où une diminution progressive de la charge solide unitaire. Pour que le phénomène décrit ci-dessus se réalise il est nécessaire que les apports solides proviennent d'un bassin relativement homogène, ce qui est le cas pour l'année 1967, où l'influence du N'Zi est pratiquement négligeable. Les modalités de dilution sont confirmées par la comparaison des valeurs de charge solide unitaire vraies et celles calculées, en prenant comme base de référence, le débit et la charge solide unitaire maximum observé :

DATE	Q m ³ /s	Q/Q ₁	Charge vraie g/m ³	Charge calculée g/m ³
29 août	600 (Q ₁)			
6 septembre	766	1,28	149,0	132,8
15 septembre	976	1,63	114,9	104,3
23 septembre	1172	1,95	90,2	87,2
30 septembre	1282	2,14	88,1	79,4
1er octobre	1297	2,16	77,0	78,7

- Q (m³/s) : débit correspondant au prélèvement.

- Q₁ (m³/s) : débit correspondant au maximum de charge solide unitaire (= 600 m³/s).

- charge calculée : charge solide unitaire vraie, multipliée par le rapport des débits Q/Q₁.

En période de décrue, le stock solide exportable diminue dans le même rapport que le débit liquide, d'où une charge solide unitaire stable.

3°) Exportation solide : (tableau 4C - fig. 50 - 62 - 63 et 64).

L'exportation solide totale est de 652.234 tonnes, le volume d'eau écoulé correspondant est de 7.342.10⁶ m³. Les pourcentages annuels des matériaux exportés par le N'Zi et le Bandama Blanc sont respectivement de 22 % et 78 % (fig. 66) ; les pourcentages annuels des volumes d'eau écoulé, de 14 % et 86 %.

La courbe des variations de la charge solide totale (fig.63) montre que le maximum est atteint environ une dizaine de jours avant le maximum de crue (1/10:1297 m³/s). La valeur maximale du débit solide est de 127 kg/s et se situe le 21/9, trois semaines après le maximum de charge solide unitaire (171 g/m³ le 28 août).

Le tableau 4C indique les pourcentages bimensuels de l'exportation solide : durant la première crue, 5,5 % du total annuel

Volume d'eau écoulé et exportation solide

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Volume écoulé (10 ³ m ³)	95.904 44.237	25.920 26.957	34.992 33.178	18.144 84.240	27.864 55.987	62.208 141.264	221.616 102.298	125.712 662.170	1.062.720 1.511.136	1.441.152 840.499	318.816 193.104	121.824 89.856	7.341.800
Pourcentage volume écoulé	1,3 0,6	0,4 0,4	0,5 0,5	0,2 1,1	0,4 0,8	0,8 1,9	3,0 1,4	1,7 9,0	14,5 20,6	19,6 11,4	4,3 2,6	1,7 1,2	
Pourcentage cumulé	1,3 1,9	2,3 2,7	3,2 3,7	3,9 5,0	5,4 6,2	7,0 8,9	11,9 13,3	15,0 24,0	38,5 59,1	78,7 90,1	94,4 97,0	98,7 99,9	
Exportation solide (tonnes)	1.296 1.296	346 389	389 648	907 562	475 1.296	1.814 10.282	25.186 13.046	10.238 96.984	126.576 148.176	103.248 51.624	24.192 17.496	10.152 5.616	652.234
Pourcentage Exportation solide	0,2 0,2	0,1 0,1	0,1 0,1	0,1 0,1	0,1 0,2	0,3 1,6	3,9 2,0	1,6 14,9	19,4 22,6	15,8 7,9	3,7 2,7	1,4 0,9	
Pourcentage cumulé	0,2 0,4	0,5 0,6	0,7 0,8	0,9 1,0	1,1 1,3	1,6 3,2	9,1 7,1	10,7 25,6	45,0 67,6	83,4 91,3	95,0 97,7	99,1 100,0	

est évacué ; dans la montée de la grande crue, 58,5 %, dont 15 % correspondent au premier stade ; dans la descente de crue, 23,7 %. Les plus fortes proportions se placent dans la deuxième quinzaine d'août : 14,9 %, au mois de septembre : 19,4 et 22,6 % et dans la première quinzaine d'octobre : 15,8 % (fig. 64).

Les apports du N'Zi, entrent pour 65 % (crue de juin-juillet) et 15 % (crue août-octobre) dans le tonnage exporté à la station de Tiassalé (fig. 66).

Valeurs des débits solides (en g/s) correspondant aux valeurs de charge solide unitaire, données dans le paragraphe précédent : (fig. 62 et 63).

22 avril	:	113 g/s
20 mai	:	1408 "
21 mai	:	718 "
3 juin	:	505 "
10 juin	:	2715 "
27 juin	:	16193 "
28 juin	:	27284 "
7 juillet	:	34069 "
8 juillet	:	28811 "
14 juillet	:	11429 "
19 juillet	:	14430 "
10 août	:	2322 "
28 août	:	102960 "
7 septembre	:	118008 "
16 septembre	:	74923 "
1er octobre	:	99869 "
30 octobre	:	20280 "
5 novembre	:	10830 "

4°) Dégradation spécifique :

La dégradation spécifique annuelle est de $6,9 \text{ t/km}^2$; le coefficient d'écoulement correspondant de $6,1 \%$. Les valeurs bimensuelles les plus importantes sont de $1,34$ et $1,57 \text{ t/km}^2$ en septembre. De juin a novembre inclus, les valeurs sont de :

1e quinzaine de juin	:	$0,02 \text{ t/km}^2$
2e quinzaine de "	:	$0,11 \text{ "}$
1e quinzaine de juillet	:	$0,27 \text{ "}$
2e " "	:	$0,14 \text{ "}$
1e " d'août	:	$0,11 \text{ "}$
2e " "	:	$1,03 \text{ "}$
1e " de septembre:	:	$1,34 \text{ "}$
2e " "	:	$1,57 \text{ "}$
1e " d'octobre	:	$1,10 \text{ "}$
2e " "	:	$0,55 \text{ "}$
1e " de novembre	:	$0,26 \text{ "}$
2e " "	:	$0,19 \text{ "}$

VIII - ANNEE 1969 :

=====

1°) Caractéristiques hydrologiques :

! P my (mm)	!	1.098	!	1.270	!
! M (m^3/s)	!	252	!	400	! (1) 1969
! Q. spécif. (l/s/km^2)	!	2,67	!	4,15	! (2) calculé sur
! Ve (10^6 m^3)	!	7.947	!	12.614,4	! 8 années d'ob-
! Le (mm)	!	84	!	130	! servation
! De (mm)	!	1.014	!	1.140	!
! Ce %	!	7,65	!	10,0	!
!	!	(1)	!	(2)	!

Débits moyens bimensuels et mensuels :

J	F			M		A		M		J		J		A		S		O		N		D		ANNEE
52	32	24	28	29	24	46	53	36	30	82	68	120	207	438	597	677	580	677	1010	758	248	132		(1)
0,5	28		28,5		35		44,5		56		94		322,5		637		628		884		190		252	(2)
62	32		24		45		77		250		375		565		1275		1400		525		160		400	(3)

(1) débits moyens bimensuels

(2) débits moyens mensuels 1969

(3) débits moyens mensuels interannuels

L'année 1969 est déficitaire. Son module annuel est du même ordre que celui de l'année 1967 (M : 232 m³/s). L'hydrogramme (fig. 67) est totalement différent de l'hydrogramme interannuel. Son maximum de crue est décalé (1^e quinzaine de novembre) : tous les modules mensuels sont nettement inférieurs aux modules mensuels interannuels, sauf celui du mois de novembre, qui est nettement excédentaire (M : 884 m³/s).

2°) Charge solide unitaire : (fig. 67)

Des échantillons d'eau prélevés du 15 mai au 31 décembre permettent de suivre les variations journalières de la charge solide unitaire (fig. 67) :

Du 16 mai au 8 juin : le débit liquide décroît régulièrement de 40 à 20 m³/s ; tandis que les valeurs de charge solide unitaire, augmentent de 75 à 130 g/m³ (le 23 mai. Q : 40 m³/s), puis redescendent à 75 g/m³.

Du 9 juin au 19 juillet, il apparaît une suite de petites crues dont les maxima sont de 108 m³/s (le 24 juin) et 100 m³/s (le 12 juillet) - les charges solides unitaires correspondantes oscillent de 65 à 135 g/m³, sans relation apparente avec le débit.

Du 20 juillet au 17 septembre : l'augmentation de débit durant la montée de crue, s'effectue par palliers successifs. Le pallier le plus important se situe du 26 août au 5 septembre, aux alentours de $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Dans la première partie de la crue, où les accélérations sont plus brusques, la charge solide unitaire croît de 55 à $165 \text{ g}/\text{m}^3$. Elle décroît ensuite régulièrement jusqu'au maximum de crue ($Q : 750 \text{ m}^3/\text{s}$) et atteint des valeurs voisines de $90 \text{ g}/\text{m}^3$.

Du 18 septembre au 5 octobre : les charges solides continuent de décroître, pendant la décrue, et atteignent $60 \text{ g}/\text{m}^3$ environ.

Du 6 octobre au 11 novembre : une crue relativement importante (maximum de crue : $1240 \text{ m}^3/\text{s}$) vient se greffer sur la décrue ; les variations de charge solide suivent alors les variations de débit. Le maximum de charge solide unitaire : $120 \text{ g}/\text{m}^3$, correspond au maximum de crue.

Du 11 novembre ($Q : 1240 \text{ m}^3/\text{s}$) au 5 décembre ($Q : 280 \text{ m}^3/\text{s}$) : la décrue est régulière et nous notons une diminution de la charge solide, de 120 à $70 \text{ g}/\text{m}^3$. Du 5 ($Q : 280 \text{ m}^3/\text{s}$) au 31 décembre ($Q : 100 \text{ m}^3/\text{s}$), la décrue est plus lente, la charge solide se stabilise autour d'une valeur moyenne, de $65 \text{ g}/\text{m}^3$.

Dans le tableau ci-dessous, nous avons extrait quelques valeurs de charge solide unitaire correspondant aux maxima de débit liquide et également des valeurs maxima et minima de charge solide unitaire :

! D A T E !	! Charge solide unitaire ! ! (g/m ³) !	! Débit liquide ! ! (m ³ /s) !
! 20 mai ! (2) !	! 138,3 !	! 39,0 !
! 23 mai ! (2) !	! 134,8 !	! 40,1 !
! 6 juin ! (3) !	! 65,5 !	! 19,0 !
! 15 juin ! (2) !	! 134,8 !	! 48,6 !
! 20 juin ! (3) !	! 64,0 !	! 88,1 !
! 24 juin ! (1) !	! 113,5 !	! 108,0 !
! 3 juillet ! (2) !	! 148,0 !	! 55,0 !
! 16 juillet ! (3) !	! 56,2 !	! 85,2 !
! 21 juillet ! (3) !	! 54,0 !	! 157,0 !
! 21 juillet ! (1) !	! 54,0 !	! 157,0 !
! 4 août ! (2) !	! 146,6 !	! 192,0 !
! 5 août ! (1) !	! 127,2 !	! 212,0 !
! 13 août ! (2) !	! 165,0 !	! 290,0 !
! 26 août ! (1) !	! 113,0 !	! 516,0 !
! 17 septembre ! (1) !	! 97,0 !	! 750,0 !
! 5 octobre ! (3) !	! 56,6 !	! 534,0 !
! 7 octobre ! (2) !	! 141,1 !	! 564,0 !
! 19 octobre ! (1) !	! 78,9 !	! 718,0 !
! 11 novembre ! (1) !	! 104,9 !	! 1.240,0 !
! 13 novembre ! (2) !	! 117,0 !	! 1.188,0 !
! 25 novembre ! (2) !	! 127,3 !	! 603,0 !
! 4 décembre ! (3) !	! 52,0 !	! 293,0 !

(1) Maxima débit liquide

(2) Maxima charge solide unitaire

(3) Minima charge solide unitaire.

Si nous comparons les variations de la charge solide unitaire, au cours des saisons 1967 et 1969, nous pouvons établir le schéma suivant : les charges solides unitaires atteignent des valeurs élevées durant la première crue de la saison, provoquée par les apports du N'Zi, Elles décroissent ensuite, jusqu'à ce que la seconde crue s'amorce. Dès lors, elle reprennent des valeurs élevées.

Cette augmentation interviendra jusqu'au pallier de crue qui marque un changement dans l'accélération du débit. Par la suite, la diminution régulière des valeurs de charge solide unitaire se fera indépendamment des variations du débit. Ce qui différencie les hydrogrammes 1967 et 1969, c'est qu'en 1969, la crue principale peut être considérée comme une crue tronquée ou comme la résultante de crues emboîtées. Nous notons qu'au cours de cet événement hydrologique, la courbe de variations de la charge solide unitaire est parallèle à l'hydrogramme.

3°) Exportation solide : (tableau 41 - fig. 68 et 69).

L'exportation des éléments figurés en suspension est de 677.100 tonnes, pour la période de mai à décembre. Le volume d'eau écoulé correspondant est de $7.455.10^6$ m³. Les pourcentages des matériaux exportés par le N'Zi et le Bandama sont respectivement de 24 % et 76 % (fig. 69bis), les pourcentages des volumes d'eau écoulé, de 11 % et 89 %.

Il existe une correspondance entre les courbes de variations des débits liquide et solide (fig. 68). Les valeurs maximales de charge solide observées sont de 76 kg/s (maximum de la 1ère crue : 750 m³/s, le 15 septembre) et de 139 kg/s (maximum de la 2e crue : 1240 m³/s, le 11 novembre).

Le tableau 41 indique la répartition bimensuelle des pourcentages d'exportation solide : 3,0 %, durant la première crue ; dans la montée de la première partie de la grande crue, de mi-juillet à mi-septembre : 28,8 % (volume d'eau écoulé : 24,3 %) ; dans la montée de la seconde partie de la grande crue correspondant à la première quinzaine de novembre : 19,3 % (volume d'eau écoulé : 17,5 %).

Valeurs des débits solides (en Kg/s) correspondant aux valeurs de charge solide unitaire, données dans le paragraphe précédent :

Volume d'eau écoulé et exportation solide

	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL							
Volume écoulé (10 ³ m ³)	49.490	38.491	105.494	88.646	165.750	268.661	605.768	773.582	877.522	751.421	935.332	1.308.571	982.368	322.056	182.062	7.455.214
Pourcentage volume écoulé	0,7	0,5	1,4	1,2	2,2	3,6	8,1	10,4	11,8	10,1	12,5	17,5	13,2	4,3	2,4	
Pourcentage cumulé	0,7	1,2	2,6	3,8	6,0	9,6	17,7	28,1	39,9	50,0	62,5	80,0	93,2	97,5	99,9	
Exportation solide (tonnes)	5.266	3.590	10.620	9.496	17.298	32.412	66.625	78.864	70.374	52.596	69.103	130.874	96.031	22.103	11.848	677.100
Pourcentage Exportation solide	0,8	0,5	1,6	1,4	2,6	4,8	9,8	11,6	10,4	7,8	10,2	19,3	14,2	3,3	1,7	
Pourcentage cumulé	0,8	1,3	2,9	4,3	6,9	11,7	21,5	33,1	43,5	51,3	61,5	80,8	95,0	98,3	100,0	

20 mai	:	5,4	kg/s
23 mai	:	5,4	"
6 juin	:	1,2	"
15 juin	:	6,5	"
20 juin	:	5,6	"
24 juin	:	12,2	"
3 juillet	:	8,1	"
16 juillet	:	4,8	"
21 juillet	:	8,5	"
21 juillet	:	8,5	"
4 août	:	28,1	"
5 août	:	27,0	"
13 août	:	47,8	"
26 août	:	58,0	"
17 septembre	:	72,7	"
5 octobre	:	30,2	"
7 octobre	:	79,6	"
19 octobre	:	56,6	"
11 novembre	:	130,0	"
13 novembre	:	139,0	"
25 novembre	:	76,8	"
4 décembre	:	15,2	"

4°) Dégradation spécifique :

La dégradation spécifique pour la période considérée, est de 7,2 t/km². Les valeurs bimensuelles les plus importantes sont de 1,39 et 1,02 t/km², en novembre. De juin à décembre, les valeurs sont les suivantes :

1e quinzaine de juin	:	0,04	t/km ²
2e quinzaine de juin	:	0,11	"
1e quinzaine de juillet	:	0,10	"
2e quinzaine de juillet	:	0,18	"
1e quinzaine d'août	:	0,34	"
2e quinzaine d'août	:	0,71	"
1e quinzaine de septembre	:	0,84	"
2e quinzaine de septembre	:	0,75	"
1e quinzaine d'octobre	:	0,56	"
2e quinzaine d'octobre	:	0,73	"
1e quinzaine de novembre	:	1,39	"
2e quinzaine de novembre	:	1,02	"
1e quinzaine de décembre	:	0,23	"
2e quinzaine de décembre	:	0,13	"

IX - ETUDE COMPARATIVE DES RESULTATS DES ANNEES 1964 A 1969

1°) Charge solide unitaire :

Les faits essentiels des variations de la charge solide unitaire au cours de l'année sont les suivants :

Les valeurs les plus élevées correspondent aux crues de début de saison des pluies, en mai-juin dans la zone à régime équatorial de transition et en juillet-août dans la zone à régime tropical de transition. Ceci est dû à l'action érosive des premières pluies et à l'augmentation de capacité des cours d'eau qui a pour conséquence une remise en suspension des sédiments déposés temporairement.

Les valeurs de charge solide unitaire décroissent dans la dernière partie de la montée de la crue et en décrue.

Les valeurs de turbidités spécifiques annuelles, pour les années étudiées, sont les suivantes :

en 1964	:	97,0	g/m ³
en 1965	:	85,5	"
en 1966	:	101,0	"
en 1967	:	88,8	"
en 1969	:	90,8	"

nous pouvons remarquer que ces valeurs sont assez constantes, ce qui est confirmé par la relation existant entre le débit liquide et le débit solide (fig. 85).

2°) Exportation solide :

A la station de Tiassalé, le module interannuel est de 400 m³/s ; nous avons donc, pour les années étudiées : une année excédentaire (1964) - deux années moyennes (1965-1966) et deux années déficitaires (1967 et 1969). Les exportations solides et les volumes d'eau écoulé, correspondants à ces années sont les suivants :

ANNEE	Exportation solide (tonnes)	Volume d'eau écoulé (10 ⁶ m ³)
1964	1.480.032	15.261
1965	1.187.568	13.895
1966	1.183.250	11.737
1967	652.234	7.342
1969	677.100	7.455

La figure 85, établie en portant en abscisses les valeurs des volumes d'eau écoulé et en ordonnées, les valeurs des exportations solides, montre la relation qui existe entre ces deux grandeurs.

Les apports respectifs du NZI et du BANDAMA BLANC ont été déterminés, pour chaque année d'étude :

ANNEE	% Exportation solide		% Volume d'eau écoulé	
	NZI	BANDAMA	NZI	BANDAMA
1964	30 %	70 %	20 %	80 %
1965	35	65	22	78
1966	31	69	32	68
1967	22	78	14	86
1969	24	76	11	89

Les apports du N'Zi sont proportionnellement plus importants que ceux du Bandama Blanc.

3°) Dégradation spécifique :

Nous résumerons dans un tableau, les valeurs de dégradations spécifiques annuelles et les coefficients d'écoulement observés aux stations de TIASSALE et ZIENOA :

ANNEE	Dégradation spécifique (t/km ² /an)		Coefficient d'écoulement (%)	
	NZI	BANDAMA	NZI	BANDAMA
1964	12,7	15,7	7,8	12,9
1965	13,5	12,6	7,1	11,4
1966	12,0	12,4	9,4	9,4
1967	4,1	6,9	2,6	6,1
1969	4,8	7,2	3,4	7,65

Nous exposerons dans le chapitre concernant les comparaisons entre les bassins, les problèmes relatifs aux coefficients d'écoulement et aux dégradations spécifiques.

4°) Comparaisons avec les charges solubles des eaux (fig.77 à 80)

Nous avons représenté dans les figures 77 à 80, les variations des charges solubles et solides unitaires des eaux (en g/m³), au cours des années 1964 - 1965 - 1966 et 1967 ; de même que les pourcentages relatifs des exportations solubles et solides.

Nous nous contenterons de noter la correspondance entre les maxima d'exportations soluble et solide et d'observer que les variations de la charge soluble unitaire sont moins nettes que celles de la charge solide unitaire. Les valeurs de charge soluble sont comprises entre 20 et 40 g/m³, tandis que les valeurs de charge solide évoluent entre 20 et 200 g/m³. Nous nous limiterons à ces constatations, cette étude devant faire l'objet d'un rapport ultérieur.

D) ETUDE COMPARATIVE DES BASSINS.

I) LES BILANS DE L'ÉROSION MÉCANIQUE SUR LES BASSINS VERSANTS REPRESENTATIFS (LOSERIGUE - AMITIORO) ET LES BILANS DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION AUX STATIONS-FLEUVE (DUIBO-BAFECAO-ZIENOA et TIASSALE).

Dans le cadre du programme érosion-sédimentation, l'érosion mécanique a été étudiée sur deux bassins versants de faibles dimensions, aux caractéristiques bien définies: LOSERIGUE (LENOIR, 1968), AMITIORO (MATHIEU, 1969). Il est intéressant de comparer les données recueillies sur ces bassins de nature différente et de voir quelles relations peuvent exister à l'échelle de bassins de grandes dimensions.

Les caractéristiques des bassins versants sont les suivantes:

CARACTERISTIQUES	LOSERIGUE	AMITIORO
Superficie (Km ²)	3,63	170
Substratum	Prédominance granitique	Prédominance schisteuse
Végétation	Savane herbacée	Forêt mésophile à Celtis
Climat	Tropical de transition	Equatorial de transition type boréal
Pluviométrie inter-annuelle (mm)	1406	1323
Altitude	372-410 m	19-177 m
Pente moyenne	3,0%	0,3%

Les résultats des bilans d'érosion mécanique se présentent de la façon suivante:

TABLEAU 42 - Bilans annuels

A N N E E		1963	1964	1965	1966	1967	1968
PLUVIOMETRIE MOYENNE (mm)	LOS.	1566	1571			1339	
	AMI	(1500)	1193	1183	1592	(965)	(1781)
VOLUME D'EAU ECOULE (10 ⁶ m ³)	LOS.	1,85	2,3			2,6	
	AMI	17,5	4,9	5,2	15,0	4,7	26,8
LAME D'EAU ECOULEE (mm)	LOS.	515	651			722	
	AMI	103	28,8	33,0	88,1	27,7	157,7
COEFFICIENT D'ECOULEMENT (%)	LOS.	32,9	41,4			53,9	
	AMI	6,9	2,4	2,8	5,5	2,9	8,9
DEFICIT D'ECOULEMENT (mm)	LOS.	1051	920			617	
	AMI	1397	1164	1150	1504	937	1623
TRANSPORT SOLIDE TOTAL (tonnes)	LOS.	622	660			375	
	AMI	2143	565	669	668	674	4820
DEGRADATION SPECIFIQUE (t/km ² /an)	LOS.	171,3	181,8			103,3	
	AMI	12,6	3,3	4,0	10,4	4,0	28,9

LOS. : LOSERIGUE

AMI. : AMITIORO

Le tableau 42 permet de mettre en évidence les faits suivants:

- les caractéristiques hydrologiques des deux bassins étudiés sont très différents: pour des pluviométries annuelles de valeurs voisines, les coefficients d'écoulement sont nettement plus importants sur le bassin de savane du LOSERIGUE (de 6 à 8 fois supérieurs à ceux du bassin forestier de l'AMITIORO). Pendant les années d'observation, les coefficients d'écoulement s'échelonnent de 2,5 à 9% pour le bassin de l'AMITIORO, et de 33 à 54% pour le bassin du LOSERIGUE.

- les dégradations spécifiques exprimées en t/km²/an, sont plus conséquentes en savane qu'en forêt: en 1963, 171,3 et 12,6 t/km²/an; en 1964, 181,8 et 3,3 t/km²/an; en 1967, 103,3 et 4,0 t/km²/an.

En considérant les débits annuels ruisselés exprimés en l/s/km², il ressort que pour des valeurs voisines, les dégradations sont de 10 à 15 fois supérieures en savane:

AMITIORO	1963	: 2,10 l/s/km ²	:	12,6 t/km ² /an.
LOSERIGUE	1963	: 2,58 "	:	171,3 "
"	1964	: 2,75 "	:	181,8 "
AMITIORO	1966	: 1,75 "	:	10,4 "
LOSERIGUE	1967	: 1,73 "	:	103,3 "

L'étude comparative des valeurs de dégradations spécifiques, montre la disparité des phénomènes érosifs à l'intérieur d'un bassin de grandes dimensions à zones climatiques bien différenciées. Les deux bassins étudiés peuvent être considérés comme représentatifs d'intensité érosive extrême: bassin de savane sur granite et bassin forestier à substratum schisteux.

Il est impossible de mettre en parallèle les valeurs des dégradations spécifiques observées sur les bassins versants représentatifs et celles qui concernent les bassins des stations-fleuve où interviennent notamment des phénomènes de sédimentation intermédiaire; cependant, il est intéressant de constater les faits suivants:

- les dégradations spécifiques ont des valeurs décroissantes, d'amont en aval :

965 = 18,3 t/km ² /an	(DUIBO)	- 13,8	(BAFECAO)	12,6	(TIASSALE)
966 = 15,8	"	"	14,8	"	"
967 = 13,0	"	"	8,1	"	"

les valeurs plus faibles de la stations de TIASSALE s'expliquent par l'influence du NZI.

- les bassins du LOSERIGUE et du BANDAMA à DUIBO présentent des analogies au point de vue caractéristiques physiques. Cependant les valeurs de dégradations spécifiques observées à DUIBO, plus élevées que celles des autres bassins, sont environ dix fois plus faibles que celles du LOSERIGUE.

- les bassins de l'AMITIORO (bassin de forêt) et du NZI à ZIENOA (20% de la superficie sont recouverts de forêt) dont le substratum est à prédominance schisteuse, présentant des coefficients d'écoulement faibles. Les dégradations spécifiques sont comparables: de 1963 à 1967, elles se sont échelonnées de 4,1 à 13,5 t/km²/an à ZIENOA (Ce = de 2,6 à 9,4%) et de 3,3 à 12,6 t/km²/an à l'AMITIORO (Ce = de 2,4 à 9,9%).

Nous nous limiterons à ces constatations. En effet, il n'est pas possible de tirer des conclusions sur les taux d'érosion à l'intérieur de bassins de grandes dimensions, à partir de valeurs de dégradations spécifiques calculées en rapportant les tonnages exportés au m² de superficie; ces valeurs sont plus représentatives des phénomènes liés au transport qu'à ceux concernant l'érosion.

TABLEAU 43
DEGRADATIONS SPECIFIQUES

BASSIN	1963		1964		1965		1966		1967		1968		1969	
	Ce %	Ds	Ce %	Ds	Ce %	Ds	Ce %	Ds	Ce %	Ds	Ce %	Ds	Ce %	Ds
LOSERIGUE (3,6 km ²) (SAVANE)	32,9	171,5	41,4	181,8					53,9	103,3				
BANDAMA A DUIBO (32.200 km ²)					16,5	18,3	11,0	15,8	10,5	13,0				
BANDAMA A BAFECAO (60.200 km ²)			15,3	15,1	13,7	13,8	9,4	14,8	7,7	8,1				
AMITIORO (170 km ²) (FORET)	6,9	12,6	2,4	3,3	2,8	4,0	5,5	10,4	2,9	4,0	8,9	28,9		
NZI A ZIENOA (33.150 km ²)			7,8	12,7	7,1	13,5	9,4	12,0	2,6	4,1			4,8	3,4
BANDAMA A TIASSALE (94.250 km ²)			12,9	15,7	11,4	12,6	9,4	12,4	6,1	6,9			7,65	7,2

D_s = dégradation spécifique (t/km²/an).

II - COMPARAISONS ENTRE LES STATIONS SITUEES EN AMONT DE DUIBO :
FERKESSEDOUGOU ET BEOUMI.

Des études ont été menées pendant la crue 1964 à Ferkéssé-dougou (superficie du bassin : 7000 km²) et pendant les crues 1963 et 1964 à Béoumi (superficie du bassin : 26.200 km²). Nous exposerons dans ce paragraphe, les résultats sans en tirer de conclusions :

a) Caractéristiques physiques :

Les hypsométries sont les suivantes (fig. 6) :

Altitudes (m)	FERKE	BEOUMI	BAFECAO
< 200		1,2 %	11,0 %
200-300	1,5 %	9,0	38,0
300-400	92,5	86,7	33,0
400-600	6,0	3,1	16,0
> 600			2,0

Les altitudes moyennes sont de 375 mètres à FERKE et de 340 mètres à BEOUMI.

La végétation est représentée par la zone des forêts claires sur la majeure partie des bassins de FERKE et BEOUMI (fig. 4).

b) Caractéristiques hydrologiques :

	FERKE	BEOUMI	BAFECAO
P my (mm)	1390	1355	1335
M (m ³ /s)	43	150	175
Q spécif. (l/s/km ²)	6,15	5,7	5,4
Ve (10 ⁶ m ³)	1356	4730	5519
Le (mm)	195	180	170
De (mm)	1195	1175	1165
Ce (%)	14,0	13,0	12,7

Répartition mensuelle des débits moyens (m^3/s) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
,7	3,9	1,9	1,6	1,5	3,5	15,8	100	222	137	40	15,4	46 (1)
,3	15,5	9,0	12,3	17,3	43,1	100	281	634	545	179	71,4	162 (2)
3	28	30	31	46	129	218	439	1050	1067	372	130	300 (3)

(1) FERKESSEDOUGOU

(2) BEOUMI

(3) BAFECAO-BRIMBO

Les caractéristiques hydrologiques des stations de FERKESSEDOUGOU et BEOUMI sont semblables : débits spécifiques ($l/s/km^2$) : 6,15 (FERKE) - 5,7 (BEOUMI) - coefficients d'écoulement = 14,0 (FERKE) - 13,0 (BEOUMI).

L'allure générale des hydrogrammes interannuels est la même ; le maximum de crue se situe en septembre-octobre.

C) Etude comparative du transport solide en suspension durant la crue de 1964 :

Les valeurs observées aux trois stations, pendant la crue de 1964, sont les suivantes :

- charge solide unitaire = (g/m^3) (fig. 34)

	FERKE	BEOUMI	BAFECAO
22 juillet	98,9		
11 août			161,45
12 août		125,0	
19 août	41,4		
24 août	28,5		
2 septembre		90,6	
3 septembre			87,0
15 septembre	13,9		
29 septembre		14,1	
1er octobre			38,0
15 octobre	29,3		
17 octobre	34,7		
3 novembre	31,6	62,5	
4 novembre			59,4
9 décembre		54,8	
10 décembre			36,2

Exportation solide = (tonnes). (fig.35)

	FERKE	BECUMI	BAFECAO
- quinzaine août	10.411		142.128
- quinzaine août	14.515	84.024	148.392
- quinzaine septembre	9.634	73.656	120.960
- quinzaine septembre	8.251	36.936	98.928
- quinzaine octobre	8.640	20.952	76.680
- quinzaine octobre	8.554	22.896	58.320
- quinzaine novembre		22.248	35.640
- quinzaine novembre		17.280	22.896

- Dégradation spécifique (t/km²) -

	FERKE (7.000 km ²)	BECUMI (26.200 km ²)	BAFECAO
- quinzaine août	1,49		2,16
- quinzaine août	2,07	3,21	2,42
- quinzaine septembre	1,38	2,81	2,15
- quinzaine septembre	1,18	1,41	1,79
- quinzaine octobre	1,23	0,80	1,40
- quinzaine octobre	1,22	0,87	1,02
- quinzaine novembre		0,85	0,55
- quinzaine novembre		0,66	0,37

II) COMPARAISONS ENTRE LES STATIONS de DUIBO et de BAFECAO.

Les superficies des bassins du BANDAMA à DUIBO et BAFECAO sont de 32.200 km² et 60.200 km².

a) caractéristiques physiques.

La pente moyenne de la source à DUIBO est de 0,53 m/km; celle de la source à BAFECAO, de 0,57 m/km. De DUIBO à BAFECAO, la pente est de 0,66 m/km.

Les hypsométries s'établissent comme suit :

ALTITUDES (m)	DUIBO	BAFECAO
< 200	3,0 %	11,0 %
200 - 300	26,8	38,0
300 - 400	67,8	33,0
400 - 600	2,4	16,0
> 600		2,0

Les altitudes moyennes sont de 310 mètres (à DUIBO) et 315 mètres (à BAFECAO).

La végétation est représentée par la zone des forêts claires et des savanes préforestières sur le bassin de DUIBO et par 85% de savanes préforestières et 15% de forêt sempervirente sur le bassin de BAFECAO.

b) caractéristiques hydrologiques

	DUIBO	BAFECAO
Pluviométrie moyenne (mm)	1 335	1 315
Module moyen (m ³ /s)	175	300
Débit spécifique (l/s/km ²)	5,40	5,00
Volume d'eau écoulé (10 ⁶ m ³)	5 519	9 461
Lame d'eau écoulée (mm)	170	155
Déficit d'écoulement (mm)	1 165	1 160
Coefficient d'écoulement (%)	12,7	11,8

Répartition mensuelle des débits moyens (m³/s):

F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
15	5	20	30	60	110	270	660	610	200	80	175 (1)
28	30	31	46	129	218	439	1050	1067	372	130	300 (2)

(1) station de DUIBO

(2) station de BAFECAO

Les caractéristiques hydrologiques des deux stations sont assez semblables: débits spécifiques (l/s/km²) = 5,40 (DUIBO), 5,00 (BAFECAO). Coefficients d'écoulement = 12,7% (DUIBO), 11,8 (BAFECAO).

La répartition mensuelle des débits moyens est identique. En effet, le BANDAMA présente aux deux stations un régime hydrologique mixte de type équatorial de transition atténué et de type tropical de transition; ce dernier prédomine à DUIBO.

c) Etude comparative du transport solide en suspension.

- Charge solide unitaire : (fig. 70 à 72).

Les valeurs d'étiage s'échelonnent entre 15 et 60 g/m³ à DUIBO et entre 5 et 30 g/m³ à BAFECAO.

Les plus fortes valeurs de charge solide unitaire sont observées au cours de la première crue, en juin-juillet, et dans la première partie de la montée de la grande crue; elles varient entre 100 et 180 g/m³. Dans la seconde partie de la crue et en période de décrue, les valeurs décroissent régulièrement, indépendamment du débit:

en 1965 =

DUIBO : 24/8 = 111,3 g/m³ - 15/9 = 77,8 - 12/10 = 36,9 -
10/11 = 59,4 - 21/12 = 38,9.

BAFECAO : 25/8 = 89,0 g/m³ - 16/9 = 80,4 - 13/10 = 42,9 - 11/11 = 52,6
22/12 = 26,2

en 1966 =

DUIBO : 31/8 = 176,2 - 12/10 = 60,0 - 23/11 = 34,6 - 14/12 = 71,1

BAFECAO : 1/9 = 184,7 - 13/10 = 80,9 - 24/11 = 40,65 = 15/12 = 37,5.

en 1967 =

DUIBO : 13/9 = 99,0 - 11/10 = 80,55 - 8/11 = 57,4 - 10/1/68 = 32,2

BAFECAO : 14/9 = 106,6 - 12/10 = 66,3 - 9/11 = 56,9 - 11/1/68 = 38,2.

Aux stations de DUIBO et de BAFECAO, les turbidités spécifiques annuelles sont du même ordre de grandeur =

1965 = DUIBO : 82,4 g/m³ - BAFECAO : 74,7 g/m³

1966 = " : 105,5 " " 112,55 "

1967 = " : 93,2 " " 78,4 "

- Exportation solide :

Les bilans annuels des exportations solides s'établissent comme suit :

ANNEE	DUIBO		BAFECAO	
	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)
1965	590.620	7.171	831.775	11.139
1966	508.530	4.822	889.835	7.906
1967	417.610	4.480	485.140	6.190

Les histogrammes et les courbes cumulatives correspondantes, représentant les pourcentages bimensuels des exportations solides et des volumes d'eau écoulé, aux stations de DUIBO (fig. 21 - 22 et 23) et de BAFECAO (fig. 29 - 30 et 31) montrent la correspondance des apports solides aux deux stations; les variations relatives des apports du bassin de la MARAHOUE semblent évoluer dans le même sens que celles du bassin du BANDAMA à DUIBO. En effet, le schéma général est le même à DUIBO qu'à BAFECAO.

- Dégradations spécifiques :

Il est à remarquer que la différence entre les coefficients d'écoulement aux deux stations est plus importante que celle des moyennes interannuelles; ceux de DUIBO sont supérieurs, ainsi =

en 1965 =	DUIBO =	16,5%	-	BAFECAO =	13,7%
1966 =	"	11,0%	-	"	9,4%
1967 =	"	10,5%	-	"	7,7%.

Les dégradations spécifiques sont les suivantes =

1965 =	DUIBO =	18,3	t/km ² /an	-	BAFECAO =	13,8	t/km ² /an
1966 =	"	15,8	"	-	"	14,8	"
1967 =	"	13,0	"	-	"	8,1	"

elles sont donc plus conséquentes sur le bassin de DUIBO, pour les années étudiées; cependant lorsque les coefficients d'écoulement sont voisins, les dégradations spécifiques sont du même ordre (en 1966 = DUIBO : Ce % = 11,0 et 15,8 t/km² - BAFECAO : Ce % = 9,4 et 14,8 t/km²).

En conclusion, les turbidités spécifiques ont des valeurs identiques ; les exportations solides, et par conséquent, les dégradations spécifiques, diffèrent par suite du volume d'eau écoulé proportionnellement plus important à la station de DUIBO, compte-tenu des superficies des bassins.

IV - COMPARAISON DES BILANS DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION SUR DEUX BASSINS DE SUPERFICIE EQUIVALENTE : DUIBO et ZIENOA, MAIS DE CARACTERISTIQUES DIFFERENTES :

Les bassins du BANDANIA à DUIBO et du NZI à ZIENOA ont des superficies équivalentes: 32.200 km² et 33.150 km² .

a) Caractéristiques physiques.

Les pentes moyennes des sources aux stations sont identiques = 0,53 m/km (DUIBO) - 0,52 m/km (ZIENOA).

Les hypsométries s'établissent comme suit :

ALTITUDES (m)	DUIBO	ZIENOA
< 200	3,0 %	47,0 %
200 - 300	26,8	36
300 - 400	67,8	16
400 - 600	2,4	1

Les altitudes moyennes sont de 310 mètres (à DUIBO) et 215 mètres (à ZIENOA).

La végétation est représentée par la zone des forêts claires et des savanes préforestières, sur le bassin de DUIBO et par 80% de savanes préforestières et 20% de forêt sempervirente sur le bassin de ZIENOA.

b) Caractéristiques hydrologiques.

	DUIBO	ZIENOA
Pluviométrie moyenne (mm)	1335	1205
Module moyen (m^3/s)	175	97,4
Débit spécifique ($l/s/km^2$)	5,40	2,90
Volume d'eau écoulé ($10^6 m^3$)	5519	3072
Lame d'eau écoulée (mm)	170	93
Déficit d'écoulement (mm)	1165	1112
Coefficient d'écoulement (%)	12,7	7,7

Répartition mensuelle des débits moyens (m^3/s) :

	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
(1)	5	20	30	60	110	270	660	610	200	80	175
(2)	3,6	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215	320	147	26	97,4

(1) station de DUIBO

(2) station de ZIENOA

Les caractéristiques hydrologiques des deux stations sont très différentes: débits spécifiques ($l/s/km^2$) = 5,40 (DUIBO), 2,90 (ZIENOA). Coefficients d'écoulement: 12,7% (DUIBO), 7,7% (ZIENOA).

Les répartitions mensuelles des débits moyens sont caractéristiques de deux régimes hydrologiques bien différenciés = régime tropical de transition (DUIBO), régime équatorial de transition (ZIENOA). La différence essentielle est l'existence de deux maxima de crue (en juin-juillet et en octobre) à ZIENOA, et d'un seul maxima de crue, à DUIBO (en septembre-octobre).

c) Etude comparative du transport solide en suspension.

- Charge solide unitaire.

Les valeurs d'étiage sont du même ordre: entre 15 et 60 g/m^3 à DUIBO; entre 20 et 80 g/m^3 à ZIENOA.

Les plus fortes valeurs de charge solide unitaire sont observées à l'amorce de crue et en début de montée de la grande crue, à DUIBO: elles varient entre 100 et 180 g/m^3 . A ZIENOA, elles correspondent à la première crue de juin-juillet: elles varient de 150 à 300 g/m^3 ; donc, des teneurs nettement plus élevées.

Au cours de la seconde partie de la crue en période de décrue, à DUIBO et durant la seconde crue à ZIENOA, les charges solides unitaires diminuent, indépendamment du débit:

en 1965:

DUIBO : 24/8 = 111,3 g/m^3 - 15/9 = 77,8 - 12/10 = 36,9 -
10/11 = 59,4 - 21/12 = 38,9.

ZIENOA : 26/8 = 191,7 g/m^3 - 17/9 = 114,2 - 14/10 = 108,9 -
11/11 = 86,2 - 22/12 = 46,5.

en 1966:

DUIBO : 31/8 = 176,2 - 12/10 = 60,0 - 23/11 = 34,6 - 14/12 = 71,1.
ZIENOA : 1/9 = 171,05 - 13/10 = 137,2 - 24/11 = 59,35 - 15/12 = 32,1.

en 1967:

DUIBO : 13/9 = 99,0 - 11/10 = 80,55 - 8/11 = 57,4 - 10/1/68 = 32,2.
ZIENOA : 14/9 = 180,8 - 12/10 = 135,0 - 9/11 = 81,5 - 11/1/68 = 75,55.

D'une manière générale, les charges solides unitaires sont nettement supérieures à la station de ZIENOA. Si l'on considère les turbidités spécifiques (poids moyen annuel des suspensions par mètre cube), elle se présentent de la façon suivante:

1965 =	DUIBO =	82,4 g/m ³	-	ZIENOA =	160,9 g/m ³ .
1966 =	"	105,5 "	-	"	105,6 "
1967 =	"	93,2 "	-	"	132,4 "

Les teneurs plus élevées à ZIENOA peuvent s'expliquer ainsi: en amont de la zone schisteuse, le NZI présente des coefficients d'écoulement élevés (par exemple, en 1968, à M'BAHIAKRO = 18,0% - à DIMBOKRO = 13,2% - à ZIENOA = 8,4%) du même ordre que ceux du BANDAMA à DUIBO (en 1968: 15,1%); de plus, les teneurs en matériaux doivent être identiques aux valeurs de DUIBO. En effet, le bassin du NZI, en amont de la zone schisteuse, est également en zone de savanes préforestières. Après avoir coulé sur les schistes et sous forêt où le NZI subit des pertes en eau, les coefficients sont plus faibles, mais la capacité du fleuve est suffisante pour transporter le matériel erodé en amont d'où, à ZIENOA, des turbidités spécifiques élevés et des coefficients d'écoulement faibles. Ceci peut être confirmé par les valeurs de 1966, où les turbidités spécifiques ont des valeurs identiques aux deux stations et où les coefficients d'écoulement correspondants sont proches -(11,0% à DUIBO - 9,4 % à ZIENOA). La comparaison des turbidités spécifiques est faussée par des caractéristiques hydrologiques différentes, qui n'influencent pas la capacité de transport du NZI.

Exportation solide:

Les bilans annuels des exportations solides s'établissent comme suit :

ANNEE	DUIBO		ZIENOA	
	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)
1965	590.620	7.171	447.205	2.780
1966	508.530	4.822	397.975	3.768
1967	417.610	4.480	136.497	1.031

Il ressort de ce tableau que les exportations solides sont plus importantes à DUIBO, mais que proportionnellement aux volumes d'eau écoulé, le transport solide en suspension est plus conséquent à ZIENOA.

L'examen des histogrammes et des courbes cumulatives, représentant les pourcentages bimensuels des exportations solides et des volumes d'eau écoulés, aux stations de DUIBO (fig. 21 - 22 et 23) et de ZIENOA (fig. 43 - 44 et 45) montre l'importance des apports solides de la première crue, et l'existence de deux maxima à ZIENOA, tandis qu'à DUIBO, un seul maximum intervient dans l'exportation solide. La figure 81 représente les pourcentages relatifs des exportations solides et des volumes d'eau écoulés en 1965, aux deux stations.

- Dégradations spécifiques (fig. 83).

Les valeurs sont les suivantes :

1965 = DUIBO =	18,3	t/km ² /an	-	ZIENOA =	13,5	t/km ² /an
1966 = "	15,8	"	-	" =	12,0	"
1967 = "	13,0	"	-	" =	4,1	"

Les coefficients d'écoulement sont les suivants:

1965 = DUIBO =	16,5%	-	ZIENOA =	7,1%
1966 = "	11,0%	-	" =	9,4%
1967 = "	10,5%	-	" =	2,6%.

En conclusion, le déficit d'écoulement important dû à la diminution progressive des précipitations et à leur étallement en deux saisons bien distinctes, ainsi qu'à l'influence de la couverture végétale assez dense et à la nature du sol **relativement perméable**, n'intervient pas dans la capacité de transport du fleuve. Ce qui a pour conséquence d'augmenter les turbidités spécifiques mais de réduire les exportations solides et par suite les dégradations spécifiques.

V) COMPARAISON DES BILANS DU TRANSPORT SOLIDE EN SUSPENSION AUX STATIONS de BAFECAO - BRIMBO et de ZIENOA.

Dans ce paragraphe, nous comparons les exportations solides sur les bassins du BANDAMA BLANC à BAFECAO et du NZI à ZIENOA; cette étude complète celle du chapitre concernant la station de TIASSALE, où sont traités les influences du NZI et du BANDAMA, et leurs apports respectifs.

Les superficies des bassins de BAFECAO et de ZIENOA sont respectivement de : 60.200 et 33.150 km².

a) Caractéristiques physiques:

Les hypsométries sont les suivantes:

ALTITUDE (m)	BAFECAO	ZIENOA
< 100	1 %	7 %
100 - 200	10	40
200 - 300	38	36
300 - 400	33	16
400 - 500	12	}
500 - 600	4	
600 - 850	2	

Les altitudes moyennes sont de 315 mètres (BAFECAO) et de 215 mètres (ZIENOA).

Les pentes moyennes des sources aux stations: 0,57 m/km (BAFECAO) - 0,52 m/km (ZIENOA).

Le couvert végétal comprend: 15% de forêt sempervirente (BAFECAO) et 20% (ZIENOA); le reste étant représenté par des forêts claires et des savanes préforestières.

b) Caractéristiques hydrologiques:

	BAFECAO	ZIENOA
Pluviométrie moyenne (mm)	1 335	1 205
Module moyen (m ³ /s)	175	97,4
Débit spécifique (l/s/km ²)	5,4	2,9
Volume d'eau écoulé (10 ⁶ m ³)	5 519	3 072
Lame d'eau écoulée (mm)	170	93
Déficit d'écoulement (mm)	1 165	1 112
Coefficient d'écoulement (%)	12,7	7,7

Répartition mensuelle des débits moyens (m³/s):

F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
28	30	31	46	129	218	439	1050	1067	372	130	300 (1)
,4	3,6	13,2	30,8	119,7	154,9	120,7	215,0	320,0	147,0	26,0	97,4 (2)

(1) BAFECAO

(2) ZIENOA

Les caractéristiques hydrologiques des bassins du BANDAMA à BAFECAO et du NZI à ZIENOA sont très différentes: débits spécifiques (l/s/km²) = 5,4 (BAFECAO); 2,9 (ZIENOA). Coefficients d'écoulement = 12,7% (BAFECAO). 7,7% (ZIENOA).

Les répartitions mensuelles des débits moyens sont caractéristiques des régimes hydrologiques de type équatorial de transition, pour le NZI à ZIENOA et de type mixte, tropical de transition et équatorial de transition, pour le BANDAMA à BAFECAO.

c) Etude comparative du transport solide en suspension.

- Charge solide unitaire (fig. 73 à 76).

Les variations relatives des charges solides unitaires aux deux stations ont été traitées dans le chapitre: station de TIIASSALE.

Nous envisagerons les turbidités spécifiques (poids moyen annuel des suspensions par mètre cube), qui se présentent de la façon suivante:

1964 :	BAFECAO =	74,4	g/m ³	-	ZIENOA =	139,8	g/m ³
1965 :	"	74,7	"	-	"	160,9	"
1966 :	"	112,55	"	-	"	105,6	"
1967 :	"	78,4	"	-	"	132,4	"
1969 :	"	84,0	"	-	"	195,15	"

Nous pouvons constater que les valeurs de turbidités spécifiques de la station de BAFECAO, du même ordre de grandeur que celles de la station de DUIBO, sont nettement inférieures à celles de ZIENOA.

L'explication fournie, dans le chapitre précédent, reste valable pour les stations de BAFECAO et ZIENOA.

- Exportation solide :

Les bilans annuels sont les suivants:

ANNEE	BAFECAO		ZIENOA	
	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)	Exp. (tonnes)	Ve (10 ⁶ m ³)
54	906.785	12.182	420.335	3.007
55	831.775	11.139	447.205	2.780
56	889.835	7.906	397.975	3.768
57	485.140	6.190	136.497	1.031
59	526.176	6.262	160.222	821

Les exportations solides sont plus importantes à BAFECAO qu'à ZIENOA, mais proportionnellement aux volumes d'eau écoulé, elles sont moindres.

Les pourcentages respectifs des apports solides du BANDAMA et du NZI sont traités dans le chapitre : station de TIASSALE.

- Dégradations spécifiques (fig. 82).

Les valeurs sont les suivantes :

1964 :	BAFECAO =	15,1	t/km ² /an	-	ZIENOA =	12,7	t/km ² /an
1965 :	"	13,8	"	-	"	13,5	"
1966 :	"	14,8	"	-	"	12,0	"
1967 :	"	8,1	"	-	"	4,1	"
1969 :	"	8,7	"	-	"	4,8	"

Les coefficients d'écoulement :

1964 :	BAFECAO =	15,3	%	-	ZIENOA =	7,8	%
1965 :	"	13,7	%	-	"	7,1	%
1966 :	"	9,4	%	-	"	9,4	%
1967 :	"	7,7	%	-	"	2,6	%
1969 :	"	9,1	%	-	"	3,4	%

En conclusion, les différences que l'on observe dans les taux de dégradations spécifiques, sont dues aux caractéristiques hydrologiques des deux bassins. Elles sont plus accentuées entre les bassins de DUIBO et de ZIENOA qu'entre les bassins de BAFECAO et de ZIENOA.

VI - TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION PAR DES COURS D'EAU PRESENTANT
DES ANALOGIES AVEC LE FLEUVE BANDAMA.

L'étude comparative des transports solides effectués en suspension par des cours d'eau dont les bassins versants sont soumis à des influences climatiques diverses, est très délicate. En effet, nous ignorons souvent les facteurs qui régissent **l'érosion mécanique**, notamment les caractéristiques physiques des bassins: relief, végétation, pédologie... cependant, dans ce paragraphe, nous établirons un parallèle avec des bassins présentant certaines analogies avec le Bandama: les données relatives aux dégradations spécifiques et aux turbidités annuelles et mensuelles sont extraites de la note de F. Fournier (1969) :

1°) conditions climatiques identiques : climats tropicaux à saison humide et saison sèche :

CHAO PHYA (Thaïlande): superficie : 103.470 km^2 . Dégradation spécifique annuelle : $106,42 \text{ t/km}^2$. Turbidité annuelle: 373 g/m^3 .

ME KLONG (Thaïlande): superficie : 25.466 km^2 . Dégradation spécifique annuelle : $317,8 \text{ t/km}^2$. Turbidité annuelle : 305 g/m^3 .

ME PING (Thaïlande): superficie: 42.300 km^2 . Dégradation spécifique annuelle: $35,92 \text{ t/km}^2$. Turbidité annuelle : 154 g/m^3 .

ME NAN (Thaïlande): superficie: 25.491 km^2 . Dégradation spécifique annuelle : $127,70 \text{ t/km}^2$. Turbidité annuelle: 195 g/m^3 .

BANDAMA (Côte d'Ivoire): superficie: 94.250 km^2 . Dégradation spécifique annuelle: $11,13 \text{ t/km}^2$. Turbidité annuelle: $92,6 \text{ g/m}^3$.

Nous constatons que les valeurs de dégradations spécifiques et de turbidités annuelles du fleuve Bandama sont très inférieures à celles des fleuves cités. Nous ne pouvons pas tirer de conclusions, ne connaissant pas les caractéristiques de ces bassins.

2°) Bassins de superficie identique à celle du Bandama, et représentatifs de zones climatiques bien différenciées:

SOUTH SASKATCHEWAN (Canada): superficie : 116.000 km². Zone climatique: climat steppique sec à hiver froid. Dégradation spécifique annuelle: 44,12 t/km². Turbidité annuelle : 260,1 g/m³.

RED (Canada): superficie: 116.000 km². Zone climatique: climat tempéré continental. Dégradation spécifique annuelle: 11,37 t/km². Turbidité annuelle: 121,6 g/m³.

ODER (Pologne): superficie: 109.400 km². Zone climatique: climat tempéré subocéanique. Dégradation spécifique annuelle: 1,22 t/km². Turbidité annuelle 9 g/m³.

NORTH SASKATCHEWAN (Canada): superficie: 119.000 km². Zone climatique: climat boréal continental. Dégradation spécifique annuelle: 23,02 t/km². Turbidité annuelle: 189,6 g/m³.

BANDAMA (Côte d'Ivoire): superficie: 94.250 km². Zone climatique: climat tropical à saison humide et saison sèche. Dégradation spécifique annuelle: 11,13 t/km². Turbidité annuelle: 92,6 g/m³.

3°) Tableau 44 représente la répartition des débits liquides moyens mensuels et les valeurs de dégradations spécifiques mensuels correspondantes.

En résumé, nous ne pouvons que constater le bilan chiffré du transport solide en suspension, mais il serait vain de comparer les modalités de l'érosion sur des bassins soumis à des conditions climatiques diverses, sans connaître les caractéristiques de ceux-ci.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
ODRA (ODER) (Pologne) 109.400 km ² 1961-64	(1)	450	517	674	658	543	363	443	384	322	344	375	414	457
	(2)	0,07	0,07	0,09	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,05	0,07	0,07	1,22
EUPHRATE (Syrie) 120.650 km ² 1962-64	(1)	597	896	1407	2366	2257	1592	637	337	304	311	389	545	969,8
	(2)	7,72	14,61	61,50	115,50	128,50	68,70	12,43	4,62	1,33	3,14	4,43	7,78	35,86
PO (Italie) 54.290 km ² 1956-62	(1)	1280	1190	1490	1990	1680	1870	1160	787	1100	1630	2270	2140	1550
	(2)	12,9	14,3	22,7	46,6	22,1	20,8	7,5	4,0	12,2	22,7	44,7	49,5	280
NORTH SASKATCHEWAN (Canada) 119.000 km ² 1958-1962-65	(1)	51,9	51,7	77,8	378	373	605	506	418	259	178	88,2	61,5	212,50
	(2)	0,04	0,01	0,03	5,43	4,01	8,69	13	2,32	0,57	0,35	0,20	0,07	23,02
CHAO PHYA (Thaïlande) 103.470 km ² 1956-63	(1)	113	92,9	64,3	47,1	115,4	270,7	444,8	1105,4	2080,8	2583,9	1124,2	318,1	698,1
	(2)	0,24	0,13	0,10	0,13	1,06	3,29	7,11	35,75	18,95	30,40	8,16	1,05	106,42
BANDAMA (Côte d'Iv.) 94.250 km ² 1964-67-69	(1)	78,5	39,4	25,1	40,0	64,1	207,1	314,2	505,3	1187,3	1170,5	478,2	79,5	349,1
	(2)	0,04	0,04	0,05	0,12	0,13	0,56	1,42	2,11	2,62	2,28	1,42	0,34	11,13

(1) Débits liquides moyens mensuels (en m³/sec.)

(2) Dégradation spécifique mensuelle (en tonnes/km²).

VII - MINÉRALOGIE DES ARGILES.

DETERMINATION DES MINÉRAUX ARGILEUX DES SÉDIMENTS TRANSPORTÉS EN SUSPENSION.

Dans ce paragraphe, nous résumerons les principaux résultats de l'étude minéralogique de la fraction argileuse des sédiments du bassin du Bandama effectuée aux laboratoires de spectrographie des services scientifiques centraux de l'ORSTOM à BONDY.

Il est à remarquer qu'en plus de la phase minérale, il existe une phase amorphe relativement importante, ce qui constitue un obstacle aux déterminations minéralogiques.

1°) FRACTION AMORPHE.

Les produits amorphes se présentent sous forme de "gels" et ont une composition identique à celle des minéraux argileux: ce sont des hydroxydes de fer et d'alumine et de la silice sous forme libre. Tous les échantillons ont une forte teneur en produits amorphes: les valeurs les plus faibles sont voisines de 10% mais elles sont comprises le plus souvent entre 15 et 25% et peuvent dépasser 30%. La silice extraite entre pour une part importante dans ce pourcentage mais les valeurs sont variables (de 2 à 20%). L'hydroxyde d'alumine varie dans les mêmes proportions et l'hydroxyde de fer atteint sa valeur maximale aux environs de 7% .

a) bassins versants du LOSERIGUE et de l'AMITIORO :

Les sols du bassin versant du LOSERIGUE sont plus riches en produits amorphes que ceux du bassin de l'AMITIORO. Dans les deux cas, la silice est largement dominante. Les valeurs obtenues sont les suivantes:

- LOSERIGUE : de 13 à 20% dont 7 à 12% de silice
- AMITIORO : de 5 à 7 % dont 3 à 5% de silice.

Sur le bassin du LOSERIGUE, l'érosion due au ruissellement entraîne une quantité importante de colloïdes dont une fraction notable de produits amorphes. Il se produit un départ sélectif de la silice amorphe au cours de la saison des pluies; de telles variations n'ont pas été observées à l'AMITIORO.

b) stations fleuve :

D'une manière générale, les produits amorphes sont plus abondants dans les échantillons de suspension que dans ceux des fonds; ceci est surtout vrai pour l'hydroxyde d'aluminium. Aucune variation n'est à noter en ce qui concerne l'hydroxyde de fer et la silice.

c) estuaire du BANDAMA :

Les fonds de l'estuaire sont également plus riches en hydroxydes de fer qu'en hydroxydes d'aluminium : 4 à 7% contre 2 à 4%. La silice est abondante (4 à 18%); les valeurs les plus faibles correspondent aux vases superficielles. Les fonds marins présentent de même une prédominance des hydroxydes de fer sur les hydroxydes d'aluminium. Des fonds de 20 mètres aux fonds de 40 mètres, nous notons une forte diminution de la teneur en produits amorphes qui affecte en premier lieu la silice mais également les hydroxydes d'aluminium; les hydroxydes de fer ne semblent pas affectés.

2°) FRACTION CRISTALLISEE.
=====

D'une façon générale, la kaolinite domine partout. Elle est généralement associée à l'illite en faibles quantités; les échantillons provenant du nord du bassin (bassin du LOSERIGUE et suspensions prélevées sur le BANDAMA à FERKES-EDOUGOU) n'en contiennent que des traces. L'illite apparaît plus nettement et de façon constante à partir de DUIBO. Elle est présente pratiquement à toutes les stations situées plus en aval, dans la région forestière schisteuse, en particulier, dans les sols de l'AMITIORO ainsi que dans les aires de sédimentation : estuaire, en tant que matériel hérité.

La gibbsite est présente dans les sols du bassin du LOSERIGUE. Nous en retrouvons quelques traces dans les échantillons de FERKESSE-DOUGOU et DUIBO.

La montmorillonite se trouve en faibles quantités dans les échantillons prélevés aux stations de la partie méridionale du bassin; elle se retrouve dans les fonds d'estuaire, mais toujours, sous forme de traces.

Quelques échantillons contiennent de la goethite.

Enfin, nous observons d'importantes quantités de quartz fin dans les échantillons provenant du bassin de l'AMITTIORO. Il est également abondant dans les fonds du milieu fluviomarine plus que dans les sédiments transportés en suspension par le fleuve.

CONCLUSION

Cette étude fournit des données sur le transport des sédiments en suspension par des cours d'eau dont les caractéristiques physiques et hydrologiques des bassins versants sont connues. En effet, il est primordial d'inventorier les principaux facteurs susceptibles d'influencer les agents d'érosion et de transport pour établir des bilans d'exportation solide et tenter de les expliciter. Le problème des sédiments transportés par charriage sur le fond sera abordé dans un rapport ultérieur, de même que le transport des éléments en solution.

Le fait d'avoir choisi des bassins de grandes dimensions nous conduit à étudier davantage le rôle des agents de transport que celui des agents d'érosion, lesquels sont mis en évidence sur des bassins représentatifs de petites dimensions.

A l'échelle de grands bassins (superficie supérieure à 30.000 km²), nous ne pouvons que constater les modalités du transport solide, mais ceci ne représente aucunement l'intensité érosive des eaux du bassin. Les origines des matériaux transportés sont diverses. Ceux-ci proviennent de la remise en suspension des sédiments déposés temporairement et de l'action érosive des eaux de ruissellement.

L'examen des paramètres représentant l'exportation des sédiments permet de constater les faits suivants:

- les turbidités spécifiques annuelles pour les bassins représentatifs, varient de 150 à 340 g/m³ pour le bassin de savane du LOSERIGUE (coefficients d'écoulement compris entre 33 et 54%) et de 45 à 180 g/m³ pour le bassin de forêt de l'AMITIORO (coefficients d'écoulement compris entre 2,5 et 9%).

Les valeurs des bassins de DUIBO et de BAFECAO sont du même ordre de grandeur: 75 à 110 g/m³ (coefficients d'écoulement compris entre 10 et 16,5% à DUIBO et entre 8 et 14% à BAFECAO); tandis que celles du bassin du NZI à ZIENOA sont nettement plus élevées: de 105 à 195 g/m³ (coefficients d'écoulement compris entre 3 et 9%). Les fortes valeurs relatives enregistrées à ZIENOA peuvent s'expliquer de la façon suivante: en amont de la zone schisteuse et forestière, le NZI présente des coefficients d'écoulement semblables à ceux du bassin de DUIBO; après passage sur les schistes, les coefficients

d'écoulement sont plus faibles, ils passent de 15 à 8% pour l'année 1968. La capacité de transport du fleuve n'est pas affectée par la perte en eaux, et le déficit d'écoulement plus important a pour conséquence une augmentation de la charge solide unitaire.

- les valeurs de charge solide unitaire les plus élevées, sont observées, pendant la première crue de la saison et au début de la crue principale; elles sont dues au matériel préparé par l'action érosive des eaux de ruissellement du début de saison des pluies et à l'augmentation de la capacité de transport des cours d'eau.

Il est intéressant de noter au sujet des variations de la charge solide unitaire le fait observé à la station de TIASSALE, durant la crue 1967, où les apports solides provenaient d'un bassin relativement homogène, par suite de l'influence négligeable du NZI. La courbe de concentration de la crue principale peut être décomposée en deux parties de pentes différentes, la première ayant une pente plus prononcée. La charge solide unitaire croît au cours de la première partie, atteint son maximum lors du ralentissement de l'accélération du débit; elle ne correspond pas à la capacité maximale du cours d'eau. Dans la seconde partie, le phénomène de concentration de la charge solide totale est atteint, il y a ensuite dilution; d'où une diminution progressive de la charge unitaire. En décrue, le débit solide décroît corrélativement avec le débit liquide, ce qui a pour conséquence une charge solide unitaire constante.

- le bilan des exportations solides a pu être établi pour des bassins à substratum et couverture végétale variés, présentant des régimes hydrologiques différents:

Bassins de savane :

- LOSERIGUE (superficie: $3,6 \text{ km}^2$). Les exportations solides s'échelonnent de 375 à 660 tonnes, pour des volumes d'eau écoulé, de 1,85 à $2,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

- BANDAMA A DUIBO (superficie: 32.200 km^2 - pente moyenne: $0,53 \text{ m/km}$): les exportations solides varient entre 420.000 et 600.000 tonnes, pour des volumes d'eau écoulé, de 4500 à $7200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Bassin de forêt:

- AMITIORO (superficie: 170 km^2). Le bilan est de 565 à 4820 tonnes pour des volumes d'eau écoulé de 5 à $27 \cdot 10^6$ mètres cube.

Bassins de savane et forêt:

- BANDAMA A BAFECALO (superficie: 60.200 km^2 - pente moyenne : $0,57 \text{ m/km}$ - 15% forêt): de 500.000 à 900.000 tonnes pour des volumes d'eau de 6.200 à $12.200 \cdot 10^6$ mètres cube.

- NZI à ZIENOA (superficie : 33.150 km^2 - pente moyenne : $0,52 \text{ m/km}$ - 20% forêt): de 140.000 à 450.000 tonnes pour des volumes d'eau de 820 à $3.800 \cdot 10^6$ mètres cube.

- BANDAMA A TIASSALE (superficie: 94.250 km^2 - pente moyenne: $0,63 \text{ m/km}$ - 15 à 20% forêt): de 650.000 à 1.500.000 tonnes pour des volumes d'eau de 7.300 à $15.300 \cdot 10^6$ mètres cube.

Il est intéressant de noter la relation existant entre les valeurs de l'exportation solide annuelle et les valeurs de volume d'eau écoule (fig. 84 et 85).

- Les dégradations spécifiques sur les bassins représentatifs de faibles dimensions, montrent les inégalités de l'érosion à l'intérieur d'un bassin de grandes dimensions à zones climatiques différenciées. Les deux provinces distributrices choisies, d'intensités érosives extrêmes illustrent cette constatation :

LOSERIGUE, bassin de savane (superficie: $3,6 \text{ km}^2$ - pente moyenne : 3%). Les dégradations spécifiques sont comprises entre 100 et $180 \text{ t/km}^2/\text{an}$, pour des coefficients d'écoulement de 33 à 54%.

AMITIORO, bassin de forêt (superficie: 170 km^2 - pente moyenne: 0,3%), les dégradations spécifiques s'échelonnent entre 3 et $30 \text{ t/km}^2/\text{an}$, pour des coefficients d'écoulement de 2,5 à 9%.

- Les dégradations spécifiques sur les bassins de grandes dimensions (superficie supérieure à 30.000 km^2) ne présentent aucune signification réelle, mais permettent des comparaisons entre les bassins. D'amont en aval du fleuve, les valeurs décroissent: elles sont comprises entre 13 et $18 \text{ t/km}^2/\text{an}$, à la station de DUILBO; entre

8 et 15 t/km²/an, à BAFECAO; entre 7 et 16 t/km²/an, à la station de TIASSALE, située à la confluence du BANDAMA et du NZI, sur ce dernier, les dégradations spécifiques s'échelonnent entre 4 et 13,5 t/km²/an à la station de ZIENOA.

En résumé, le fleuve BANDAMA soumis à un régime hydrologique mixte de type tropical et équatorial de transition, dont les valeurs des principales caractéristiques sont : module interannuel: 400 m³/s - débit spécifique : 4,15 l/s/km² - coefficient d'écoulement : 10%, présente des turbidités spécifiques annuelles de l'ordre de 100 g/m³ et des dégradations spécifiques allant de 7 à 16 tonnes/km², pour les années considérées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNOULD (M.). 1955 - "Rapport de fin de mission en Côte d'Ivoire". Rapport multigr., Direction Fédérale des Mines et de la Géologie, 38 p.
- ARNOULD (M.). 1958 - "Coupe géologique du N'Zi entre les parallèles 8° et 8°52' (COTE D'IVOIRE)". Service de Géologie et de Prospection Minière, 42 p.
- AUBREVILLE (A.). 1949.- "Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale". Soc. Ed. Géol. Mar. Col., PARIS, 351 p.
- BRUNET - MORET (Y.). 1965 - "Influence du corps de l'averse sur le ruissellement d'un petit bassin (bassin du petit BOUNDJOUK)". Cahiers hydrologie O.R.S.T.O.M., n°3, pp 3 à 32.
- CAMUS (H.). 1969 - "Annuaire hydrologie de Côte d'Ivoire (année 1968)". Rap. multigr., O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 108 p.
- DELVIGNE (J.). 1965 - "Pédogénèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique". Mém. O.R.S.T.O.M 177 p.
- DIACONU (C.). 1968 - "Procédé expéditif pour la mesure des débits solides en suspension". A.I.H.S., . Assemblée Générale de BERNE, 1975, pp 501 - 506.
- ELDIN (M.) - DAUDET (A.). 1967 - "Notice explicative des cartes climatologiques". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé.
- FOURNIER (F.). HENIN (S.). 1962 - "Etude de la forme de la relation existant entre l'écoulement mensuel et le débit solide mensuel". A.I.H.S., n°59, Commission de l'érosion continentale, Colloque de BARI, 1-10 - 8-10-, pp 353-358.
- FURON (R.). 1950 - "Géologie de l'Afrique". PAYOT éd., PARIS, 350 p.

- GEMAEHLING (C.) - CHABERT (J.). 1962 - "Transport solide et modification du lit d'une rivière à forte pente = la DROME". A.I.H.S., colloque de BARI, 1-10 - 8-10., n°59, pp 259-272.
- GIRARD (G.) - TOUCHEBEUF (P.) - CRUETTE (J.). 1963 - "Etude du lessivage sur le bassin versant de KORHOGO (COTE D'IVOIRE). Résultats de la campagne 1962. I - Etude d'hydrologie de surface". Rap. multigr., O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 75 p.
- GIRARD (G.). SIRCOULON (J.) - 1968 - "Etude de reboisement et de protection des sols. Partie hydrologique". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé.
- GUILLAUMET (J-L.). 1967 - "Etude de reboisement et de protection des sols. Notice de la carte de la végétation de la COTE D'IVOIRE au 1/500.000e". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé.
- LENEUF (N.). 1959 - "L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés". O.R.S.T.O.M., Thèse, 210 p.
- LENOIR (F.). 1968 - "Transport solide en suspension sur le bassin de KORHOGO". Rap. multigr. , O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 31 p.
- MANGENOT (G.). 1955 - "Etude sur les forêts et plateaux de la Côte d'Ivoire". I.F.A.N., Etudes Eburnéennes, IV, pp 5 - 61.
- MANGIN (J.Ph.). 1963 - "Etude des phénomènes actuels d'érosion, de transport et de sédimentation conduisant à des dépôts alternants". C.R. som. séances de la Soc. géol. de France., p. 153.
- MANGIN (J.Ph.) - LECOLLE (J.) - MATHIEU (Ph.) - MONNET (C.) - NINTA (M.) - SIRCOULON (J.). 1966 - "Géochimie des eaux naturelles; le transport en solution par un fleuve de Côte d'Ivoire". C.R. Acad. Sci. PARIS, t. 262, pp. 2204-2206.
- MATHIEU (Ph.). 1969 - "Erosion et transport solide sur le bassin versant de l'AMITIORO. COTE D'IVOIRE". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, Rap. multigr., 62 p.

- MIEGE (J.). 1955 - "Les savanes et forêts claires de Côte Ivoire". I.F.A.N., Etudes Eburneennes., IV, pp 62-81.
- MOLINIER (M.). 1968. "Etude du ruissellement sur le bassin versant de KORHOGO. Résultats de la campagne 1967." Rap. multigr., O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 20 p.
- NORDIN (C.F.).-DEMPSTER (G.R.Jr.). 1963 - "Vertical distribution of velocity and suspended sediment, Middle Rio Grande, New Mexico". Geol. Surv. Prof. Paper., U.S.A., 20 p.
- PARDE (M.). 1964 - "Quelques notions nouvelles ou améliorées sur l'érosion et les transports solides". A.I.H.S., Assemblée générale de BERKELEY., n°65, pp 166-176.
- PERRAUD (A.). 1967 - "Etude de reboisement et de protection des sols. Notice explicative de l'esquisse pedologique au 1/500.000è". Rap. multigr., 93 p.
- RIOU (G.). 1961 - "Notes sur quelques problèmes de géomorphologie et de pedologie dans la zone de transition forêt-savane. I - Région de TOUÉLODI". Rap. dactyl., O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 56 p.
- ROUGERIE (G.). 1960 - "Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière". Mém. I.F.A.N., n° 58, 542 p.
- Service hydrologique O.R.S.T.O.M. - 1963 - "Note hydrologique sur le BANDALIA à KOSSOU". 23 p.
- Service Hydrologique O.R.S.T.O.M. - 1966 - "Etude de ruissellement sur le bassin versant de KORHOGO (COTE D'IVOIRE). Campagnes 1962-1965. Etude d'hydrologie de surface". Tome II.
- SIRCOULON (J.). mars 1966 - "Note hydrologique sur le N'Zi". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 9 p.
- SIRCOULON (J.). sept. 1966 - "Répertoire des stations hydrométriques de Côte d'Ivoire". O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé.

- SIRCOULON (J). 1967 - "Bassin de l'AMITIORO. Etude du ruisselle-
ment et de ses facteurs conditionnels climatologiques". Rap. multigr.,
O.R.S.T.O.M., Adiopodoumé, 89 p.
- SONNENDRUCKER (P.). 1967 - "Compositions chimiques des formations
éoliques du Sud-Ouest de BONDOUKOU". Rap. S.O.D.E.M.I., 29 p.
- TAGINI (B.). 1965 - "Esquisse géotectonique de la Côte d'Ivoire".
Rap. multigr., S.O.D.E.M.I., 94 p.
- TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY (P.) - GIRARD (G.). 1962 - "Données som-
maires sur les régimes hydrologiques de Côte d'Ivoire". O.R.S.T.O.M.
- TRICART (J.). 1962 - "Les discontinuités dans les phénomènes
d'érosion". A.I.H.S., Colloque de BARI., 1-10 - 8-10, n° 59, pp.
33-243.
- VUILLAUME (G.). 1968 - "Premiers résultats d'une méthode analy-
tique du ruissellement et de l'érosion en zone sahélienne. Bassin
représentatif de KOUNTKOUZOUT (NIGER)". Cahiers O.R.S.T.O.M., sér.
Hydrol., vol.5, n° 2, pp. 33-56.
- YACE (L). 1967 - "Géologie et pétrographie du Birrimien schisto-
volcanique et des granites de la région de TOUMODI, dans le Précam-
brien de la COTE D'IVOIRE". D.E.S. ABIDJAN, 196 p.

TABLE DES FIGURES

- 1 - Situation géographique et stations d'étude.
- 2 - Carte géologique du bassin du Bandama.
- 3 - Pluviométrie du bassin du Bandama.
- 4 - Végétation du bassin du Bandama.
- 5 - Pédologie du bassin du Bandama.
- 6 - Hypsométrie du bassin du Bandama (Carte).
- 7 - Hydrographie du bassin du Bandama.
- 8 - Profil en long du Bandama et de ses principaux affluents.
- 9 - Hypsométrie du bassin du Bandama.
- 10 - Profils transversaux du Bandama à Ferkessedougou-Béoumi et Duibo.
- 11 - Profils transversaux du Bandama à Bafecao-Zienoa et Tiassalé.
- 12 - Débits moyens mensuels aux stations de Bafecao-Zienoa et Tiassalé.
- 13 - Schéma plateforme potamologique.
- 14 - Appareil à prélèvement d'eau.
- 15 - Méthode de calcul du débit solide.
 (exemples: Duibo. 23-XI-1963 - $Q = 212 \text{ m}^3/\text{s}$;
 21-IV-1965 - $Q = 23,6 \text{ m}^3/\text{s}$.)
- 16 - Méthode de calcul du débit solide.
 (exemple: Duibo. 28.VIII-1963 - $Q = 456 \text{ m}^3/\text{s}$.)
- 17 - Méthode de calcul du débit solide.
 (exemple: Duibo. 11.XI.1963 - $Q = 895 \text{ m}^3/\text{s}$.)
- 18 - Débits liquides journaliers du Bandama à Duibo. Charges solides unitaires 1963-1965 - 1966 et 1967.
- 19 - Débits liquides bimensuels du Bandama à Duibo. 1965 - 1966 et 1967.
- 20 - Débits solides bimensuels du Bandama à Duibo. 1965 - 1966 et 1967.

- 21 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Duibo 1965.
- 22 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Duibo 1966.
- 23 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Duibo 1967.
- 24 - Débits liquides journaliers du Bandama à Brimbo-Bafecao - Charges solides unitaires 1964-1965.
- 25 - Débits liquides journaliers du Bandama à Brimbo-Bafecao - Charges solides unitaires 1966-1967.
- 26 - Débits liquides bimensuels du Bandama à Bafecao 1964-1965-1966-1967.
- 27 - Débits solides bimensuels du Bandama à Bafecao 1964-1965-1966-1967.
- 28 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Bafecao 1964.
- 29 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Bafecao 1965.
- 30 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Bafecao 1966.
- 31 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Bafecao 1967.
- 32 - Charges solides unitaire et totale. Bafecao 1969.
- 34 - Charge solide unitaire 1964. Ferké - Béoumi - Bafecao.
- 35 - Exportation solide bimensuelle - 1964 - Ferké - Béoumi - Bafecao.
- 6 - Débits liquides journaliers du Nzi à Zienoa. Charges solides unitaires 1964 - 1965 - 1966 - 1967.
- 37 - Débits liquides bimensuels du Nzi à Zienoa 1964 - 1965 - 1966 - 1967.

- 38 - Débits solides bimensuels du Nzi à Zienoa 1964 - 1965 - 1966 - 1967.
- 39 - Charges solides unitaire et totale. Zienoa 1965.
- 40 - Charge solide unitaire. Zienoa 1969.
- 41 - Exportation solide. Zienoa 1969.
- 42 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Zienoa 1964.
- 43 - "- "- "- Zienoa 1965.
- 44 - "- "- "- Zienoa 1966.
- 45 - "- "- "- Zienoa 1967.
- 46 - "- "- "- Zienoa 1969.
- 47 - Débits liquides journaliers du Bandama à Tiassalé 1964-1965.
- 48 - "- "- 1966-1967.
- 49 - Débits liquides bimensuels du Bandama à Tiassalé 1964 - 1965 - 1966 - 1967.
- 50 - Débits solides bimensuels du Bandama à Tiassalé 1964 - 1965 - 1966 - 1967.
- 51 - Charges solides unitaire et totale - Tiassalé 1964.
- 52 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Tiassalé 1964.
- 53 - Pourcentages bimensuels des apports solides du Nzi et du Bandama Blanc - Tiassalé 1964.
- 54 - Charges solides unitaire et totale - Tiassalé 1965.
- 55 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Tiassalé 1965.
- 56 - Pourcentages bimensuels des apports solides du Nzi et du Bandama Blanc. Tiassalé 1965.

- 57 - Charge solide unitaire - Tiassalé 1966.
- 58 - Charge solide totale - Tiassalé 1966.
- 59 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Tiassalé 1966.
- 60 - Pourcentages bimensuels des apports solides du Nzi et du Bandama Blanc - Tiassalé 1966.
- 61 - Charge solide unitaire - Tiassalé 1967.
- 62 - Charge solide totale - Tiassalé 1967.
- 63 - Charge solide totale - Tiassalé 1967.
- 64 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Tiassalé 1967.
- 65 - Relation débit liquide - charge solide unitaire-Tiassalé 1967.
- 66 - Pourcentages bimensuels des apports solides du Nzi et du Bandama Blanc. Tiassalé 1967.
- 67 - Charge solide unitaire - Tiassalé 1969.
- 68 - Charge solide totale - Tiassalé 1969.
- 69 - Pourcentages bimensuels du volume d'eau écoulé et de l'exportation solide - Tiassalé 1969.
- 69 bis - Apports solides du Bandama et du Nzi - 1969.
- 70 - Charge solide unitaire - Duibo - Bafecao - Tiassalé - 1965.
- 71 - -"- -"- -"- 1966.
- 72 - -"- -"- -"- 1967.
- 73 - Charge solide unitaire - Zienoa - Bafecao - Tiassalé - 1964.
- 74 - -"- -"- -"- 1965.
- 75 - -"- -"- -"- 1966.
- 76 - -"- -"- -"- 1967.
- 77 - Comparaison charges solide et soluble - Tiassalé. 1964.
- 78 - -"- -"- -"- 1965.
- 79 - -"- -"- -"- 1966.
- 80 - -"- -"- -"- 1967.

- 81 - Etude comparative aux stations de Duibo et de Zienoa - 1965.
- 82 - Dégradation spécifique aux stations de Bafecao et Zienoa - 1964 - 1965 - 1966 - 1967.
- 83 - Dégradation spécifique aux stations de Duibo et Zienoa 1965 - 1966 - 1967.
- 84 - Relation Débit liquide - Débit solide : Duibo - Zienoa - Bafecao - 1964 - 1965 - 1966 - 1967 - 1969.
- 85 - Relation Débit liquide - Débit solide : Tiassalé 1964 - 1965 - 1966 - 1967 et 1969.
-

SITUATION GEOGRAPHIQUE

ET

STATIONS D'ETUDE

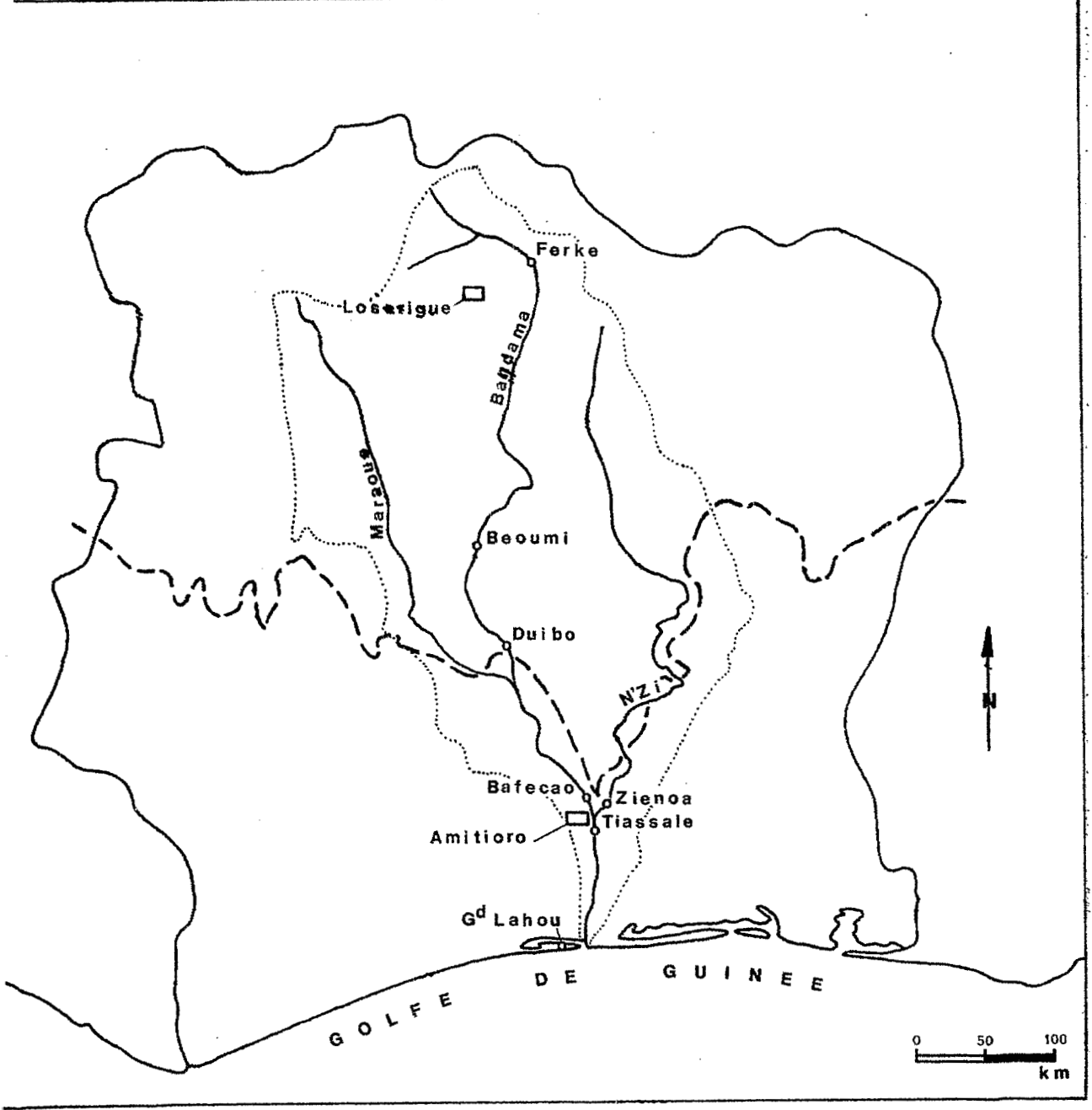
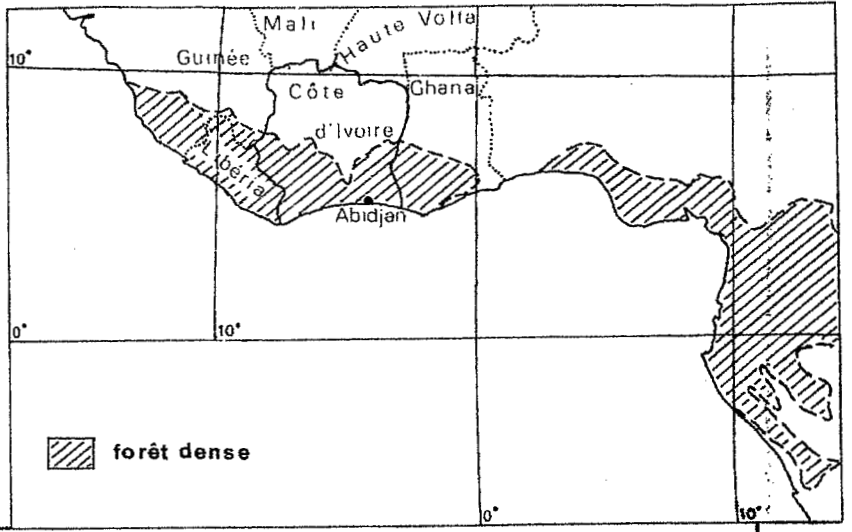
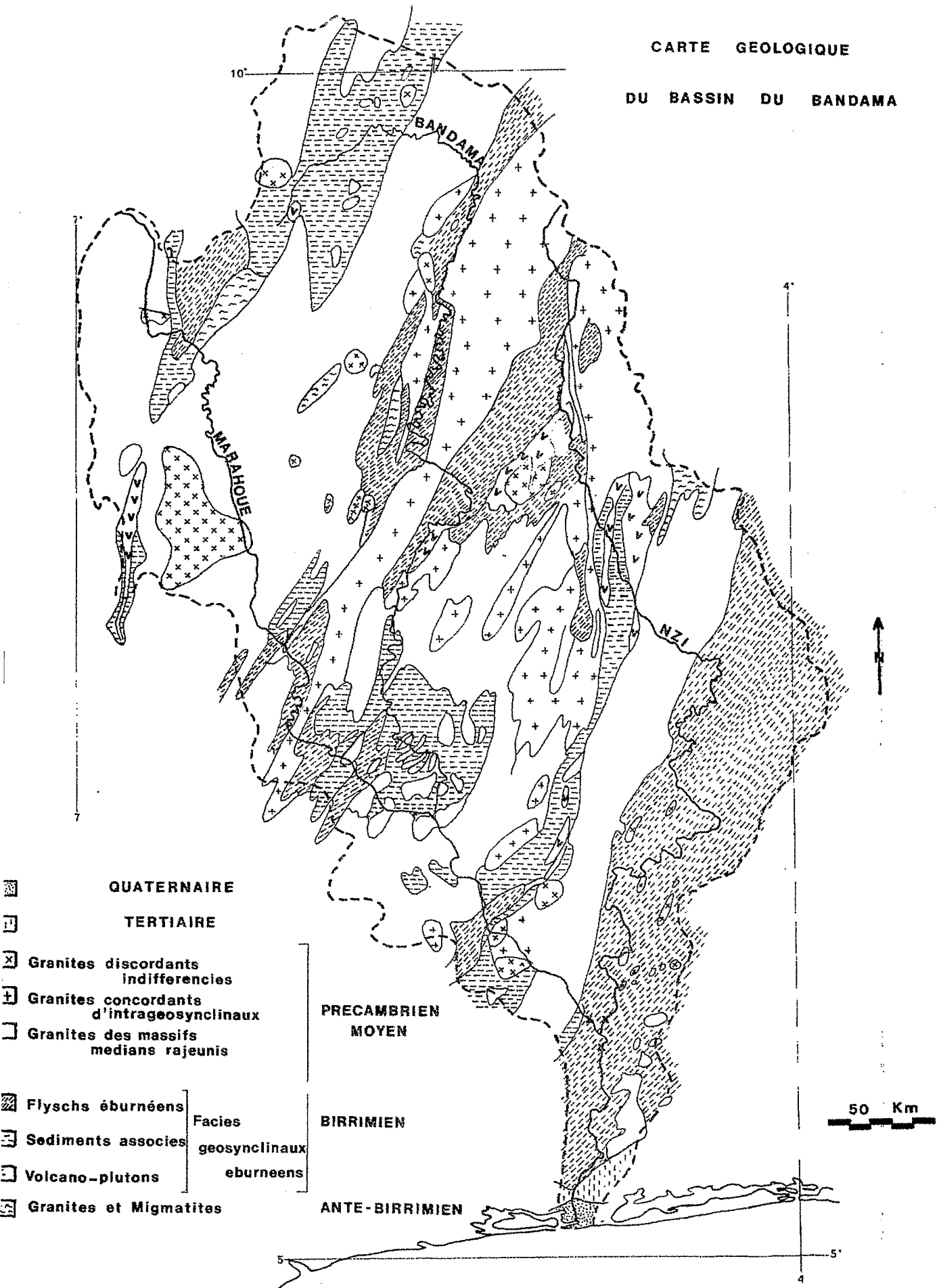


fig.1

CARTE GEOLOGIQUE
DU BASSIN DU BANDAMA



QUATERNAIRE

TERTIAIRE

- ⊗ Granites discordants indifferencies
- + Granites concordants d'intrageosynclinaux
- ▭ Granites des massifs medians rajeunis

- | | | |
|---|------------------------|--------------------------------------|
| ▨ | Flyschs éburnéens | Facies
geosynclinaux
eburnéens |
| ▧ | Sédiments associés | |
| ▩ | Volcano-plutons | |
| ▫ | Granites et Migmatites | |

PRECAMBRIEN
MOYEN

BIRIMIEN

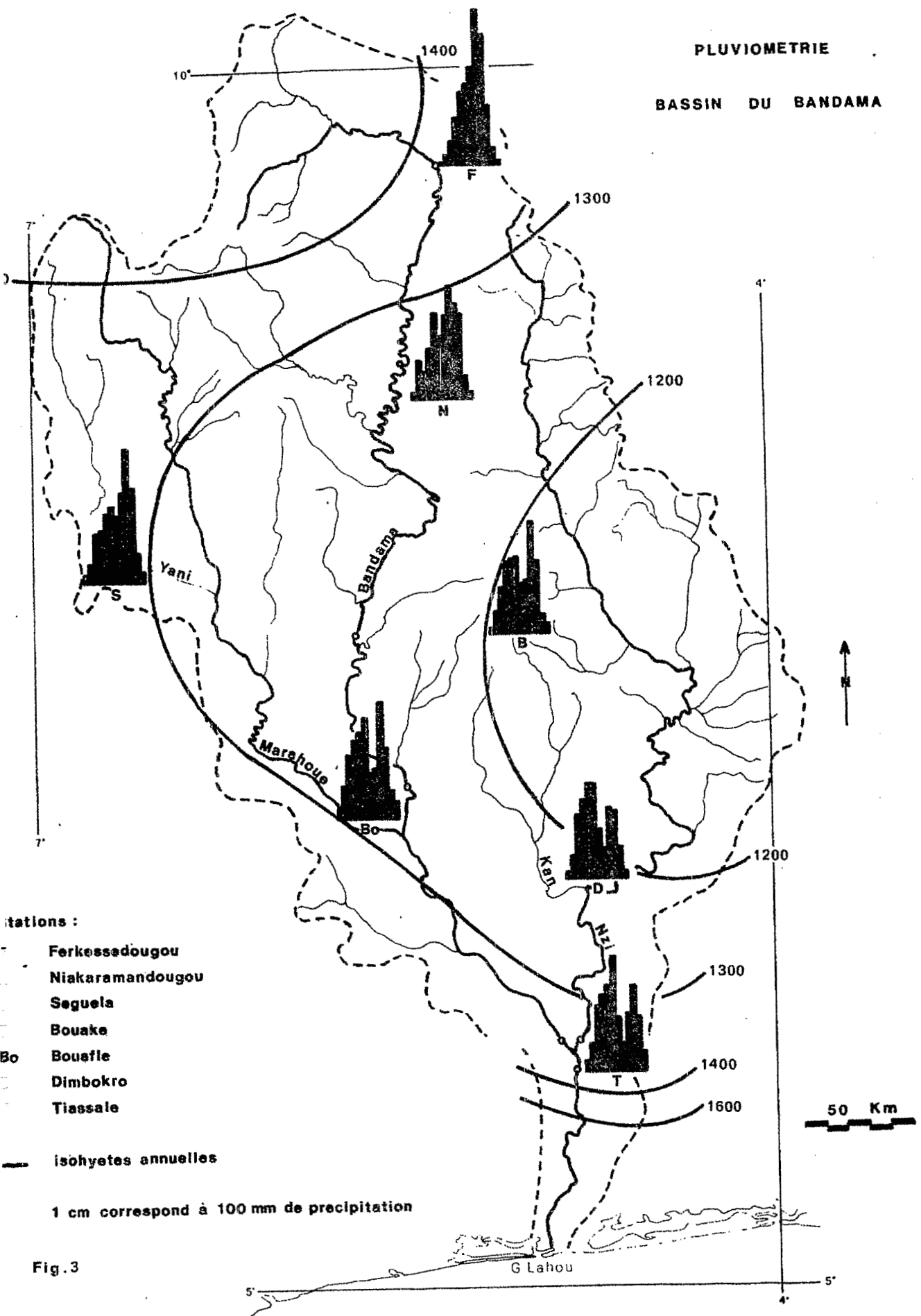
ANTE-BIRIMIEN

50 Km

Fig. 2

PLUVIOMETRIE

BASSIN DU BANDAMA

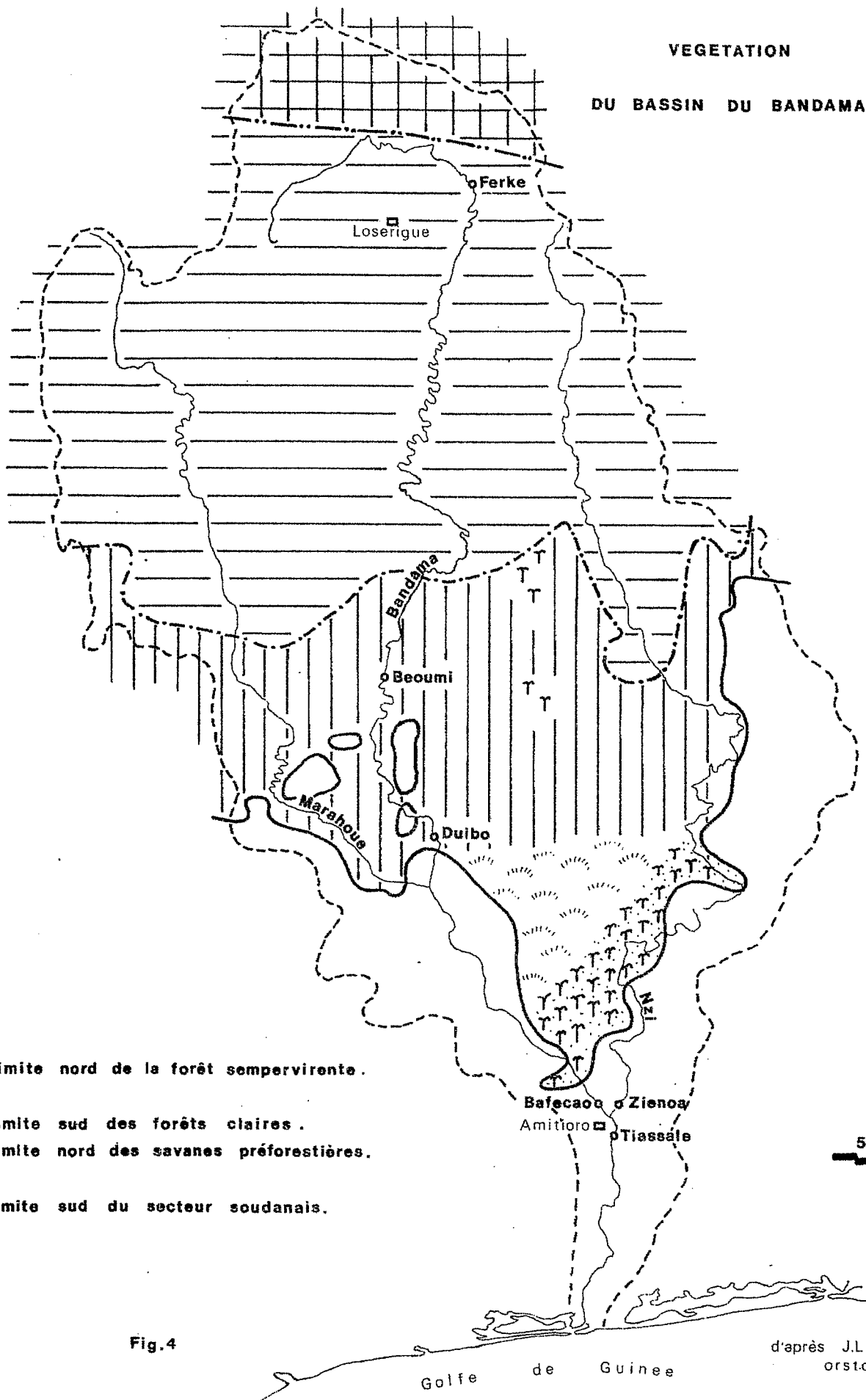


- Stations :
- Ferkessedougou
 - Niakaramandougou
 - Seguela
 - Bouake
 - Bo - Boufle
 - Dimbokro
 - Tiassale
- isohyetes annuelles

1 cm correspond à 100 mm de precipitation

Fig. 3

VEGETATION
DU BASSIN DU BANDAMA



Limite nord de la forêt sempervirente.

Limite sud des forêts claires.

Limite nord des savanes préforestières.

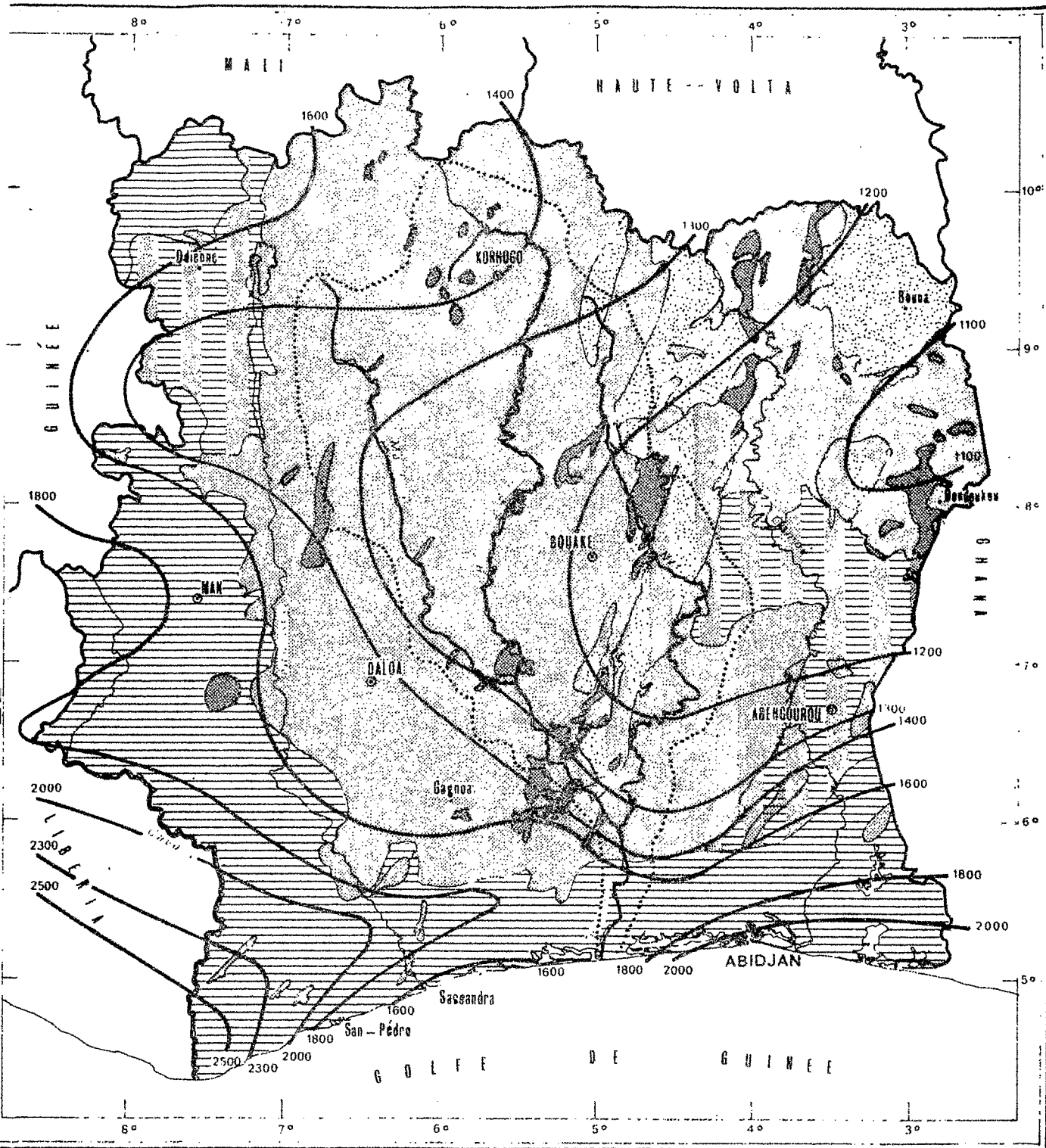
Limite sud du secteur soudanais.

Fig.4

d'après J.L GUILLAUMET
orstom 1967

Golfe de Guinee

CARTE PEDOLOGIQUE DE LA CÔTE D'IVOIRE



Echelle = 1 : 4.000.000

Fig. 5

- SOLS FERRALLITIQUES fortement désaturés en (B)
- SOLS FERRALLITIQUES moyennement et faiblement désaturés en (B)
- COMPLEXE de SOLS FERRALLITIQUES faiblement désaturés en (B) et de SOLS BRUNS EUTROPHES TROPICAUX dérivés de roches basiques
- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX
- Isohyète moyenne annuelle (1950 - 1966)

après les cartes pédologiques (A. Perraud - P. de la Souchère) et climatologiques (M. Eldin - A. Daudet) réalisées par I.R.S.T.O.M dans le cadre de la convention d'étude pour le reboisement et la protection des sols

HYPOMETRIE

DU BASSIN DU BANDAMA

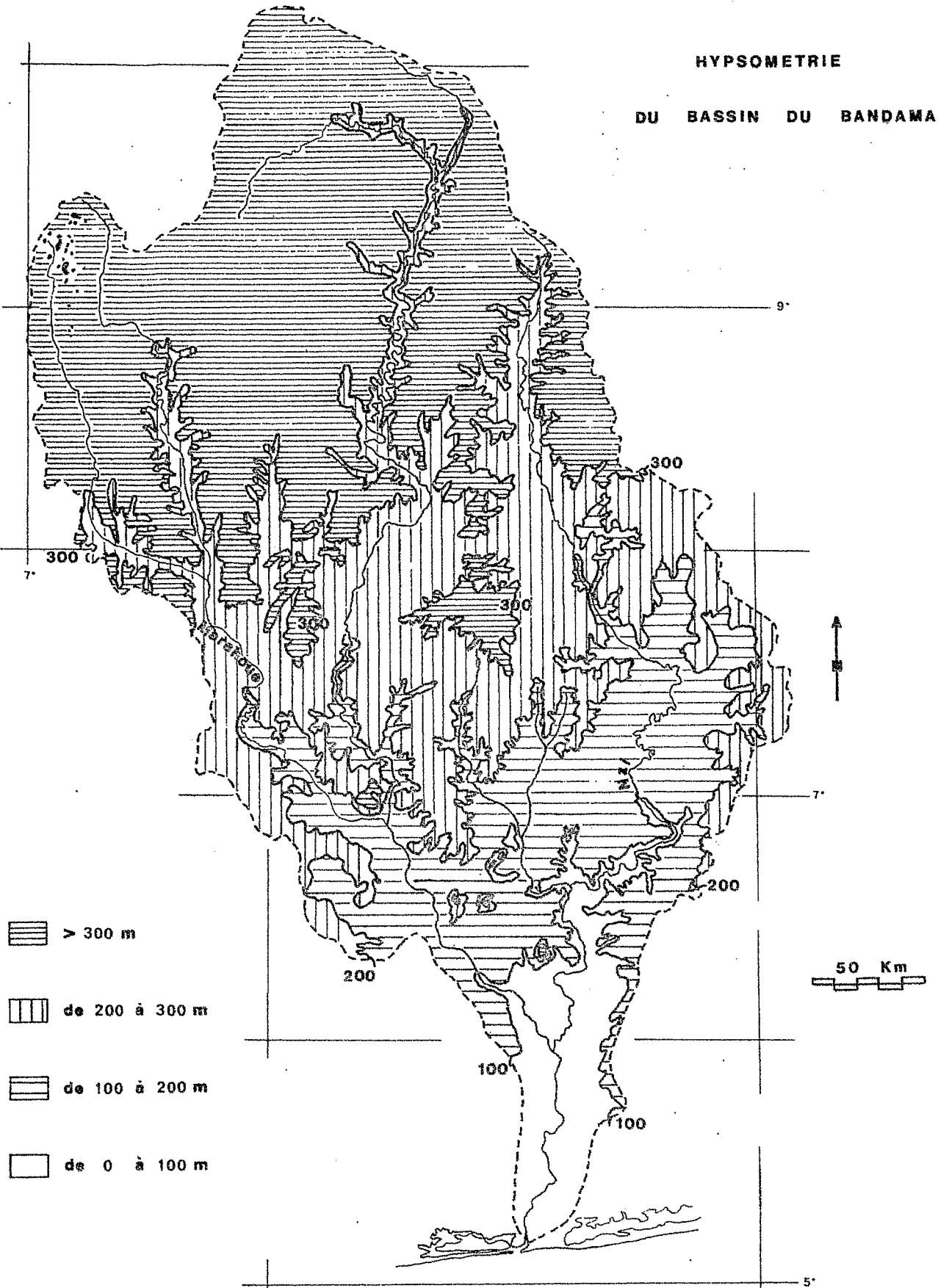
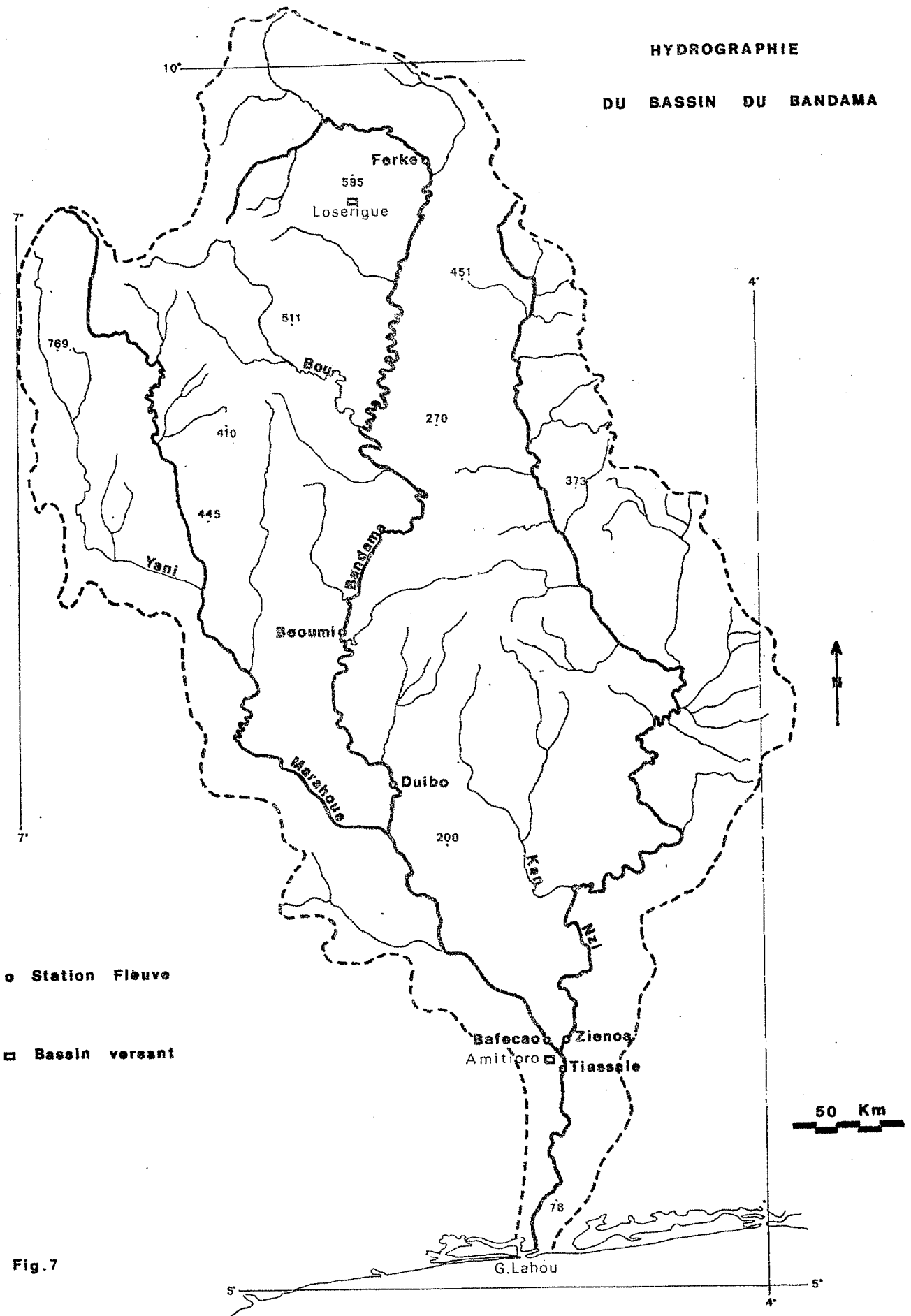


Fig.6

HYDROGRAPHIE

DU BASSIN DU BANDAMA



o Station Fleuve

□ Bassin versant

Fig. 7

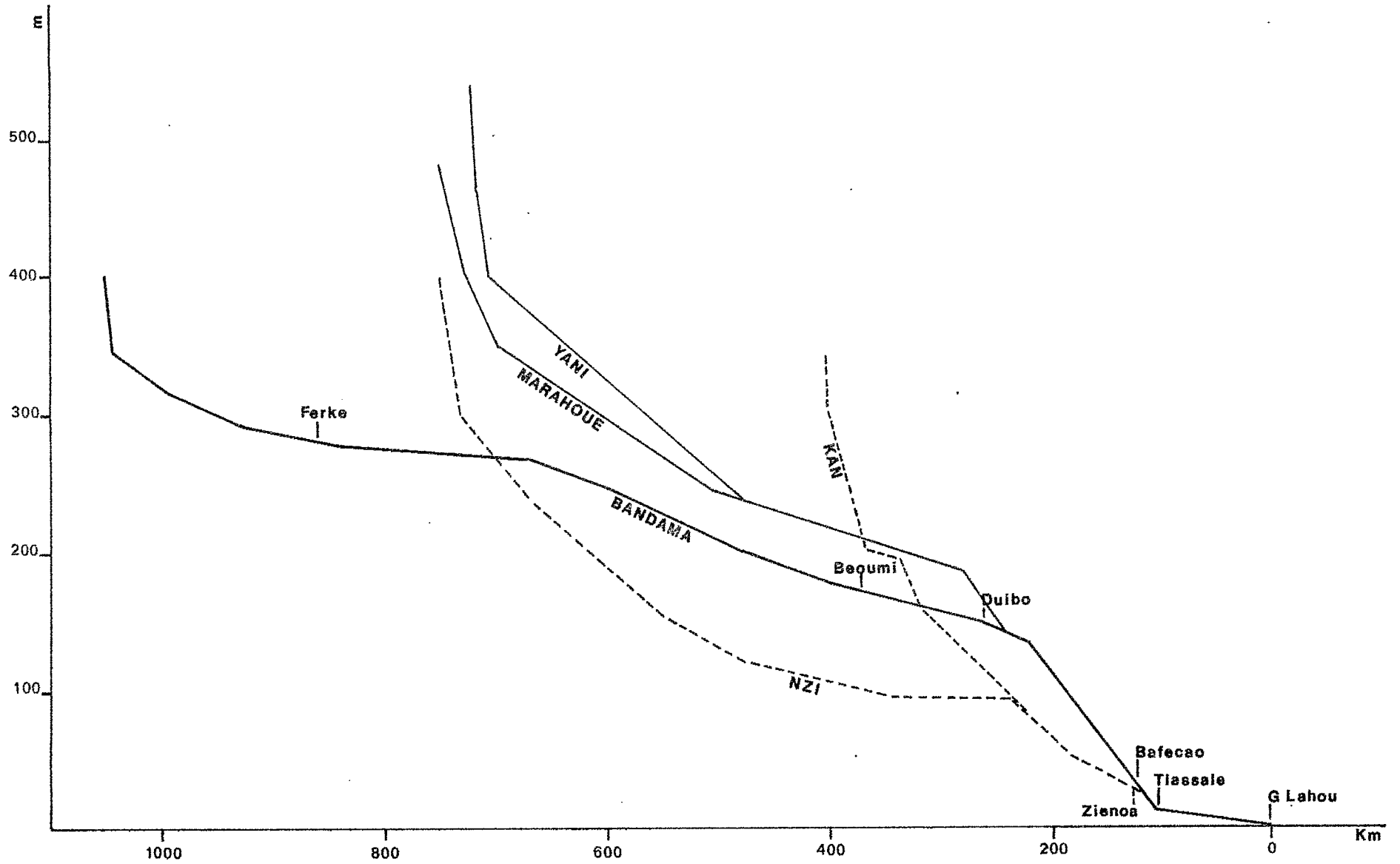


Fig.8

- HYPOMETRIE DU BASSIN DU BANDAMA -

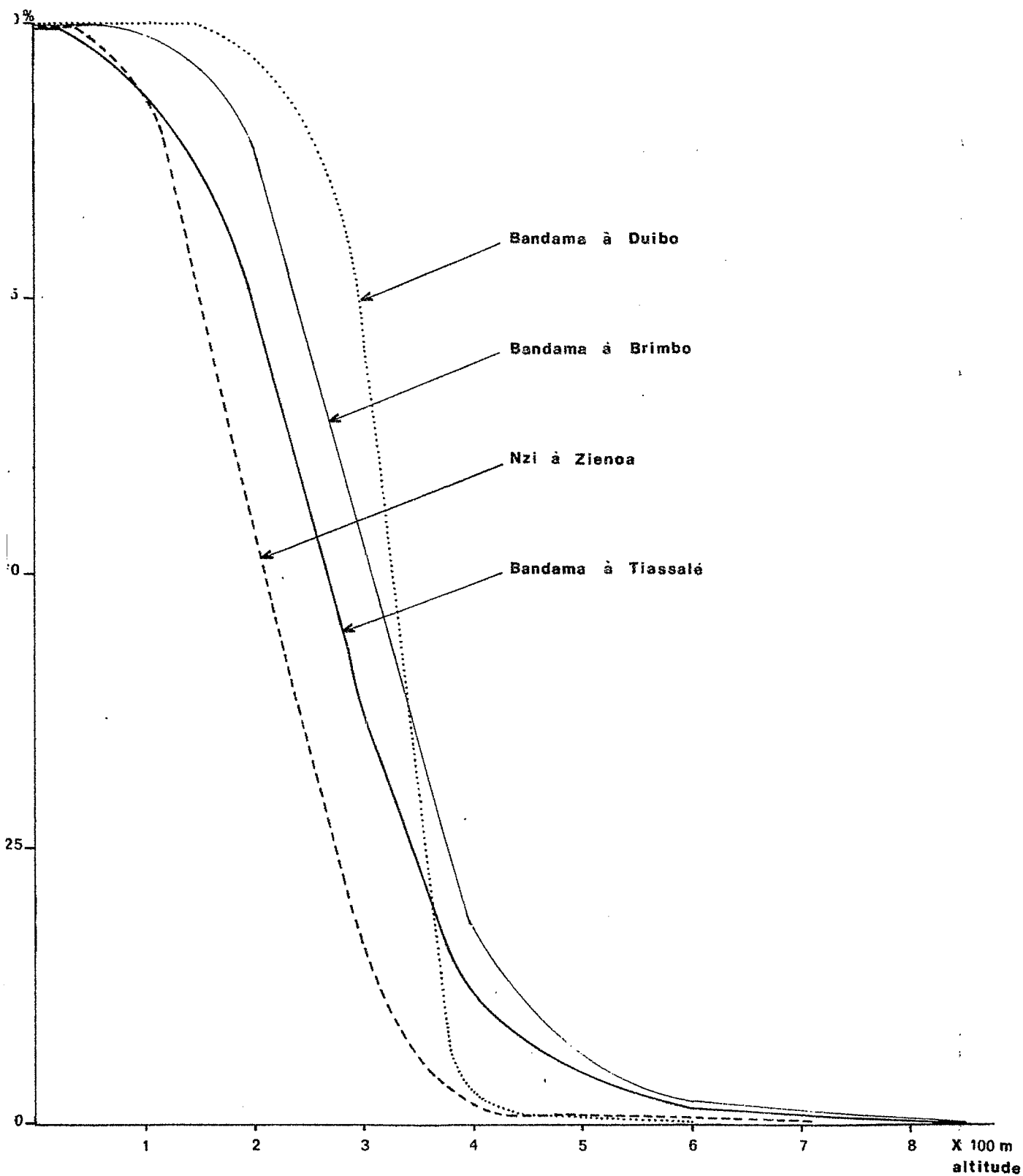
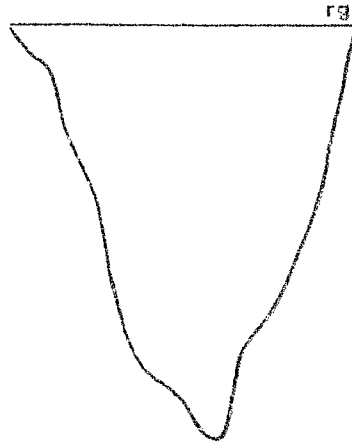


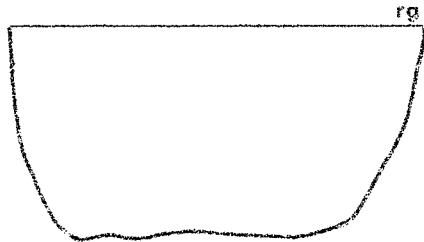
Fig.9

PROFILS TRANSVERSAUX

FERKE
HE 917



BEOUMI
HE 600



DUIBO
HE 677

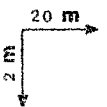
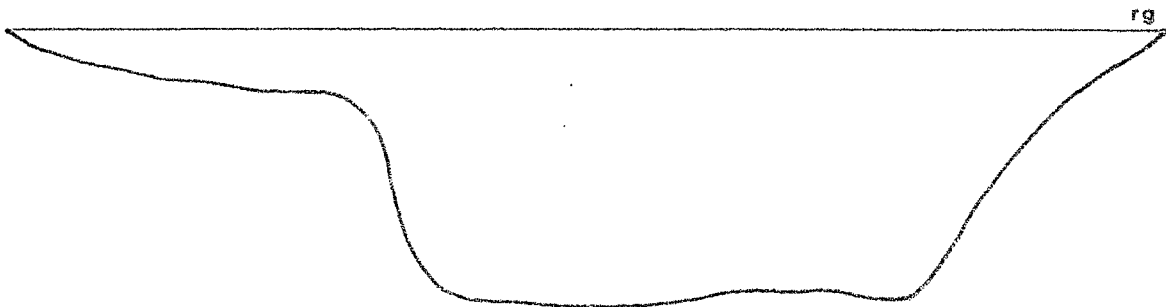
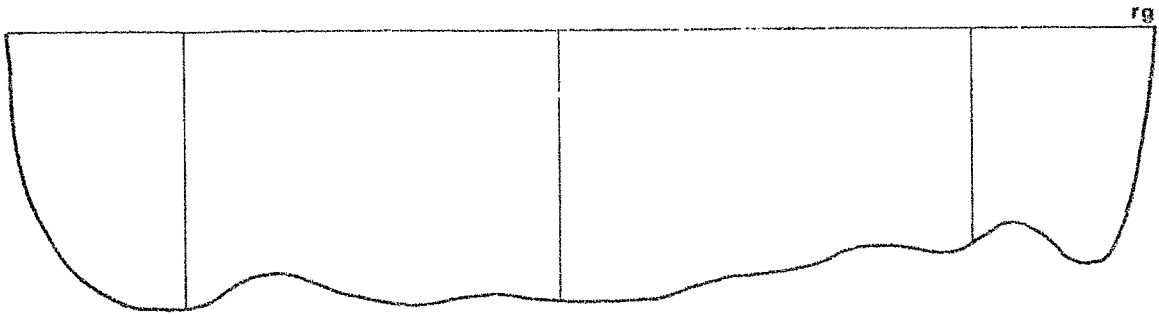


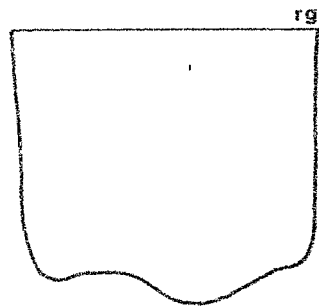
Fig.10

PROFILS TRANSVERSAUX

BAFECAO
HE 534



ZIENOA
HE 635



TIASSALE
HE 803

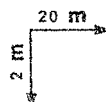
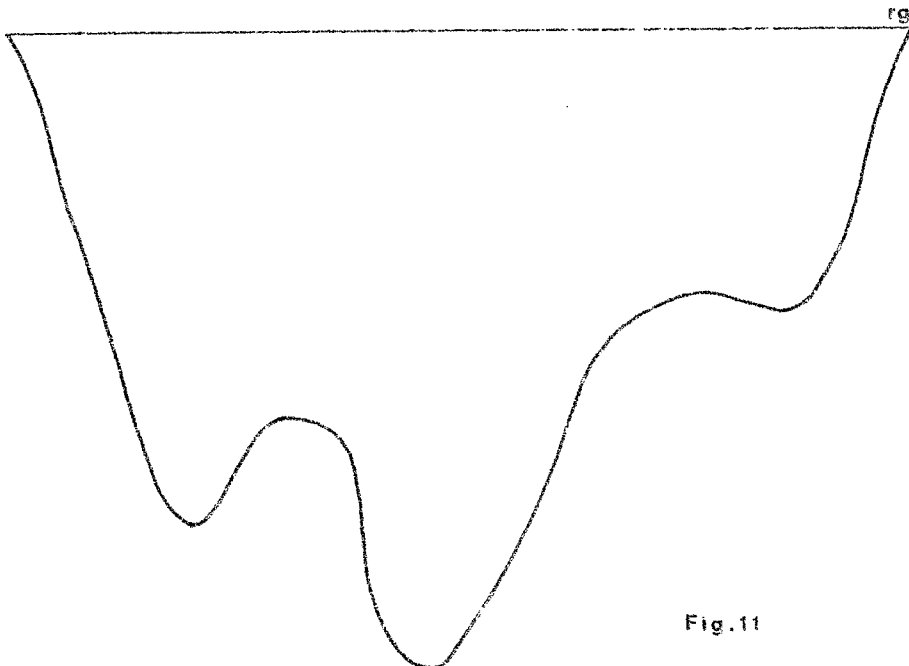
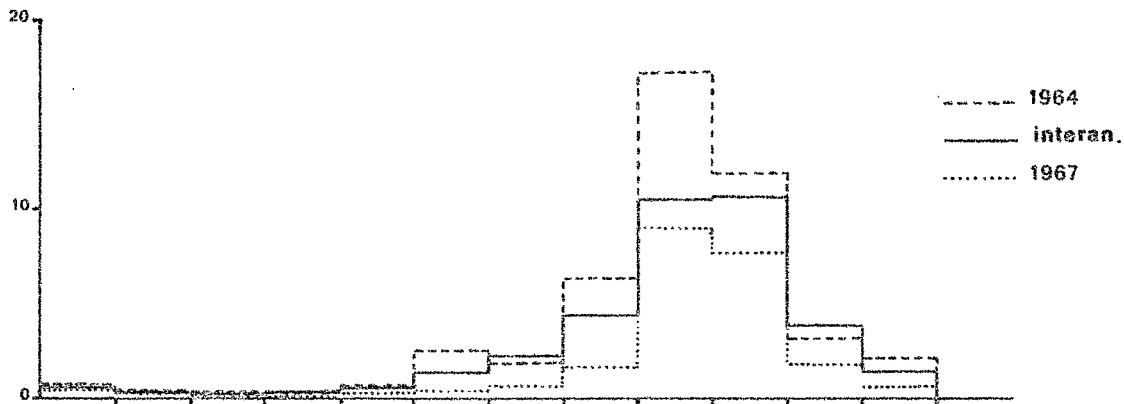


Fig.11

DEBITS MOYENS MENSUELS

BAF



ZIE



PTIA

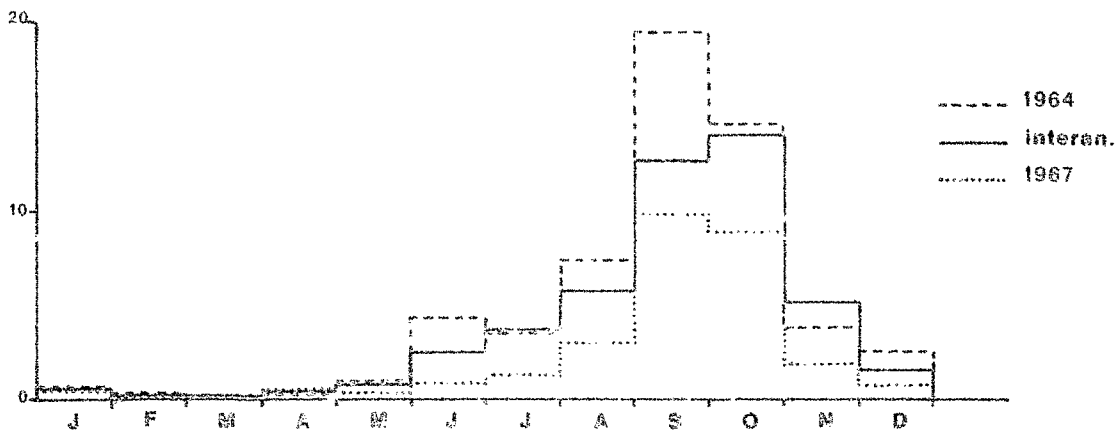
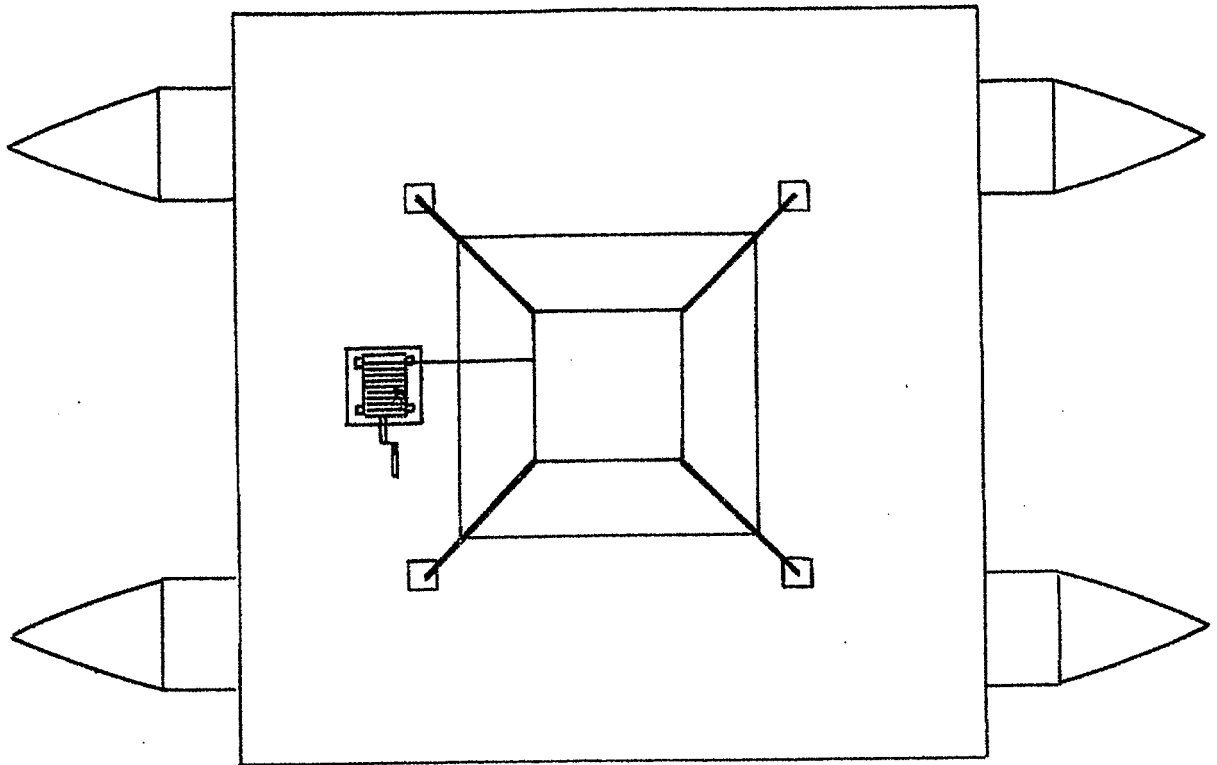


Fig. 12



SCHEMA

PLATEFORME

POTAMOLOGIQUE

Echelle : 1 / 30

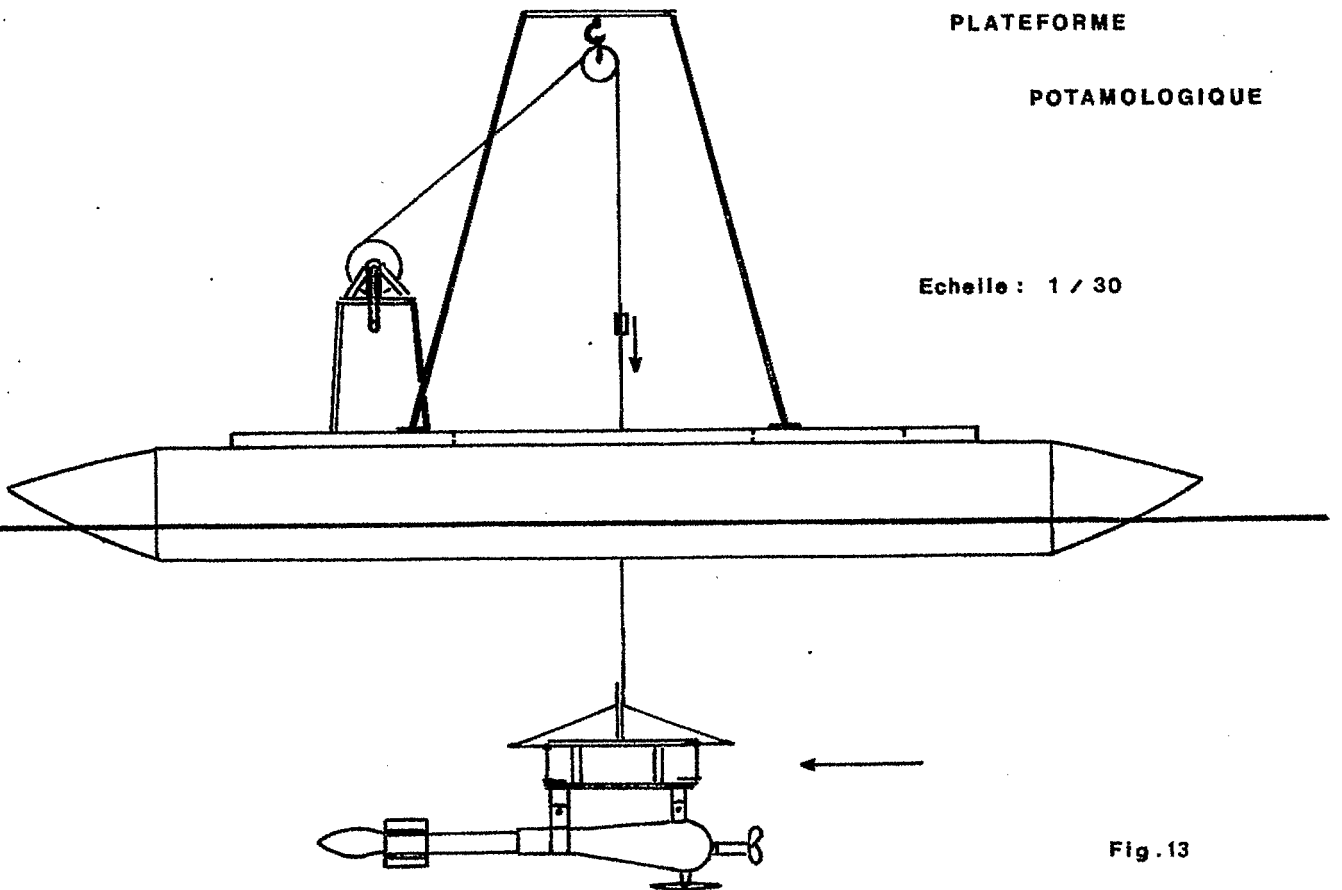
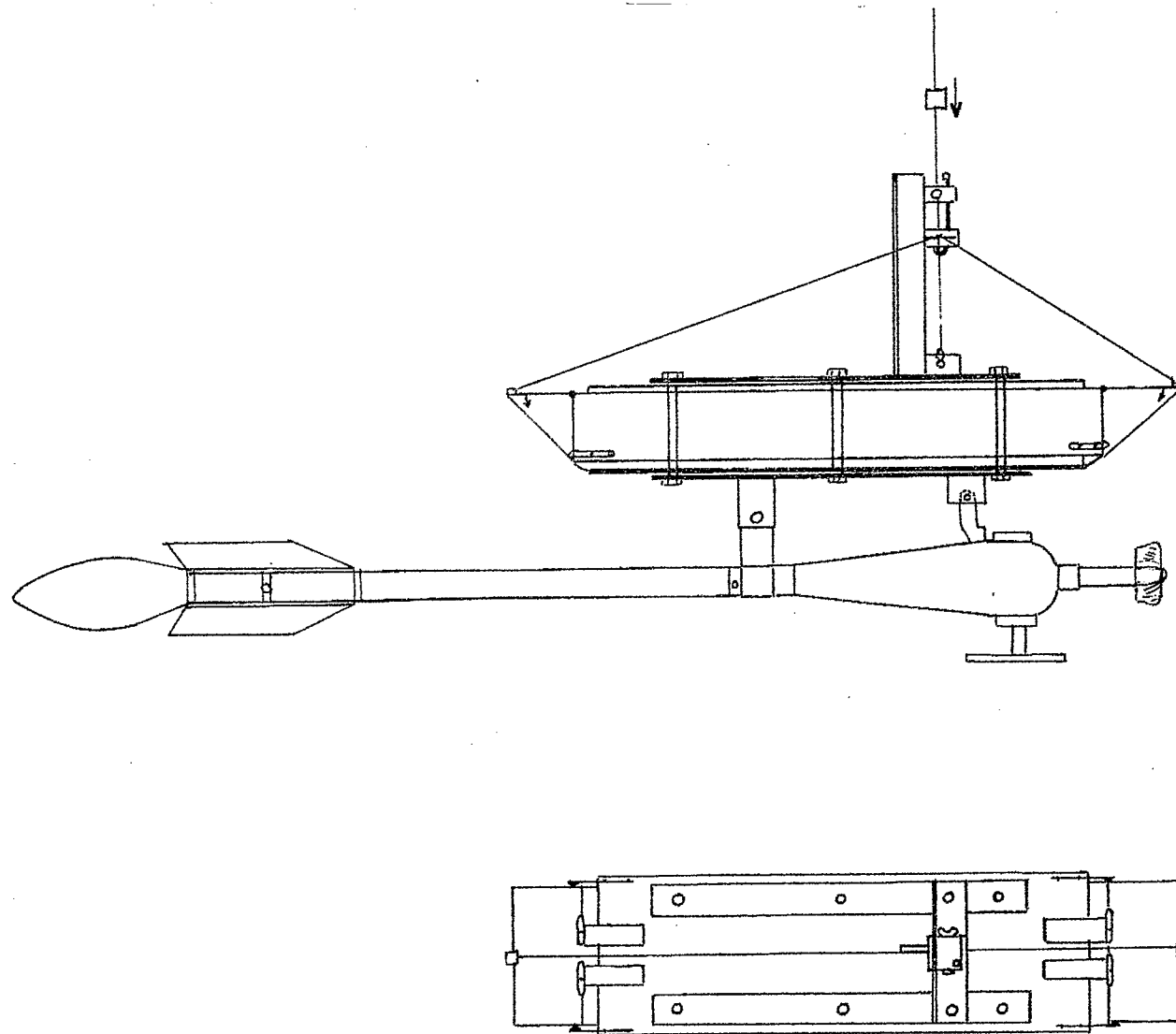
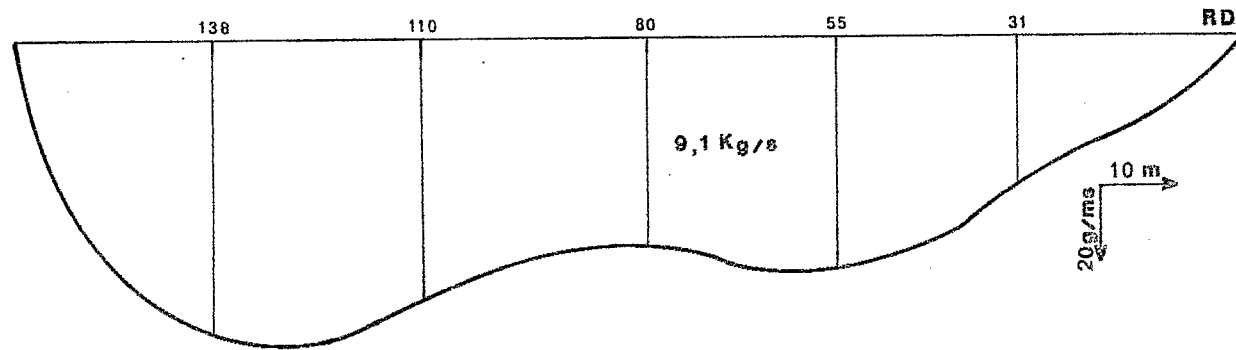


Fig. 13

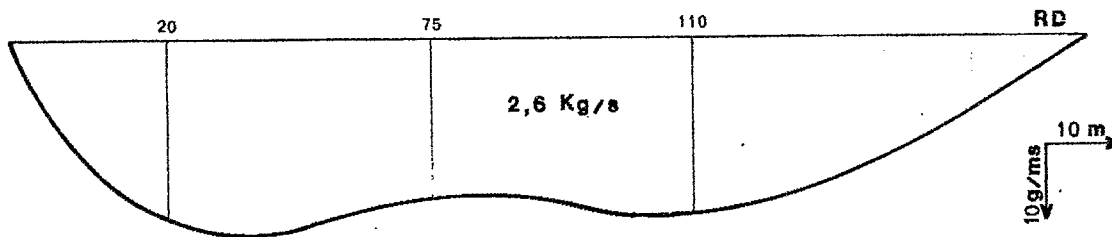
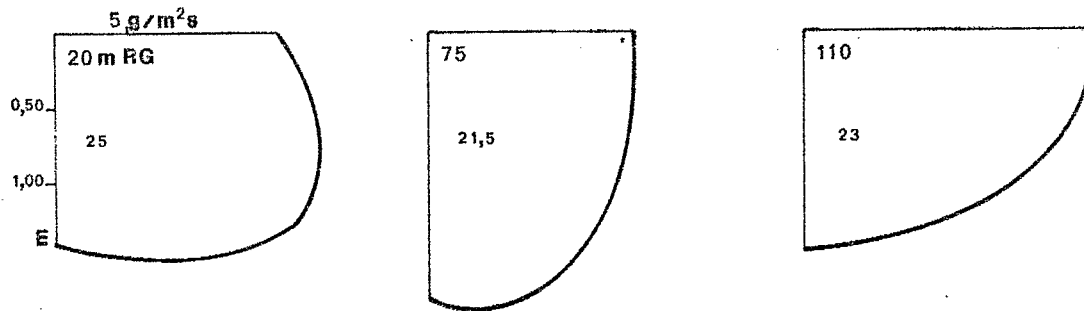


ÉCHELLE 1/10

Fig.14



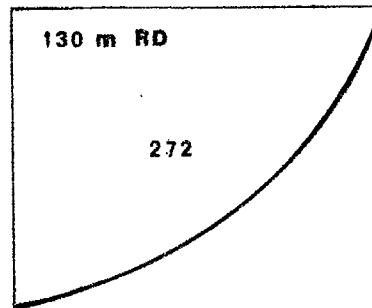
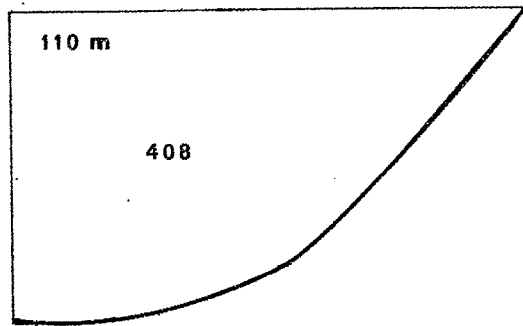
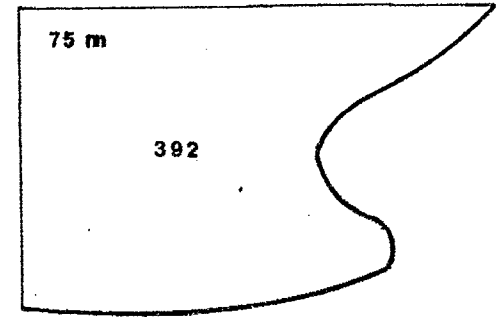
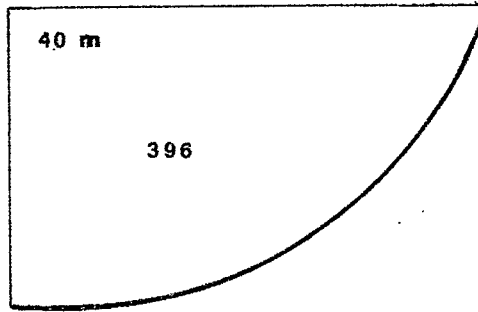
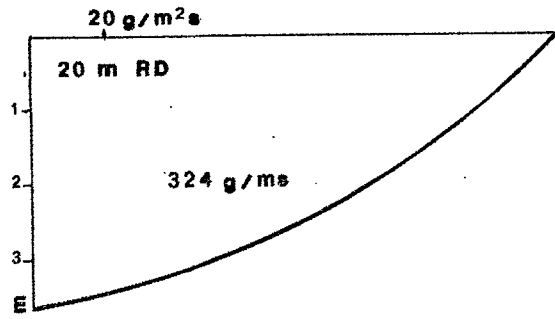
DUIBO
 23 XI 1963
 $Q = 212 \text{ m}^3/\text{s}$
 Valeur moyenne : 9,0 Kg/s



DUIBO
 21 IV 1965
 $Q = 23,6 \text{ m}^3/\text{s}$
 Valeur moyenne : 2,6 Kg/s

Fig. 15

$Q = 456 \text{ m}^3/\text{s}$



Valeur moyenne :
 $456 \times 117,6 = 53,6 \text{ Kg/s}$

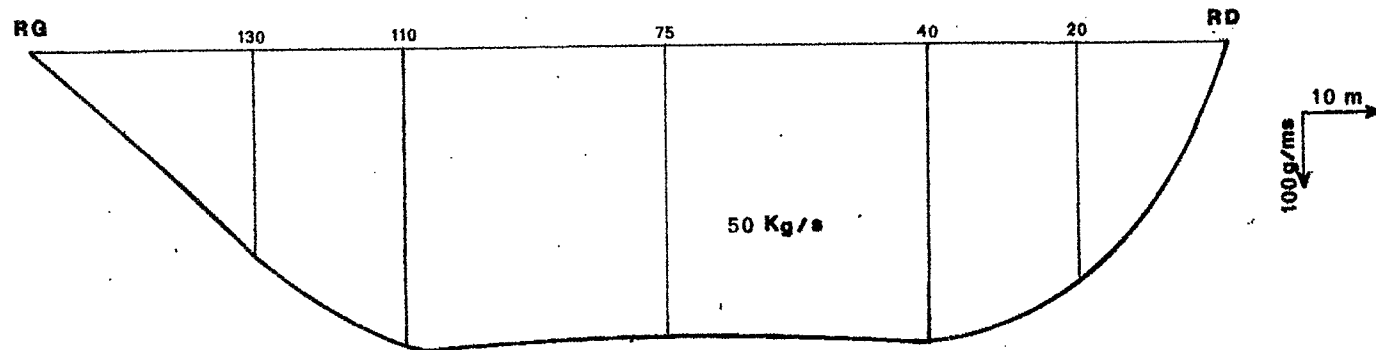


Fig.16

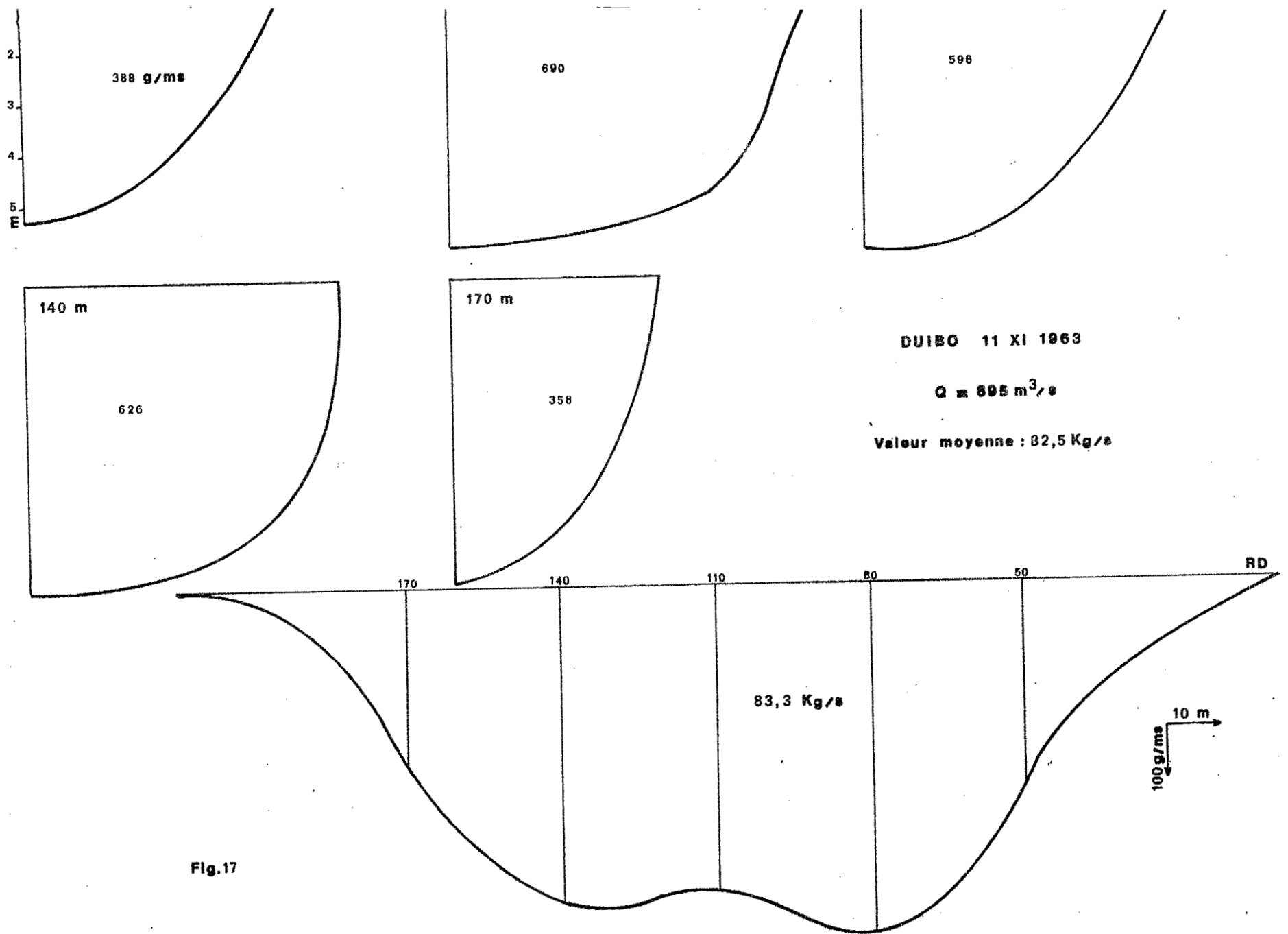


Fig.17

DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A DUIBO

CHARGE SOLIDE UNITAIRE (g/m^3)

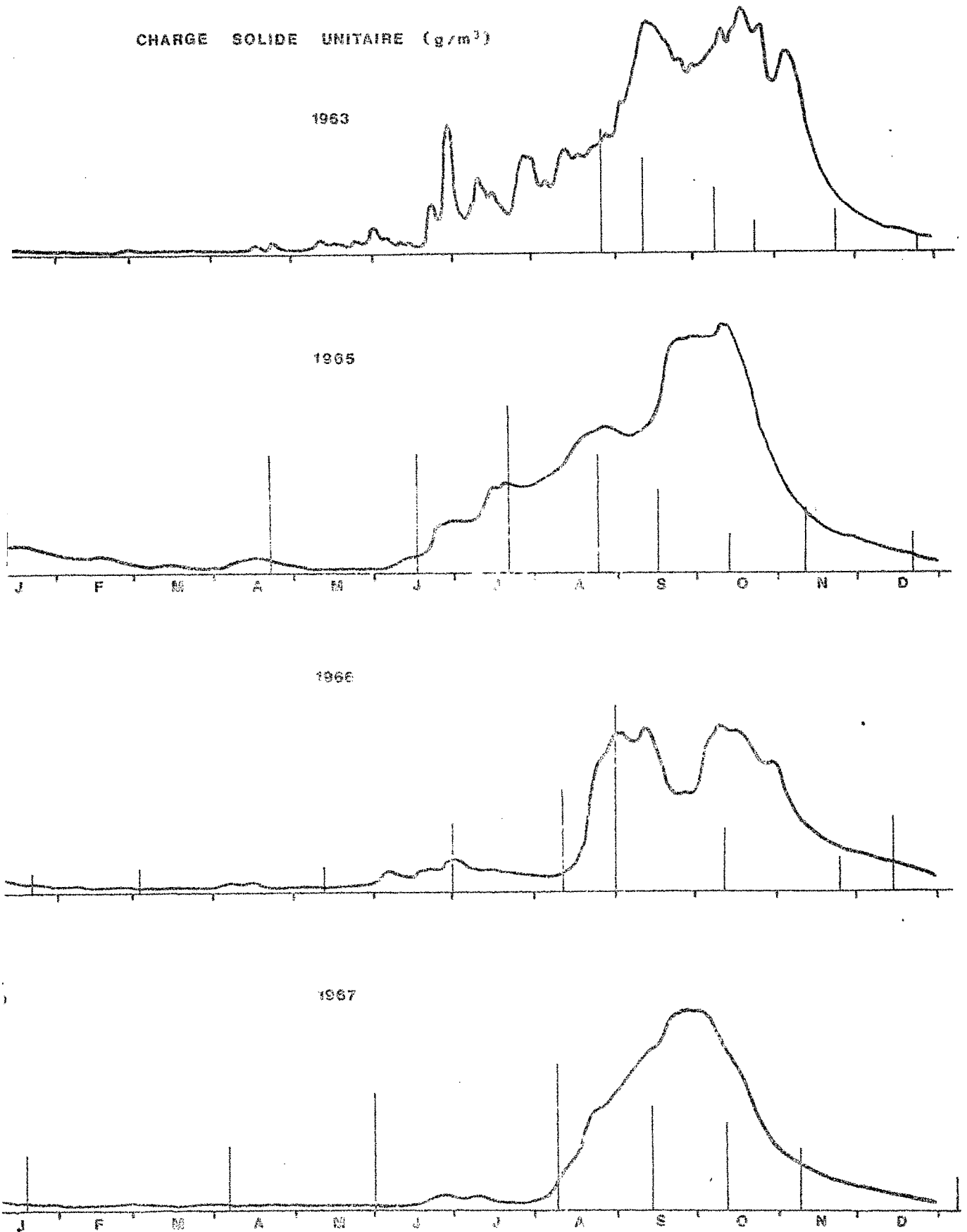
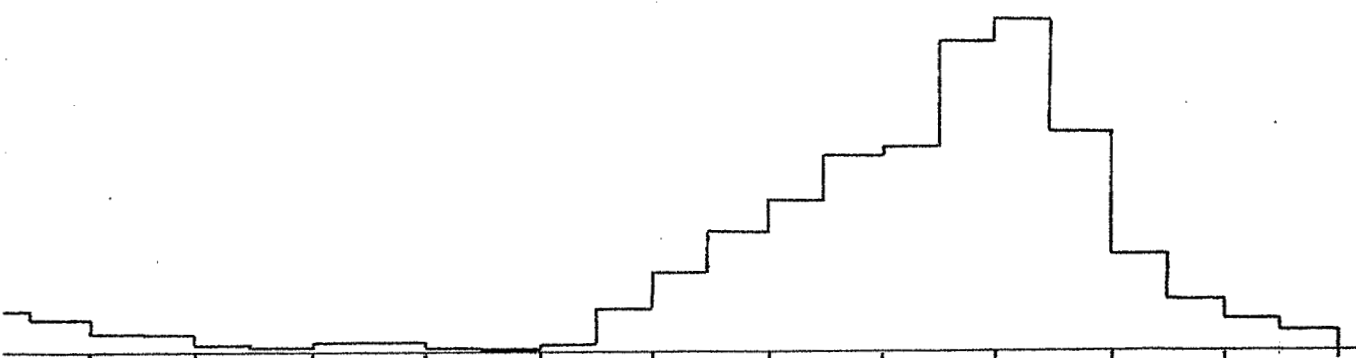


Fig. 18.

Debits liquides bi-mensuels
du Bandama a Duibo

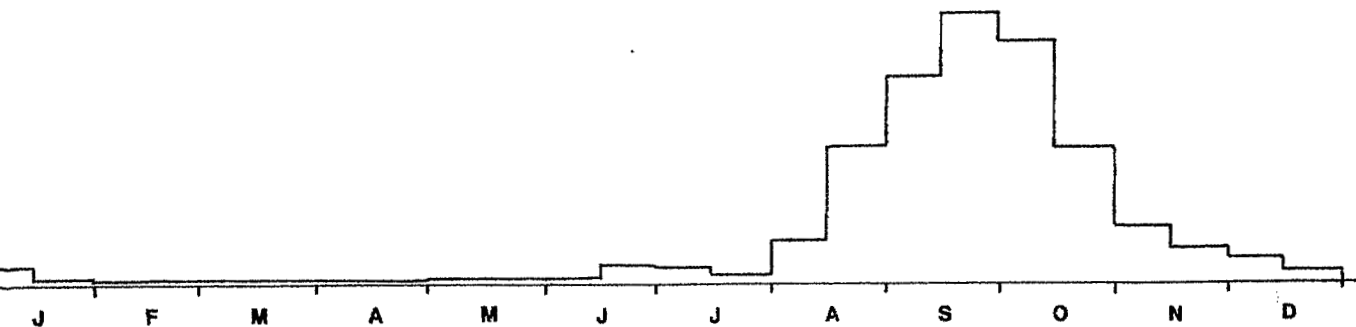
1965



1966



1967

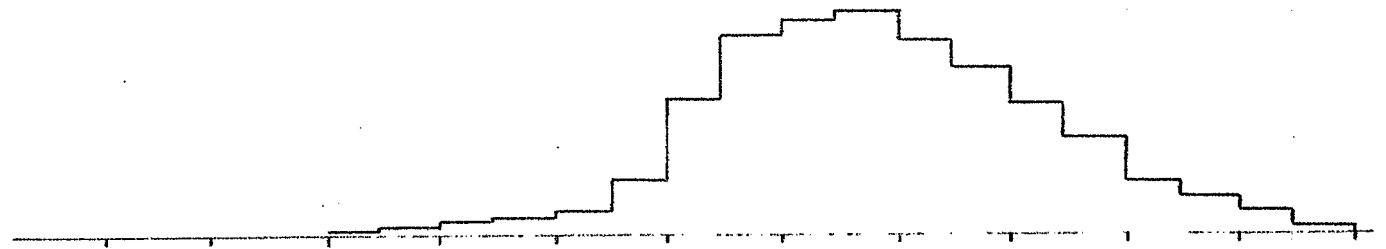


J F M A M J J A S O N D

Fig.19

Debits solides bi-mensuels
du Bandama a Duibo

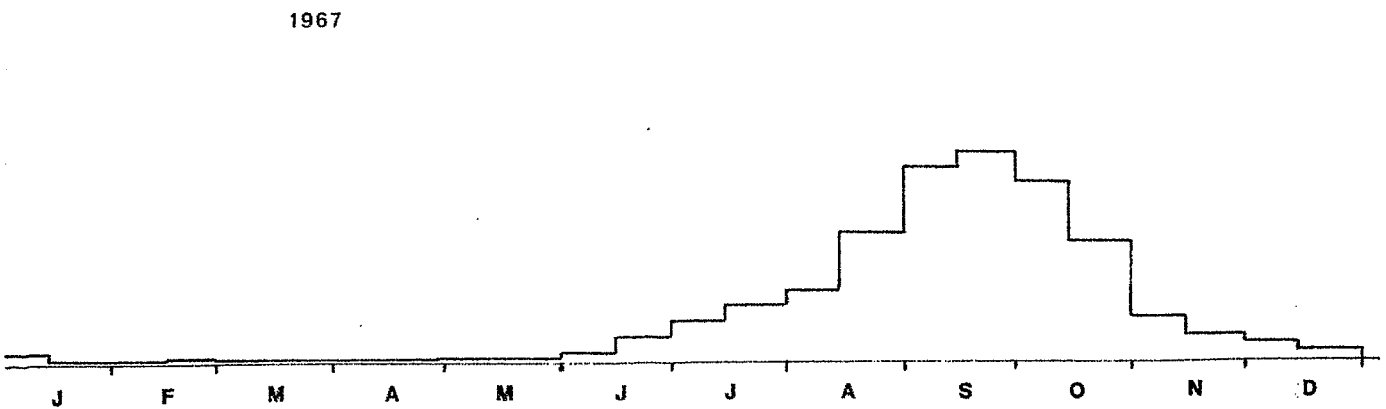
1965



1966



1967



J F M A M J J A S O N D

Fig.20

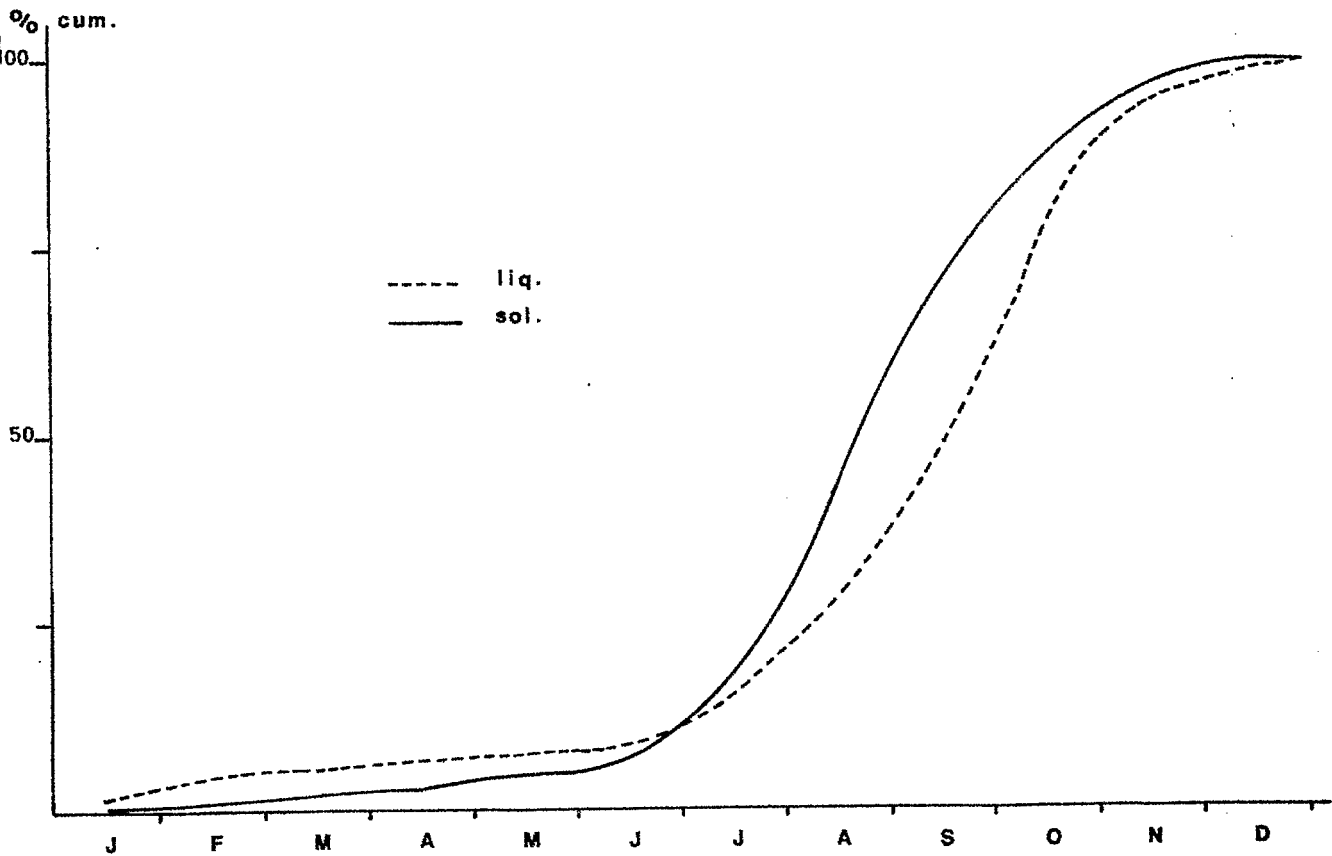
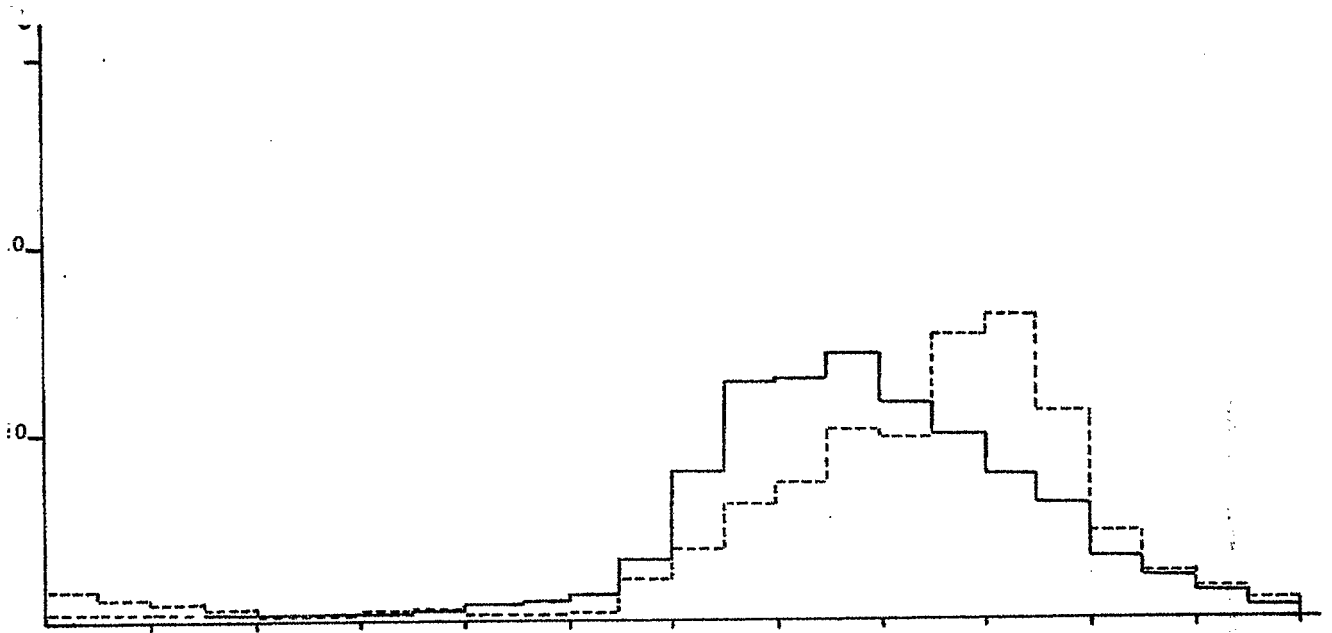


Fig.21

DUIBO 1966

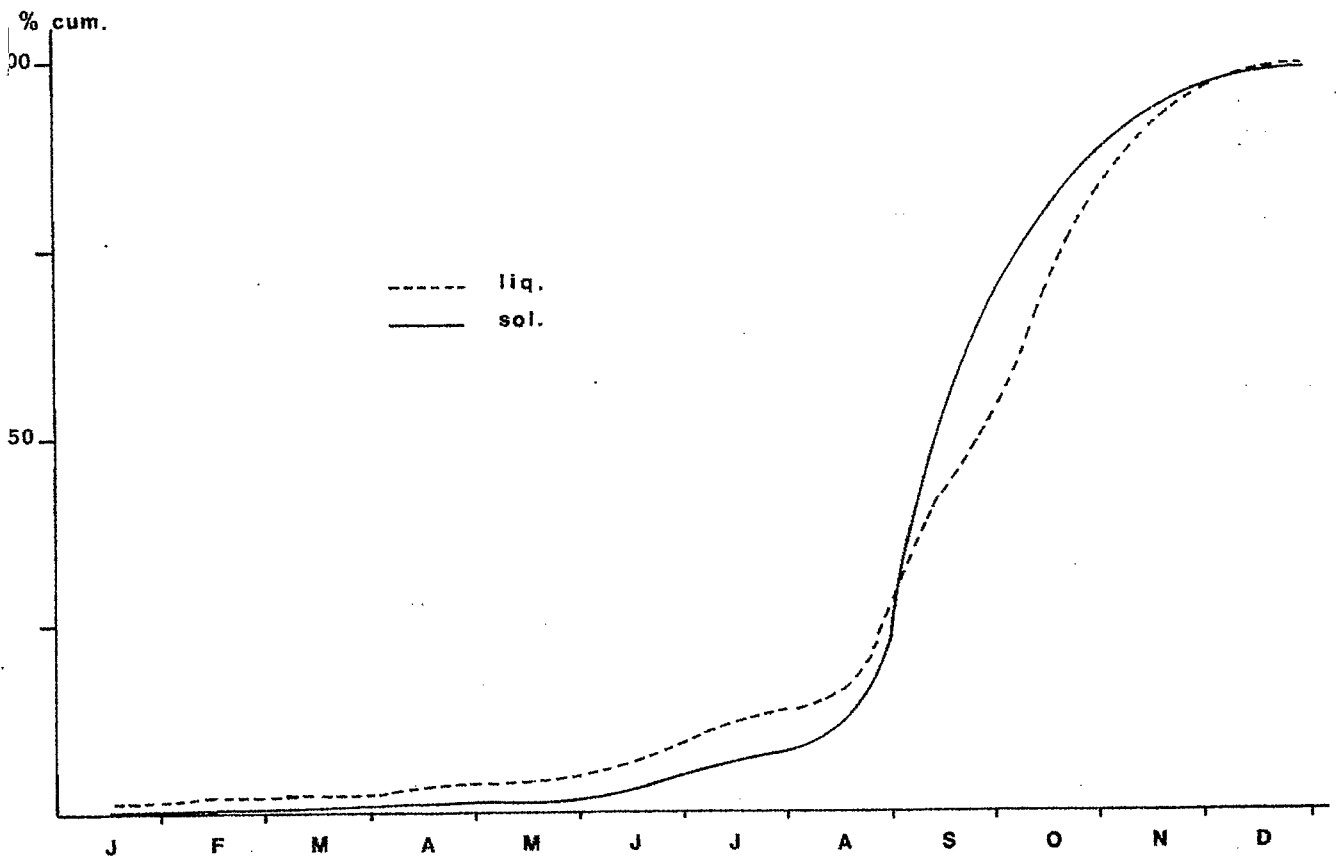
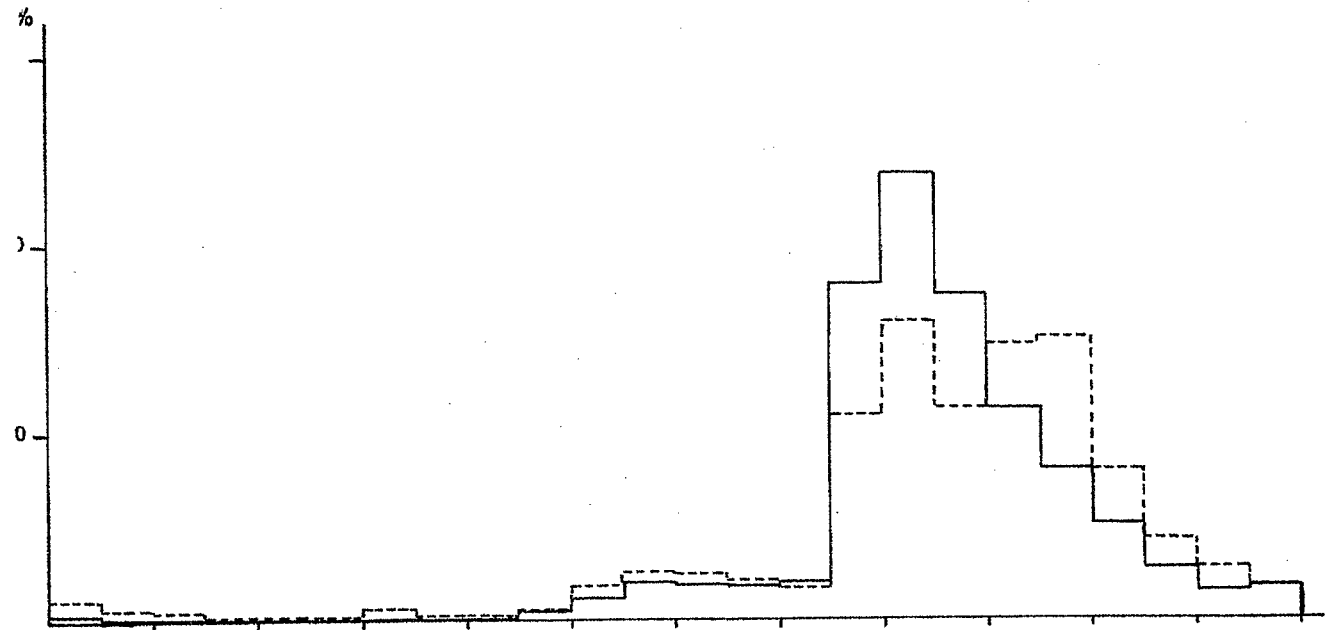


Fig. 22

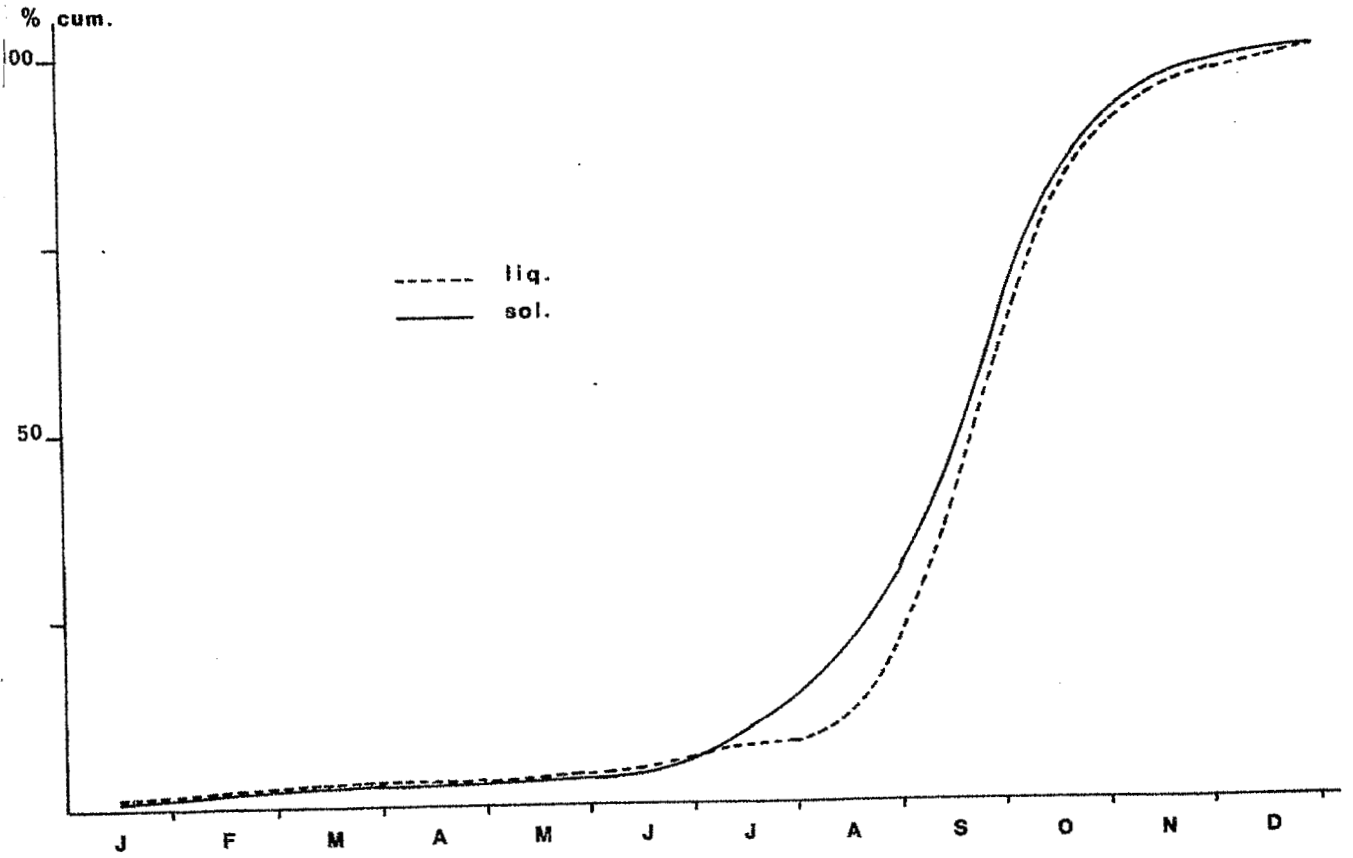
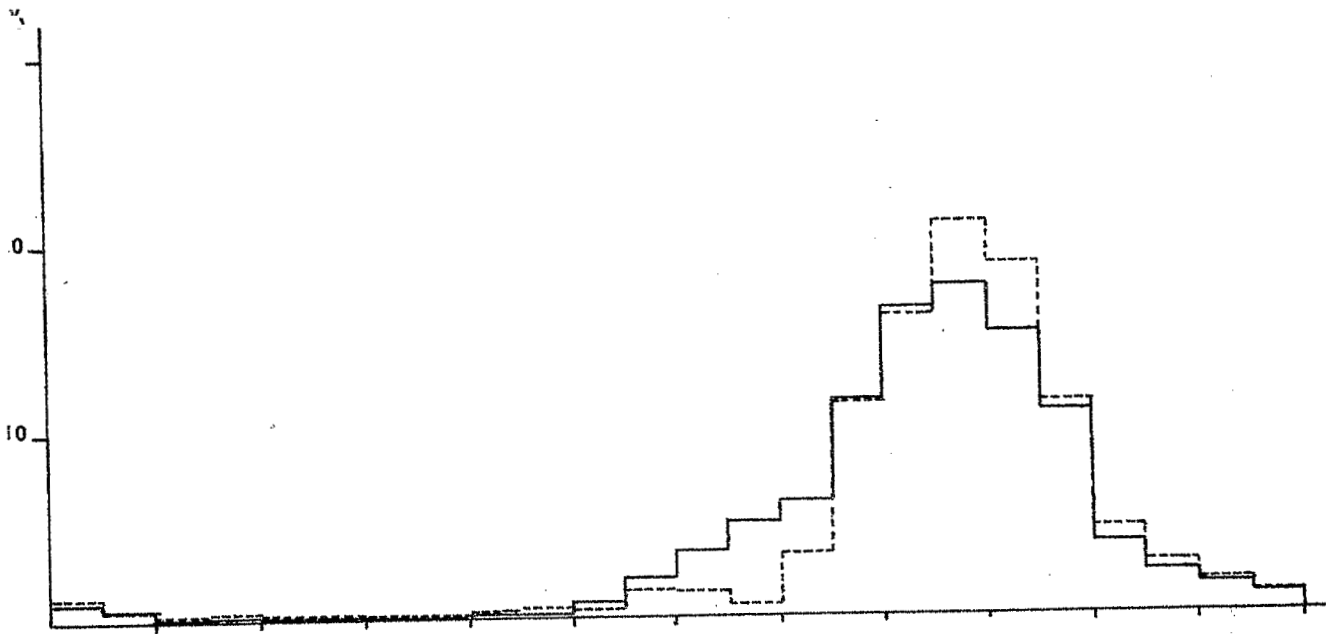


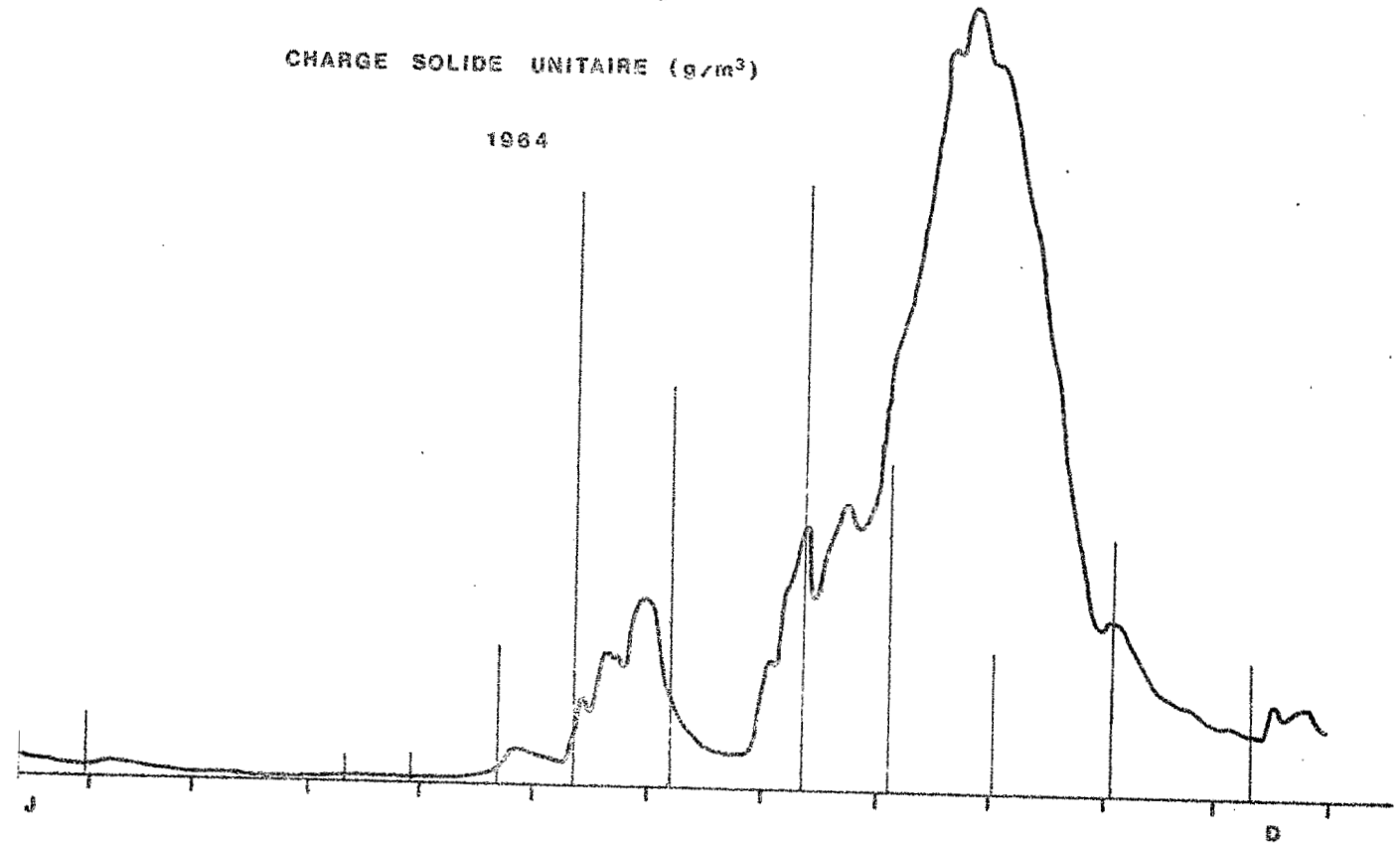
Fig.23

DEBITS JOURNALIERS DU SANDAMA

A BRIMBO - BAFECAO

CHARGE SOLIDE UNITAIRE (g/m³)

1964



1965

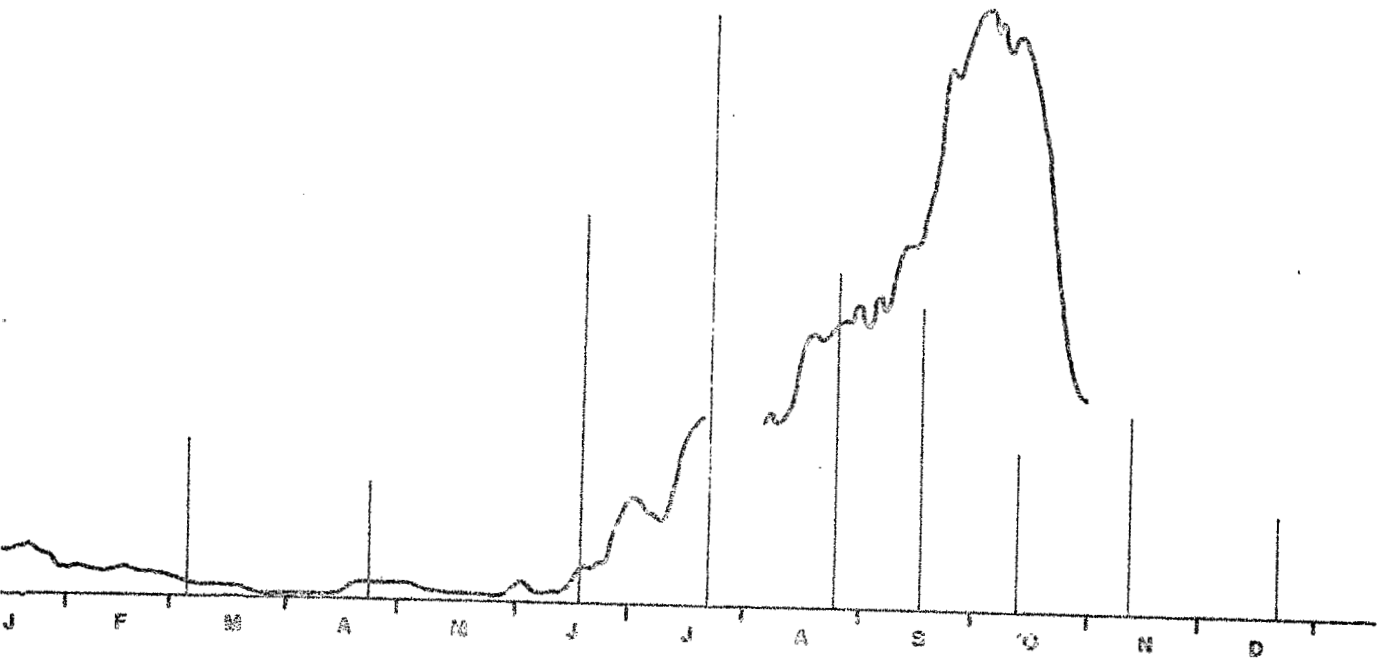


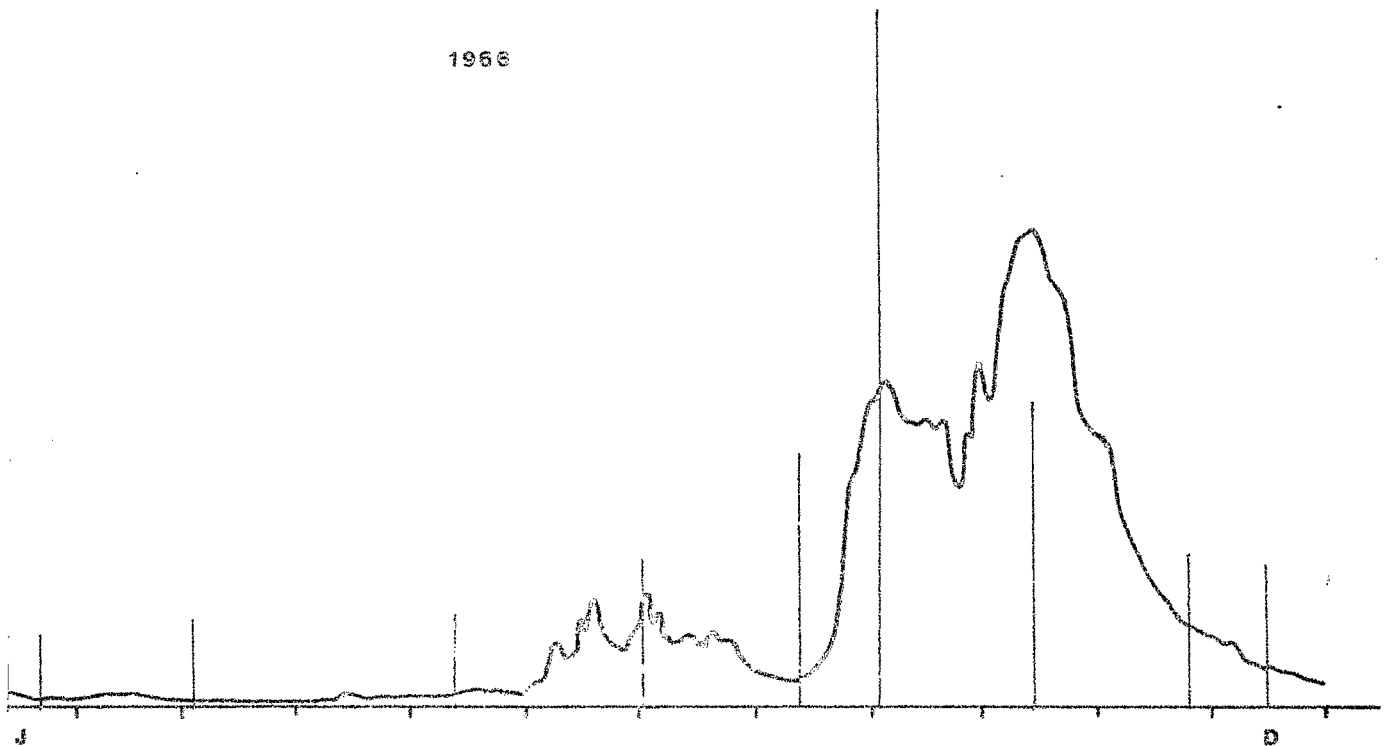
Fig. 24

DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A BRIMBO - BAFECAO

CHARGE SOLIDE UNITAIRE (g/m^3)

1966



1967

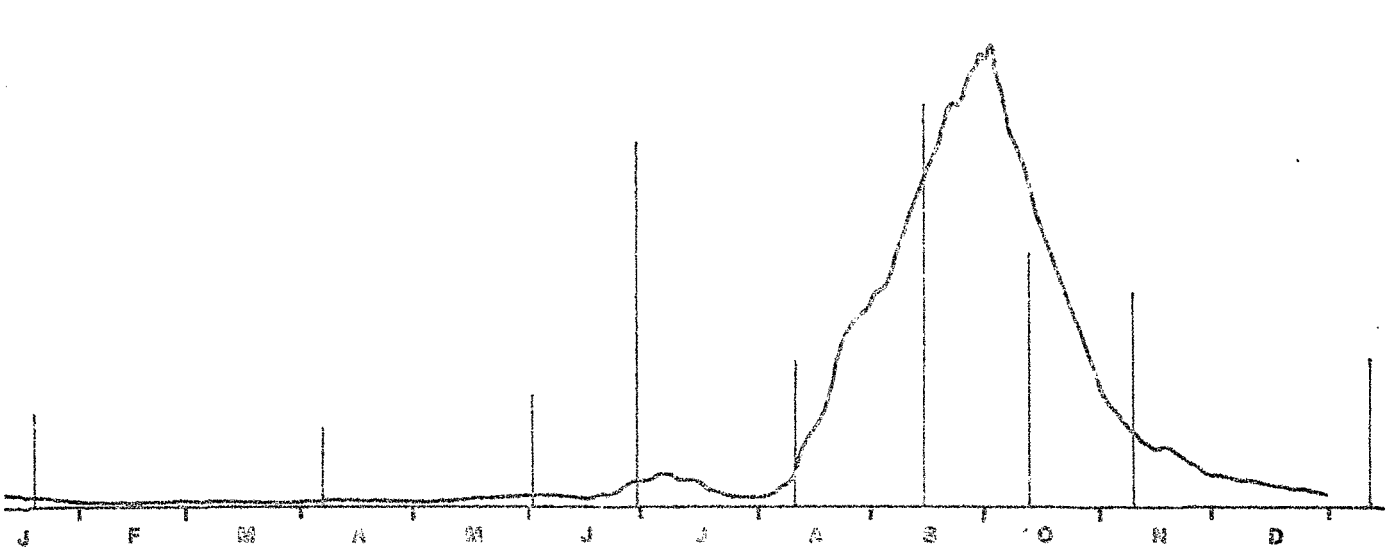
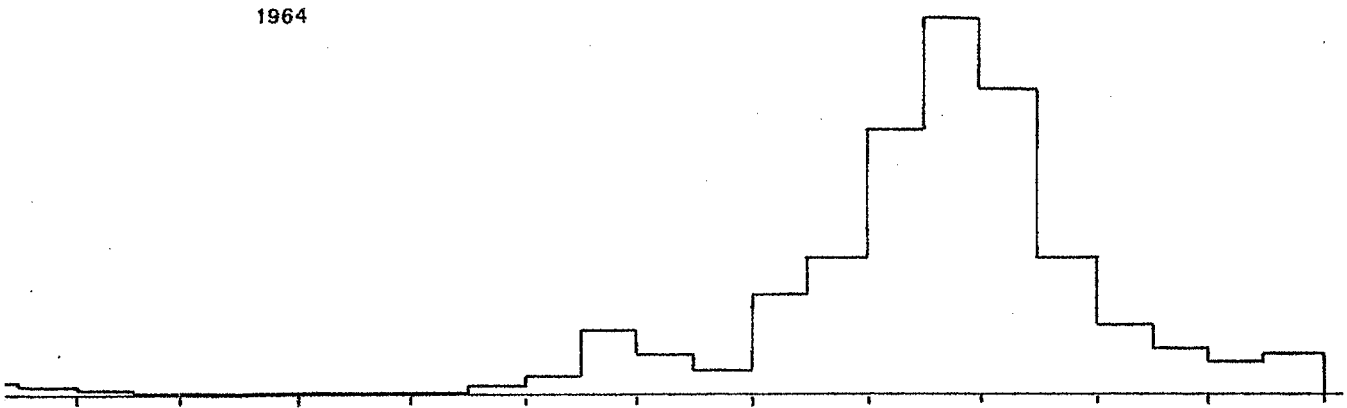


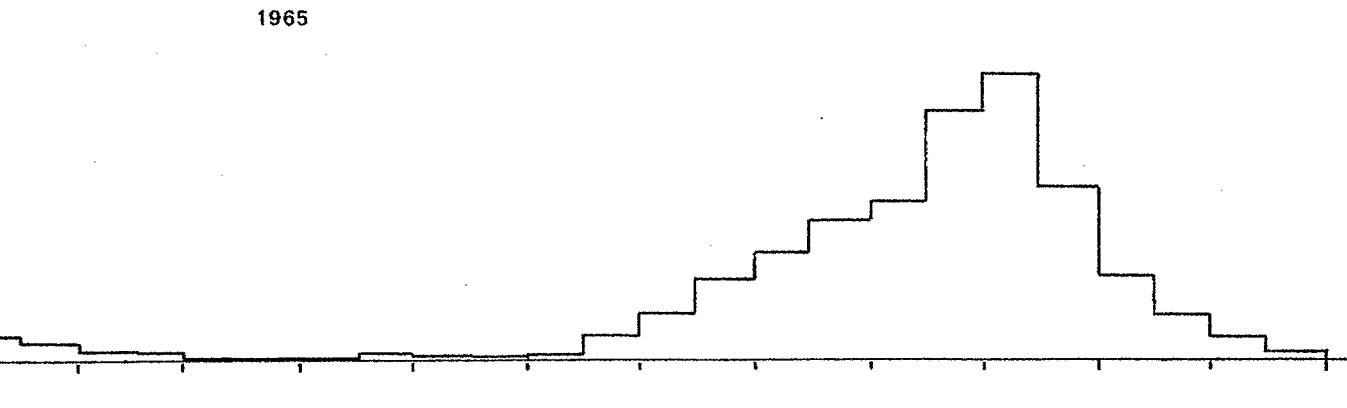
Fig.25

Debits liquides bi-mensuels
du Bandama a Bafecao

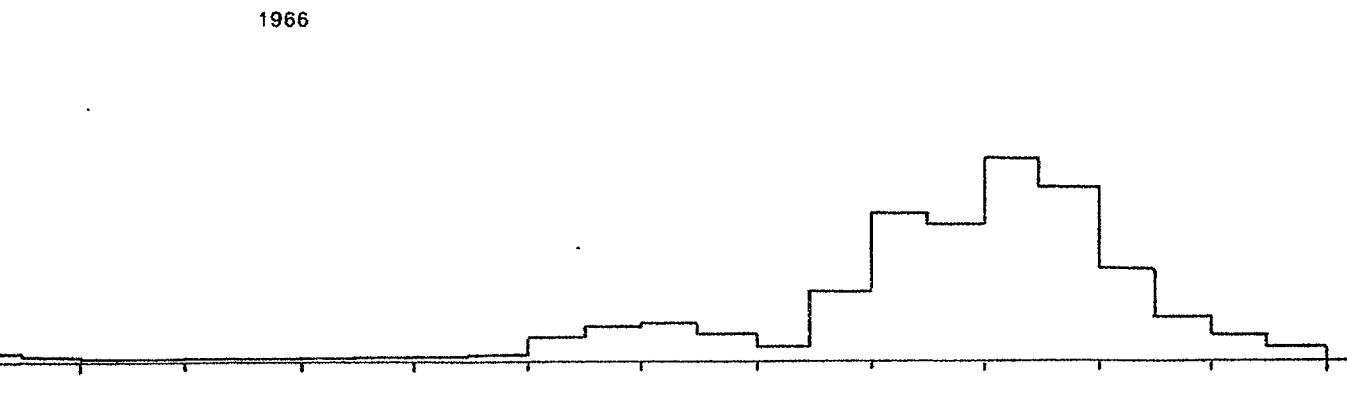
1964



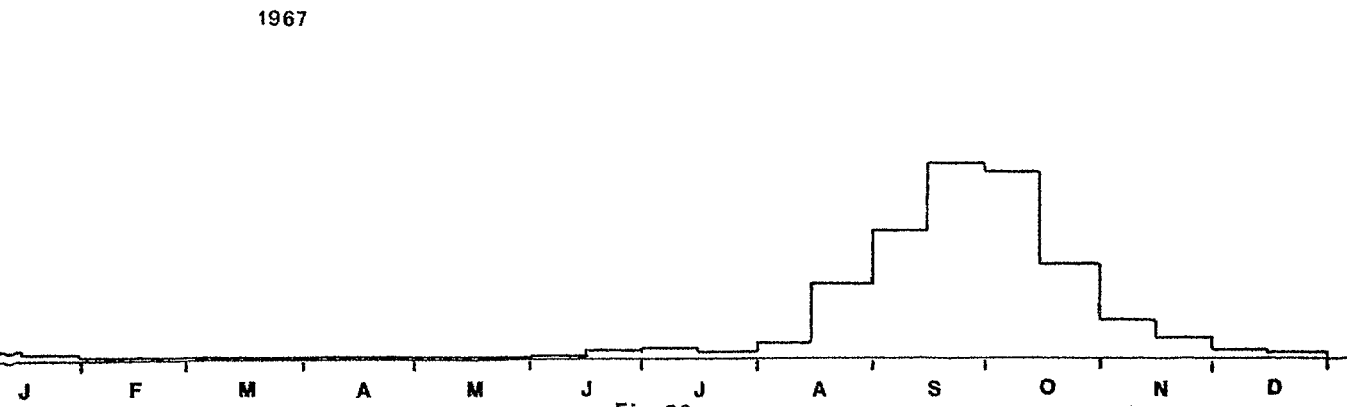
1965



1966



1967

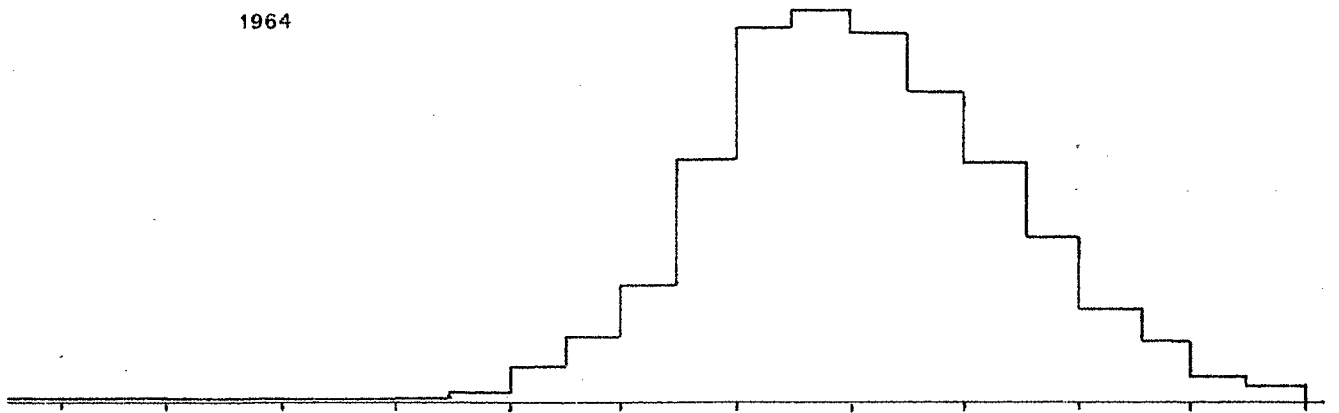


J F M A M J J A S O N D

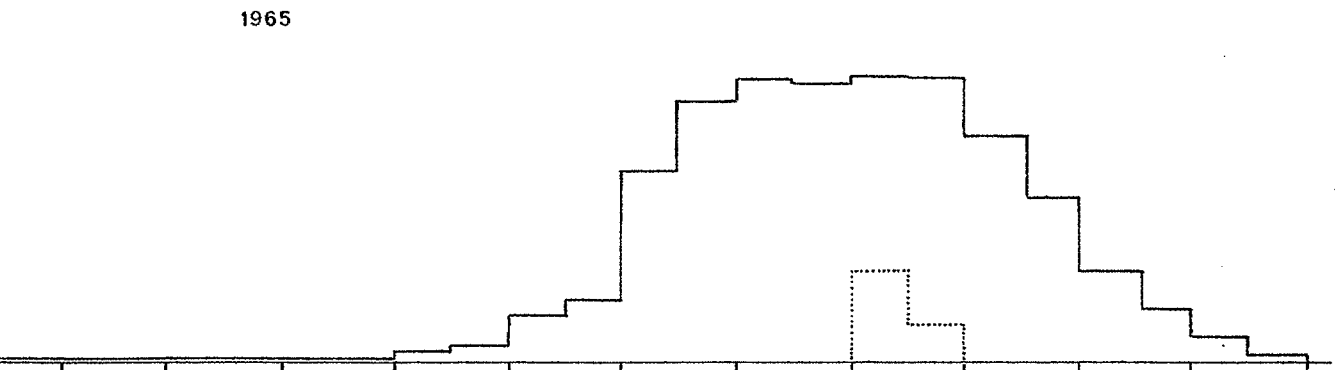
Fig.26

Debits solides bi-mensuels
du Bandama a Bafecao

1964



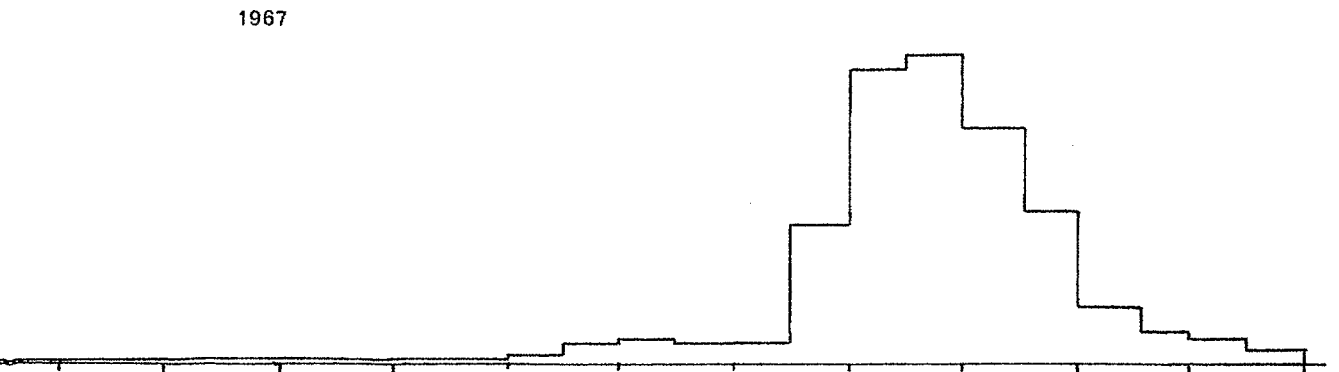
1965



1966



1967



J F M A M J J A S O N D

Fig.27

BAFECAO 1964

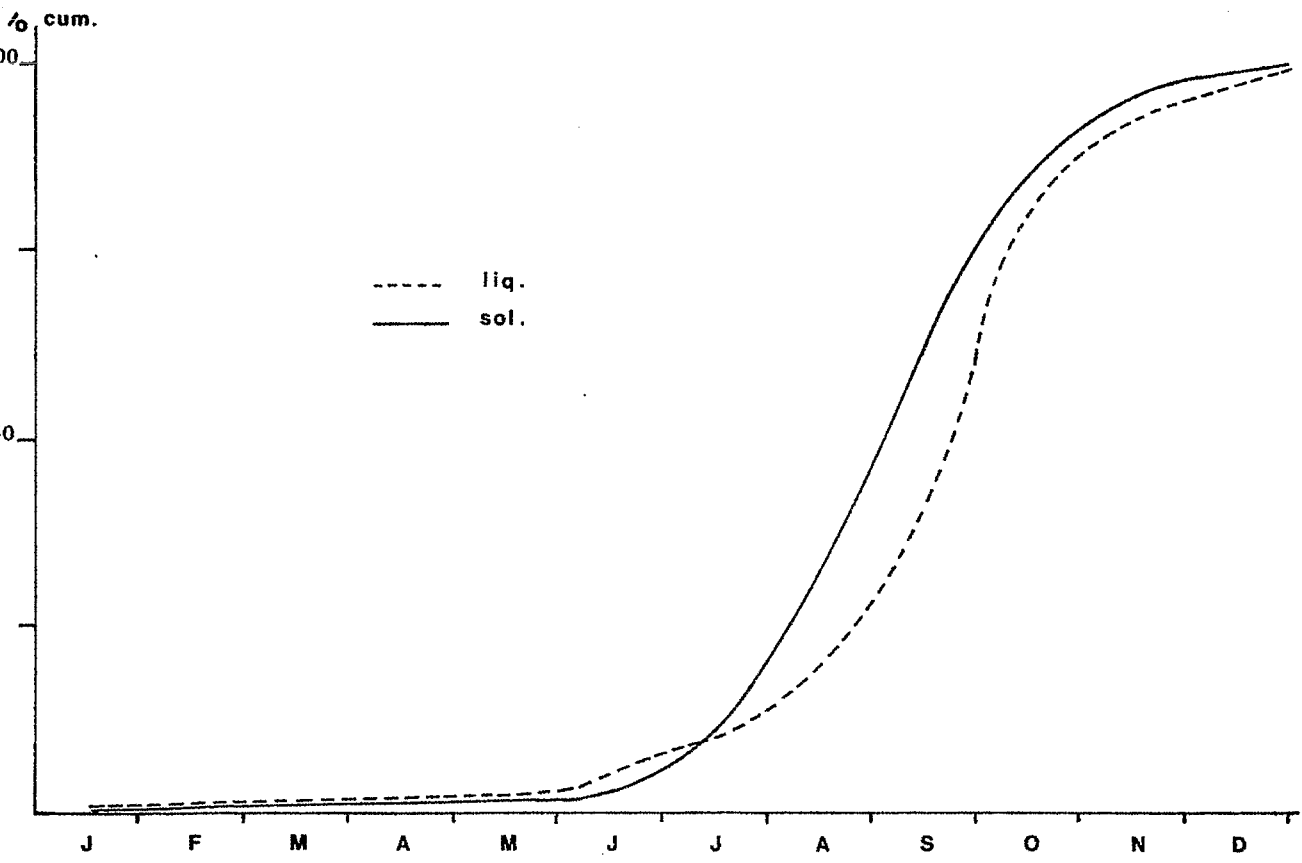
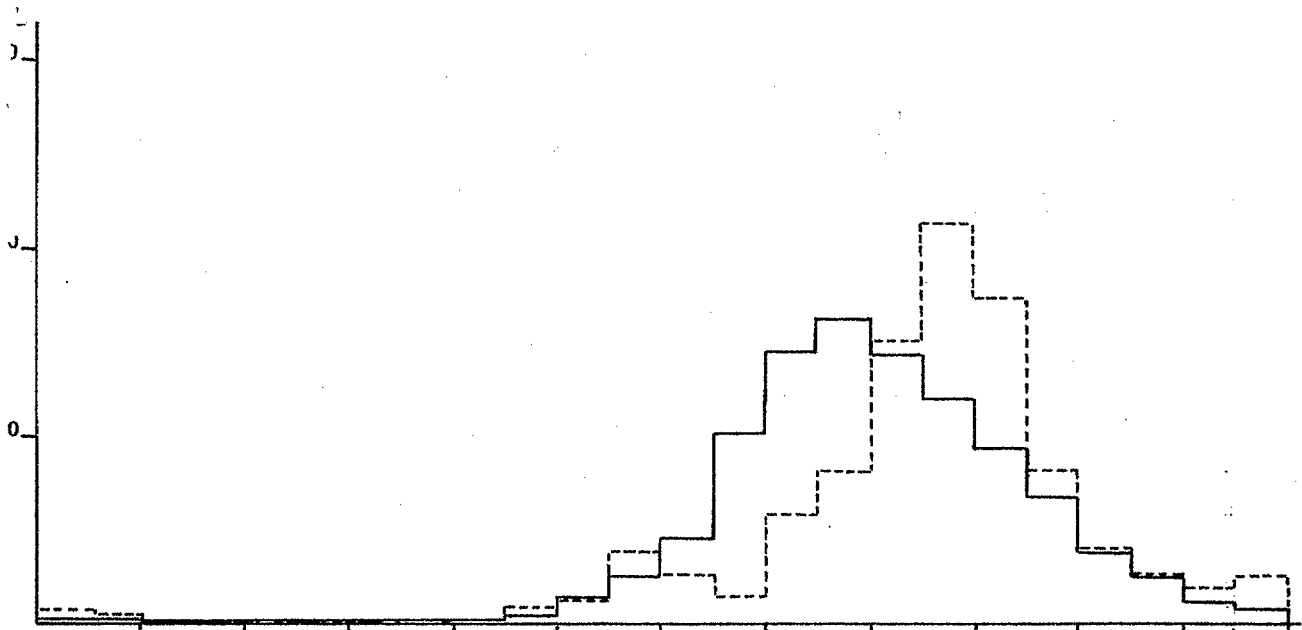


Fig.28

BAFECAO 1965

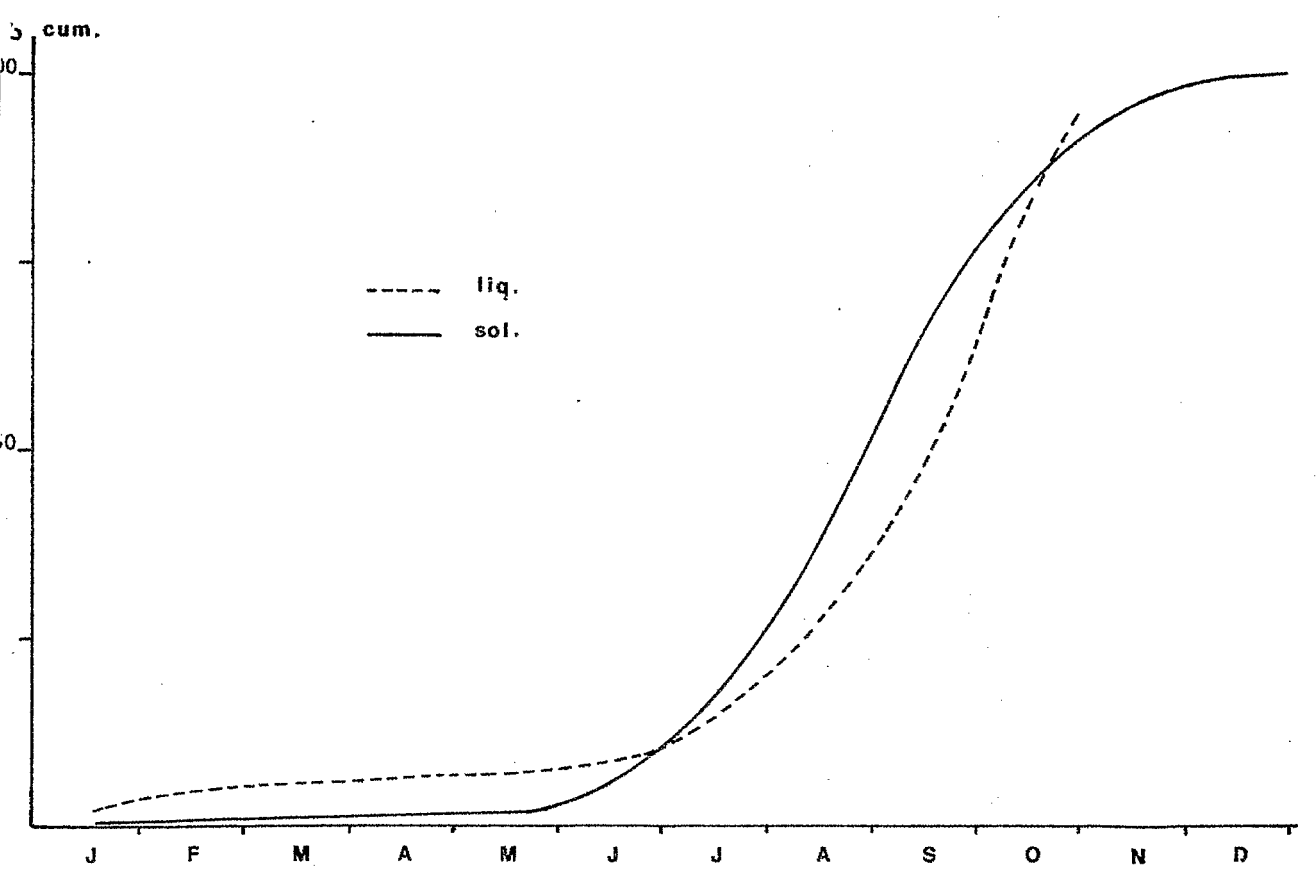
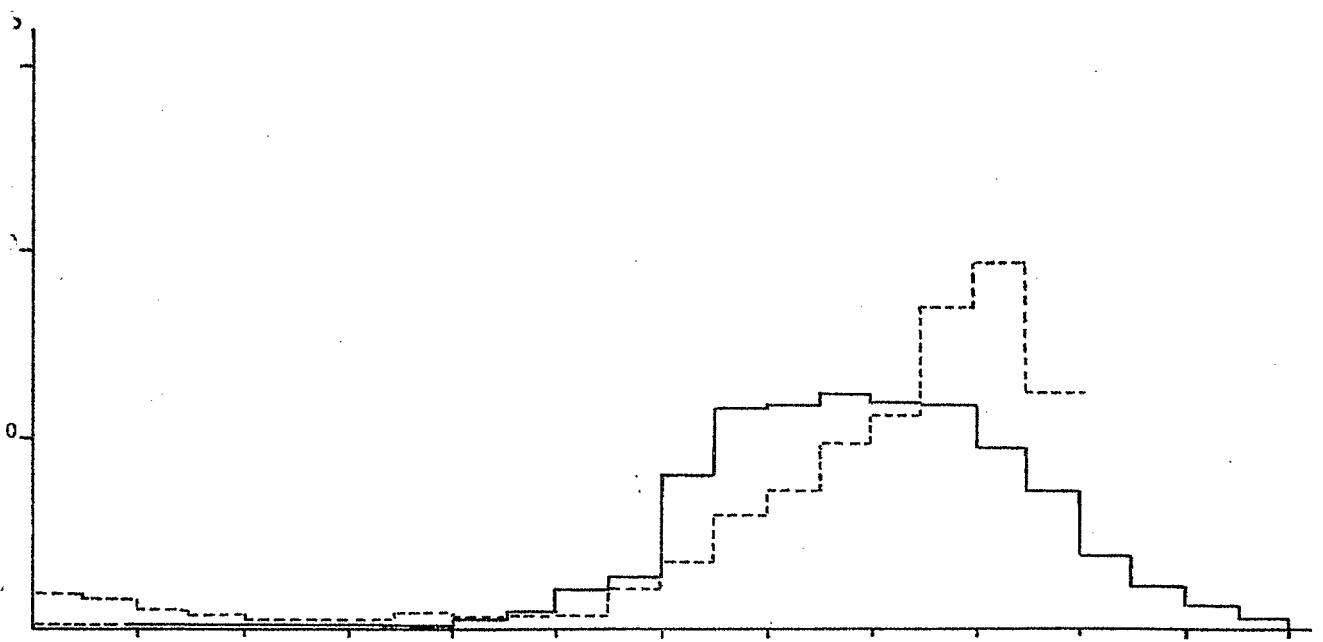


Fig. 29

BAFECAO 1966

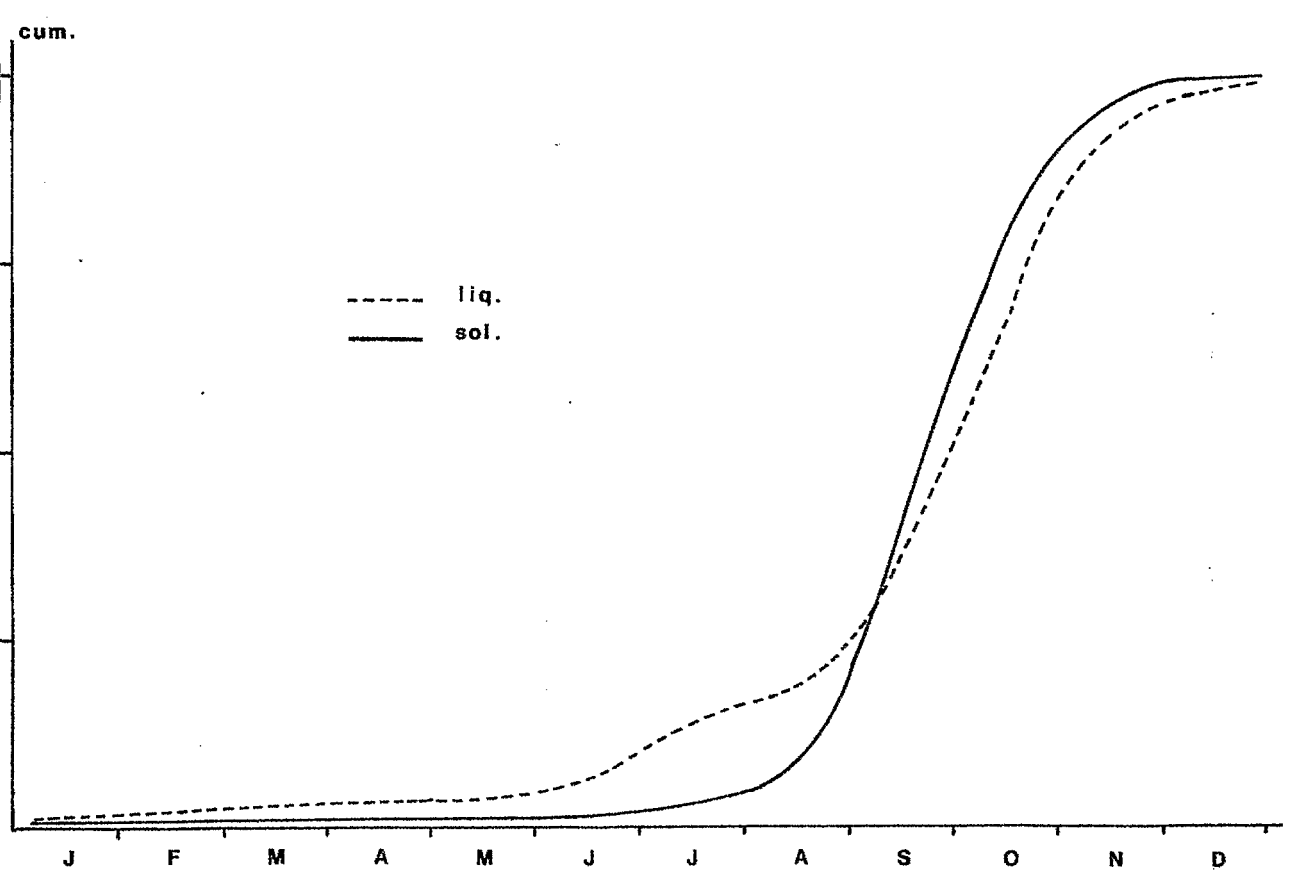
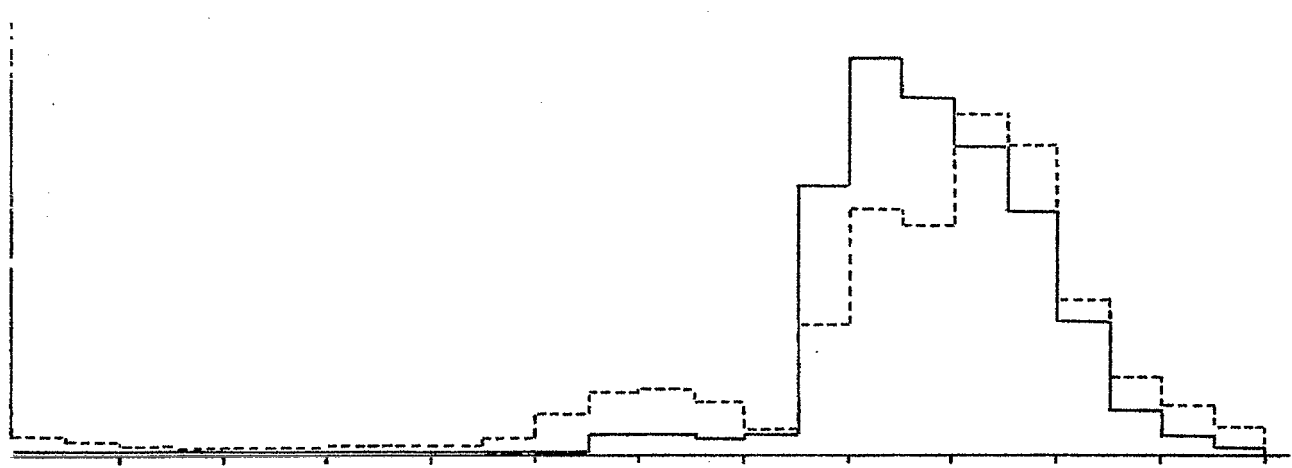


Fig.30

BAFECAO 1967

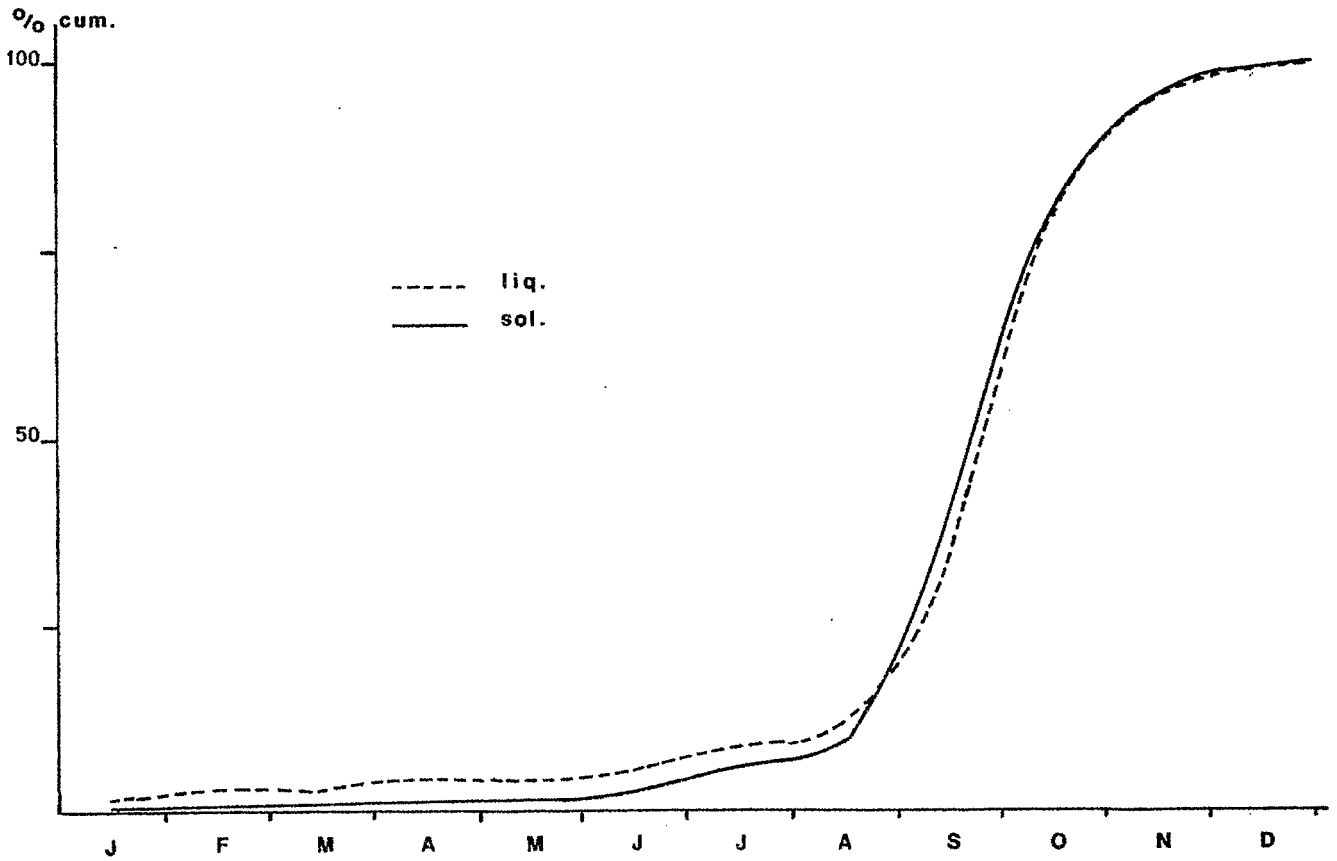
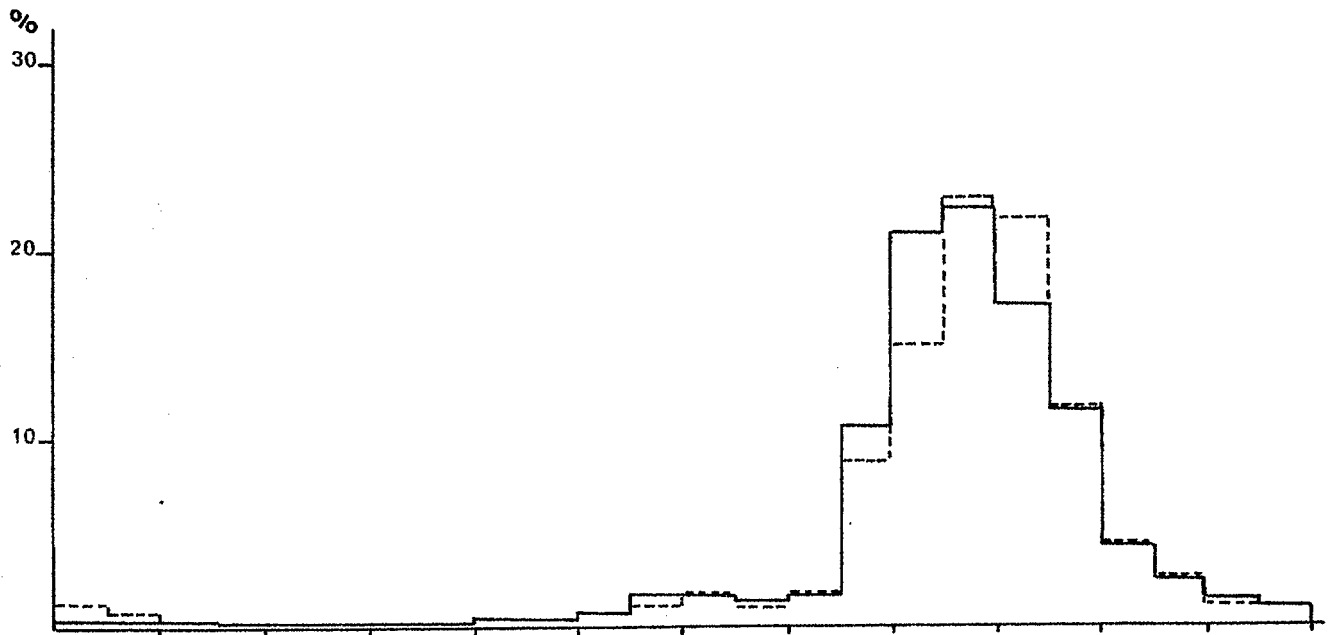


Fig.31

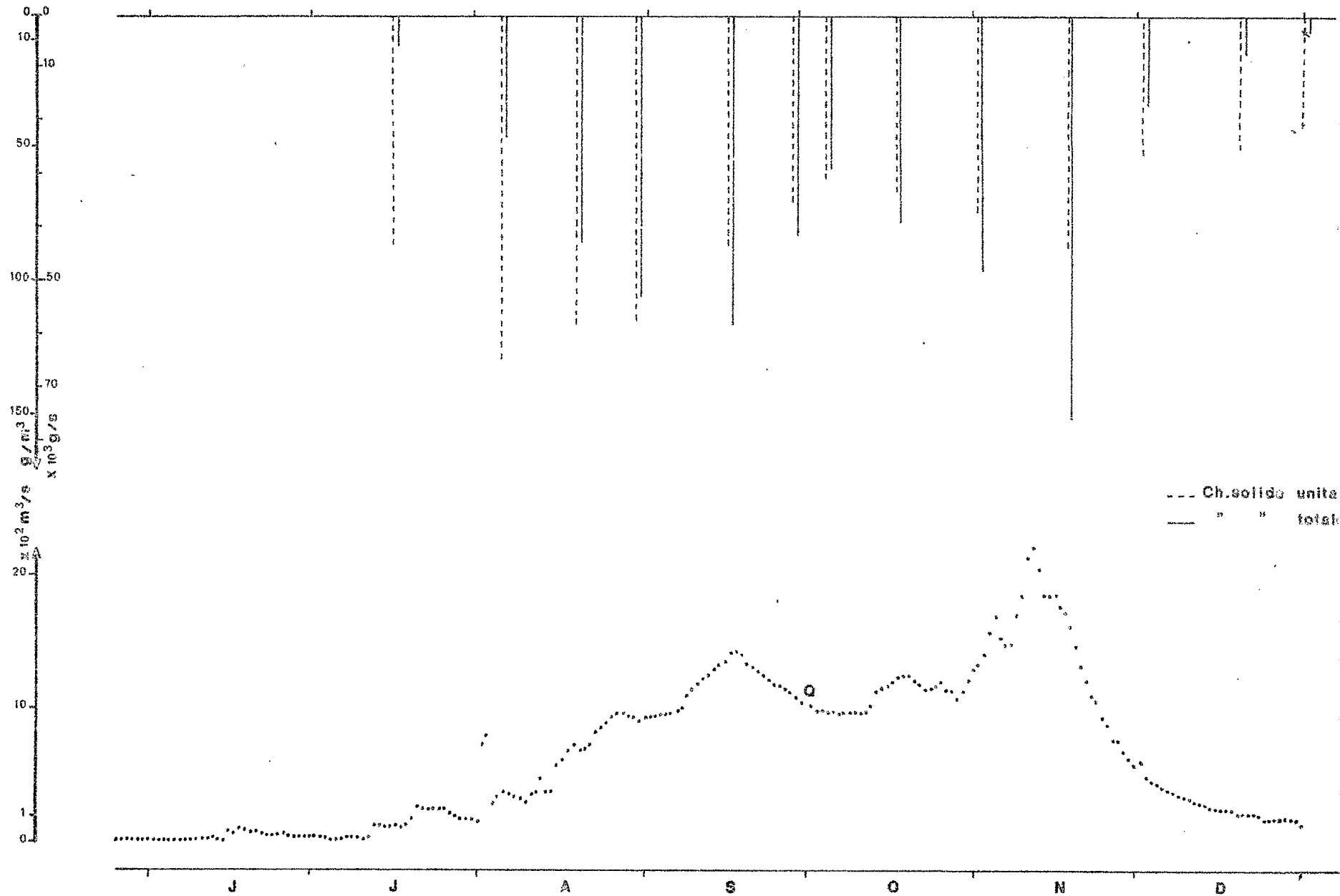


Fig.32

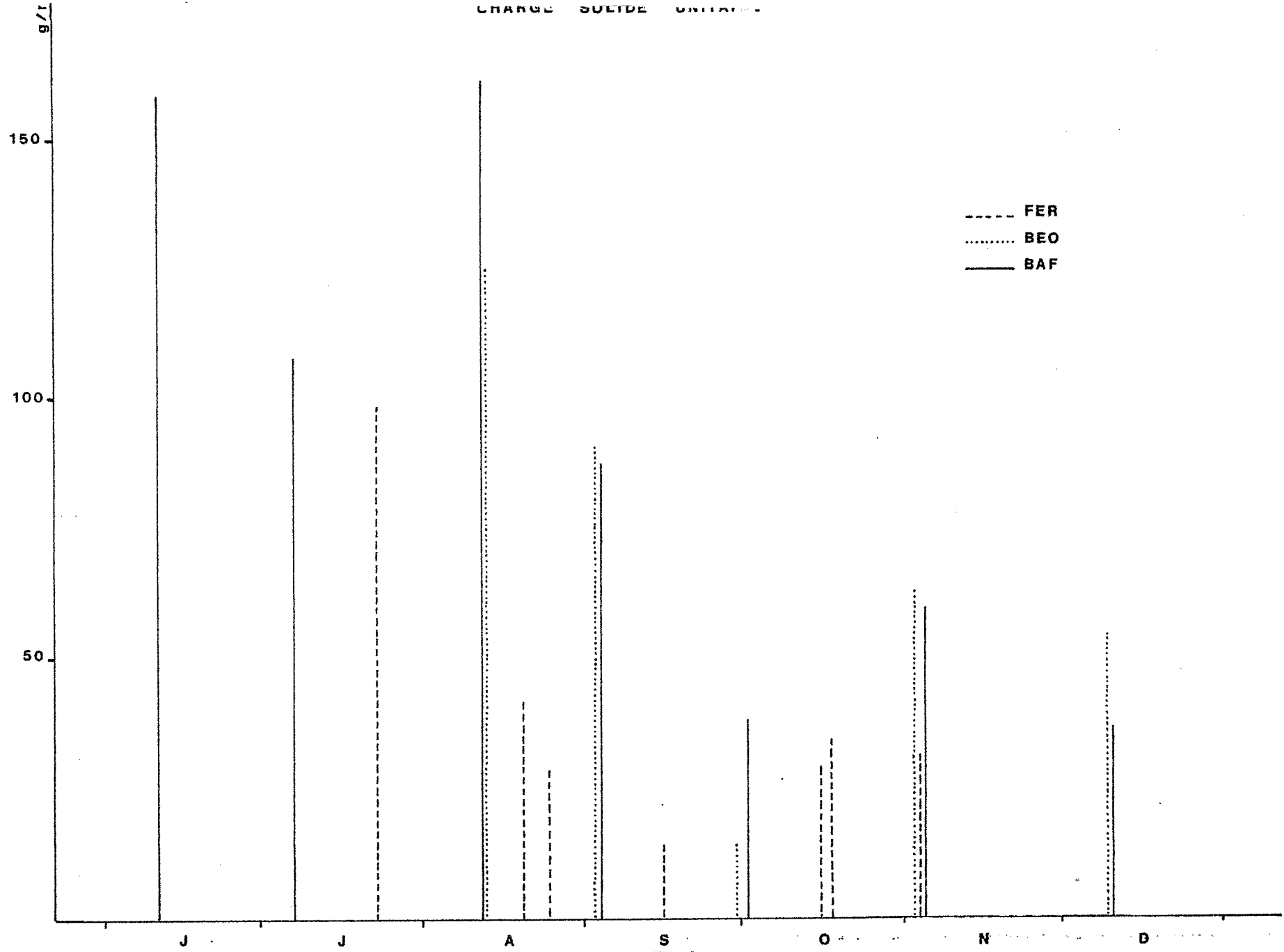


Fig. 34

EXPORTATION SOLIDE EN SUSPENSION

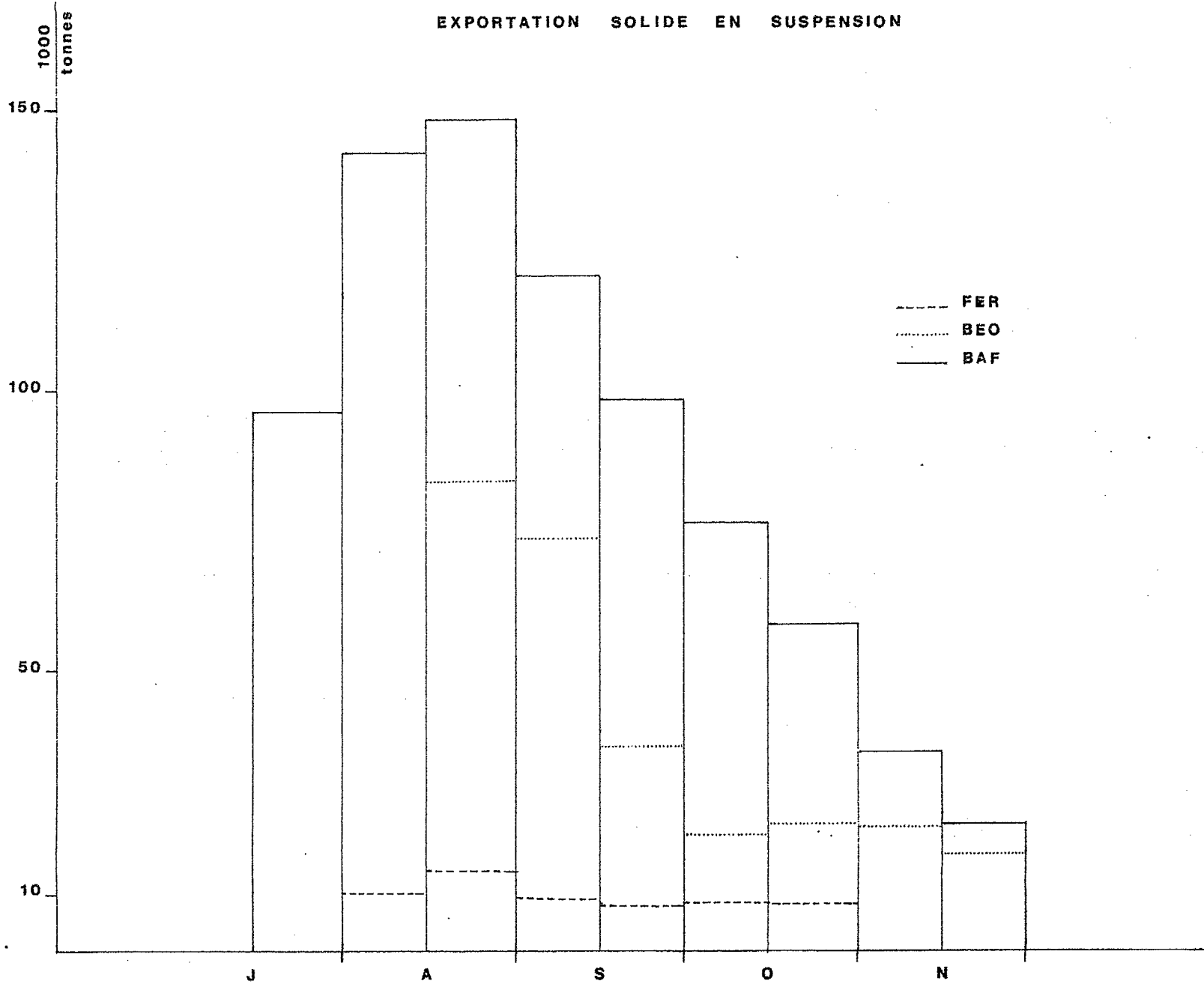


Fig.35

DEBITS JOURNALIERS DU NZI

A ZIENOA

CHARGE SOLIDE UNITAIRE (g/m³)

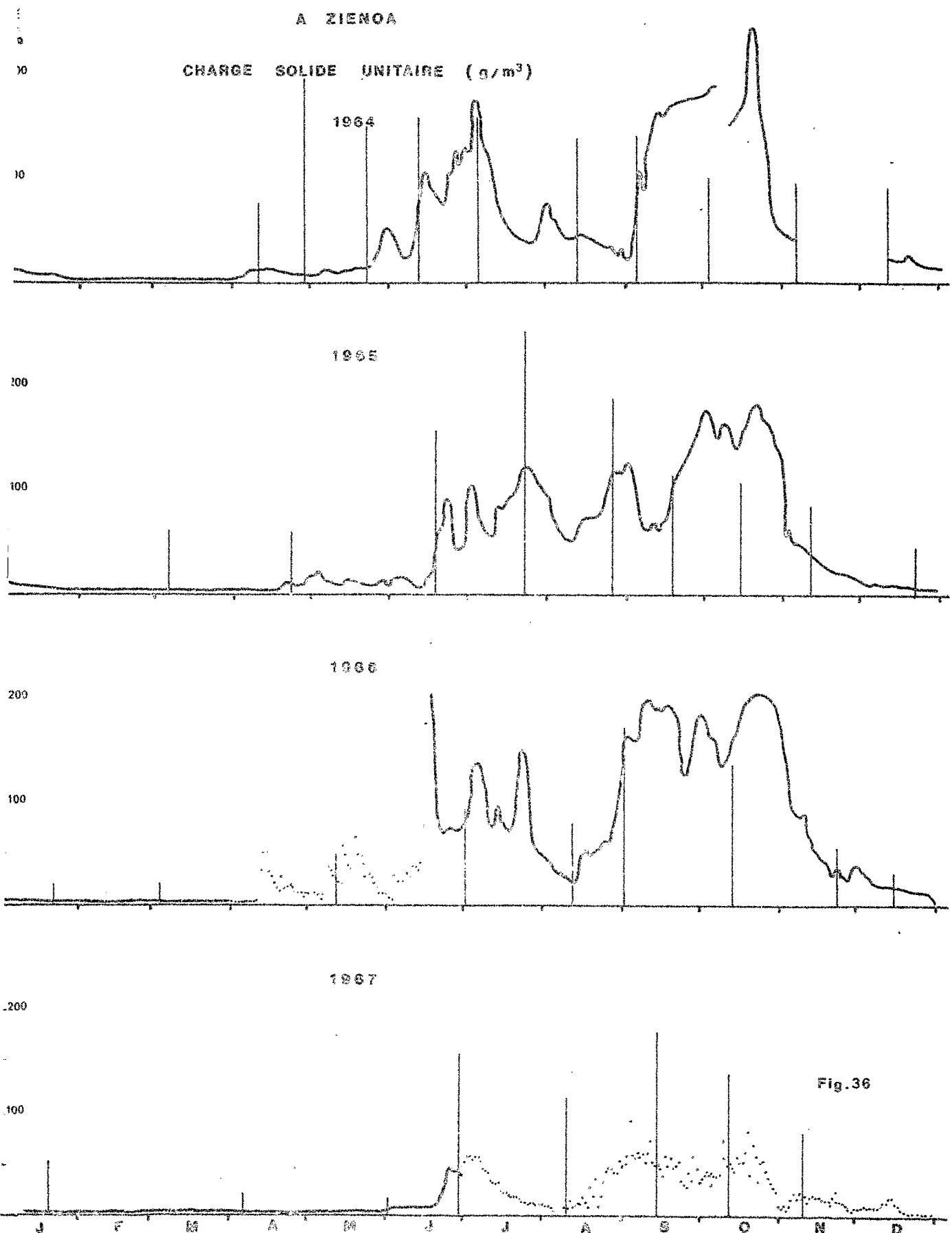
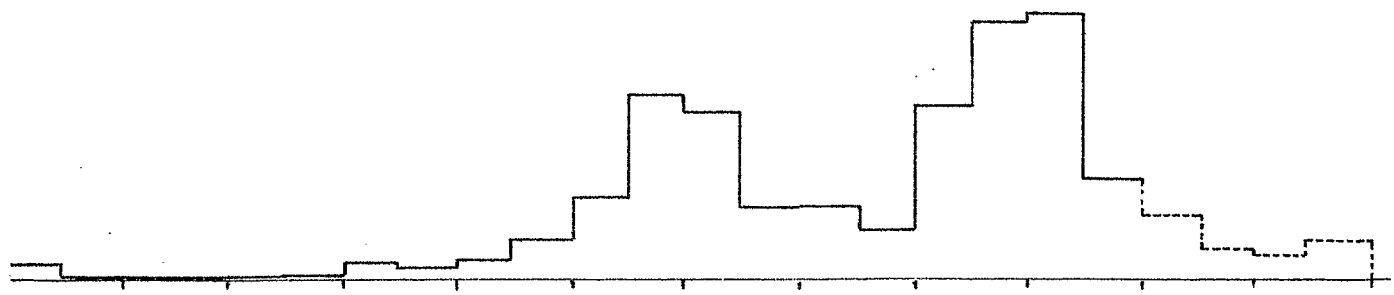


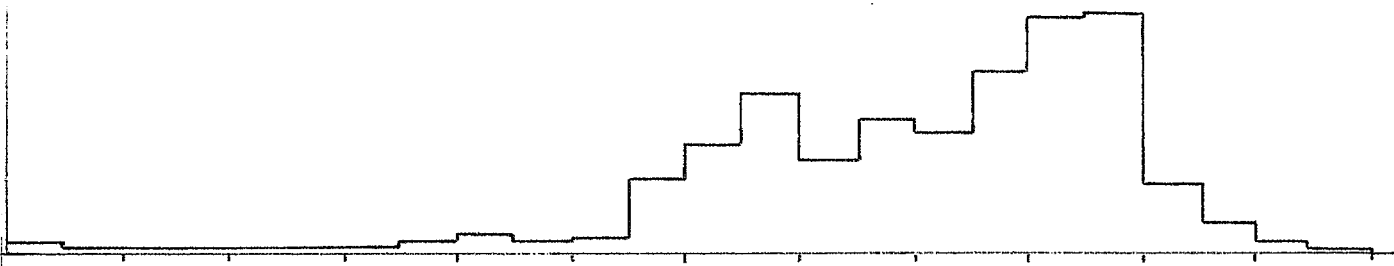
Fig. 36

Debits liquides bi-mensuels
du Nzi a Zienoa

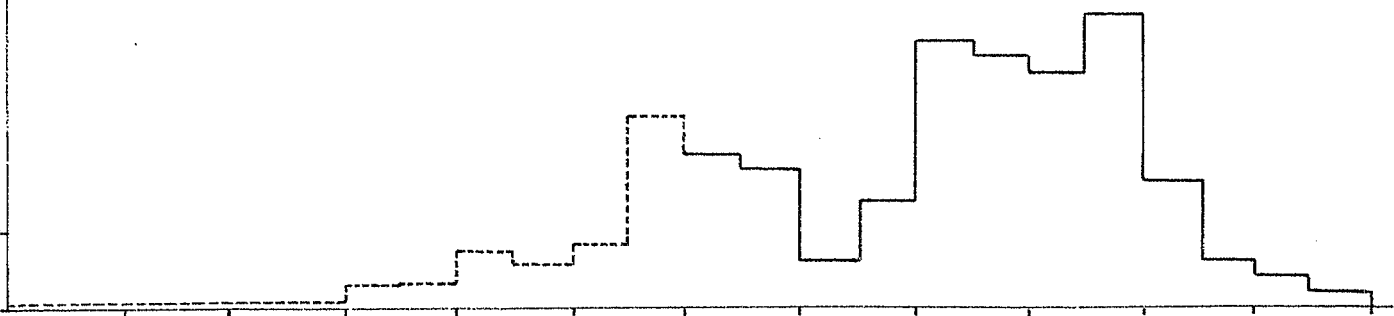
1964



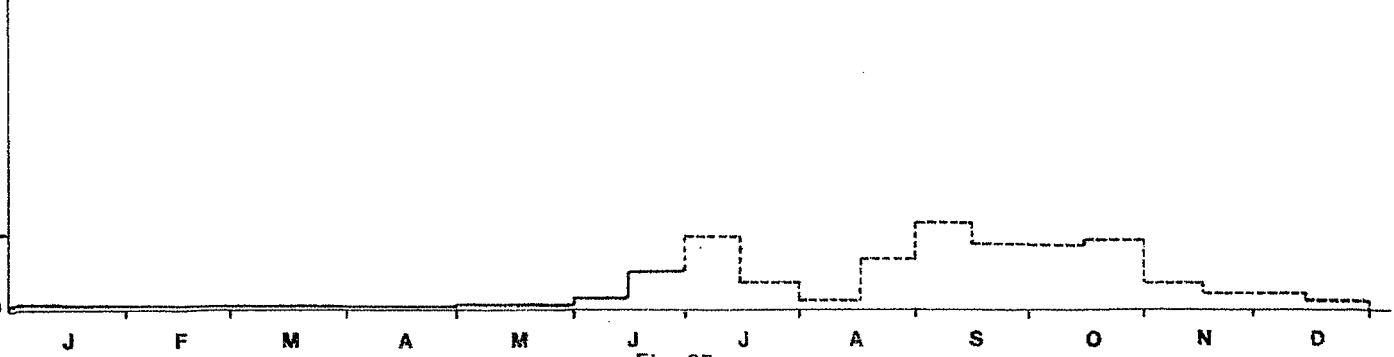
1965



1966



1967



J F M A M J J A S O N D

Fig. 37

Debits solides bi-mensuels
du Nzi a Zienoa

1964

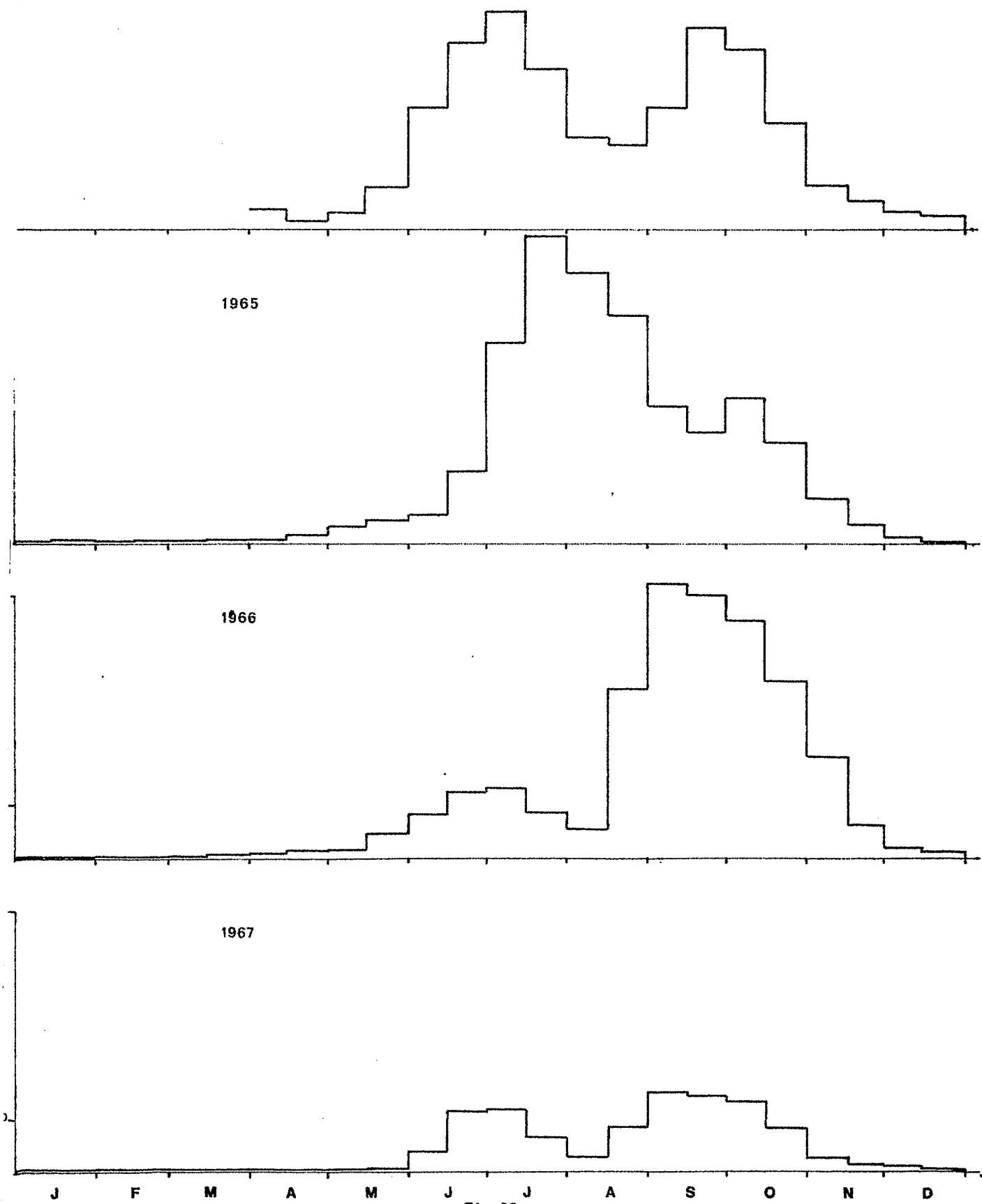
1965

1966

1967

J F M A M J J A S O N D

Fig.38



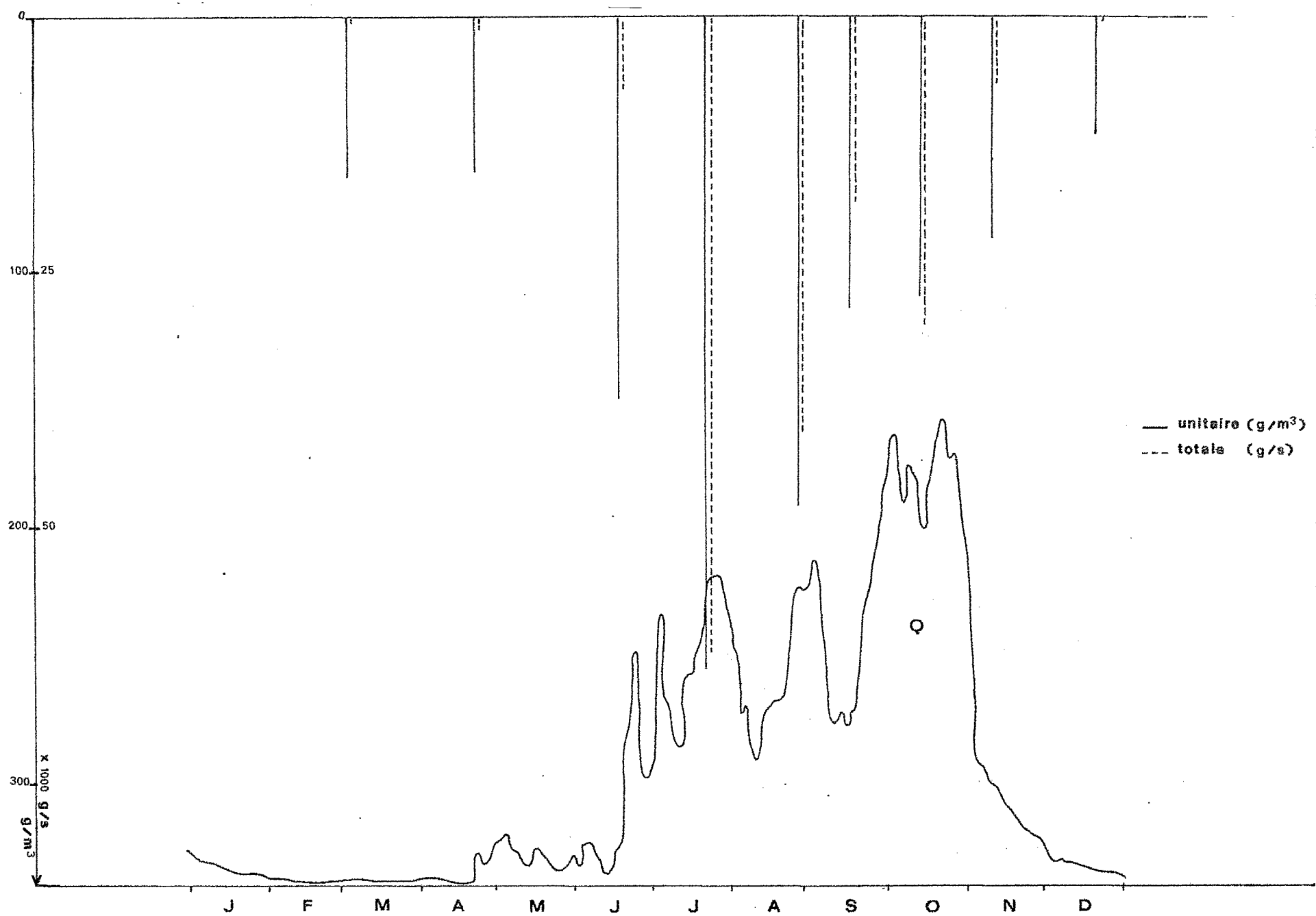


Fig. 39

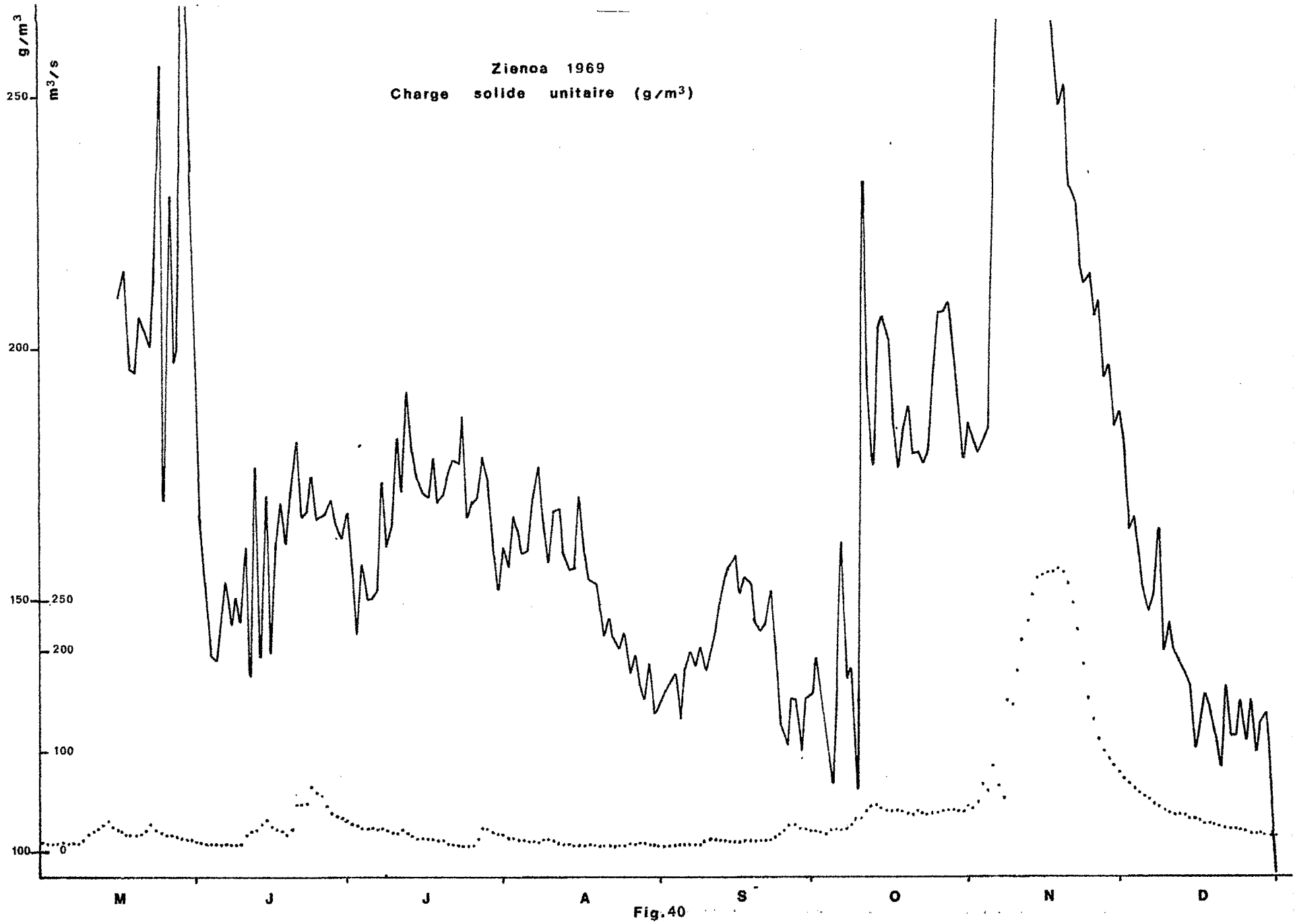


Fig.40

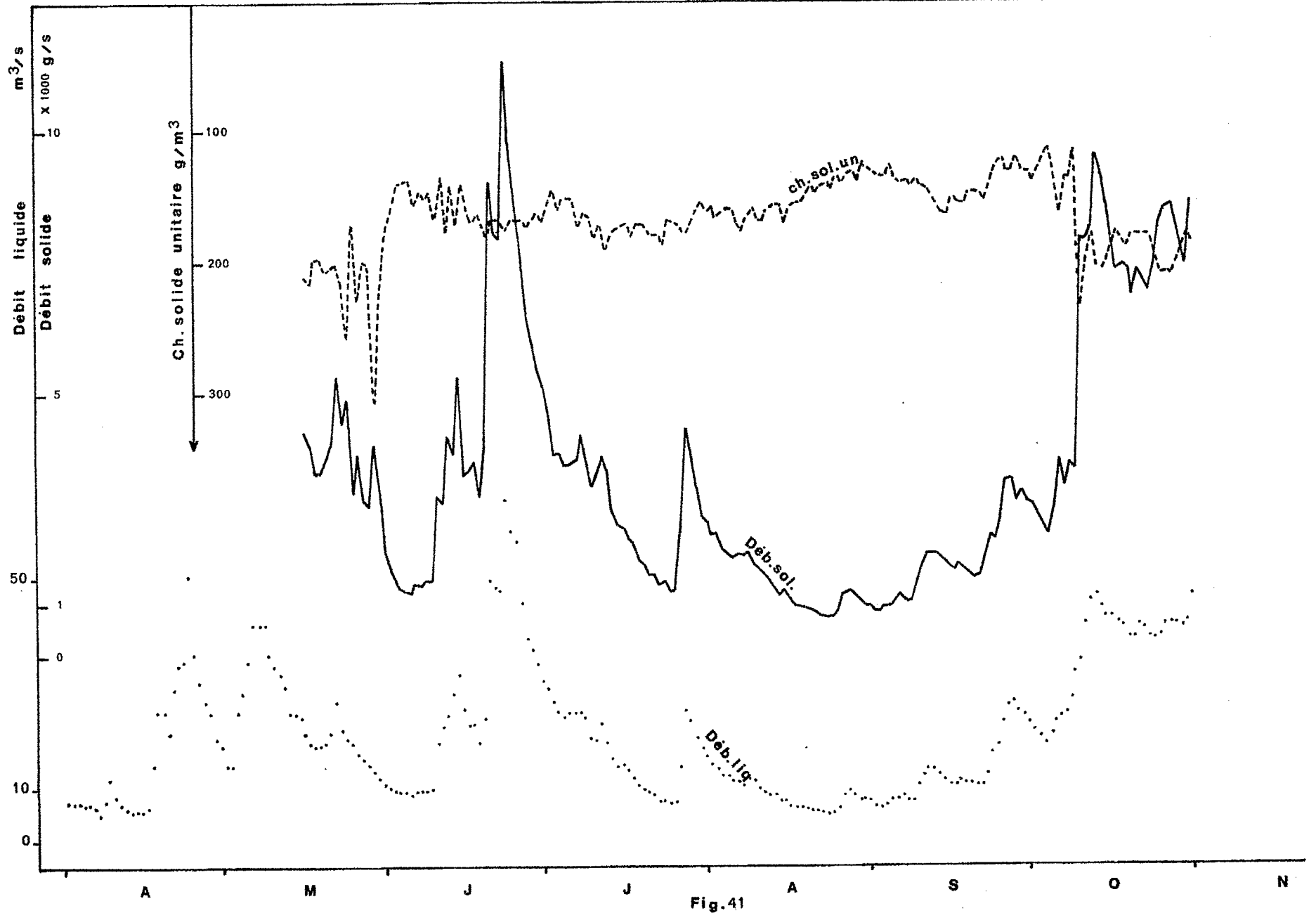


Fig.41

ZIENOA 1964

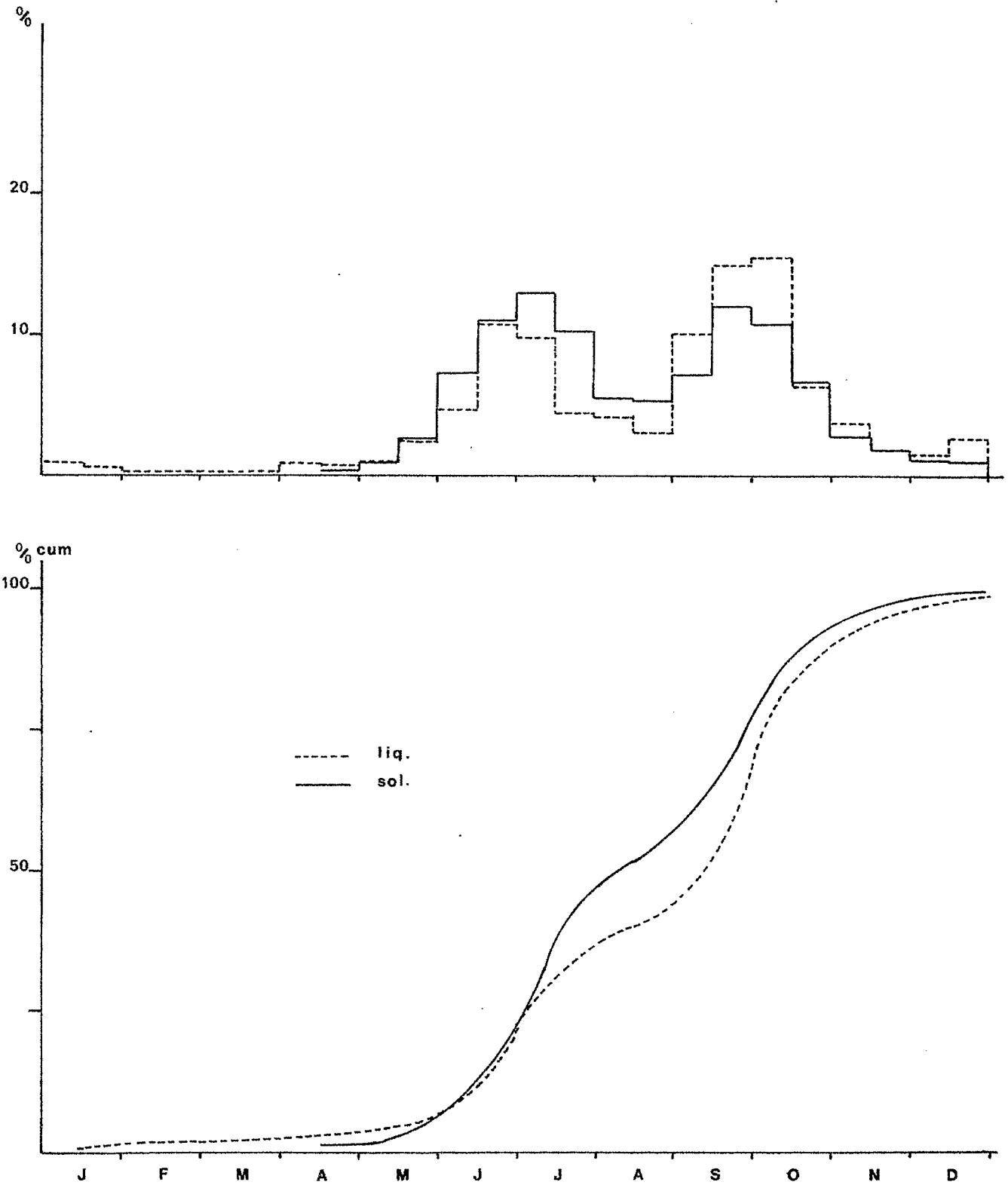


Fig.42

ZIENOA 1965

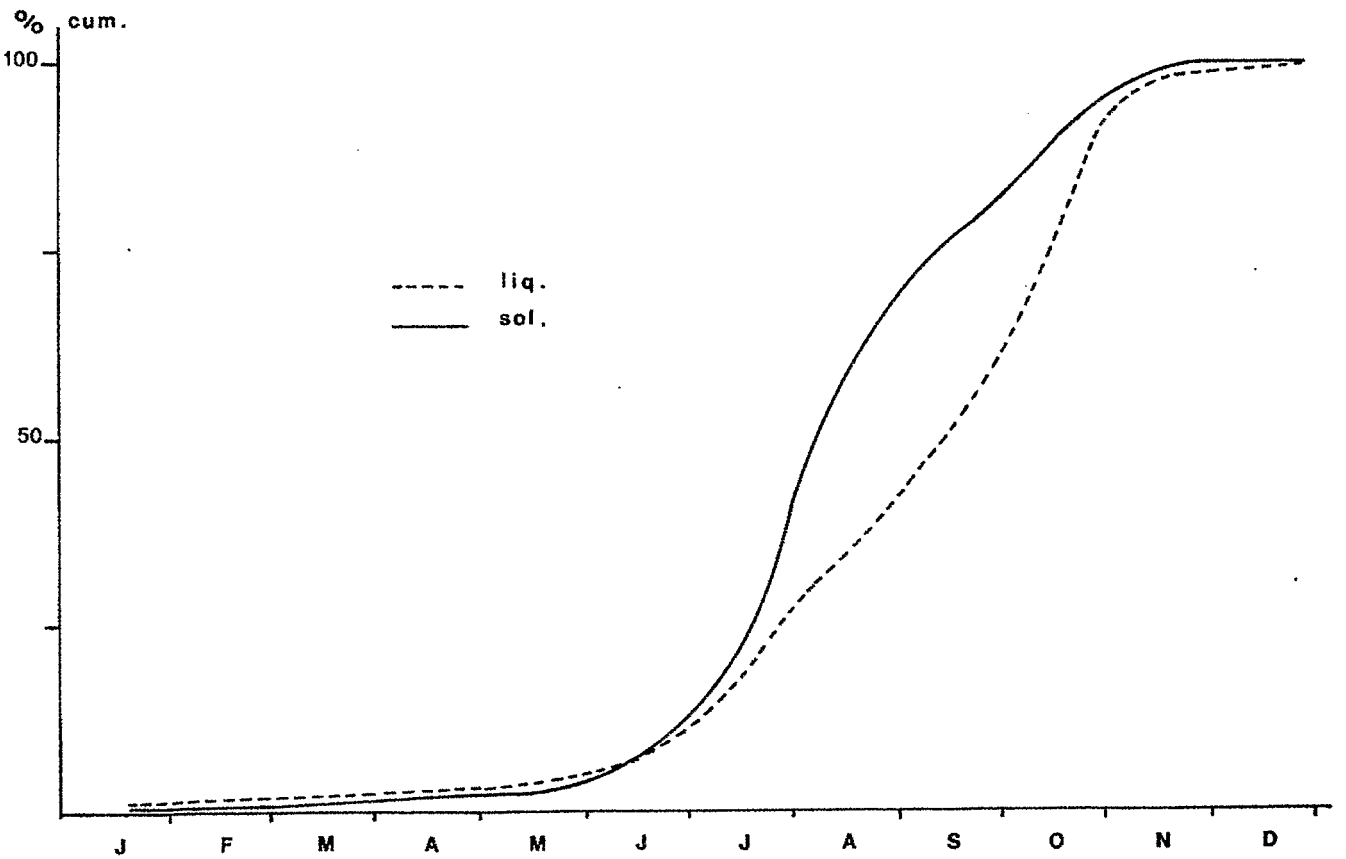
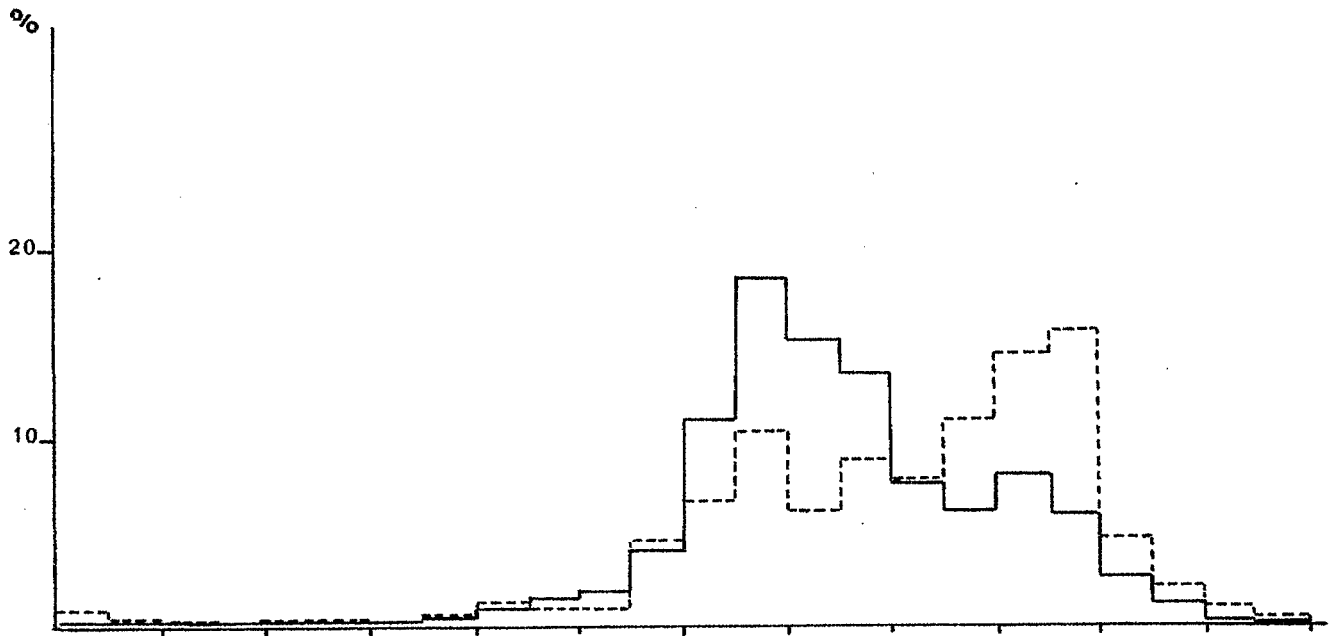


Fig.43

ZIENOA 1966

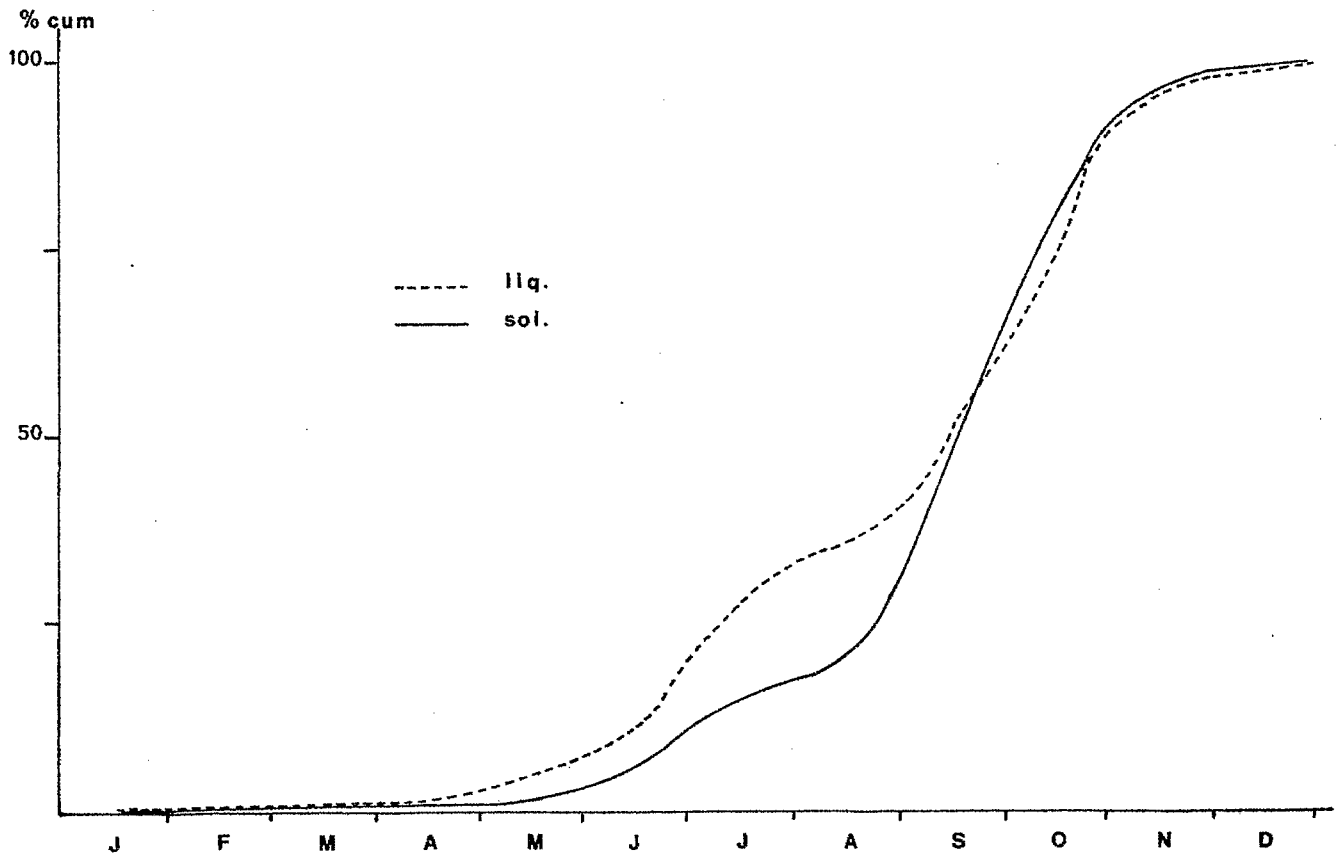
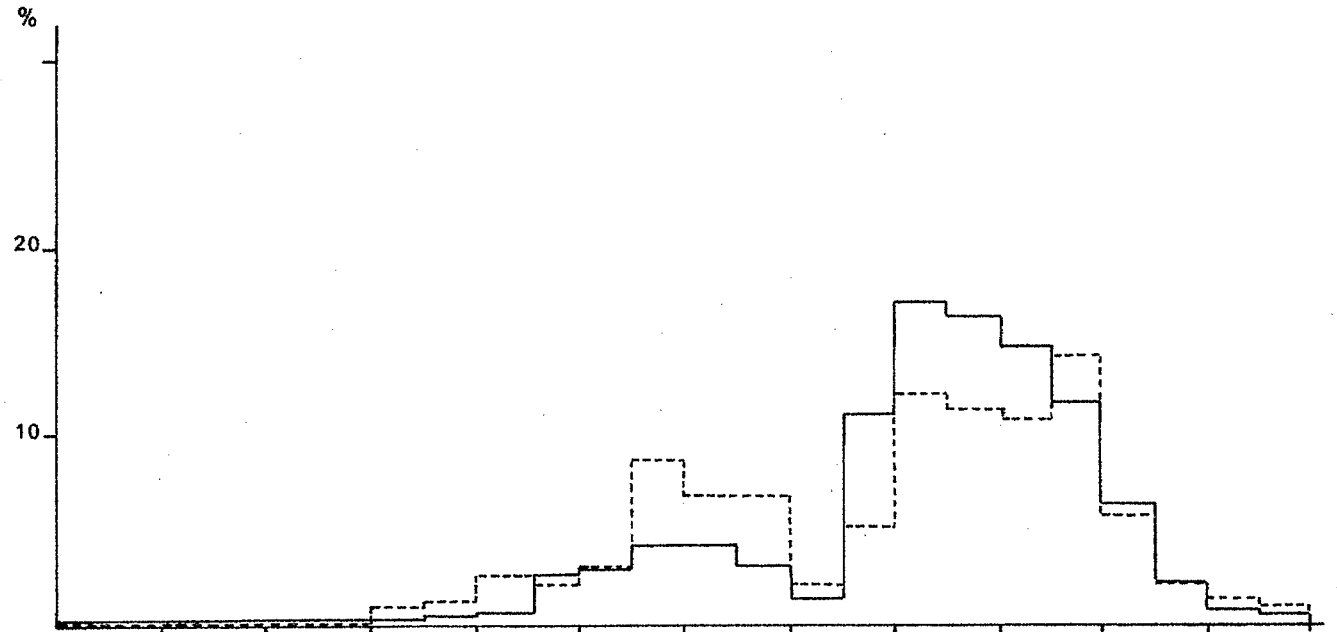


Fig.44

ZIENOA 1967

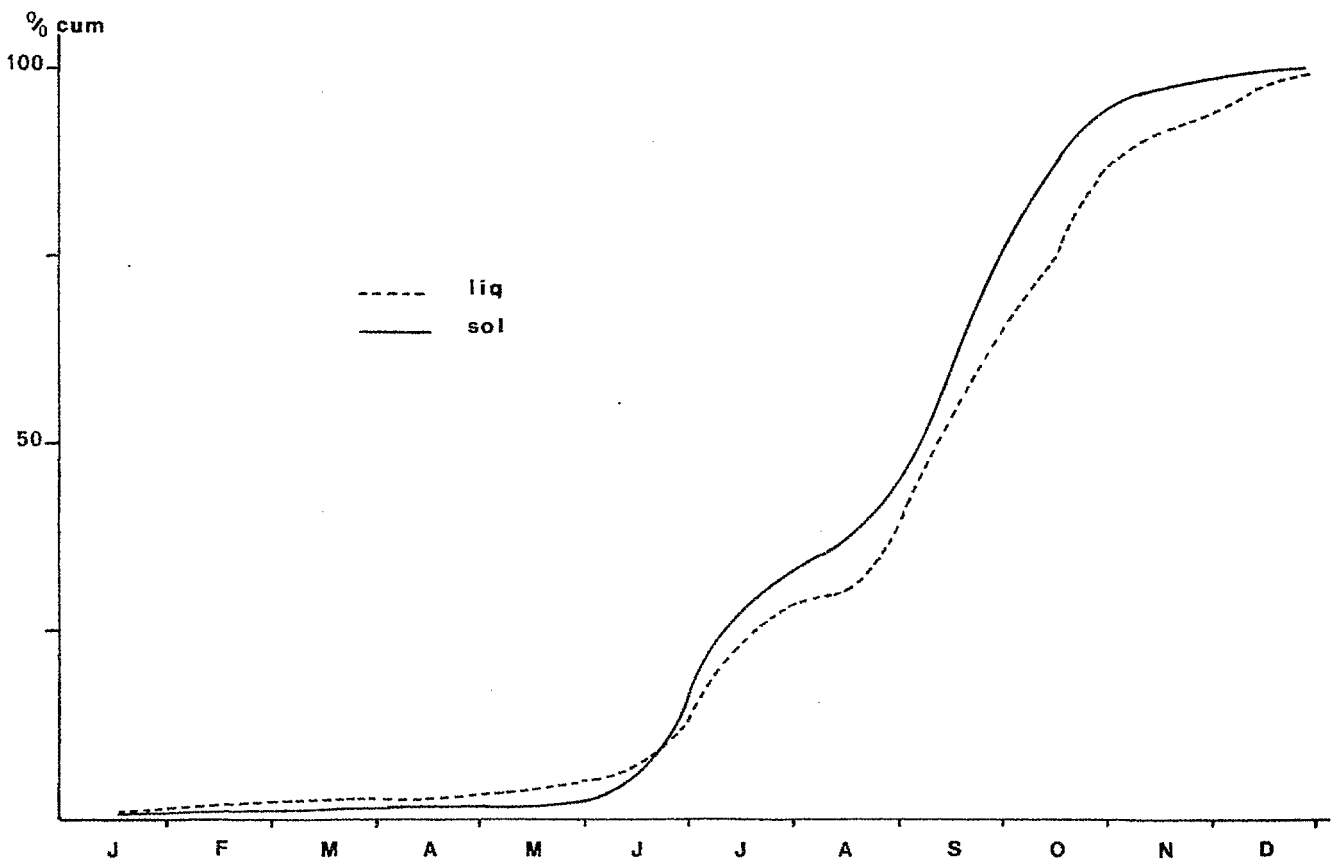
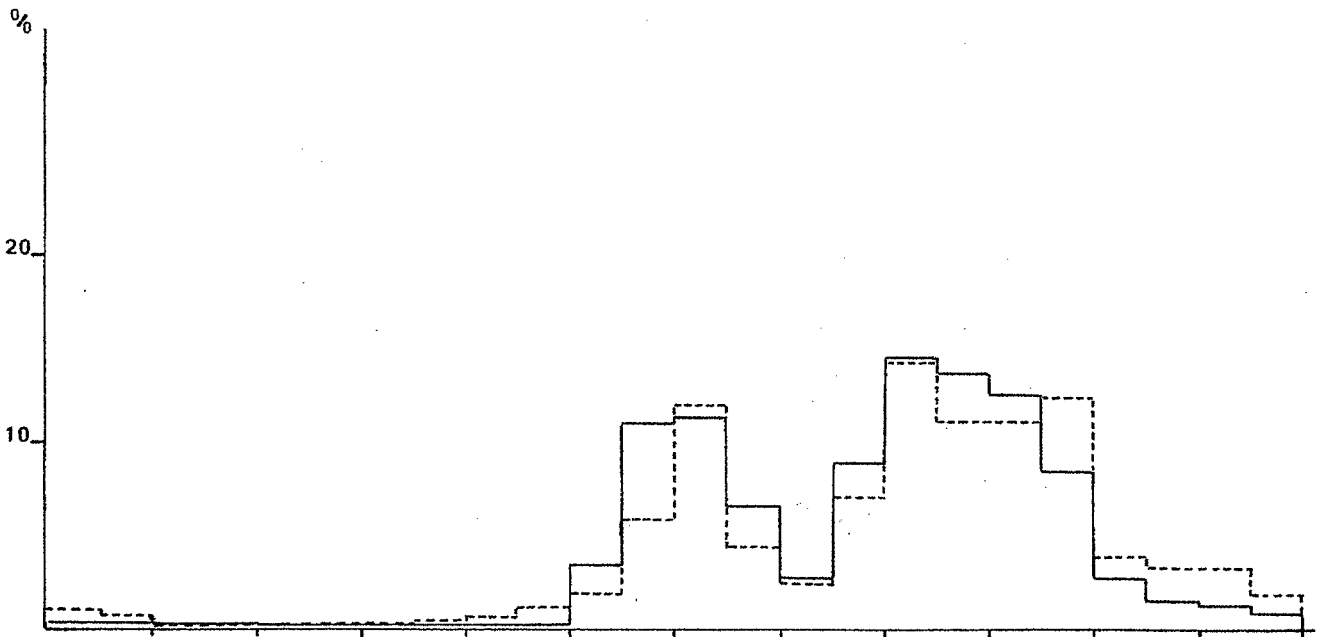


Fig.45

ZIENOA 1969

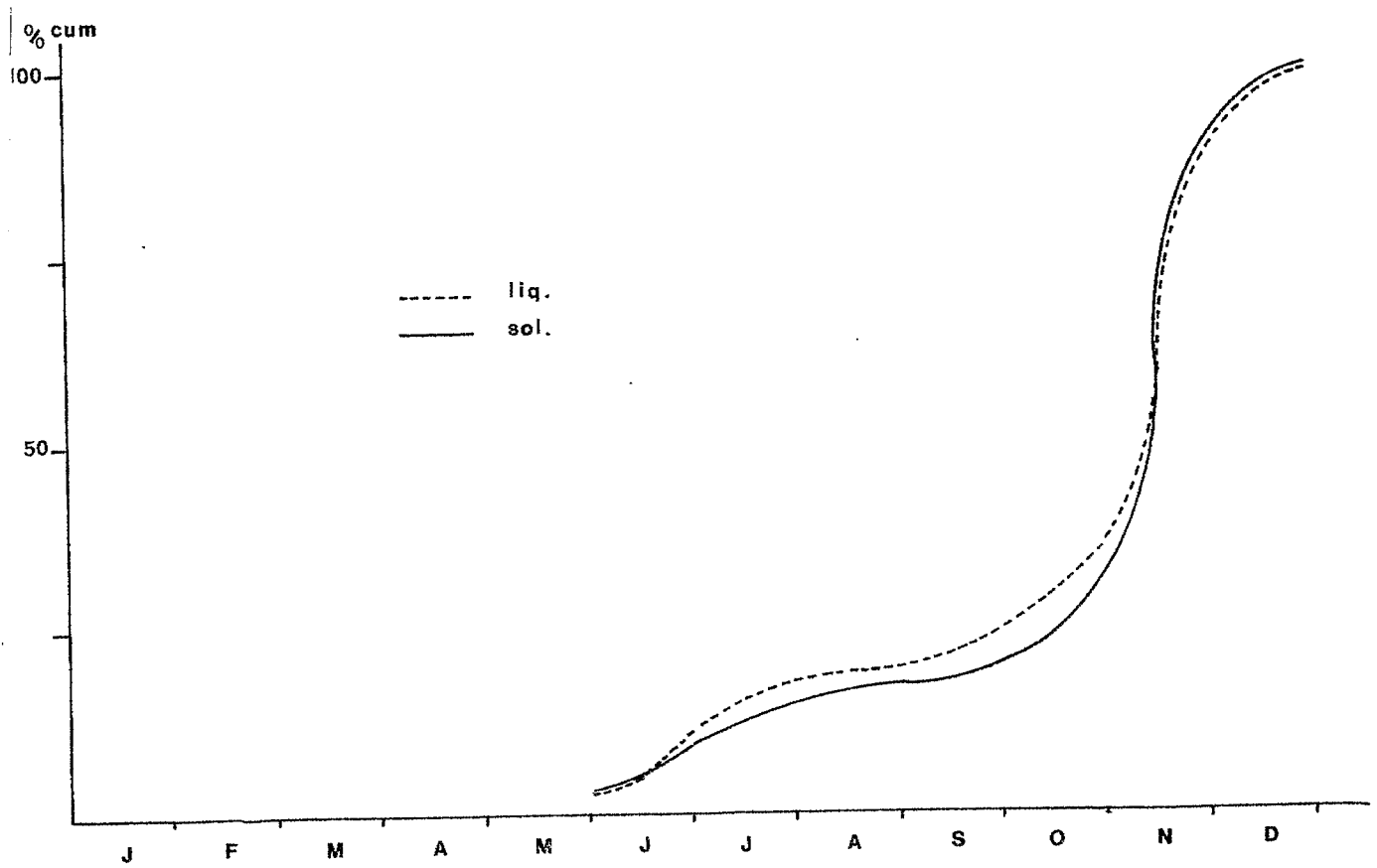
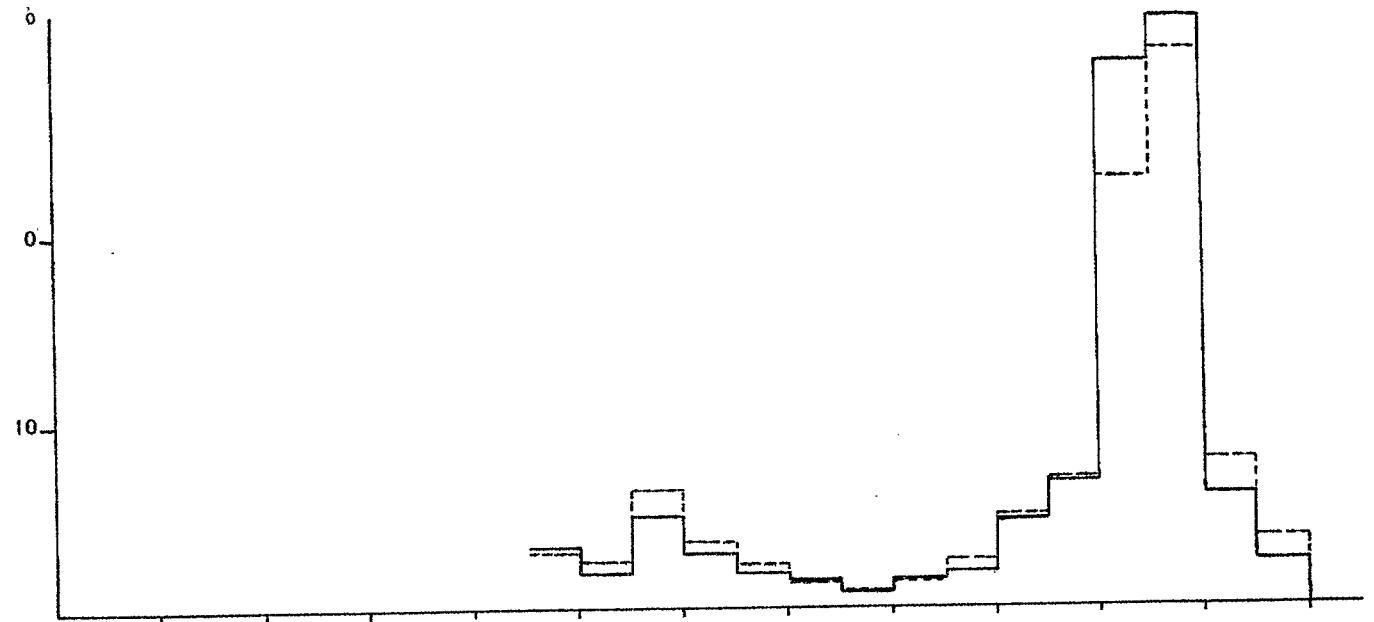
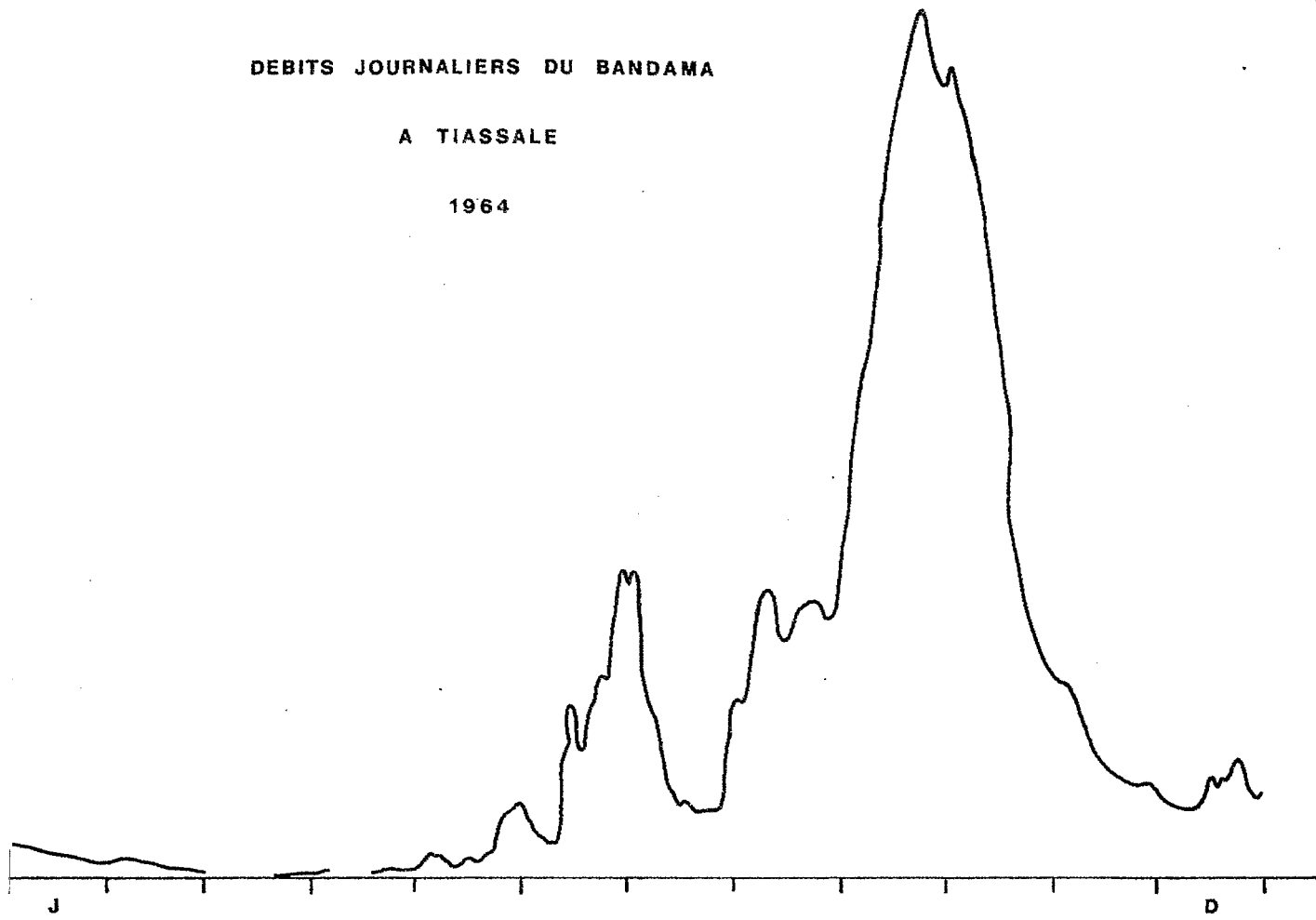


Fig. 46

DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A TIASSALE

1964



1965

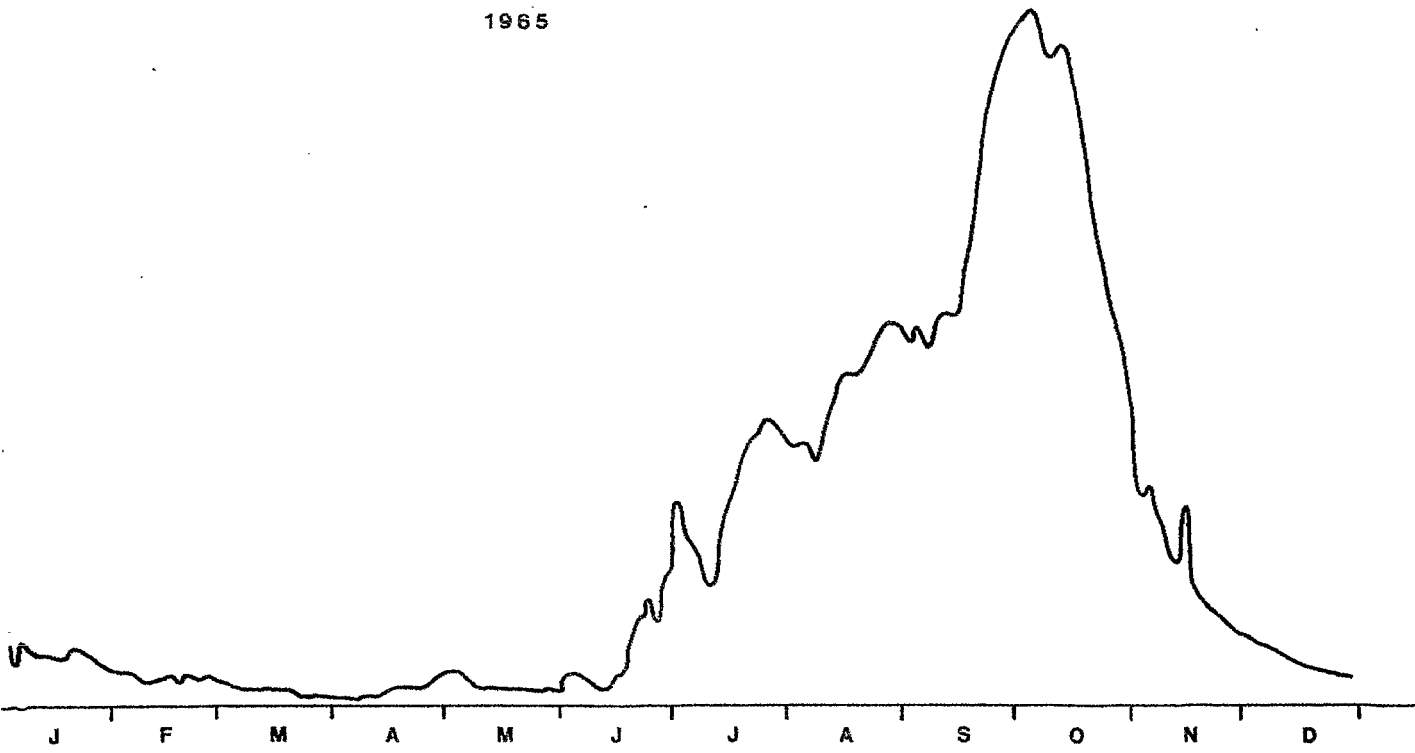
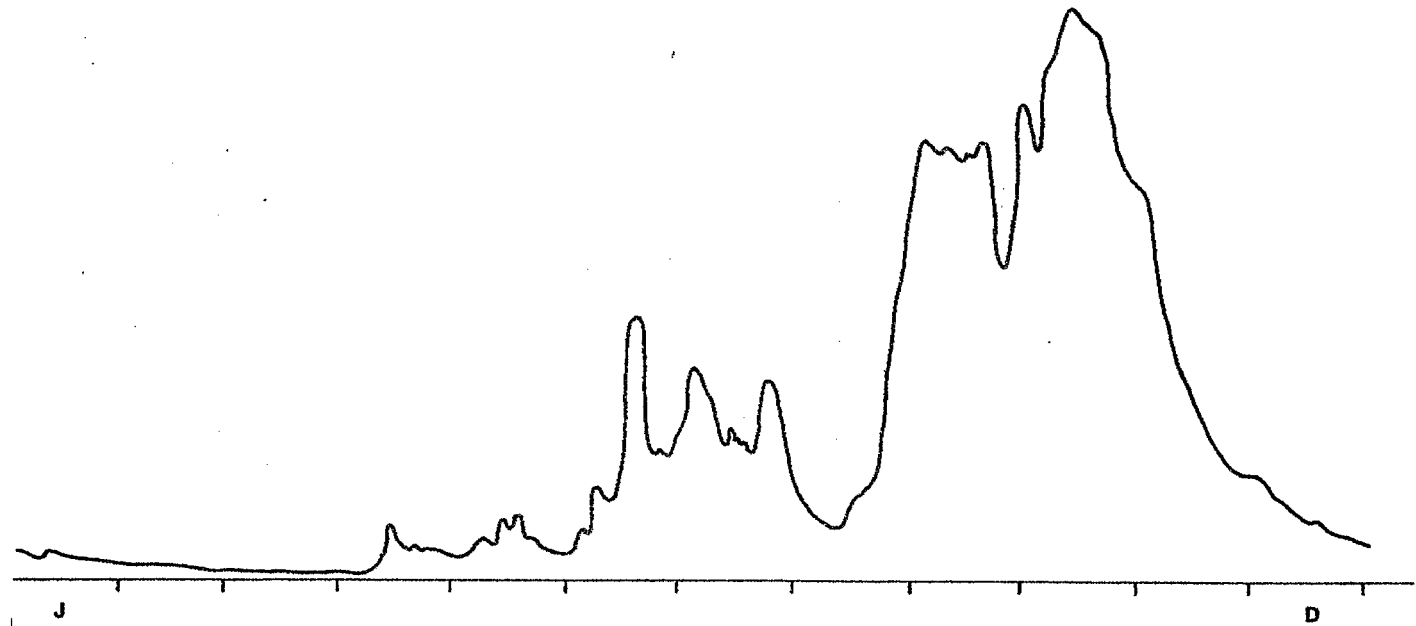


Fig.47

DEBITS JOURNALIERS DU BANDAMA

A TIASSALE

1966



1967

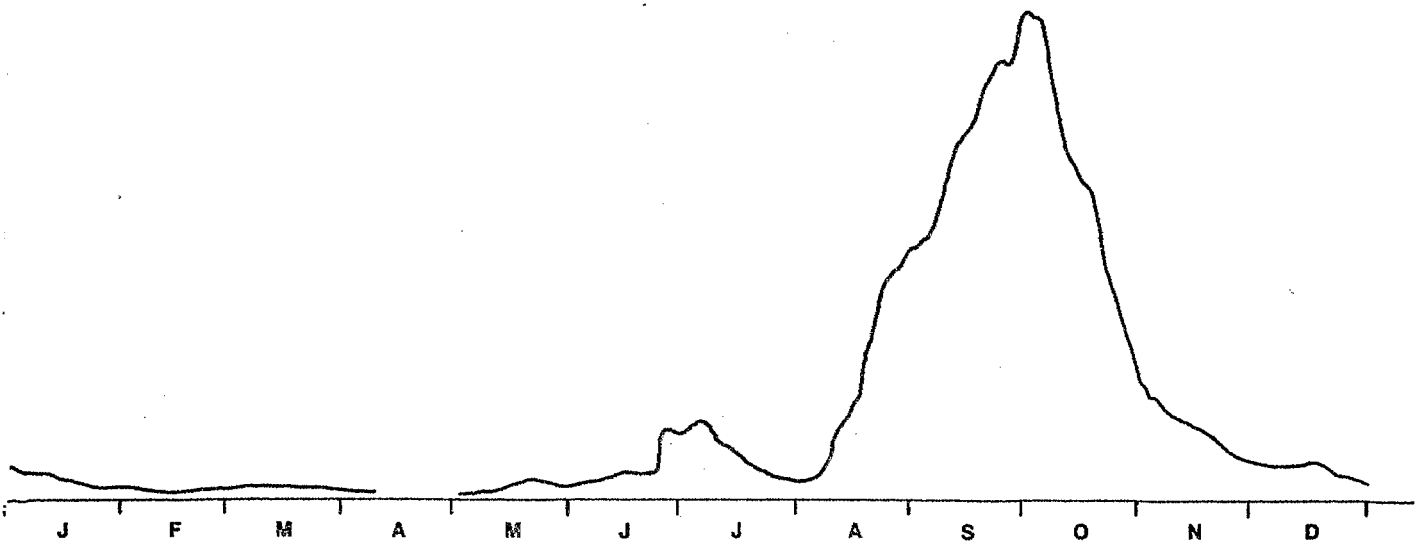
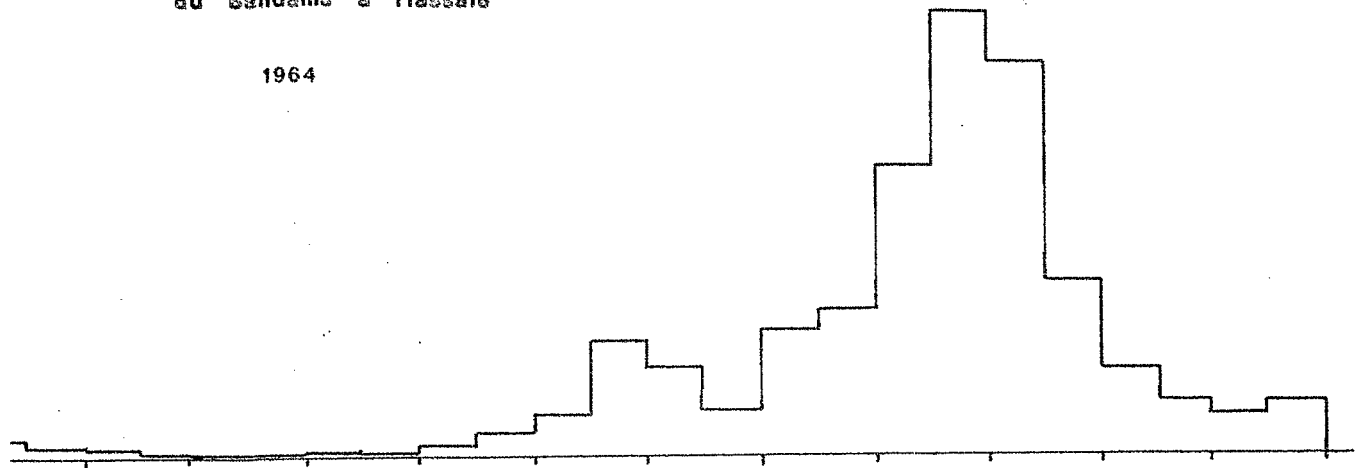


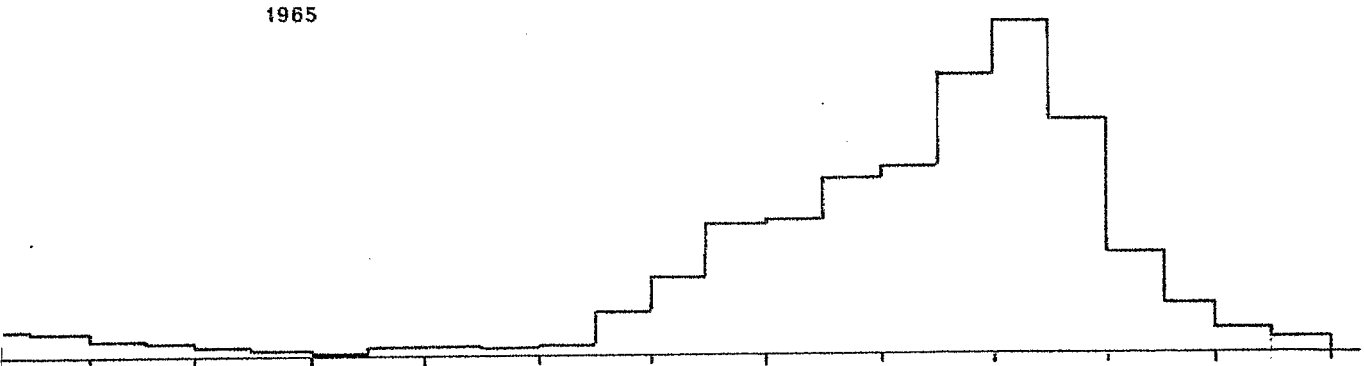
Fig. 48

Debits liquides, bi-mensuels
du Sandama a Tiassale

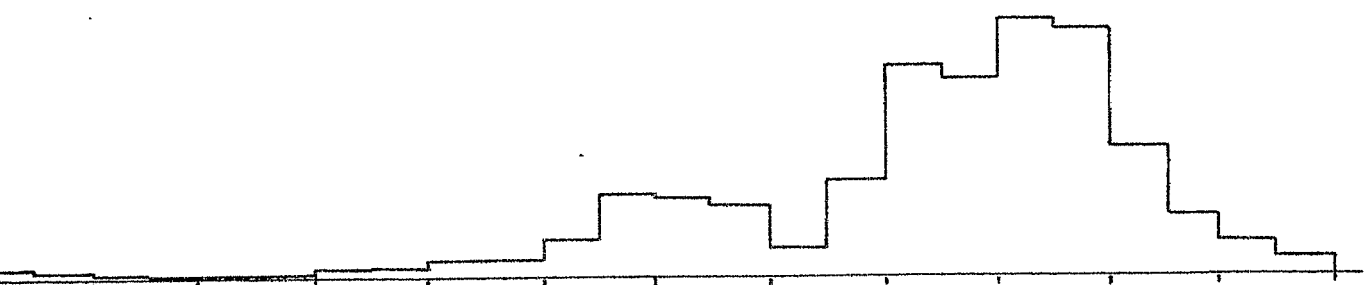
1964



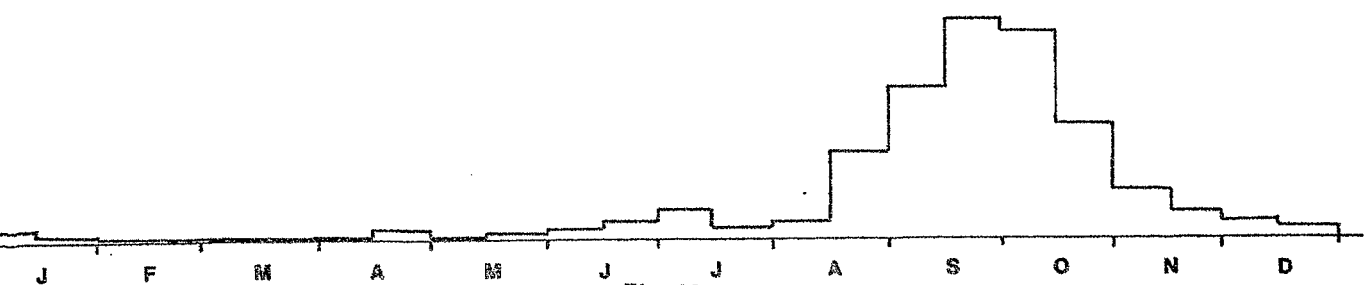
1965



1966



1967



J F M A M J J A S O N D

Fig.49

Debits solides bi-mensuels
du Bandama a Tiassale

1964

1965

1966

1967

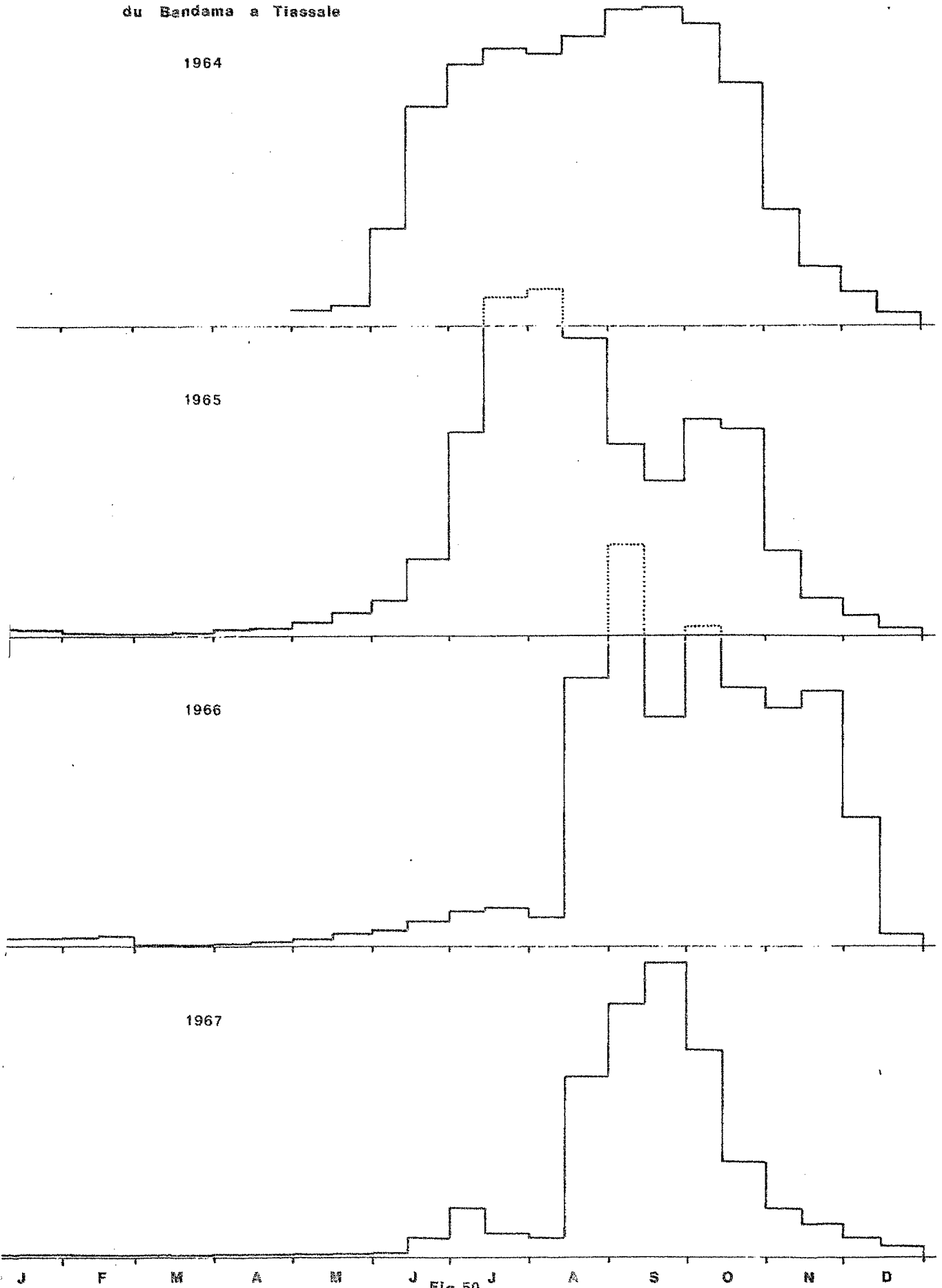


Fig-50

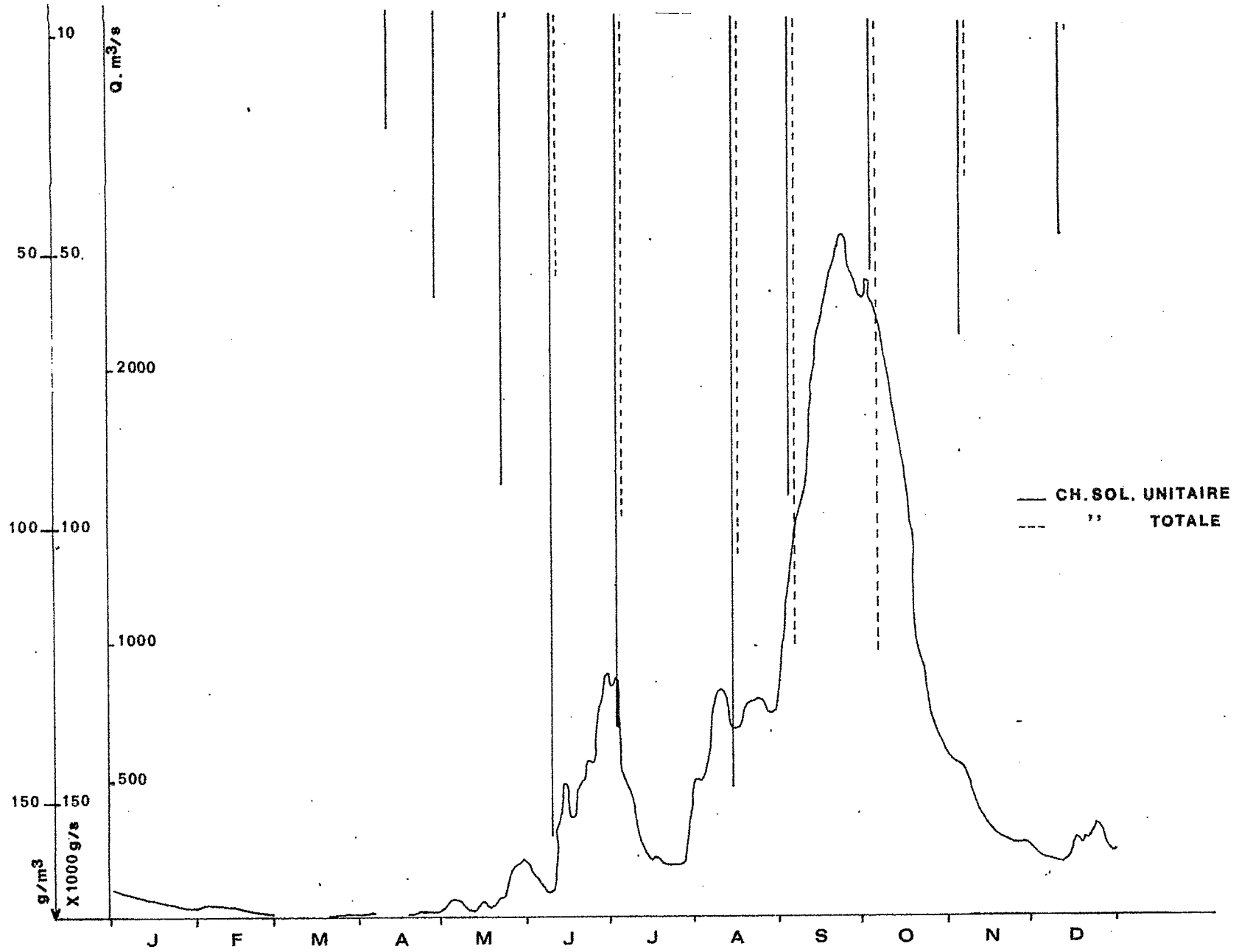


Fig.51

TIASSALE 1964

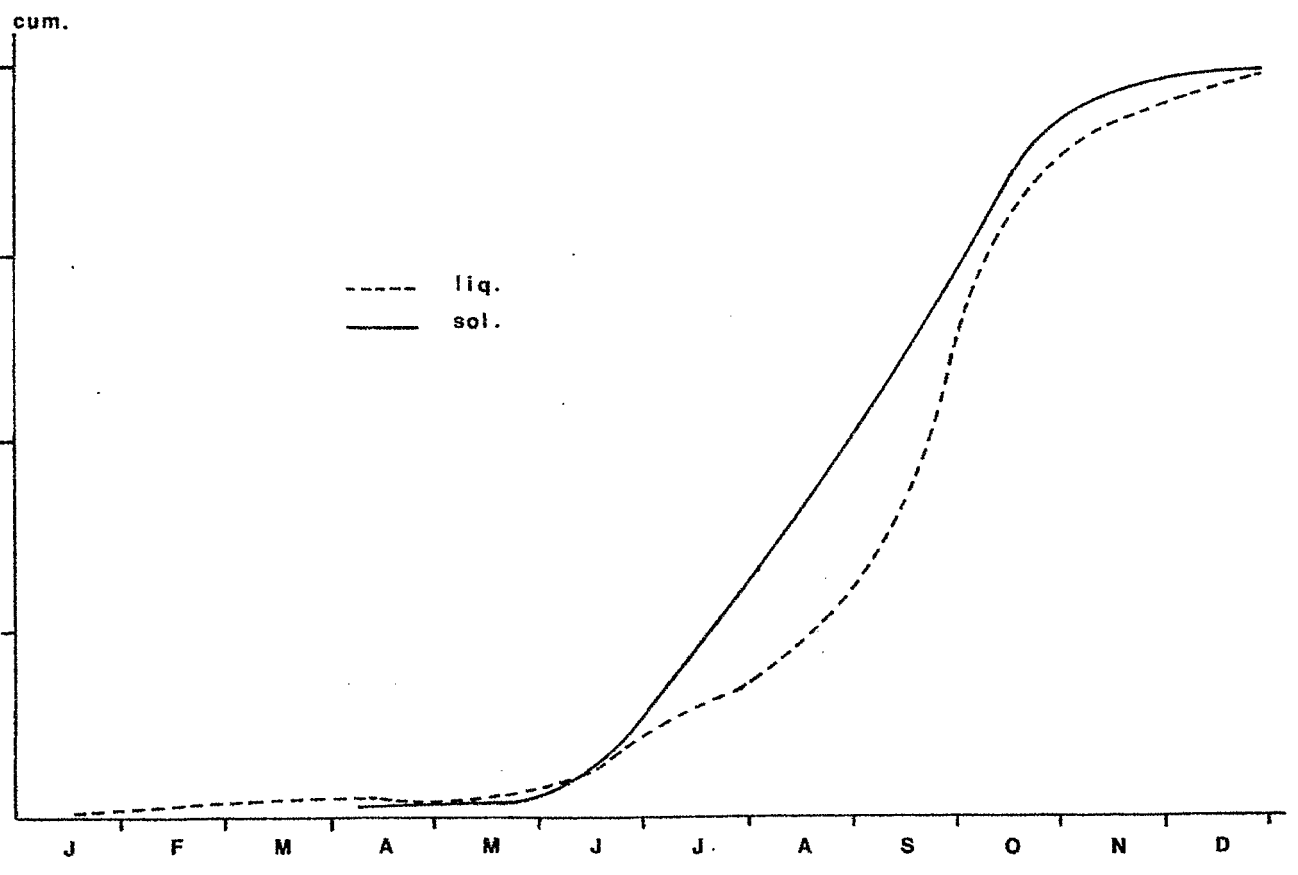
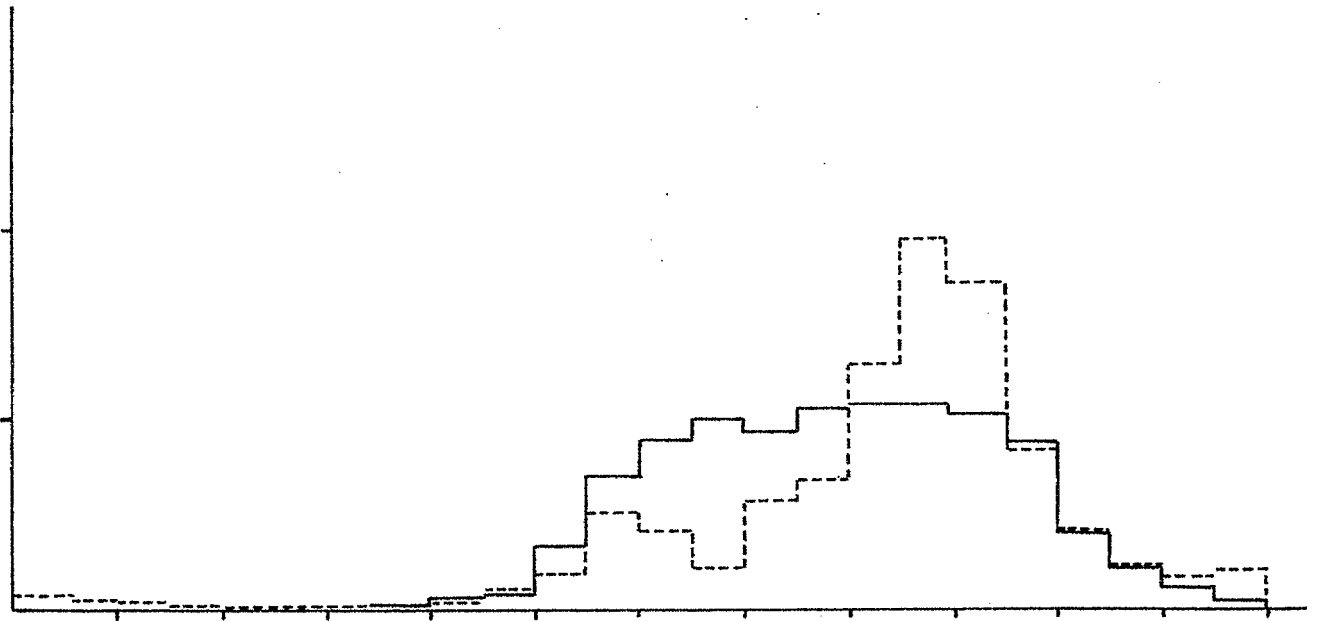


Fig.52

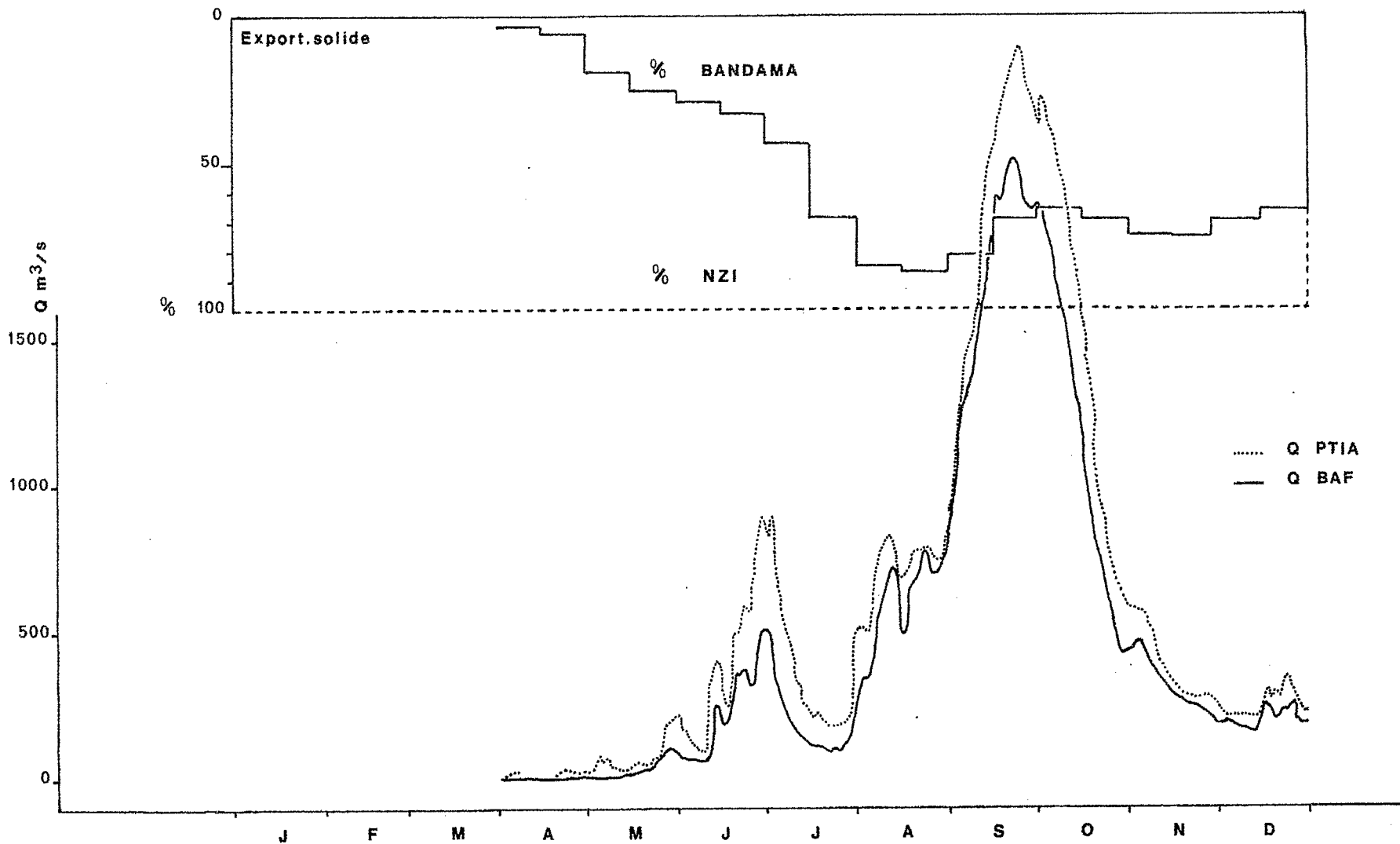


Fig. 53

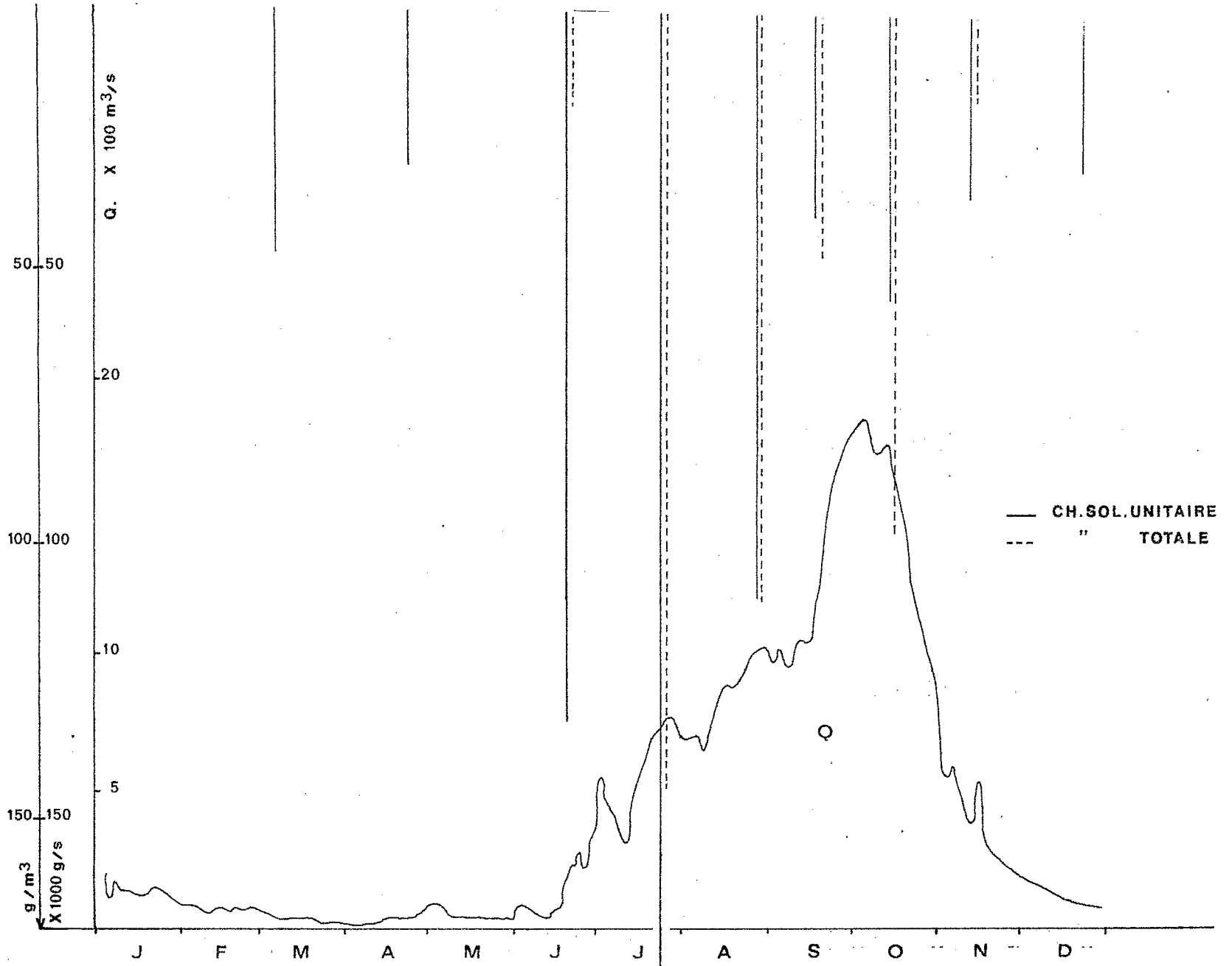


Fig.54

TIASSALE 1965

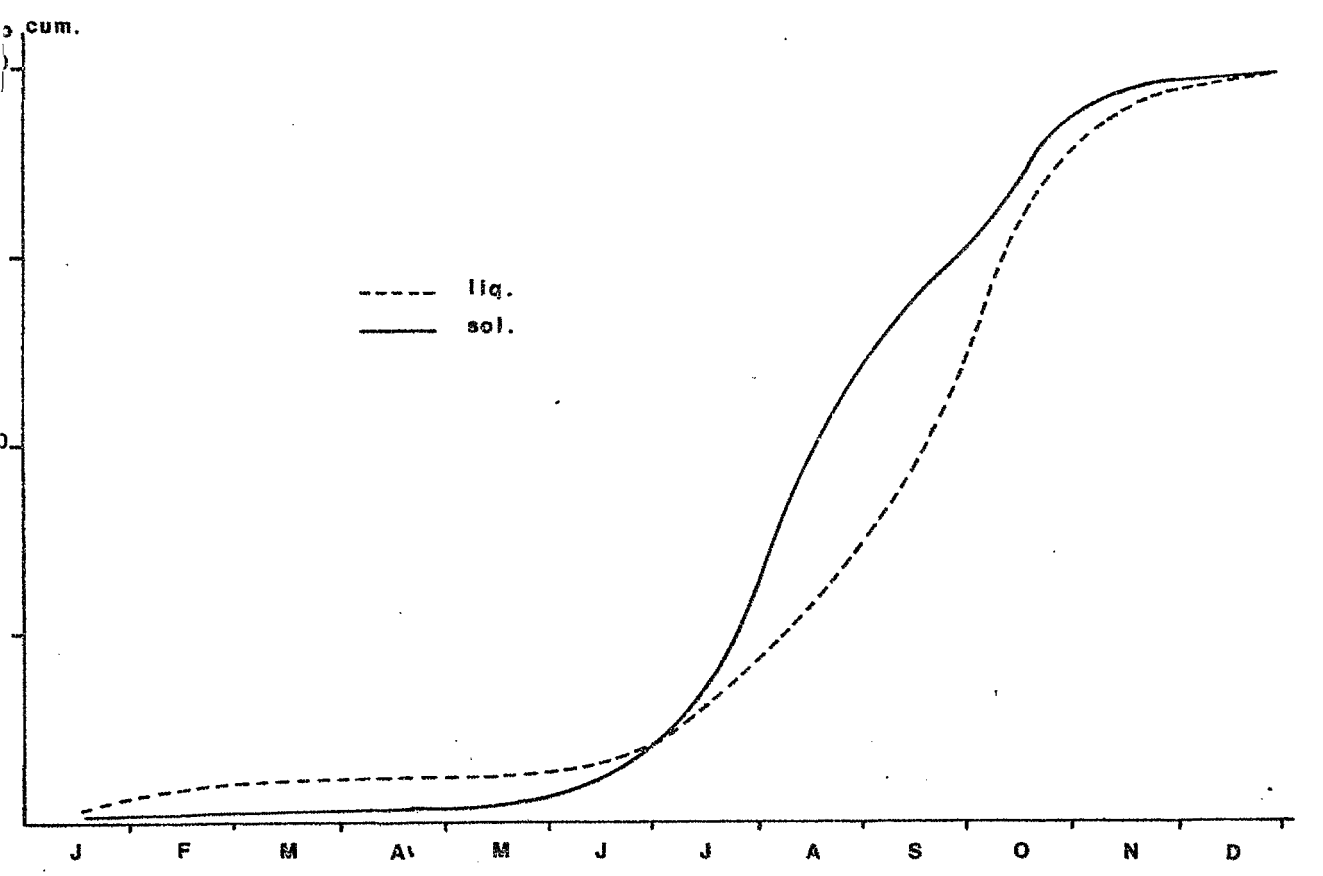
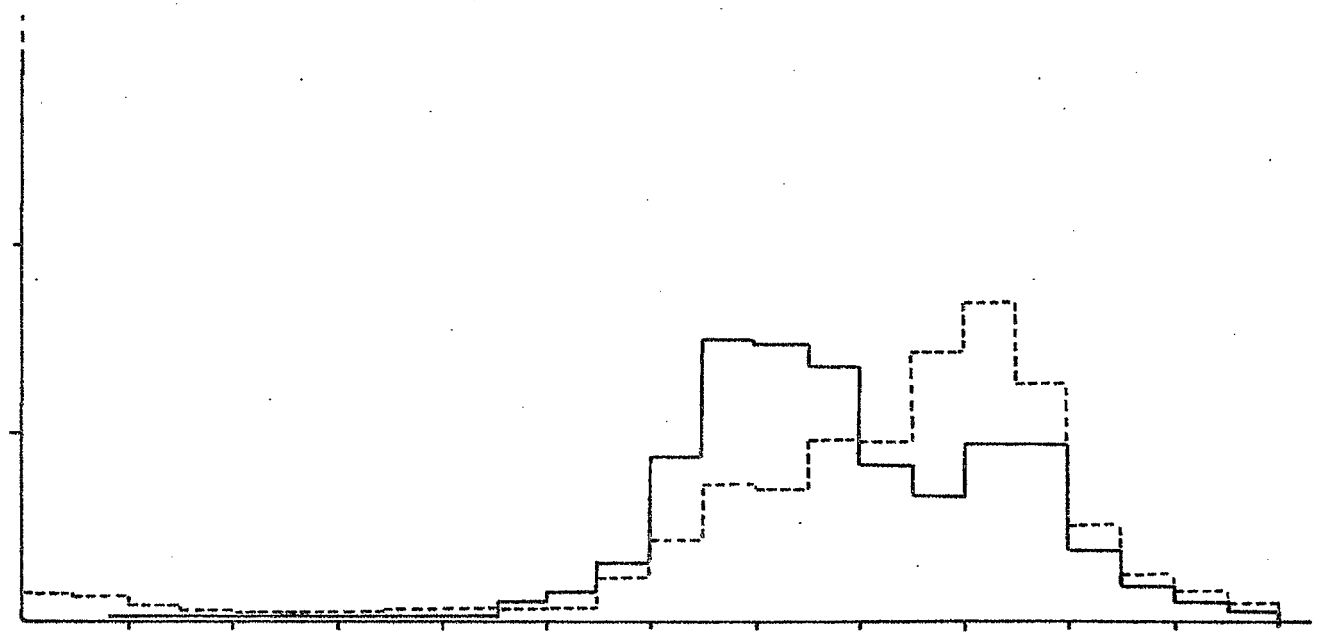


Fig.55

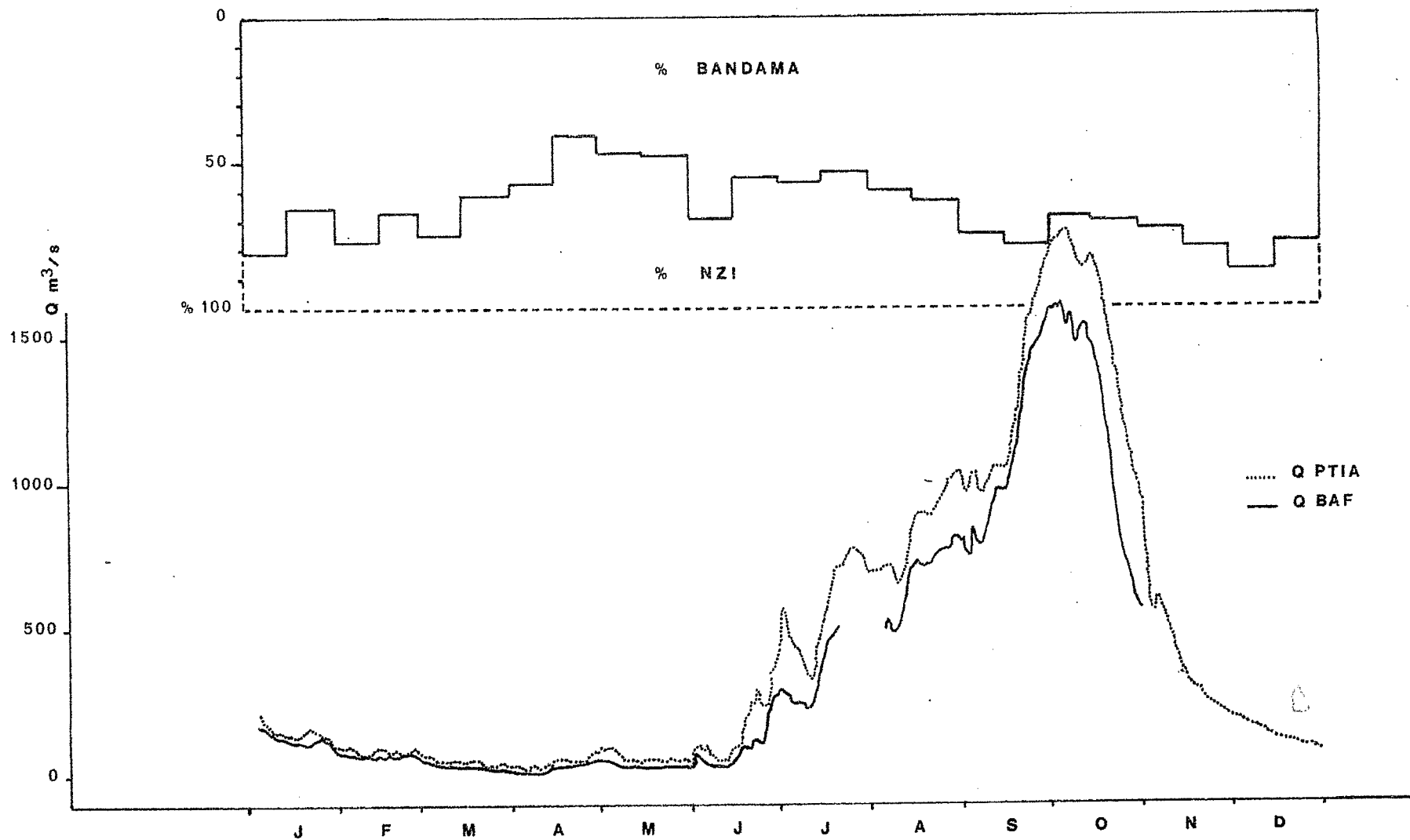


Fig. 56

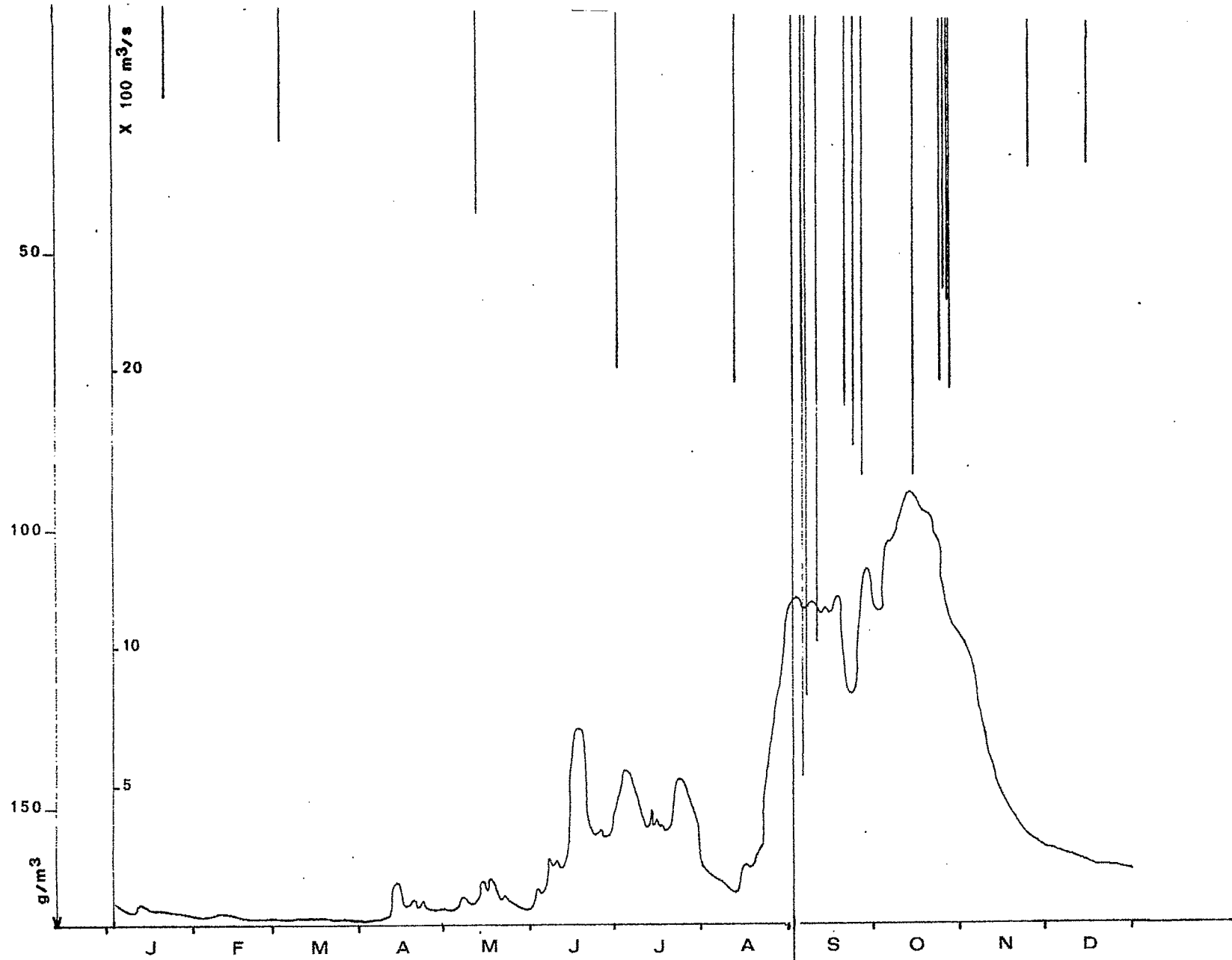


Fig.57

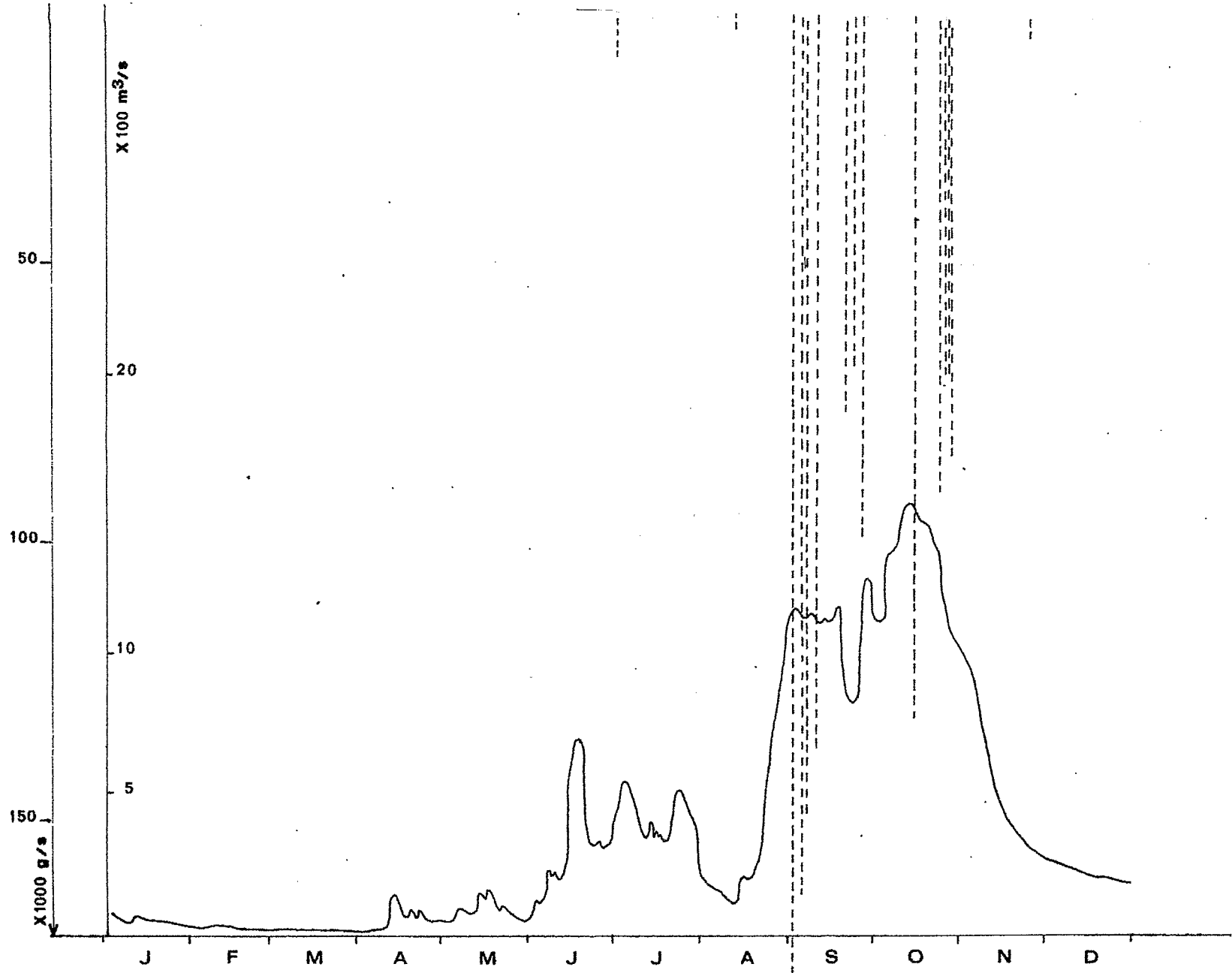


Fig. 58 207.000

TIASSALE 1966

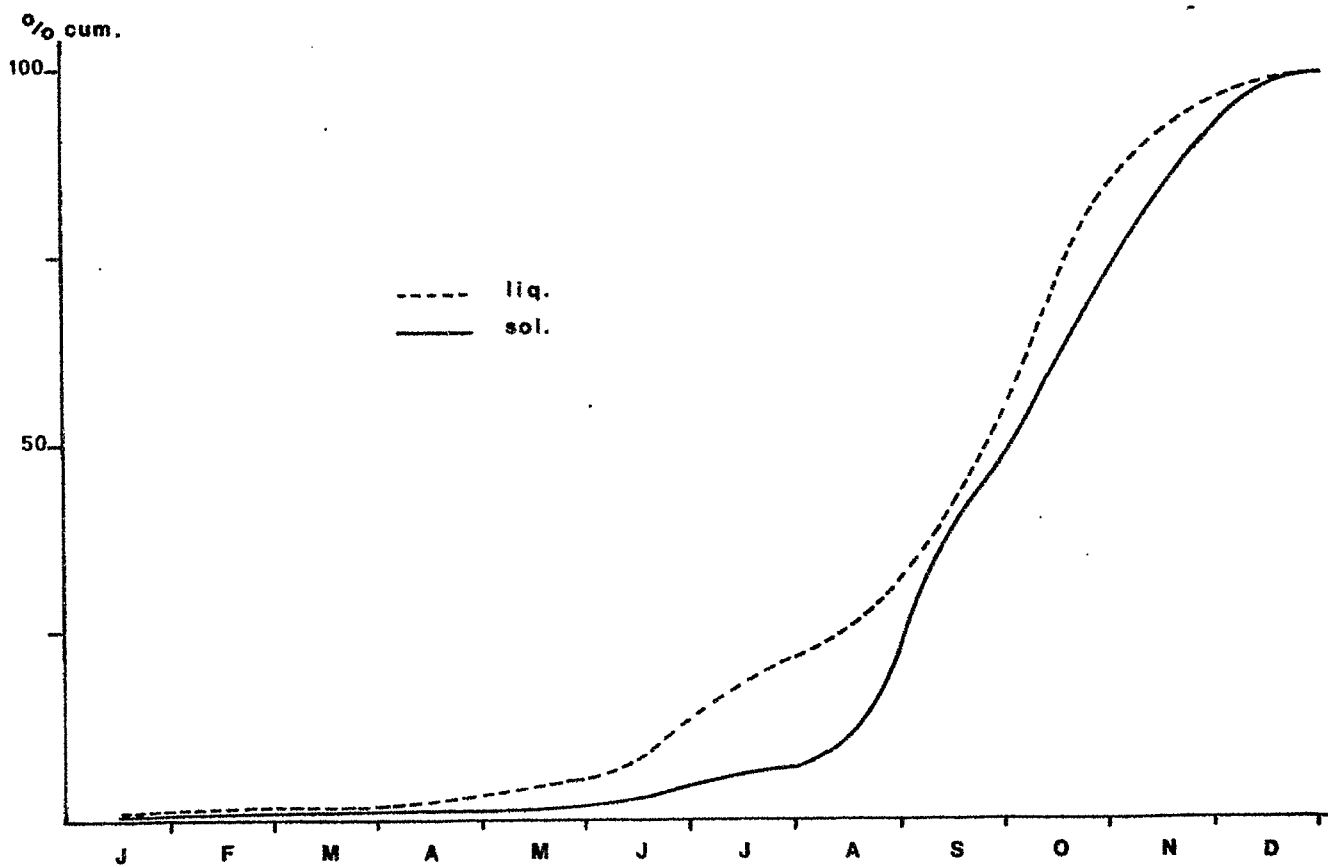
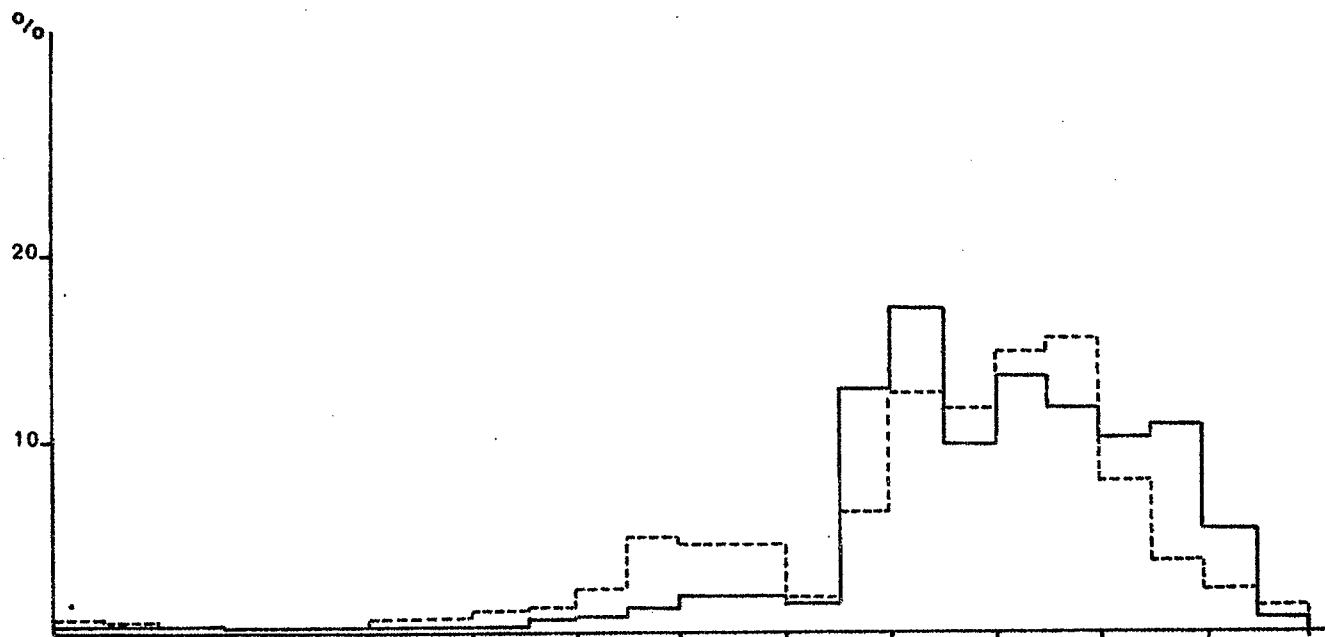


Fig.59

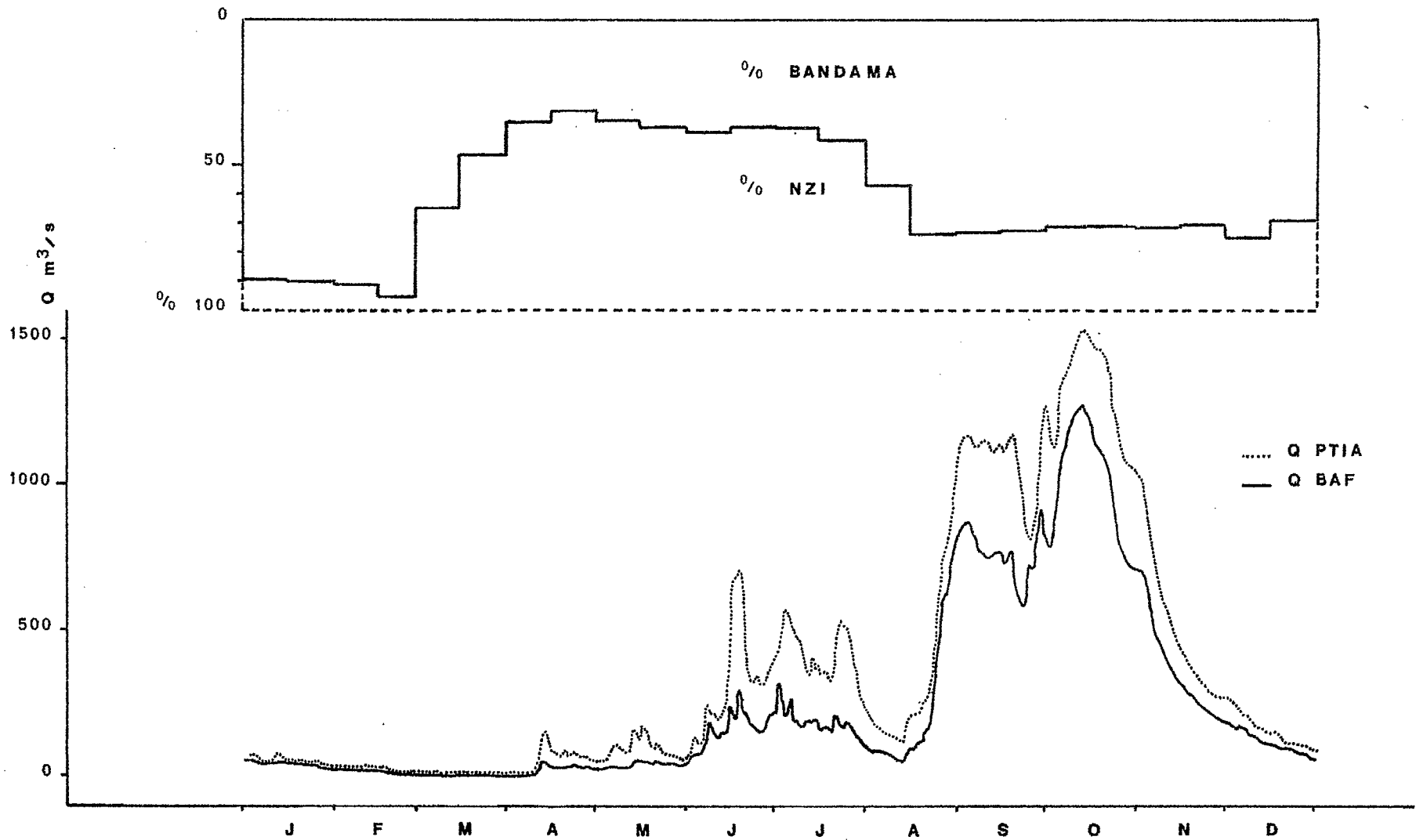


Fig.60

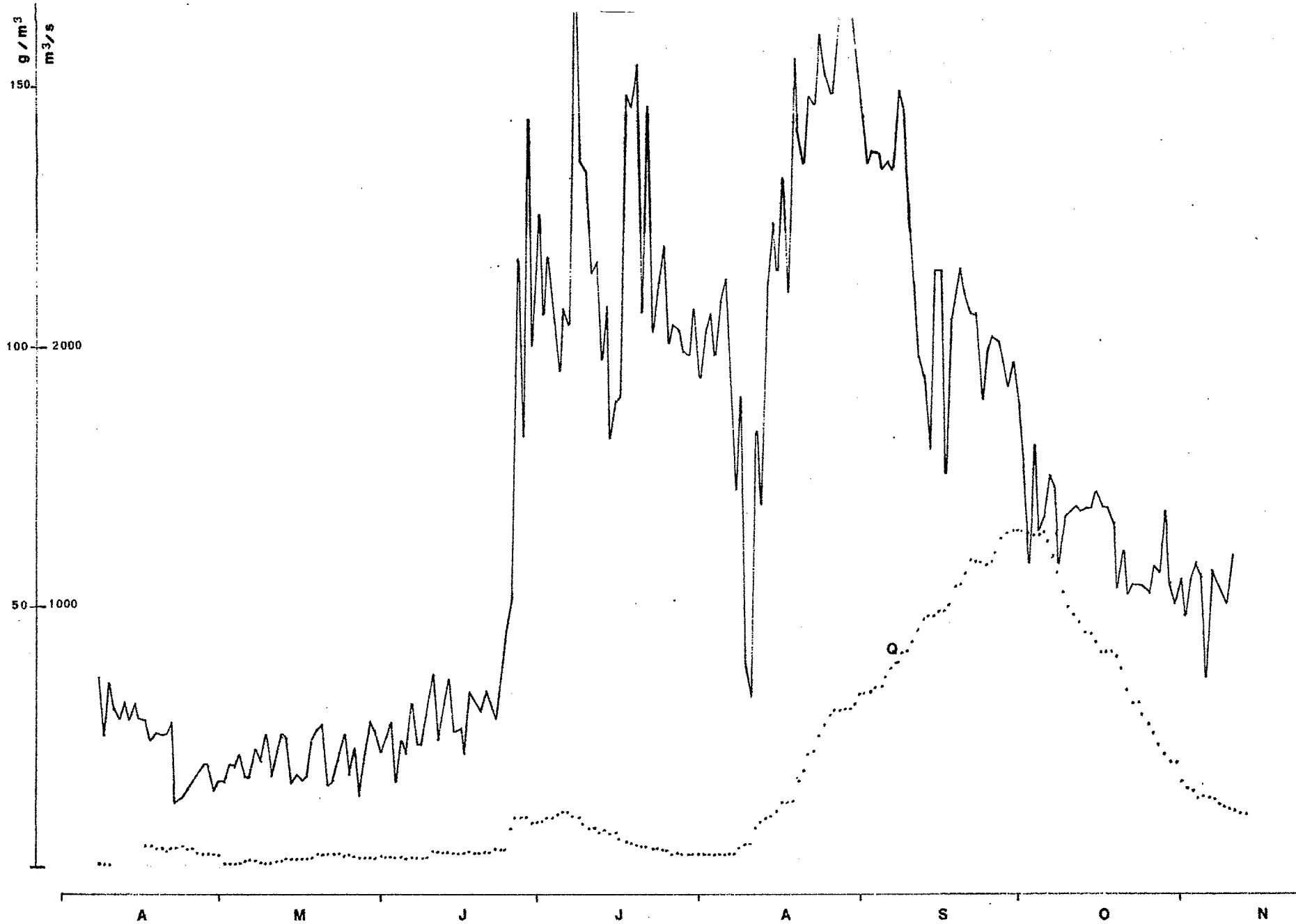


Fig. 61

Tiassale 1967

000

Charge solide totale (g/s)

000

1000

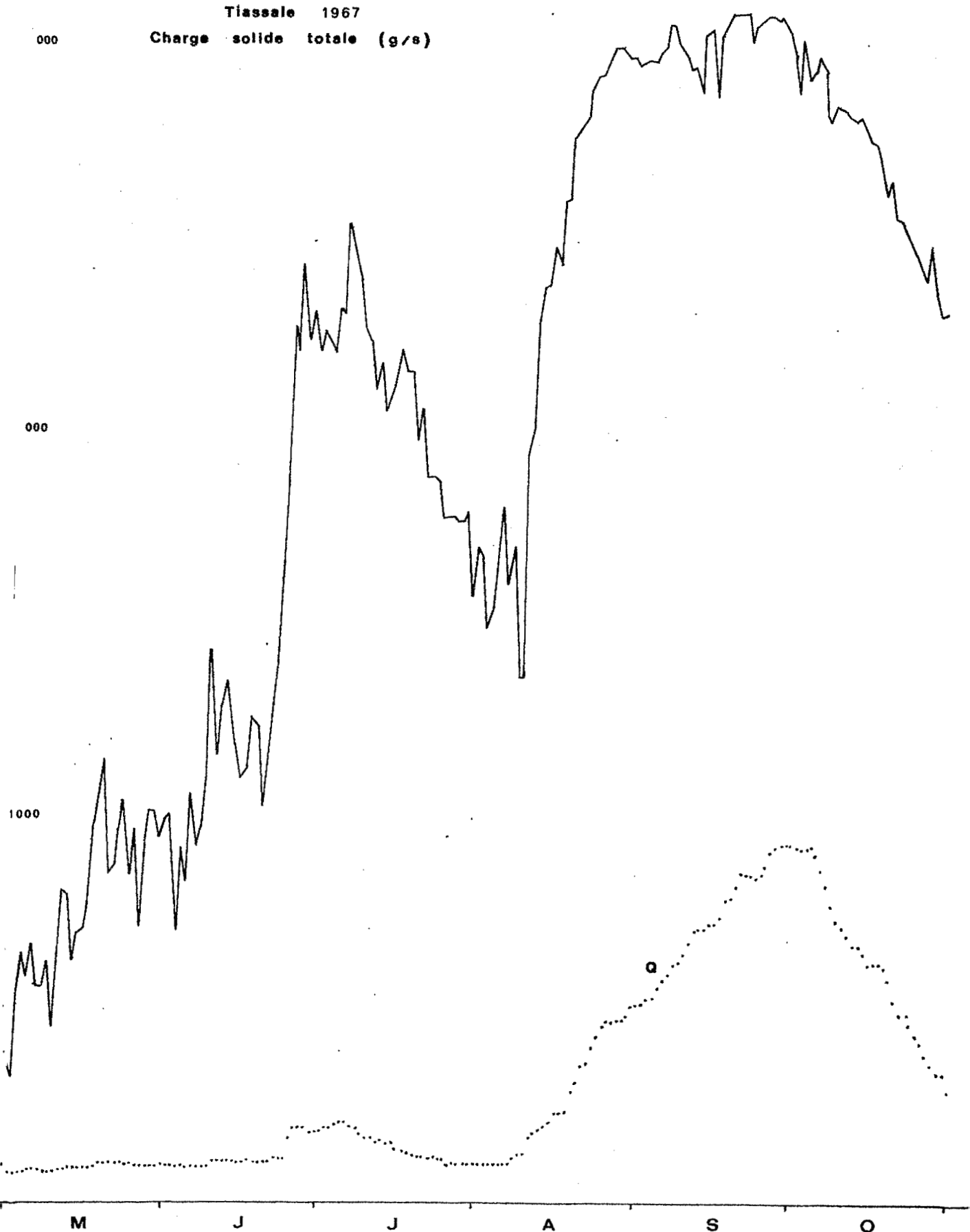


Fig.62

Tiessio 1967

Charge solide totale (g/e)

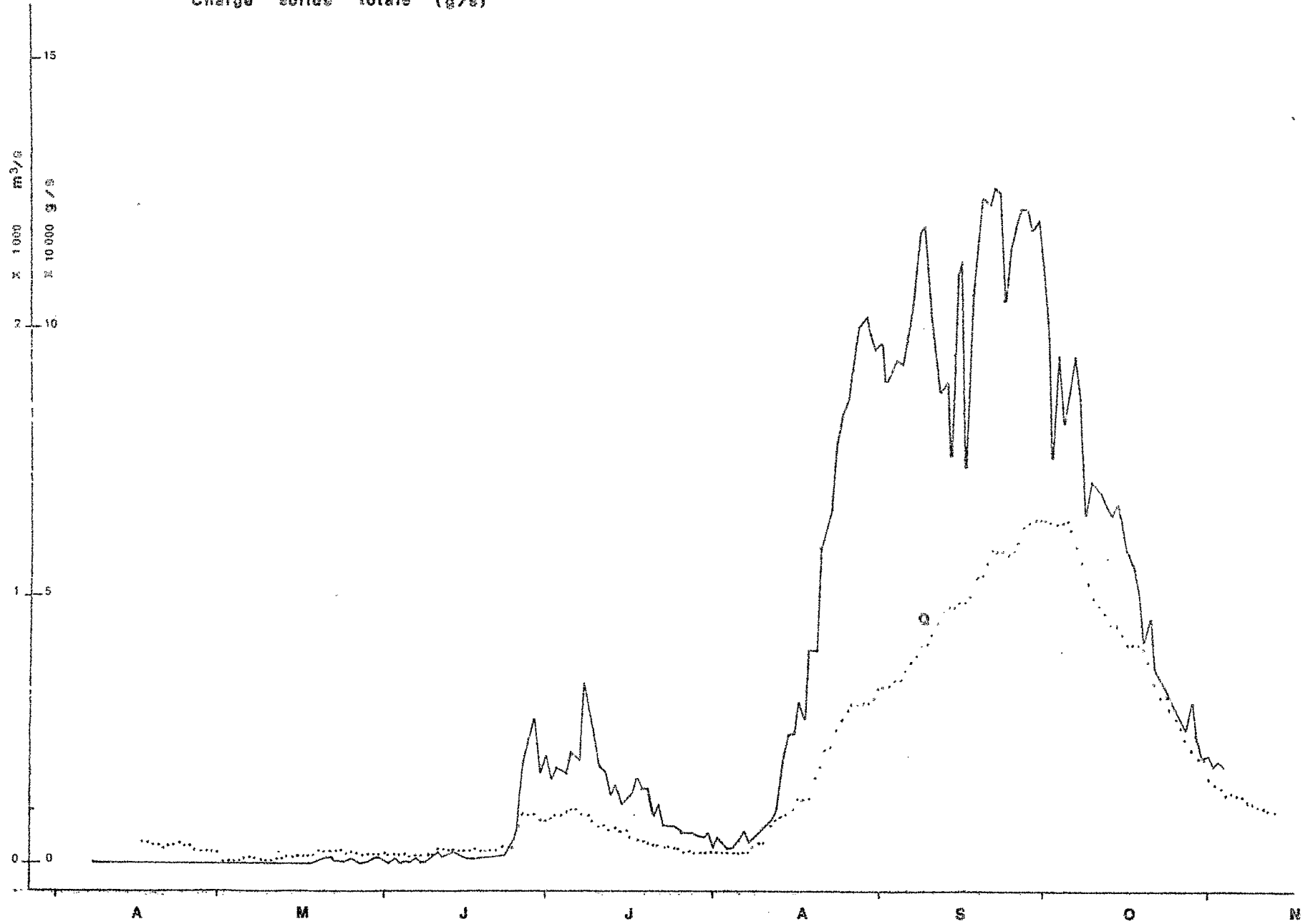


Fig.63

TIASSALE 1967

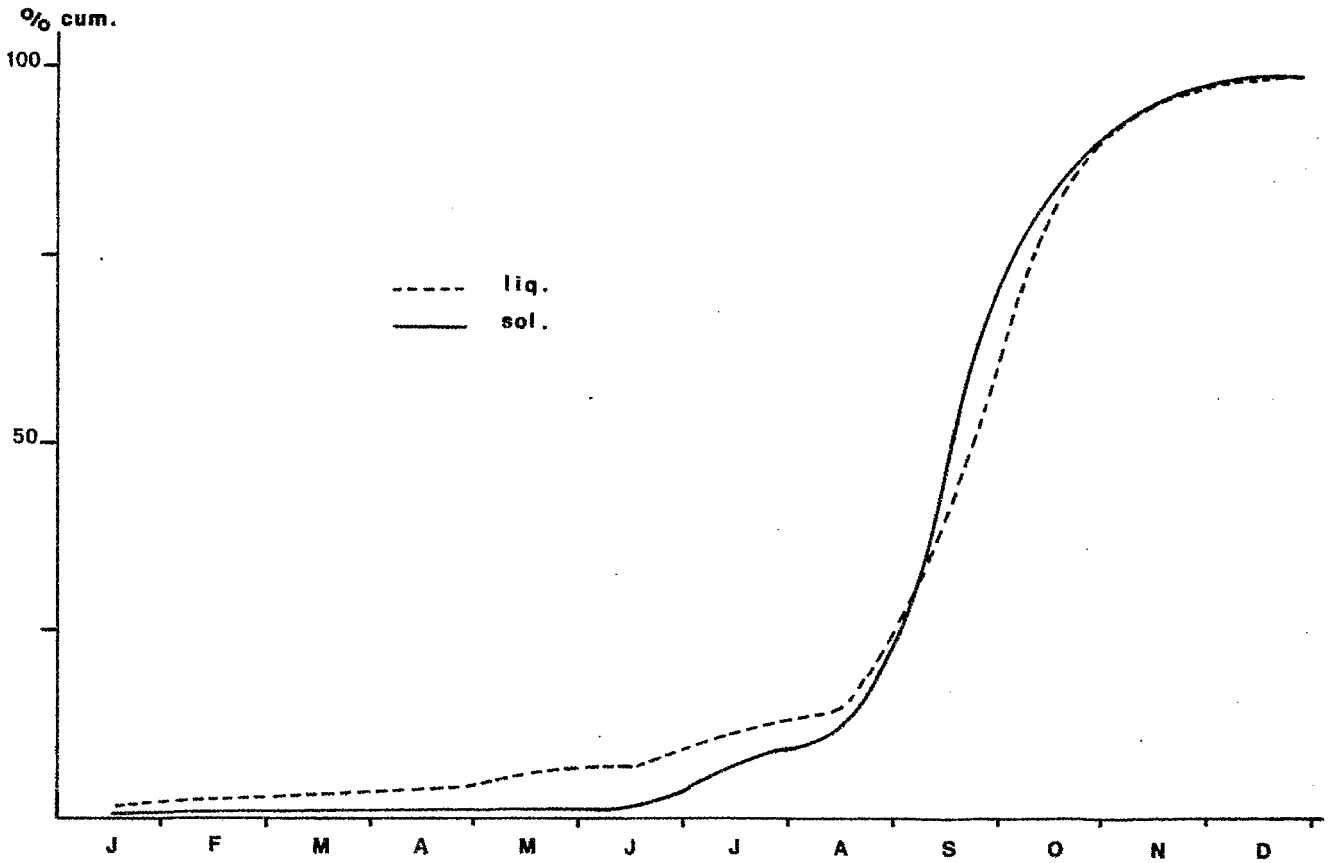
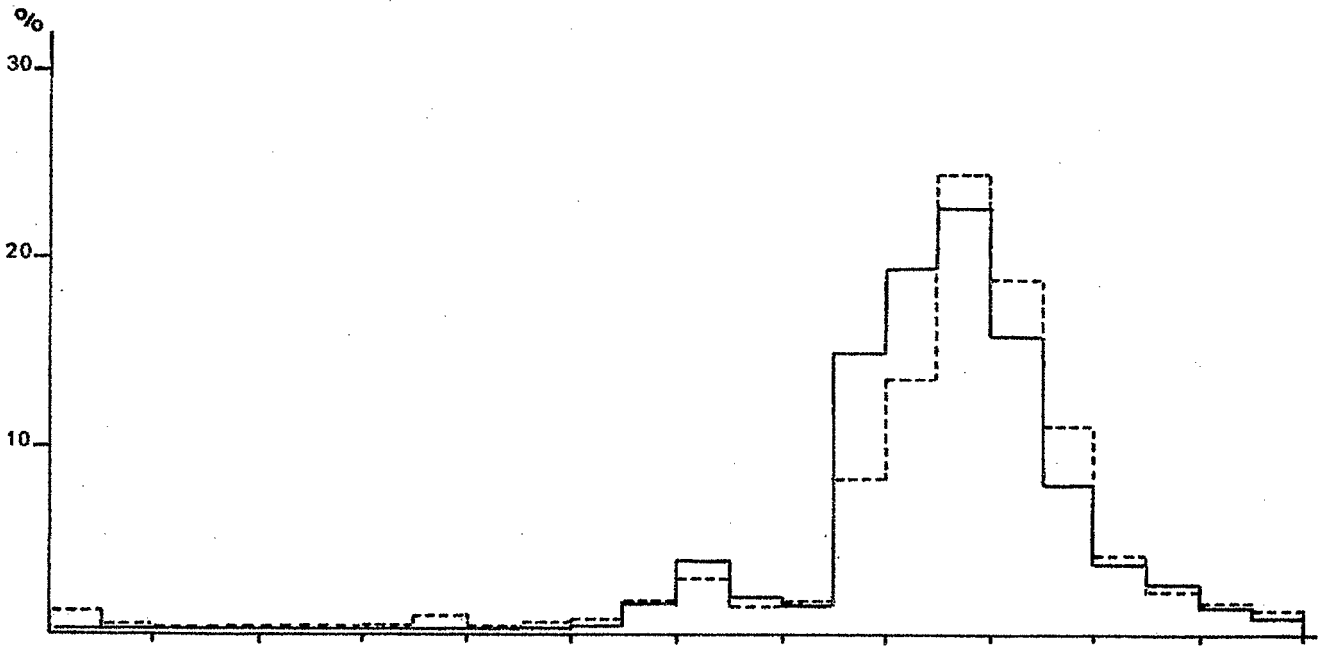


Fig.64

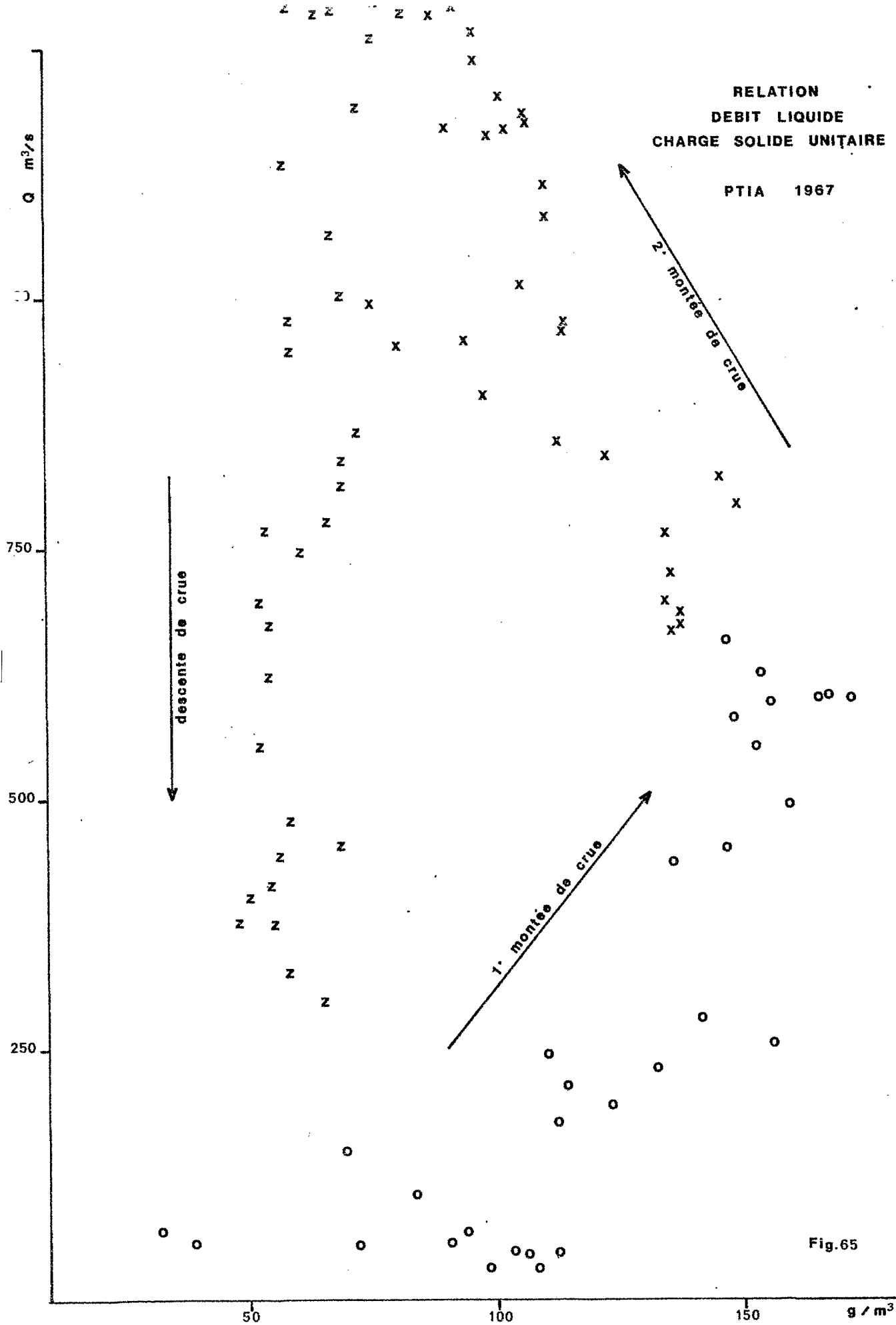


Fig.65

_ APPORTS SOLIDES DU BANDAMA ET DU NZI _

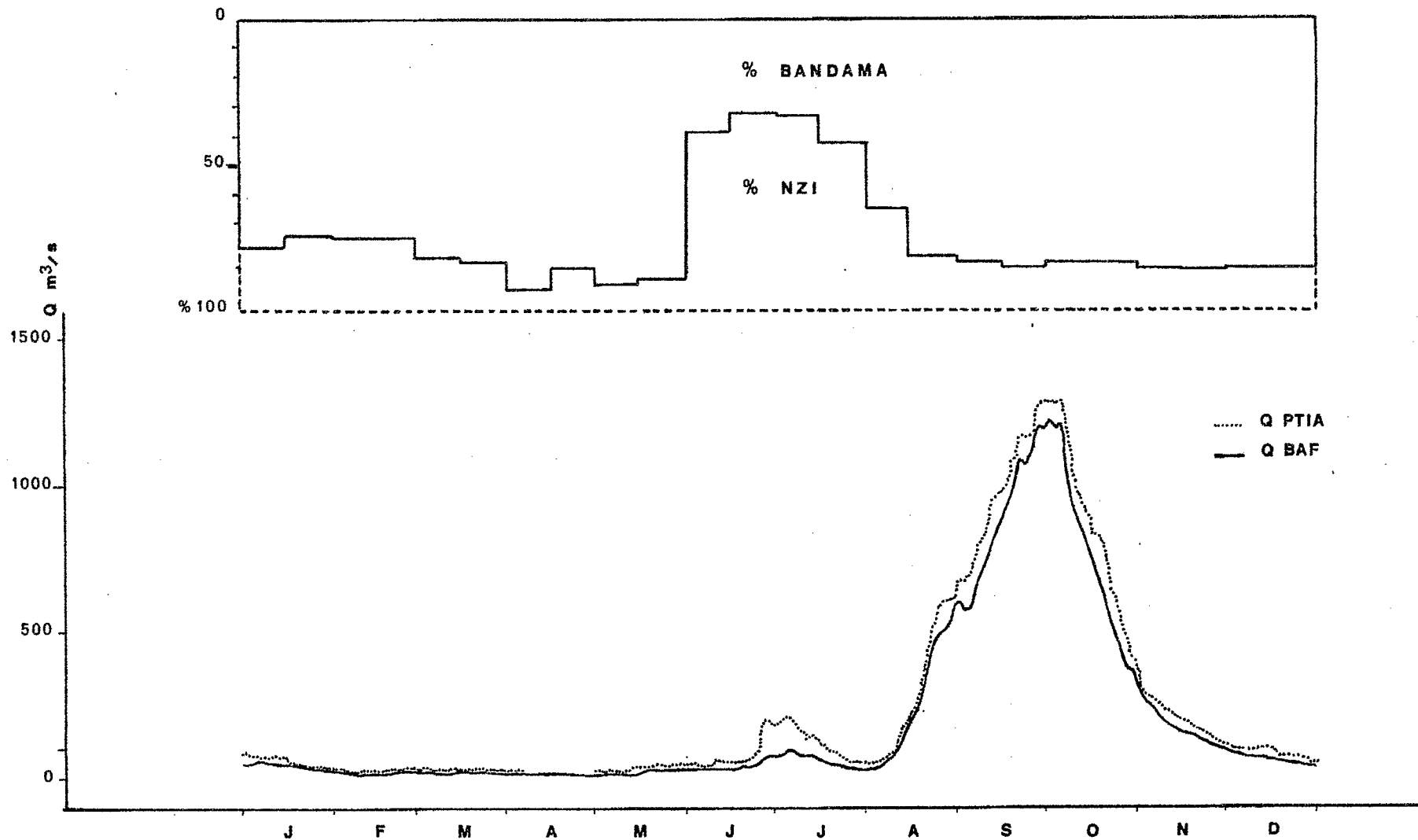


Fig.66

Change in air temperature (g/m³)

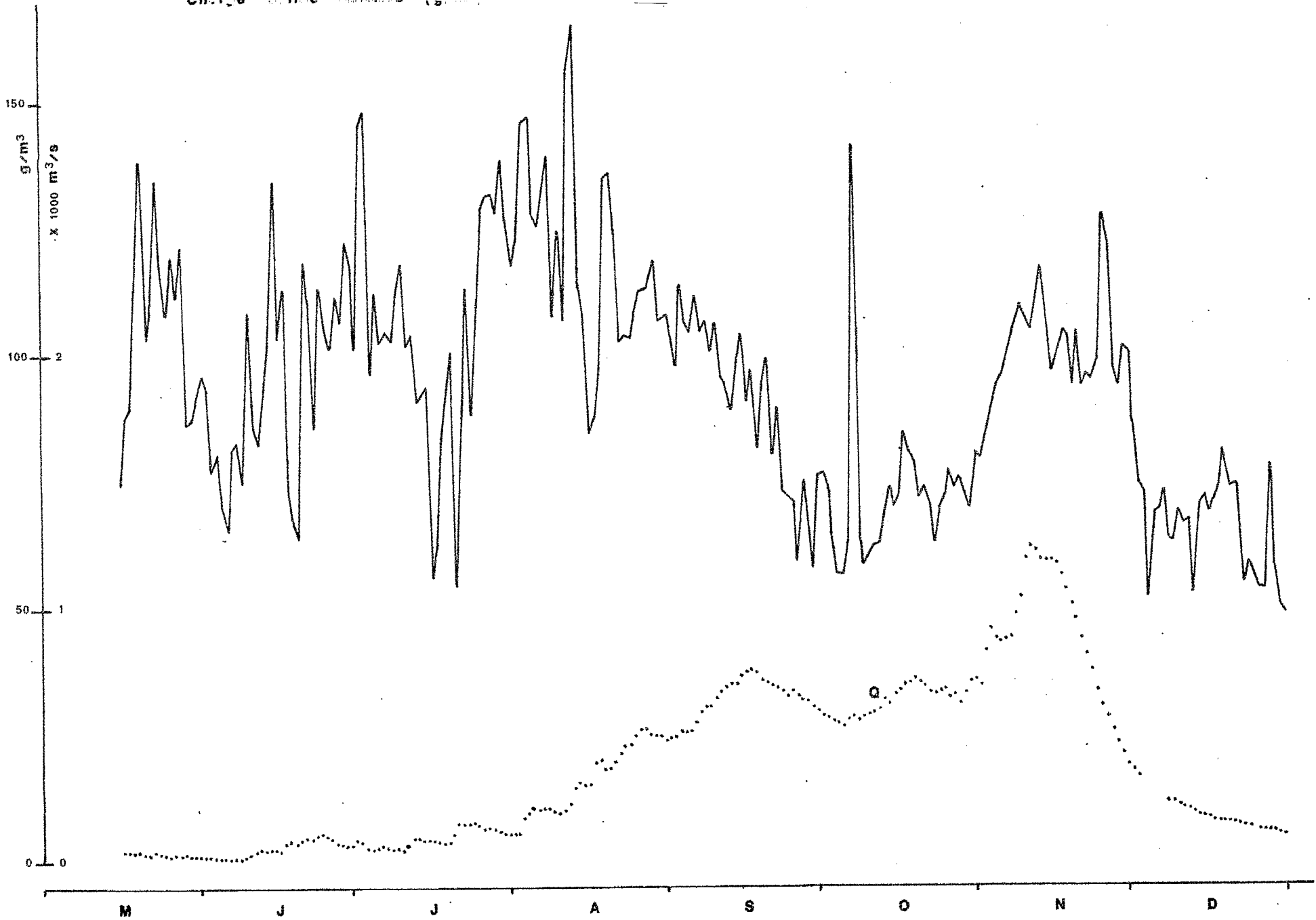


Fig. 67

EXPORTATION SOLIDE EN SUSPENSION

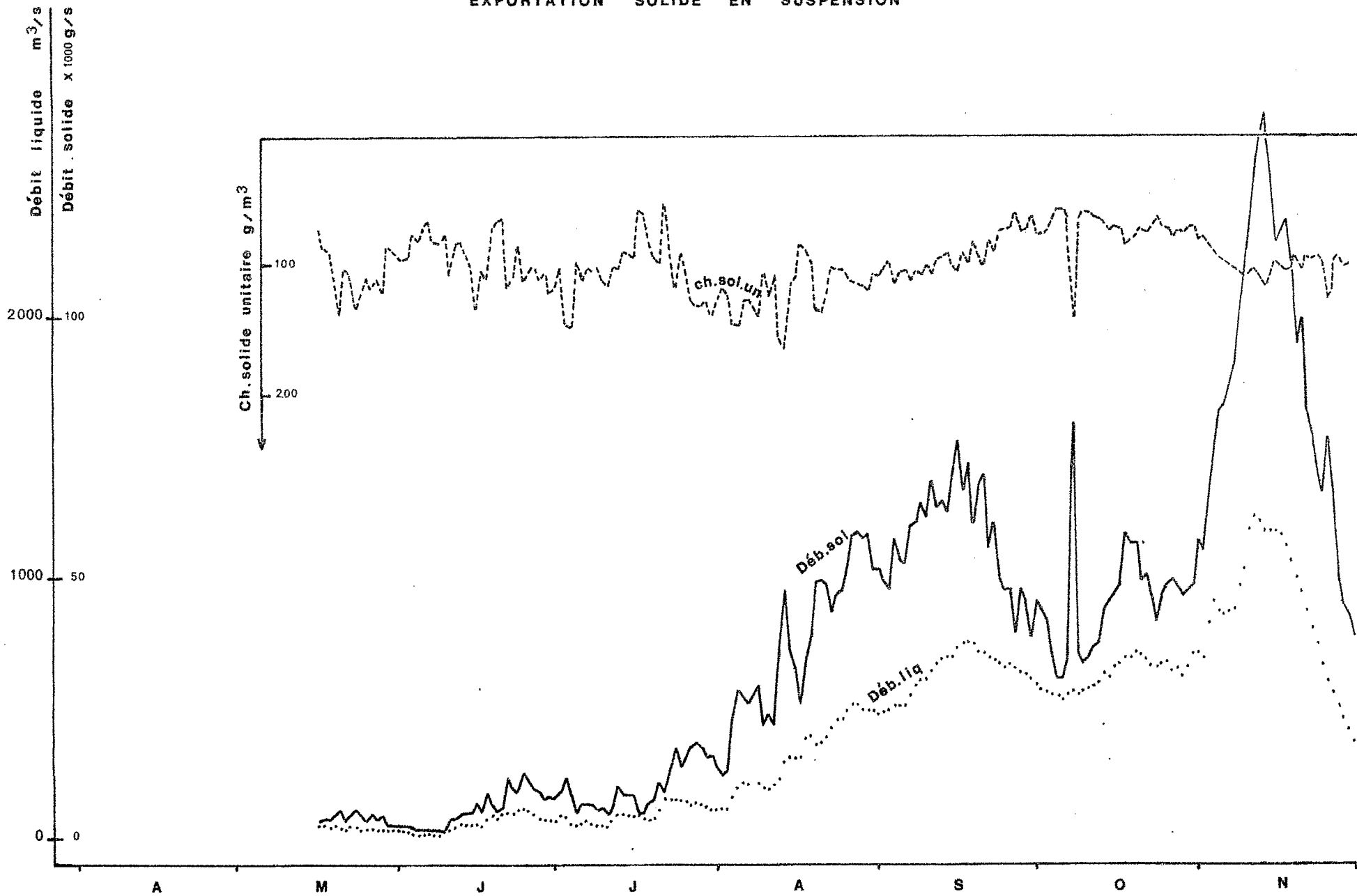


Fig.68

TIASSALE 1969

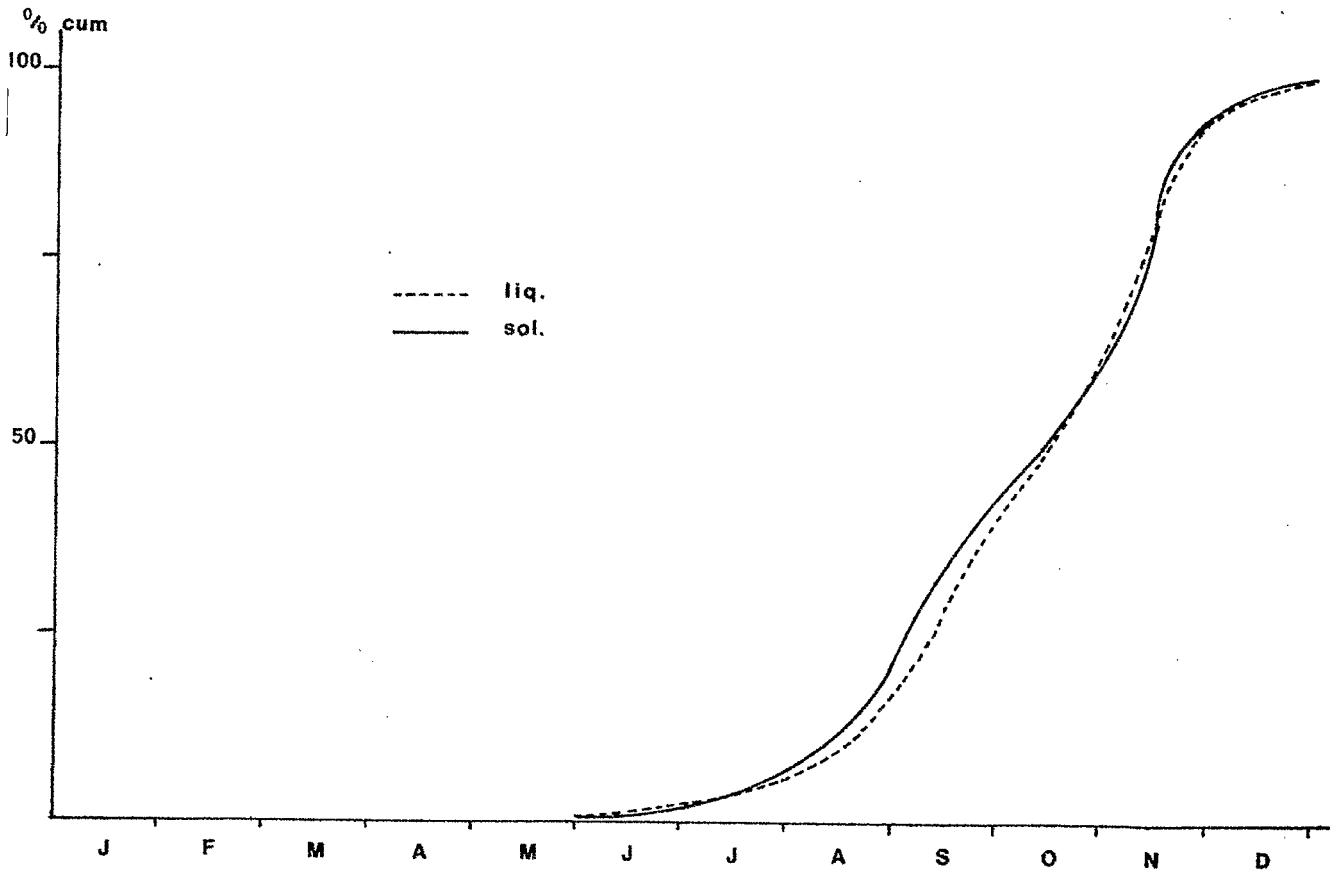
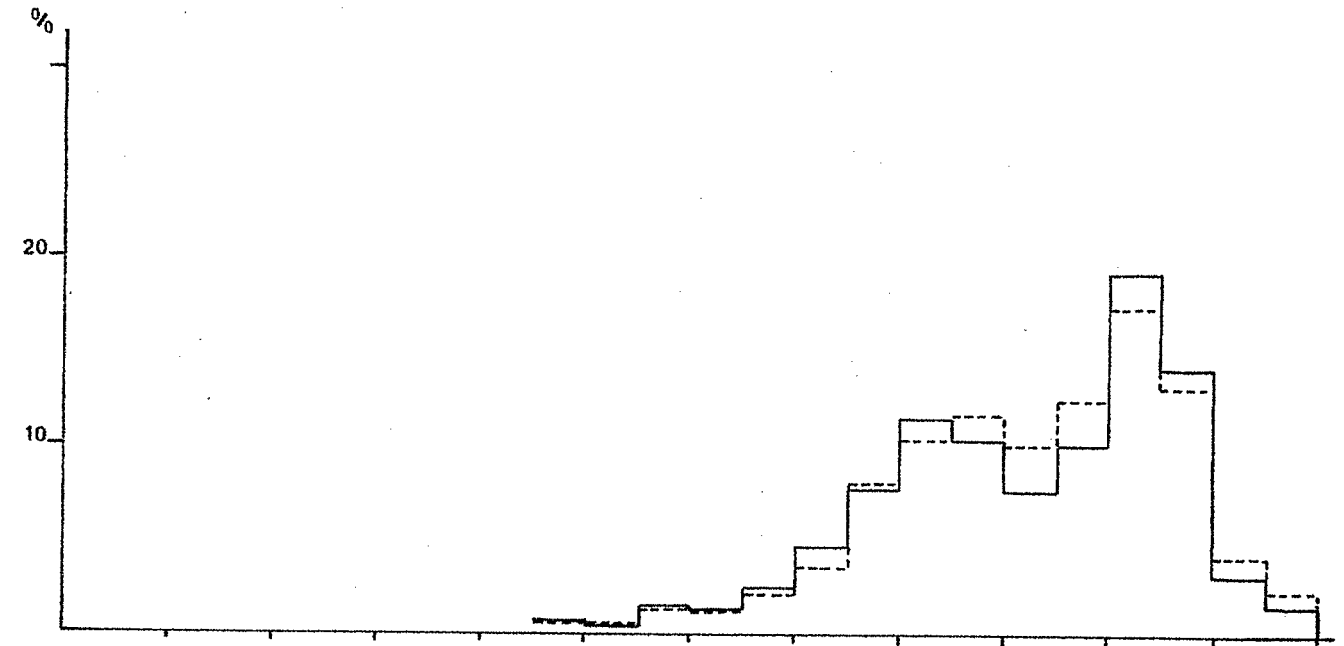
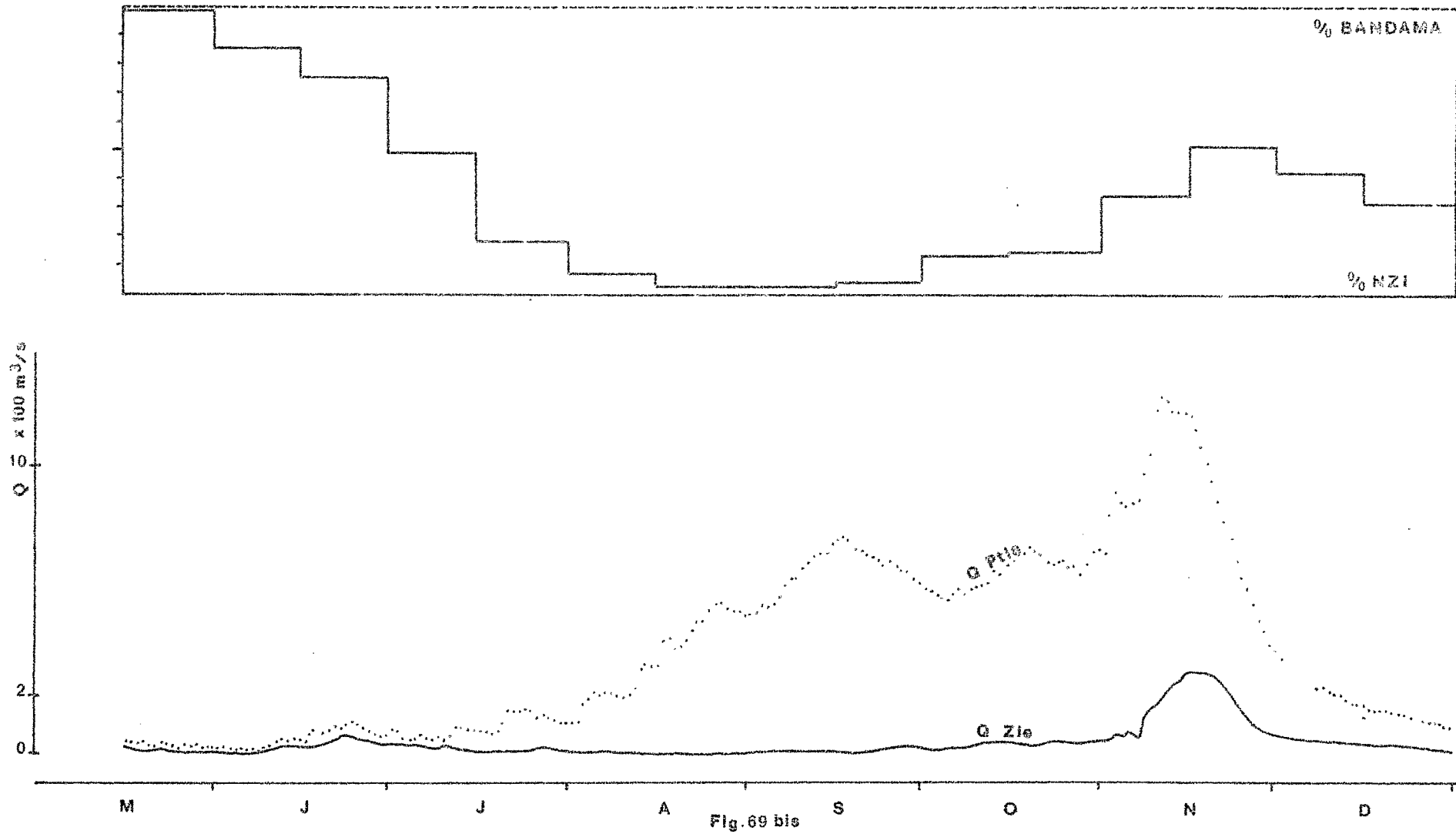


Fig. 69

1969

APPORTS SOLIDES DU BANDAMA ET DU NZI



1965

CHARGE SOLIDE UNITAIRE
g/m³

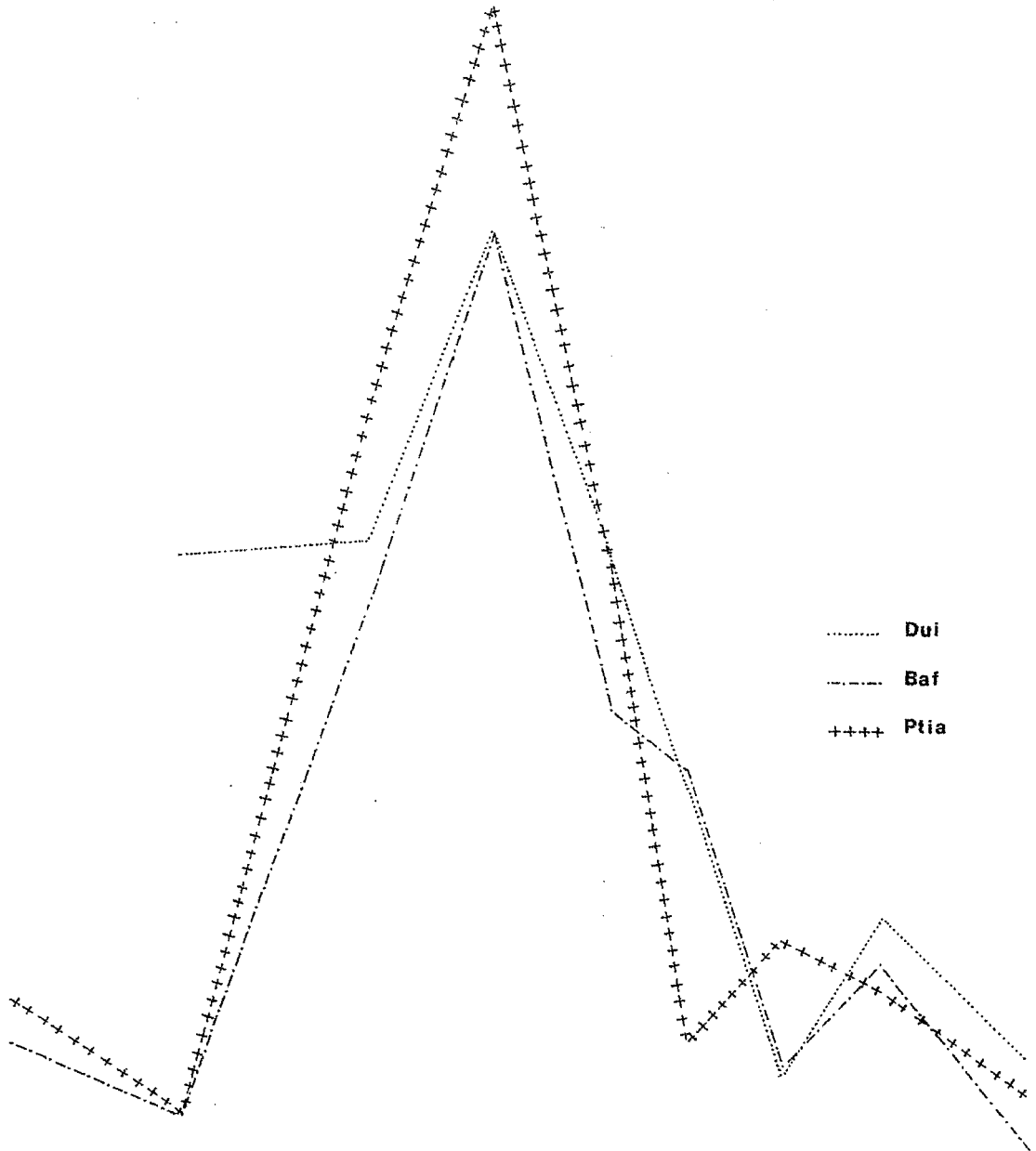


Fig. 70

J F M A M J J A S O N D

1966

CHARGE SOLIDE UNITAIRE
g/m³

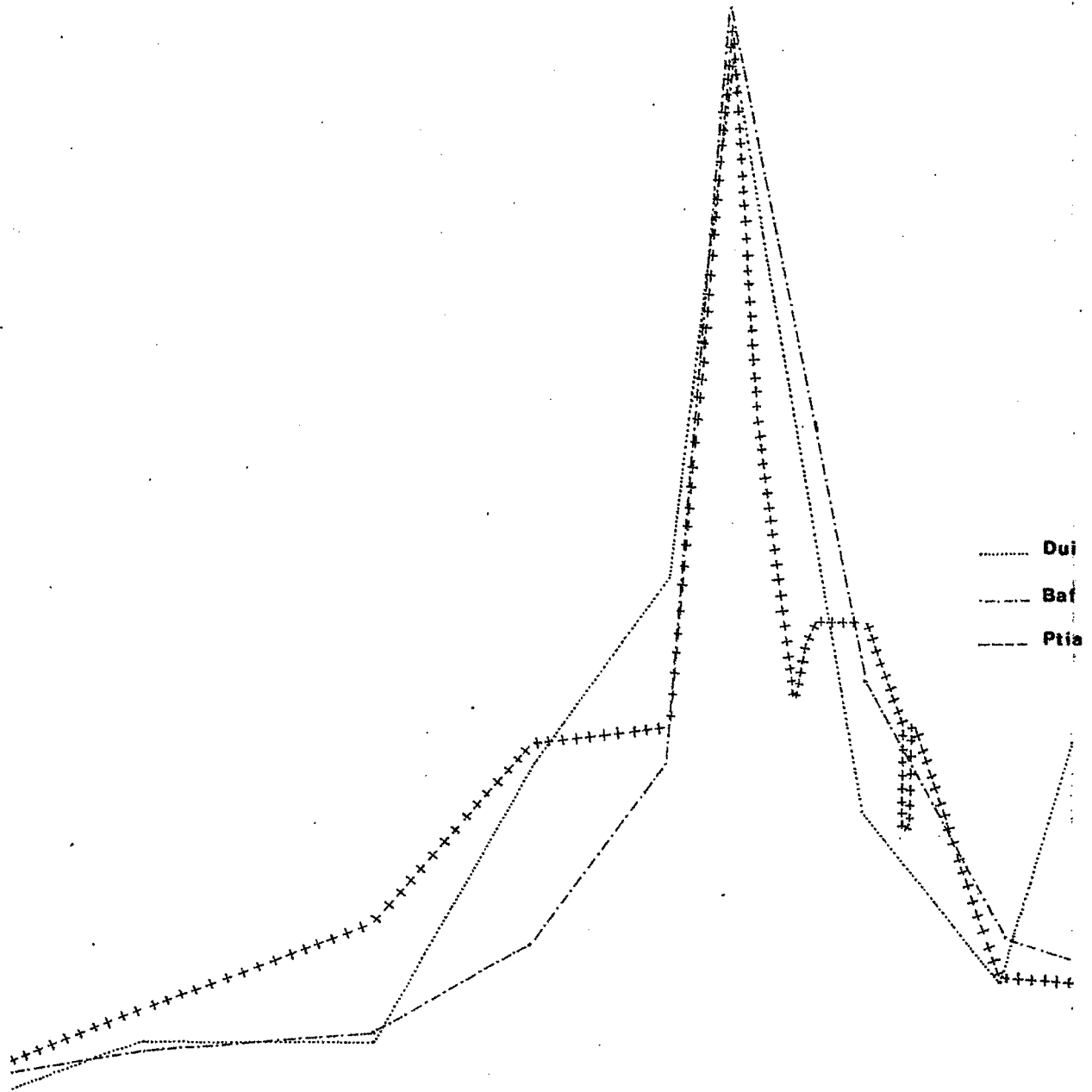


Fig. 71

J F M A M J J A S O N D

1967

CHARGE SOLIDE UNITAIRE
g/m³

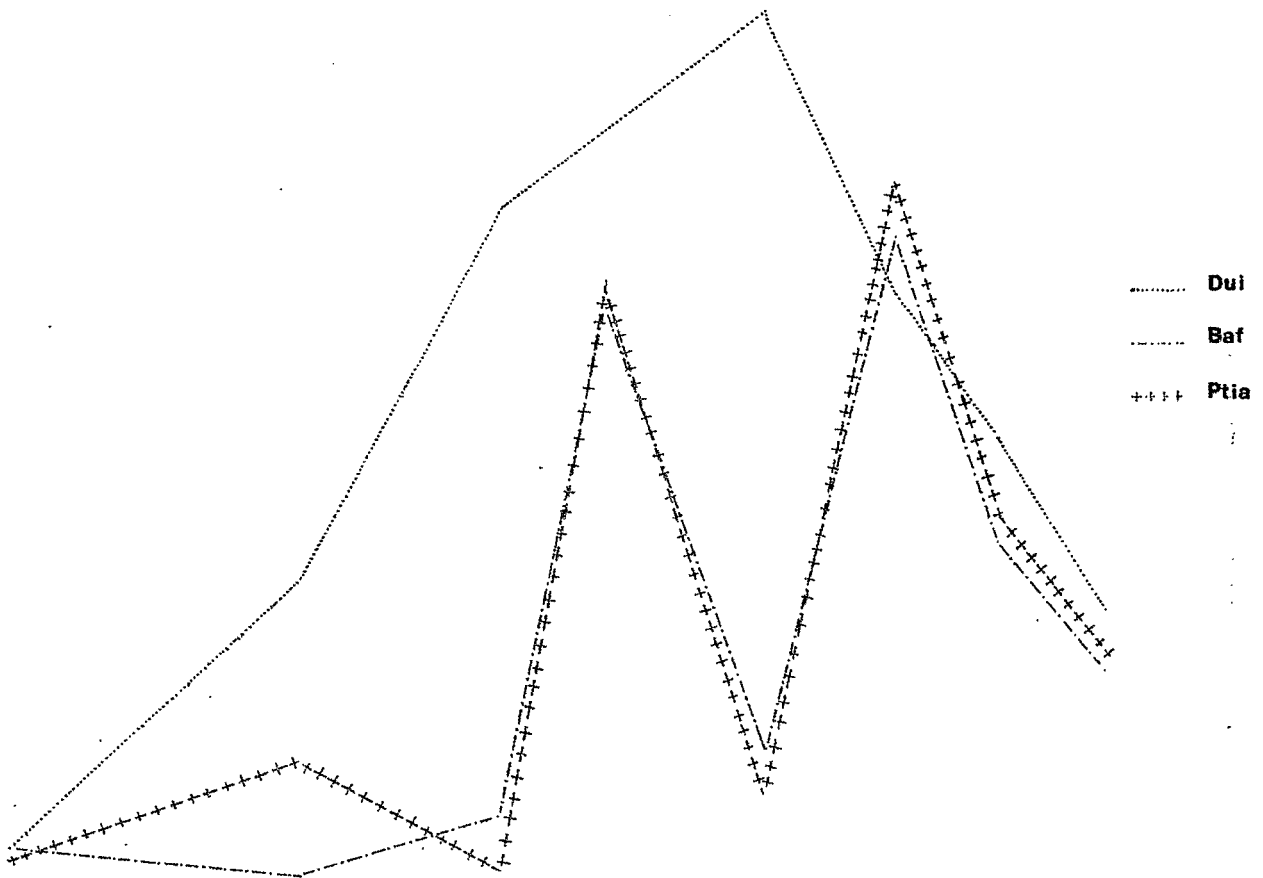


Fig.72

J F M A M J J A S O N D

1964

CHARGE SOLIDE UNITAIRE

g/m³

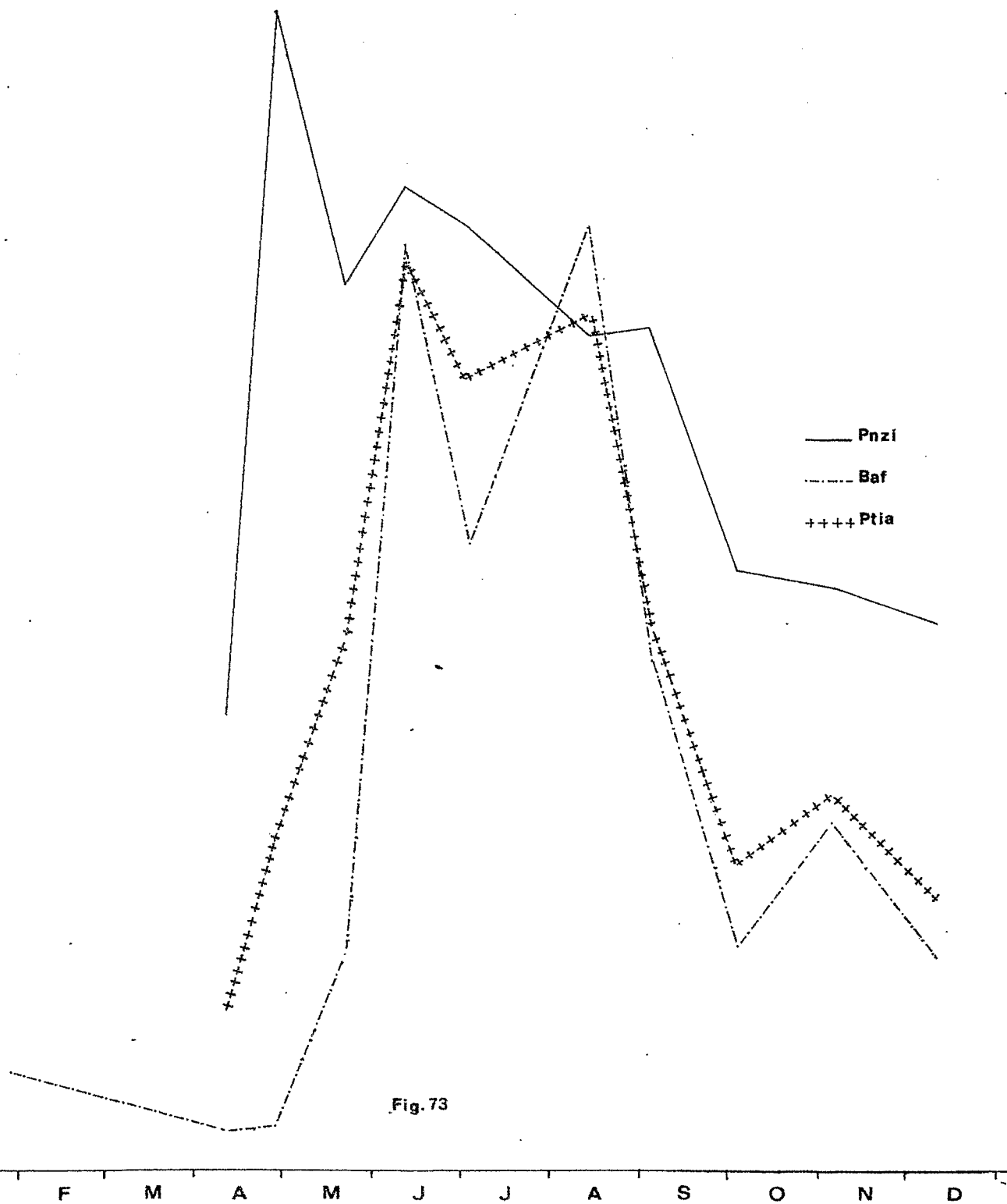


Fig. 73

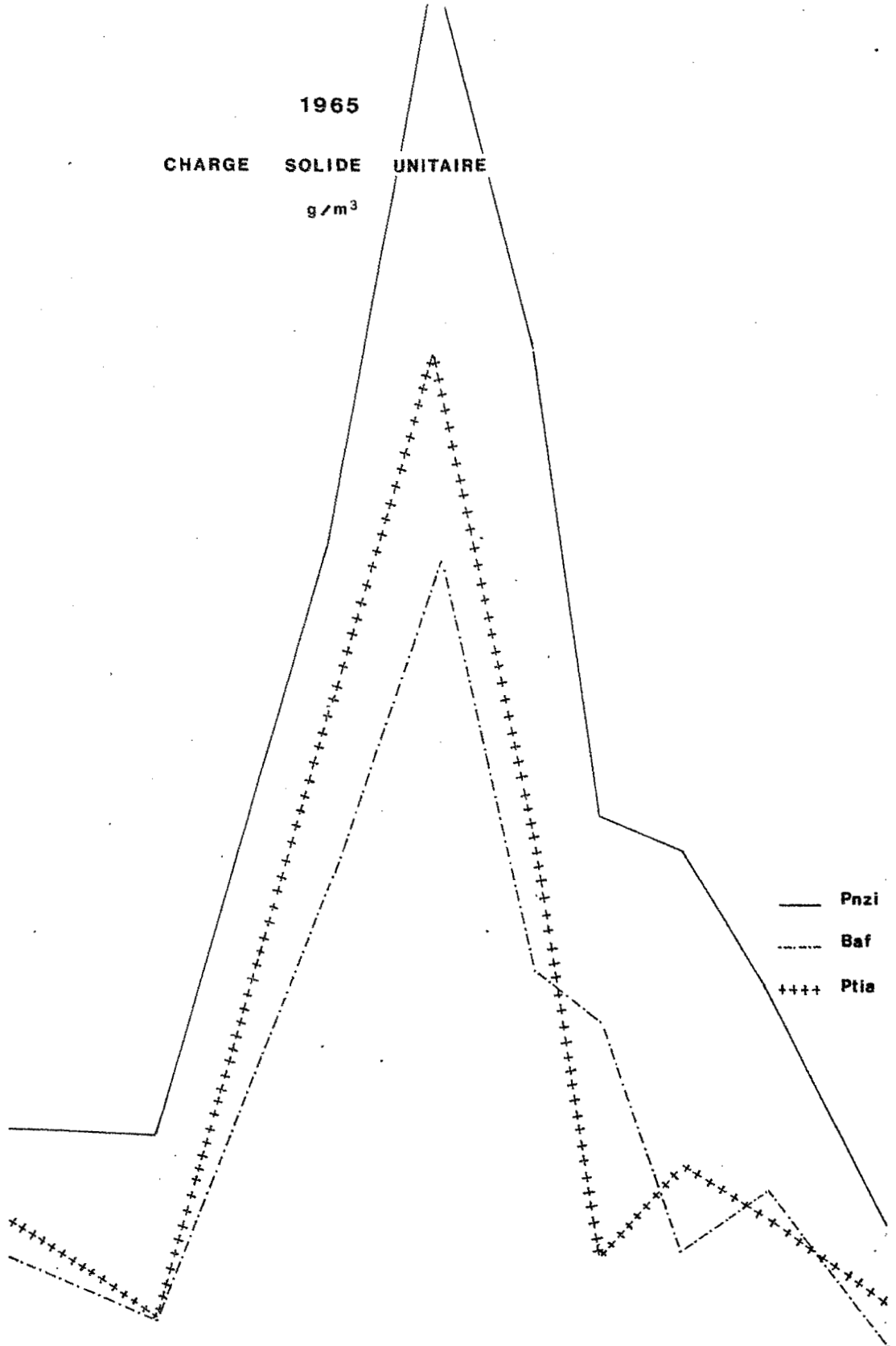


Fig. 74

F M A M J J A S O N D

1966

CHARGE SOLIDE UNITAIRE

g/m^3

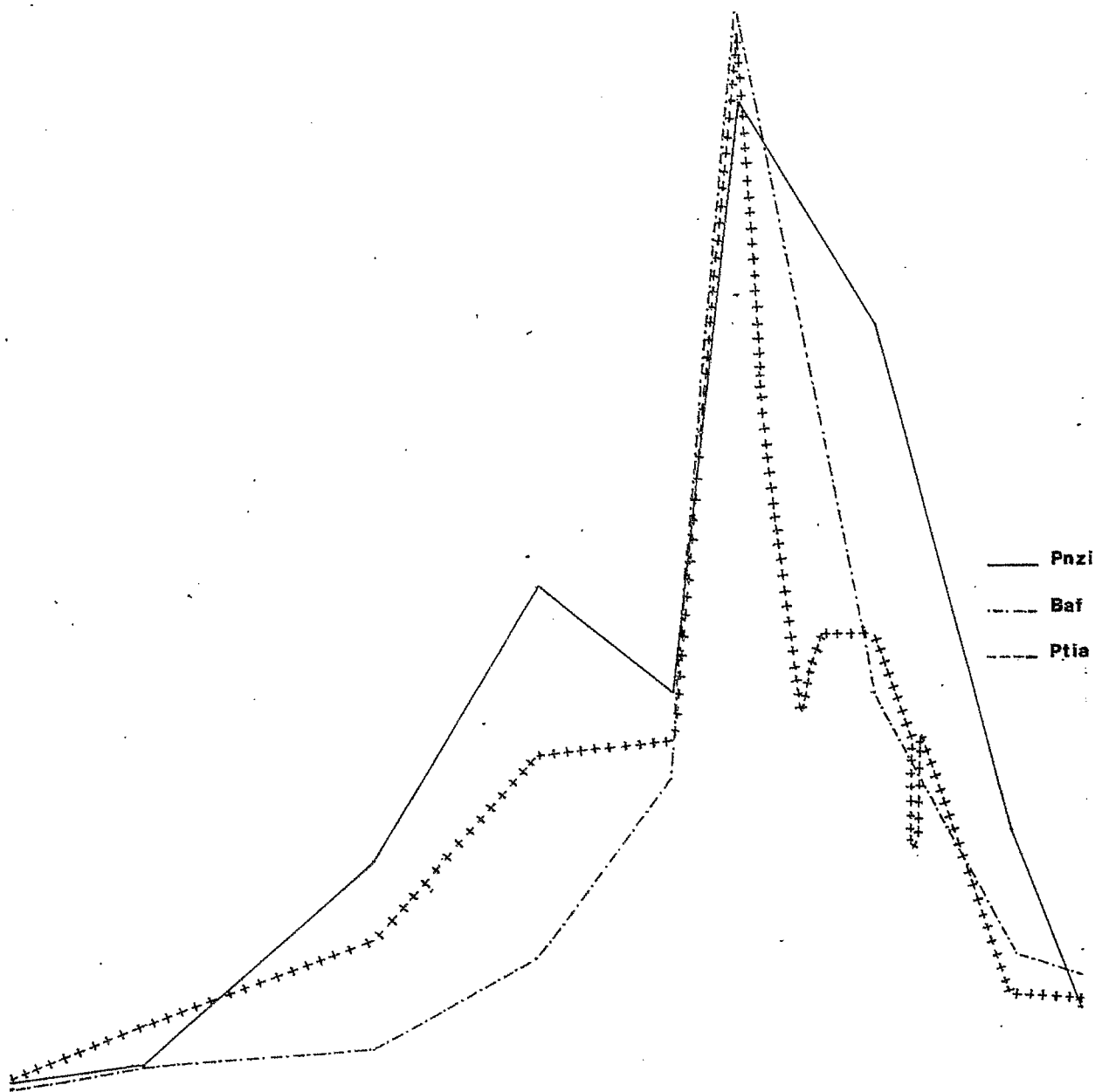


Fig. 75

J F M A M J J A S O N D

1967

CHARGE SOLIDE UNITAIRE
g/m³

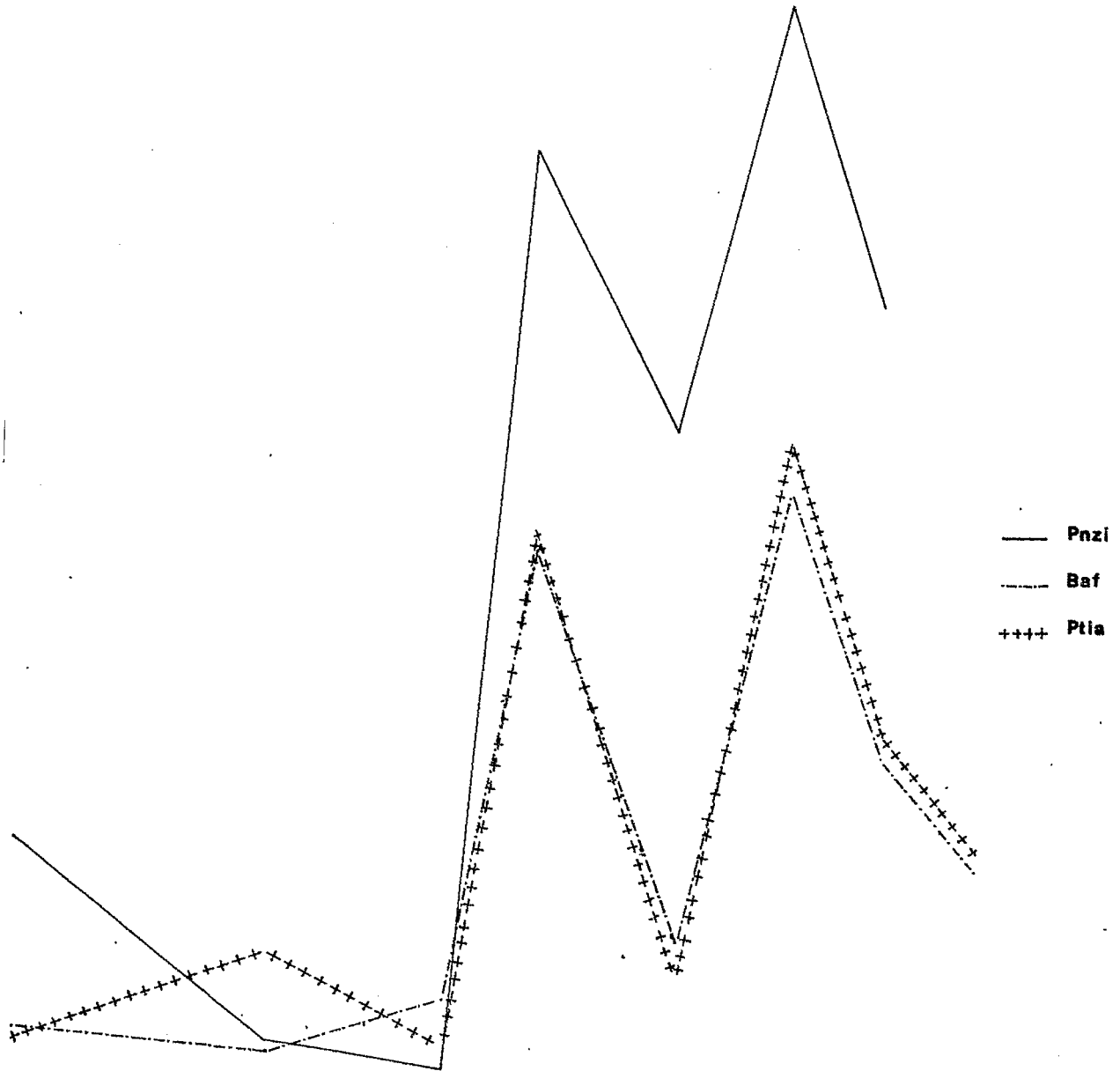


Fig.76

J F M A M J J A S O N D

TIASSALE 1964

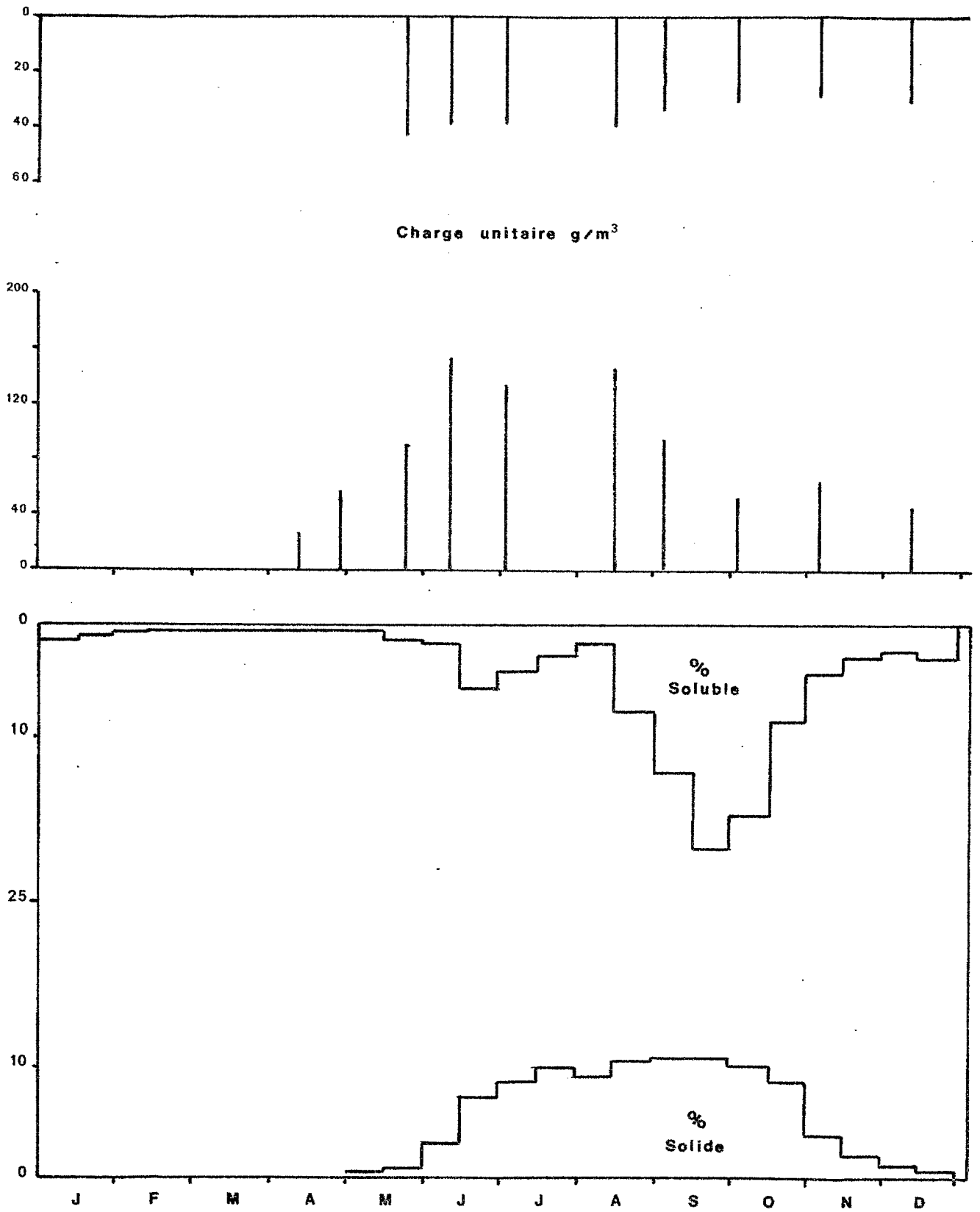


Fig.77

TIASSALE 1965

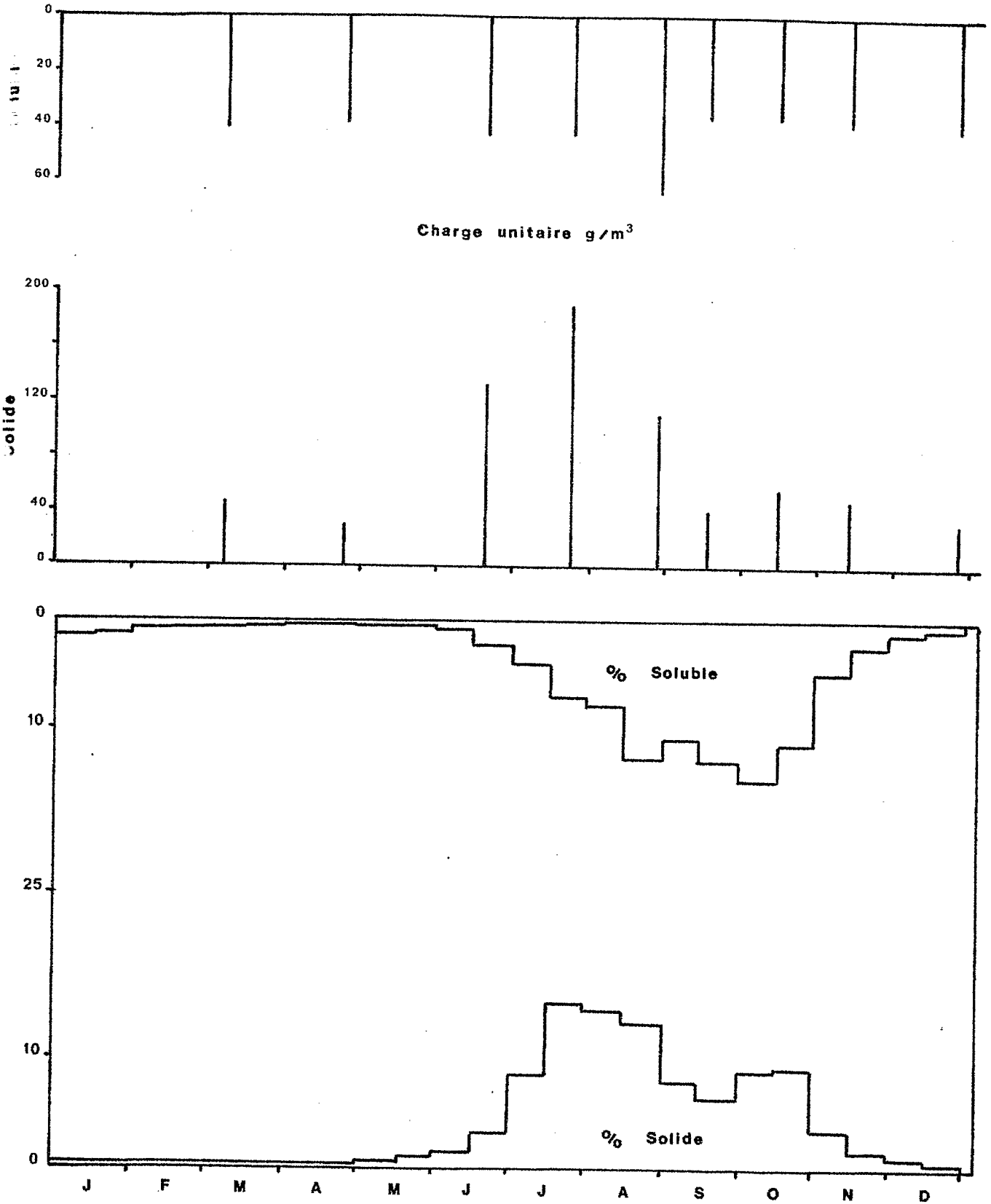
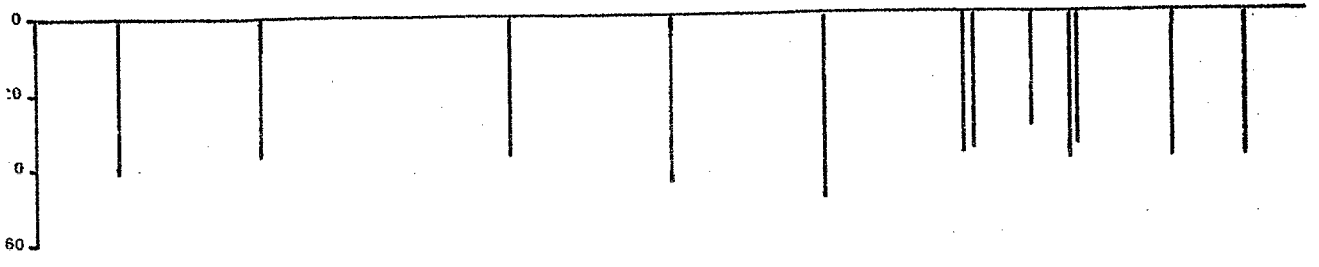


Fig.78

TIASSALE 1966



Charge unitaire g/m³

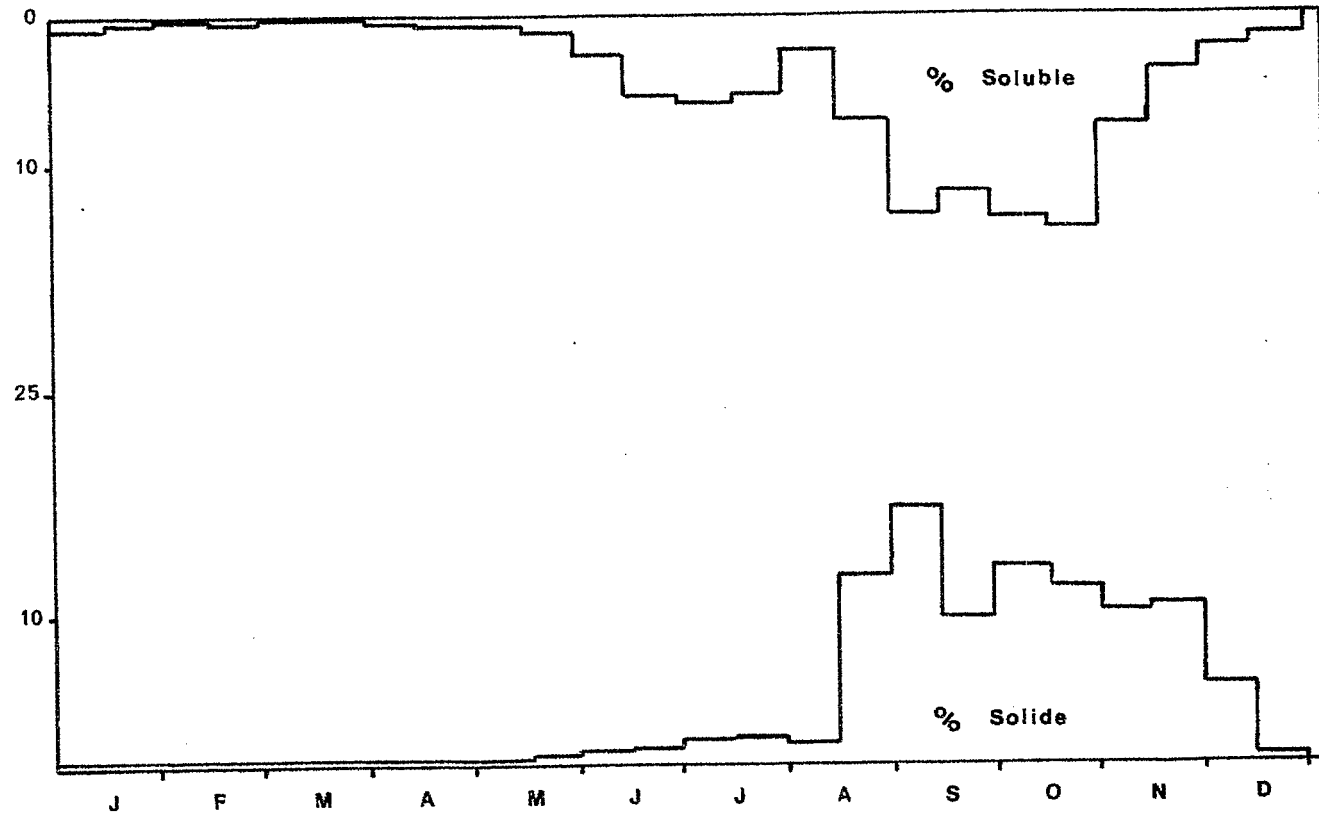
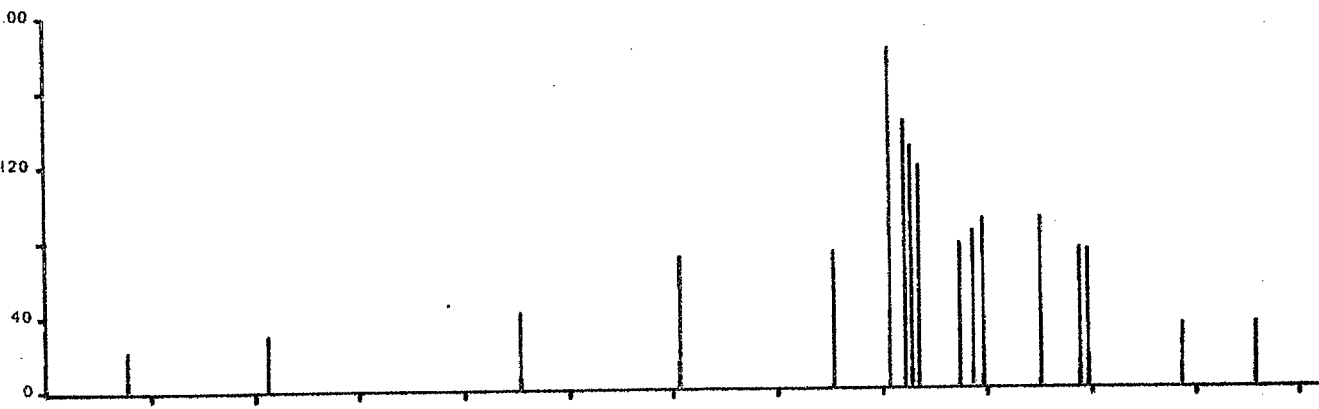


Fig.79

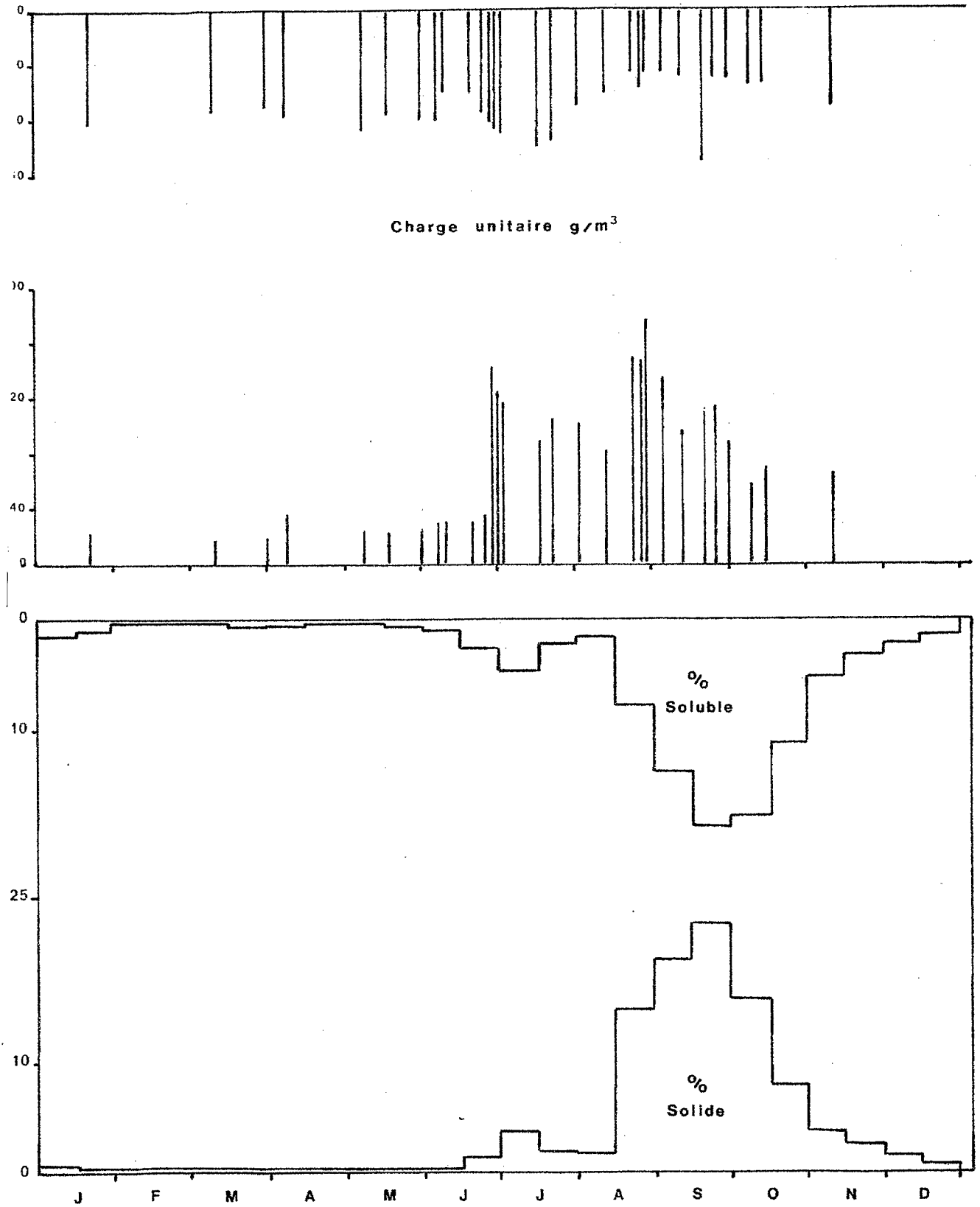


Fig.80

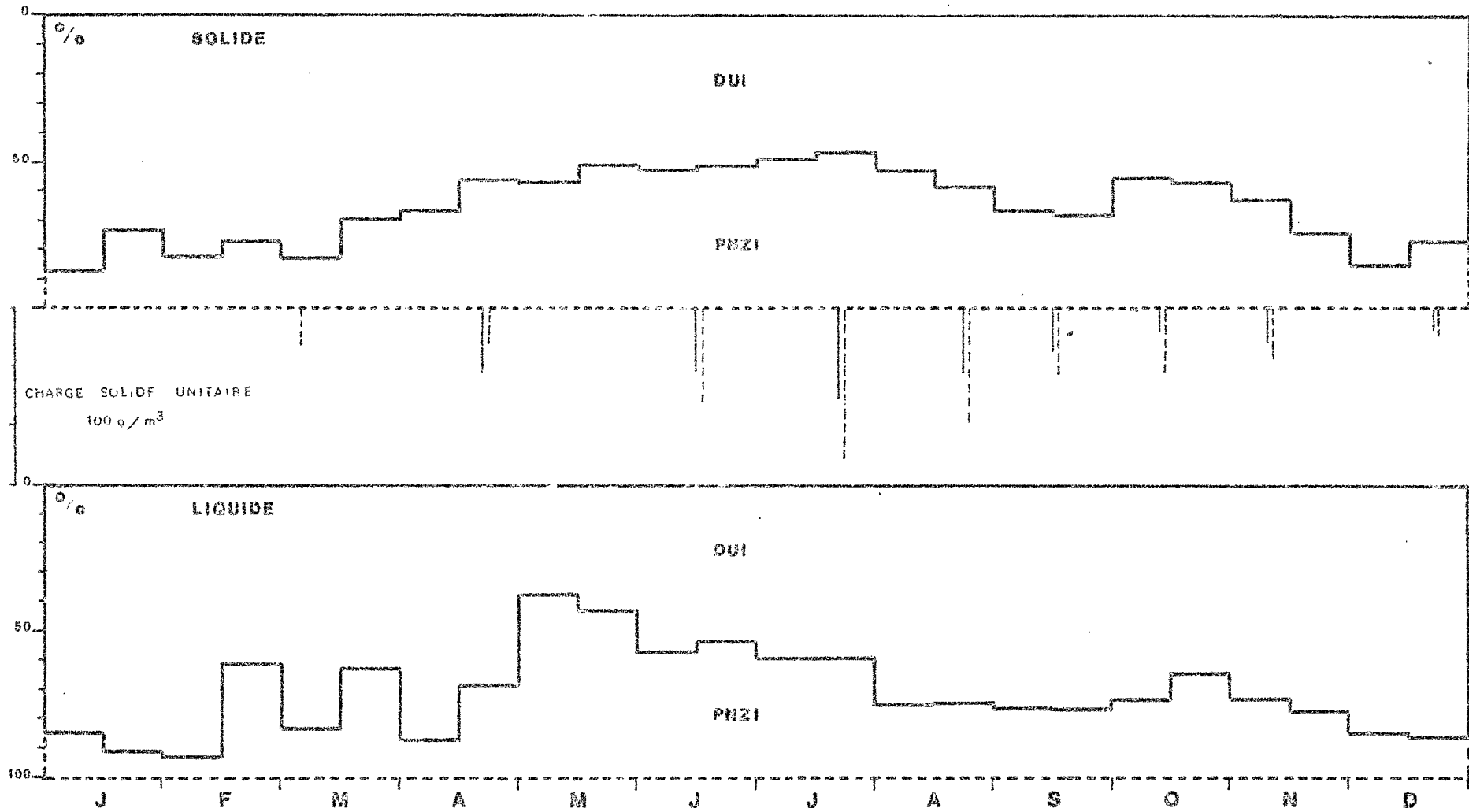


Fig.81

DECORATION SPECIFIQUE (1/1km²)

AUX STATIONS DE BAFECAD ET ZIENOA

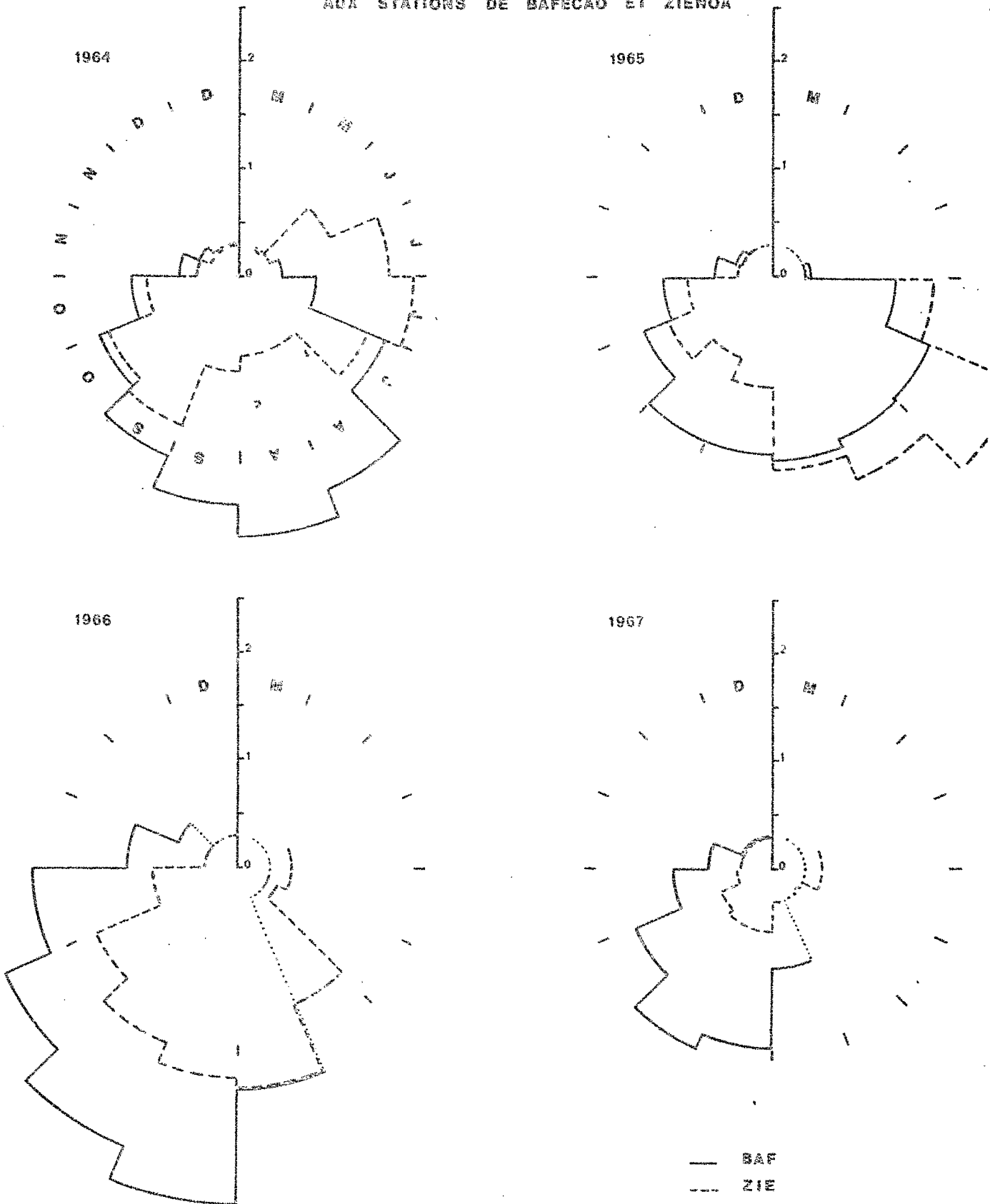
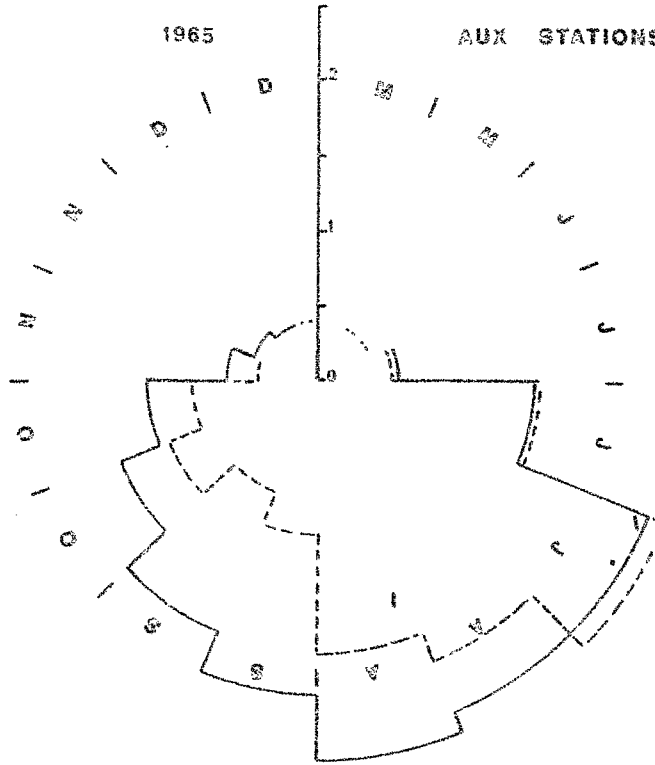


Fig. 82

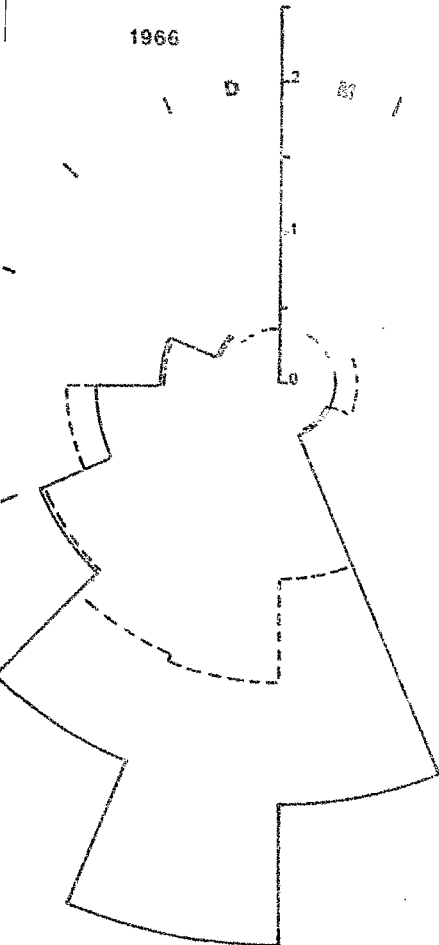
DEGRADATION SPECIFIQUE (t/km²)

AUX STATIONS DE DUISO ET ZIENOA

1965



1966



1967

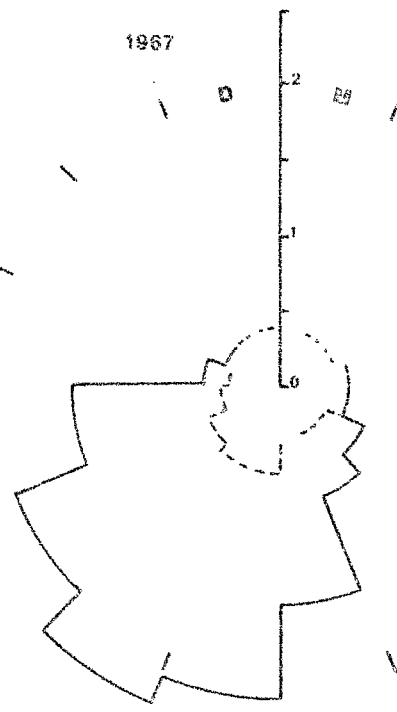


Fig.83

— DUI
- - - ZIE

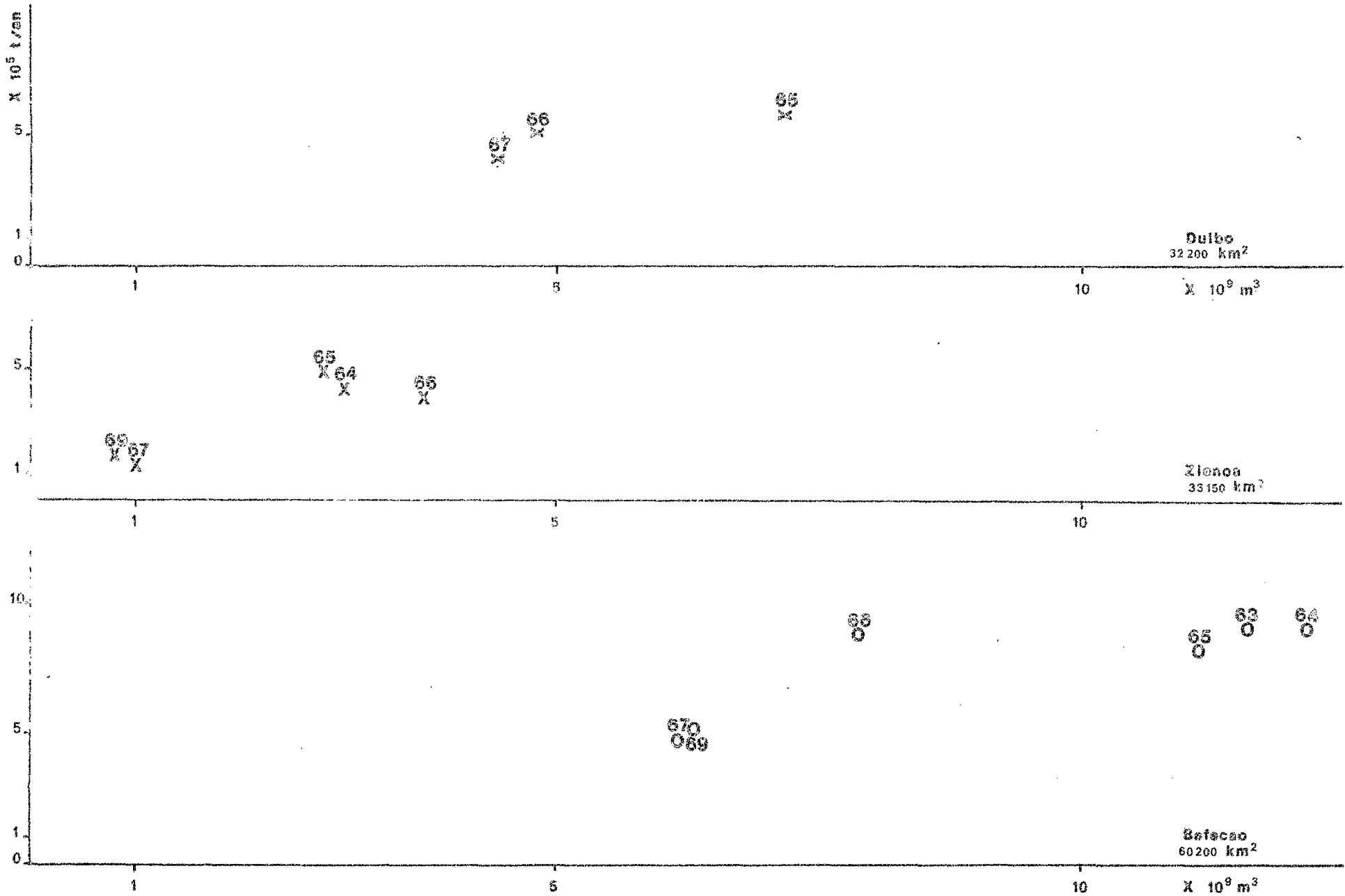


Fig. 84

RELATION DEBIT LIQUIDE-DEBIT SOLIDE

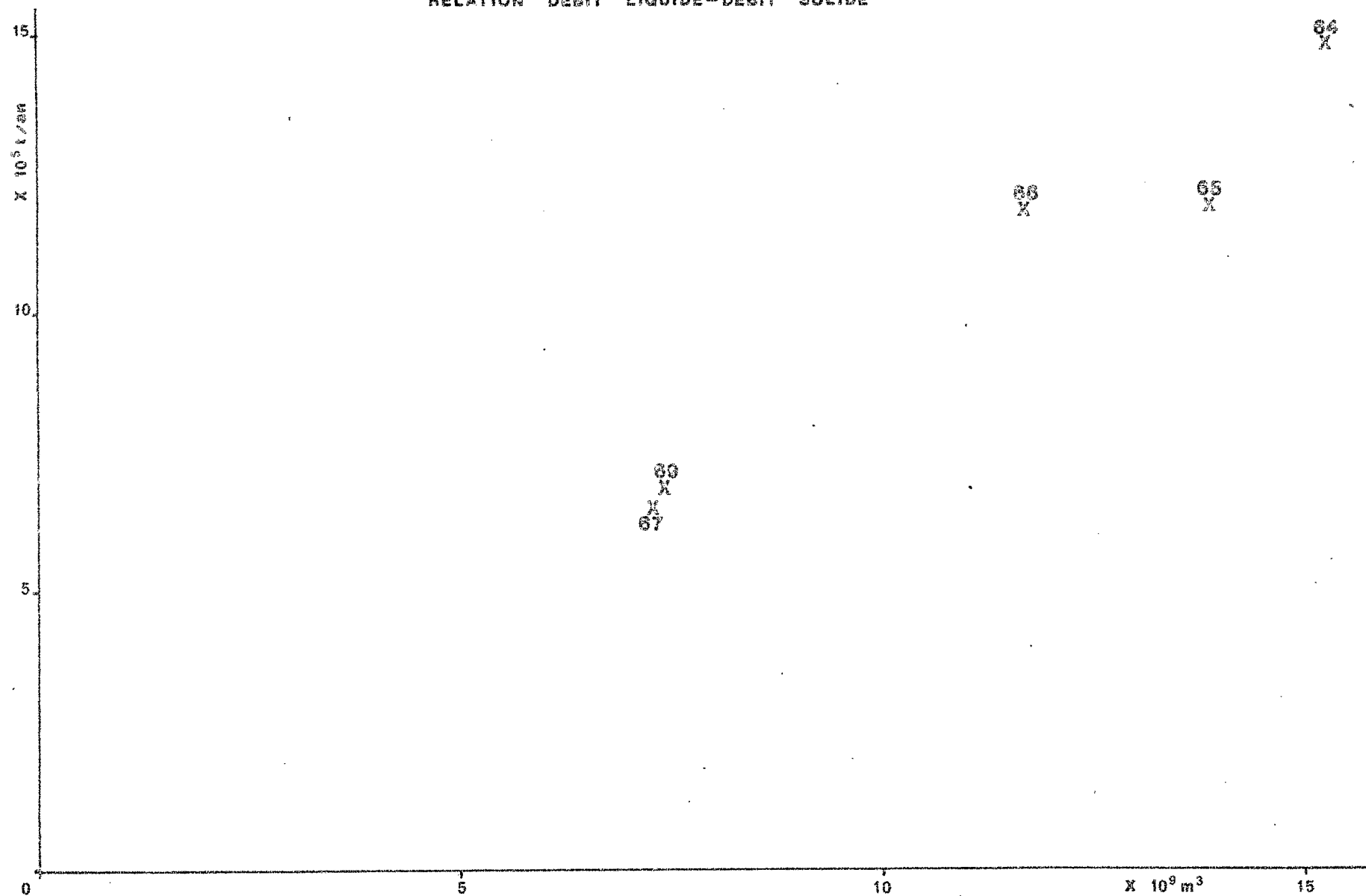


Fig. 85