

17.300 ILA

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique

SOMIVAC

Unité de Planification

B.P. 175 — ZIGUINCHOU

0
5 C 1.20

Les Aménagements Hydro-Agricoles

en

C A S A M A N C E M A R I T I M E

RAPPORT HYDROLOGIQUE

(de synthèse)

sur les vallées de la

NIASSA et de la GUIDEL

(le dépouillement et l'analyse des
résultats des campagnes hydrolo-
giques des années 1962 et 1963)

N.V. ILACO

Mai 1965

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique

SOMIVAC
Unité de Planification

R.P. 175 = ZIGUINCHOR

Les Aménagements Hydro-Agricoles

en

CASAMANCE MARITIME

✦

RAPPORT HYDROLOGIQUE

sur les vallées de la

NIASSA et de la GUIDEL

examination/processing
(le dépouillement et l'analyse des
résultats des campagnes hydrolo-
giques des années 1962 et 1963).

✦

N. V. ILACO

Mai 1965

Code 6703

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1 <u>INTRODUCTION GENERALE</u>	1.1
2 <u>DEBIT FLUVIAL</u>	2.1
2.1 Introduction	2.1
2.2 Précipitations	2.2
2.2.1 Données	2.2
2.2.2 Précipitations pendant la saison des pluies de 1963	2.3
2.2.3 Variation des pluies ponctuelles et dispersion des pluies	2.5
2.3 Débit fluvial	2.6
2.3.1 Méthode de travail	2.6
2.3.2 Théorie de l'hydrogramme unitaire	2.7
2.3.3 Débit fluvial à Tanbakouta	2.9
2.3.4 La détermination des débits fluviaux des vallées entières	2.12
2.3.5 Le débit de la vallée de Niassa à Médina	2.14
2.3.6 Le débit de la vallée de Guidel à Niaguiss	2.17
2.4 Résumé	2.18
3 <u>MOUVEMENT DES MAREES</u>	3.1
3.1 Introduction	3.1
3.2 Données	3.2
3.3 La marée dans la vallée de Niassa	3.4
3.3.1 Caractéristiques du marigot et calcul de contrôle	3.4
3.3.2 Courbe de marée représentative pour la saison des pluies	3.5
3.4 La marée dans la vallée de Guidel	3.7
3.4.1 Caractéristiques du marigot et calcul de contrôle	3.7
3.4.2 Courbe de marée représentative pour la saison des pluies	3.8
3.5 Résumé	3.8
4 <u>MAITRISE DE L'EAU AU MOYEN D'UNE ECLUSE EN SAISON DES FLUIES</u>	
4.1 Introduction et méthode de travail	4.1
4.2 Vallée de Niassa	4.1
4.2.1 Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux constants	4.2
4.2.2 Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux variables	4.2
	4.5

	<u>Page</u>
4.3 Vallée de Guidel	4.7
4.3.1 Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux constants	4.7
4.3.2 Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux variables	4.9
4.4 Résumé	4.10
5 <u>CHOIX DES DIMENSIONS DES ECLUSES EN RELATION AVEC LES NIVEAUX D'EAU SOUHAITES</u>	5.1
5.1 Introduction	5.1
5.2 L'altitude des terres de vallée et le tassement auquel il faut s'attendre	5.1
5.3 Exigences de la riziculture en ce qui concerne le niveau d'eau	5.4
5.4 Comparaison entre les niveaux d'eau qui se produiront à l'avenir et ceux qui sont souhaités. Choix des dimensions des écluses	5.5
5.5 Résumé	5.8

FIGURES

1. Plan de situation des vallées de Niassa et Guidel avec les limites des bassins versants et les endroits de mesure.
2. Les principes de la théorie de l'hydrogramme unitaire.
3. Relation entre niveau d'eau et débit à Tanbakouta.
4. Débit mesuré et calculé à Tanbakouta.
5. Les hydrogrammes unitaires bas et hauts à Tanbakouta en m³/sec.
6. Les hydrogrammes unitaires bas et hauts à Tanbakouta en mm par jour.
7. L'hydrogramme unitaire à Médina.
8. Débit mesuré et calculé à Médina 10-14 août 1963.
9. Débits fluviaux les plus défavorables pour la vallée de Niassa à Médina dans la première moitié d'août pour des périodes de récurrence différentes.
10. L'hydrogramme unitaire à Niaguiss.
11. Débits fluviaux les plus défavorables pour la vallée de Guidel à Niaguiss dans la première moitié d'août pour des périodes de récurrence différentes.
12. Caractéristiques du marigot de Niassa.
13. Superficie de la cuvette de stockage du marigot de Niassa entre Kamobeul Pirogue et le barrage à Médina.
14. Superficie de la cuvette de stockage du marigot de Niassa entre Médina et la route Etomé-Ebouné.
15. Superficie de la cuvette de stockage des divers tronçons du marigot de Niassa.
16. Marée calculée et mesurée du marigot de Niassa dans la situation actuelle par la marée et le débit fluvial du 10-11 août 1963 et du 23 août 1963.
17. Lignes de haute et basse mers à Kamobeul Pirogue.
18. Caractéristiques du marigot de Guidel.
19. Superficie de la cuvette de stockage du marigot de Guidel.
20. Marée calculée et mesurée du marigot de Guidel dans la situation actuelle par la marée et le débit fluvial du 3 septembre 1963.
21. Lignes de haute et basse mers à Niaguiss.

22. Niveaux d'eau et débits dans la vallée de Niassa pour la marée des 10-11 août 1963 à Kamobeul Pirogue par écluse fermée.
23. Idem pour une écluse de demi-section du marigot par un débit fluvial de 10 m³/sec à Médina.
24. Idem par un débit fluvial de 35 m³/sec à Médina.
25. Idem par un débit fluvial de 65 m³/sec à Médina.
26. Haute et basse mers à Médina, Etomé et Ebouné en fonction du débit fluvial, dans la situation actuelle et dans le cas d'une écluse d'une section de respectivement 1/4, 1/2 et 3/4 de la section du marigot.
27. Haute et basse mers dans la vallée de Niassa par différentes sections d'écluse pour des débits fluviaux constants à Médina de 10, 35 et 65 m³/sec.
28. Evolution des niveaux d'eau au barrage de Médina, à Etomé et à Ebouné avec une écluse de la demi-section du marigot et des débits fluviaux variables.
29. Niveaux d'eau les plus élevés dans la vallée de Niassa pour différentes sections d'écluse.
30. Niveaux d'eau et débits dans la vallée de Guidel pour la marée du 10-11 août 1963 à Niaguiss avec une écluse de demi-section du marigot et un débit fluvial de 15 m³/sec à Niaguiss.
31. Idem par un débit fluvial de 35 m³/sec à Niaguiss.
32. Haute et basse mers dans la vallée de Guidel en fonction du débit fluvial, dans la situation actuelle et dans le cas d'une écluse ayant une section de respectivement 1/4, 1/2 et 3/4 de la section du marigot.
33. Haute et basse mers à Niaguiss et à Soukouta par différentes sections d'écluse pour des débits fluviaux constants à Niaguiss de 15 et 35 m³/sec.
34. Evolution des niveaux d'eau au barrage de Niaguiss et à Soukouta avec une écluse de la demi-section du marigot et des débits fluviaux variables.
35. Niveaux d'eau les plus élevés dans la vallée de Guidel par différentes sections d'écluse.

A N N E X E S

1. Tableau de précipitations de 12 heures mesurées, dans 13 stations pluviométriques, ainsi que l'évaporation pendant 24 heures à Ziguinchor.
2. Volumes mesurés du flux et du reflux à Médina et pluie nette pendant la période allant du 10 août au 25 août 1963.
3. Volumes mesurés du flux et du reflux à Niaguiss pendant la période allant du 31 août au 14 septembre 1963.
4. Niveau d'eau dans la vallée de Niassa du 10 au 25 août 1963.
5. Débits mesurés à Médina du 10 au 25 août 1963.
6. Débits mesurés à Kamobeul Pirogue les 16, 20 et 23 août 1963.
7. Niveau d'eau dans la vallée de Guidel du 30 août au 14 septembre 1963.
8. Débits mesurés à Niaguiss du 30 août au 14 septembre 1963.
9. Carte d'ensemble avec l'emplacement des profils transversaux levés.
10. Profils transversaux levés.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION GENERALE

Dans les rapports "Aménagement hydro-agricoles en Casamance et Haute-Gambie, tome 4 volum 2 et tome 5, il a été conclu qu'il est possible de mettre en valeur la vallée de Niassa et celle de Guidel en fermant les marigots par une digue située près de Médina et de Niaguiss respectivement. Le niveau d'eau dans les deux vallées devra pouvoir être suffisamment maîtrisé au moyen d'écluses d'évacuation qui seront aménagées dans les digues de fermeture. Ces écluses empêcheront pendant la saison sèche l'entrée incontrôlée de l'eau salée dans les parties fermées de la vallée et la salinité actuelle du sol pourra progressivement être abaissée par lessivage pendant la saison des pluies.

Ces conclusions étaient fondées sur des données très restreintes. Celles qui manquaient ont dû en conséquence être remplacées par des suppositions et des hypothèses raisonnables reposant sur la pratique et l'expérience. Ces hypothèses doivent maintenant être testées à l'aide des résultats d'un nouveau programme de mesurage qui a été établi à cette fin et a été exécuté sur place pendant la saison des pluies de 1963. Les données recueillies se rapportent principalement aux:

- a. Chiffres pluviométriques de 12 stations pluviométriques régulièrement réparties sur les deux vallées;
- b. Niveaux d'eau en 9 points situés à l'intérieur et en dehors des vallées, mesurés au moyen de limnigraphes et d'échelles limnimétriques;
- c. Jaugeages en dehors de la région soumise à l'influence de la marée, à Tanbakouta, et dans la région sous l'influence de la marée à Kamobeul Pirogue, Médina et Niaguiss;
- d. Profils en travers des marigots.

Dans le présent rapport, il sera procédé à l'élaboration de ces nouvelles données et les résultats seront comparés aux conclusions trouvées dans les rapports précédents.

Il sera conservé à peu près la même division que celle suivie dans le tome 4 volume 2 des rapports antérieurs déjà mentionnés.

Le chapitre 2, "débit fluvial" donne à partir des mesures pluviométriques la détermination des débits fluviaux provenant des vallées par suite de hautes précipitations en se basant sur les débits fluviaux mesurés dans la région en amont de Tanbakouta et des jaugeages dans les régions sous l'influence de la marée à Médina et à Niaguiss.

Dans le chapitre 3, "mouvement des marées" l'on traite le mouvement des marées dans les deux vallées ainsi que la schématisation des marigots nécessaire pour les calculs, les constantes à introduire et la marée à prendre en compte.

Dans le chapitre 4, "maîtrise de l'eau au moyen d'une écluse en saison des pluies" vient ensuite la discussion des calculs des niveaux d'eau dans les vallées après la fermeture lors de l'évacuation par une écluse.

Enfin, dans le chapitre 5, les dimensions des écluses sont déterminées sur la base des exigences que l'agriculture posera au niveau d'eau.

CHAPITRE 2

DEBIT FLUVIAL

2.1. Introduction

Le but final de l'examen est la détermination des dimensions des écluses d'évacuation qui seront nécessaires lorsque dans l'avenir les vallées de Niassa et de Guidel seront fermées. En fermant les écluses lorsque le niveau d'eau est plus élevé en aval qu'en amont de l'écluse, l'on peut empêcher la pénétration dans les vallées de l'eau venant de l'aval sous l'influence de la marée. L'évacuation des eaux pluviales ruisselées provenant des vallées se fera dans les périodes pendant lesquelles le niveau d'eau en aval des écluses est plus bas que le niveau amont. Les quantités d'eau à évacuer des vallées doivent être déterminées. C'est pourquoi des jaugeages ont été effectués à l'endroit des futures écluses. Néanmoins les débits ainsi obtenus ne sont pas utilisables tels quels. D'une part, le débit du bassin versant en amont des futures écluses est influencé par le mouvement des marées et le débit trouvé n'est donc pas uniquement le débit dû à l'écoulement des eaux pluviales. D'autre part, il faudra connaître les débits sous certaines conditions défavorables et en général ces conditions ne se présentent pas au cours des jaugeages. Il est indispensable de tenir compte de conditions plus défavorables. Si, comme c'est le cas, l'on ne dispose que de courtes séries de jaugeages, il faut pour arriver à un résultat utilisable disposer d'une longue série de chiffres pluviométriques et pouvoir déterminer à l'aide de la courte série de jaugeages la relation entre pluie et débit. Afin d'éliminer l'influence des marées, les jaugeages ont été effectués non seulement à l'emplacement des futures écluses mais aussi également à un endroit où l'influence de la marée ne se fait plus sentir. L'endroit choisi a été Tanbakouta, comme lors de jaugeages antérieurs. C'est pour la région en amont de Tanbakouta que l'on a déterminé la relation entre pluie et débit.

Il est souhaitable, dans la région soumise à l'influence de la marée, de faire une distinction entre le débit, tel qu'il

se produit à l'endroit et sous l'influence de la marée, et le débit qui se produirait à cet endroit s'il n'y avait pas eu influence de la marée. Le débit réel qui se produit sera dans le présent rapport dénommé "débit" et le débit dont est retranché l'influence de la marée sera appelé "débit fluvial".

L'approximation des débits fluviaux aux écluses d'évacuation sera faite de deux manières, par extrapolation des débits à Tanbakouta, mais aussi à l'aide des jaugeages aux emplacements des futures écluses, après que les débits mesurés ont été corrigés dans la mesure du possible de l'influence de la marée.

2.2. Précipitations

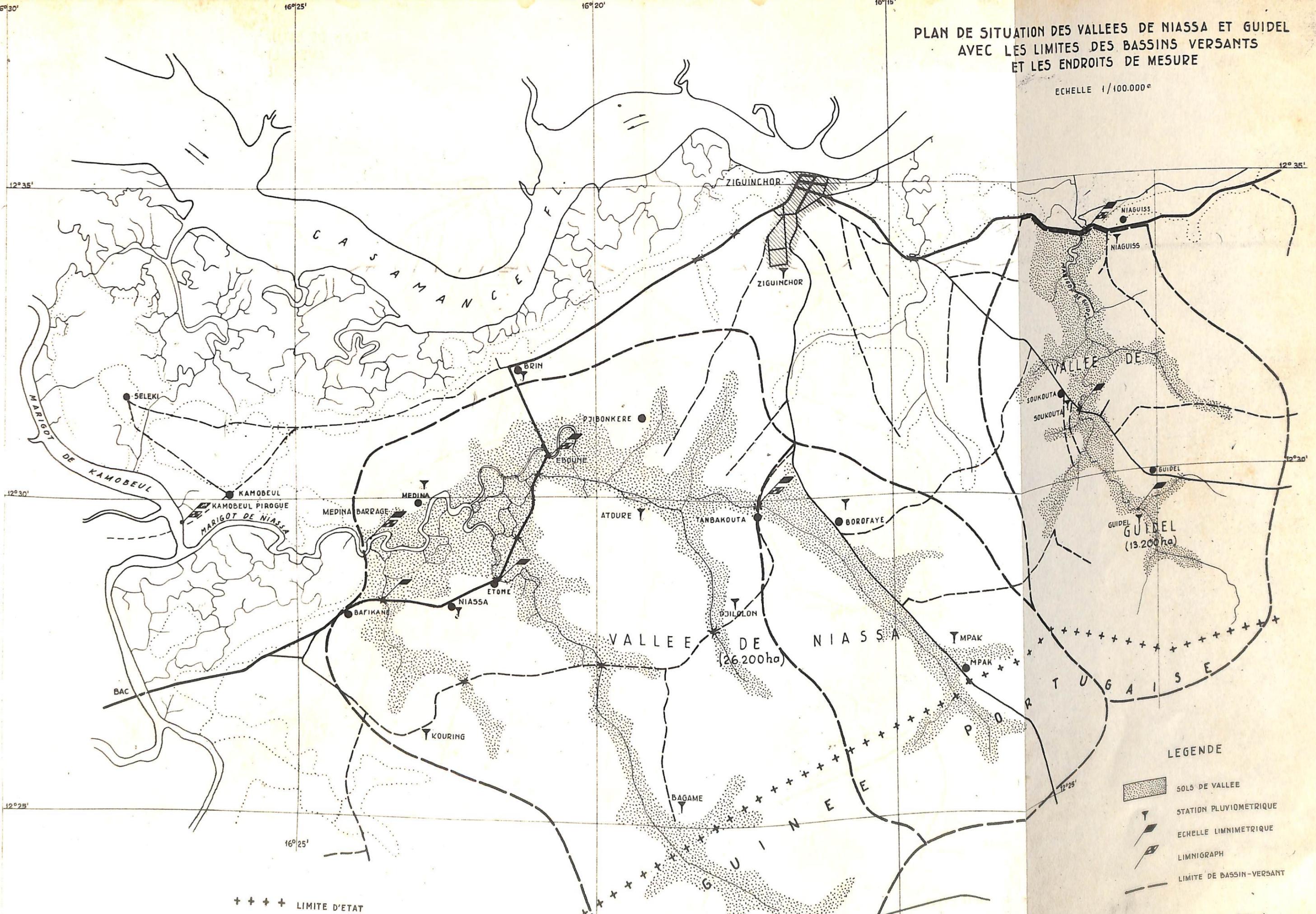
2.2.1. Données

Pendant la période allant de la fin juin au début d'octobre 1963, les précipitations ont été mesurées dans les 11 pluviomètres installés spécialement pour le présent examen et répartis régulièrement dans les bassins versants, ainsi qu'à Ziguinchor. L'emplacement des postes pluviométriques est indiqué à la figure 1. Les précipitations sont mesurées pendant des périodes de 12 heures, les lectures étant faites à 7 heures du matin et à 7 heures du soir. De plus, à Ziguinchor, des observations ont été faites sur l'évaporation en 24 heures, avec lectures à 7 heures du matin. Toutes ces données sont réunies à l'annexe 1.

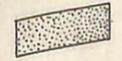
Outre les données déjà citées concernant la pluviosité, l'on a utilisé les données disponible portant sur une plus longue période qui provenaient de la station pluviométrique de Ziguinchor. On se reportera à ce sujet au rapport précédent, tome 4 volume 2. Il a été particulièrement fait usage des données pluviométriques élaborées de Ziguinchor (figure 2 et figure 3 du rapport cité) et des hyétogrammes à faible fréquence qui en sont déduits (tableau 15 du chapitre C). Il a paru inutile et même peu souhaitable, de compléter avec les chiffres de 1963 l'élaboration des données pluviométriques de Ziguinchor car, ainsi qu'il ressortira de 2.2.2., la pluviosité au cours de la saison des pluies de 1963 s'écarte

PLAN DE SITUATION DES VALLEES DE NIASSA ET GUIDEL
 AVEC LES LIMITES DES BASSINS VERSANTS
 ET LES ENDROITS DE MESURE

ECHELLE 1/100.000^e



LEGENDE

-  SOLS DE VALLEE
-  STATION PLUVIOMETRIQUE
-  ECHELLE LIMNIMETRIQUE
-  LIMNIGRAPH
-  LIMITE DE BASSIN-VERSANT

++++ LIMITE D'ETAT

fortement des conditions normales à de multiples points de vue.

2.2.2. Précipitations pendant la saison des pluies de 1963

Etant donné que l'on dispose seulement pour la station pluviométrique de Ziguinchor d'une assez longue série d'observations, portant sur 14 années pour les chiffres mensuels et sur 13 années pour les chiffres journaliers, les précipitations de la saison des pluies de 1963 ne peuvent être jugées qu'en les comparant à Ziguinchor avec celles qui se sont produites à cet endroit les années précédentes. Ceci est fait au tableau 1 où sont comparées les précipitations mensuelles en 1963 et les valeurs moyennes des 13 années précédentes dans les mêmes mois.

Tableau 1

Précipitations mensuelles à Ziguinchor en mm.

	1963	moyenne 1950-1962
juillet	451	347
août	449	528
septembre	276	388
octobre	255	149

Il ressort de ce tableau que le mois de juillet a été très humide, août sec, septembre très sec et octobre humide.

Une image plus détaillée des précipitations en 1963 est obtenue en considérant les précipitations maximales en 1, 3 et 5 jours consécutifs au cours de la même période. Ces valeurs se trouvent sur le tableau 2, dans lequel est également indiqué, à l'aide de la figure 2 du tome 4 volume 2, le temps de récurrence afférent en années (le temps de récurrence est celui dans lequel la précipitation est en moyenne 1 x atteinte ou dépassée).

Tableau 2

Hauteurs de pluie maximales P, en mm, à Ziguinchor dans la saison des pluies de 1963 pendant 1, 3 et 5 jours consécutifs et période de récurrence T en années.

	1 jour		3 jours		5 jours	
	P	T	P	T	P	T
juillet 1ère moitié	148	100	176	50	185	100
2ème	46	4	95	2½	99	3
août 1ère	62	1	131	2½	175	2½
2ème	19	1	23	1	43	1
sept. 1ère	21	1	46	1	102	1½
2ème	37	2½	43	1	46	1
oct. 1ère	50	1	94	5	151	10

Il ressort du tableau 2 que les hauteurs de pluie tombée pendant 1 à 5 jours consécutifs dans la première moitié de juillet ont atteint des valeurs particulièrement hautes avec des périodes de récurrence de 50 à 100 ans et que, dans la première moitié d'octobre également, des précipitations relativement hautes se sont encore produites, mais qu'en août et septembre les précipitations sont restées faibles.

L'image obtenue de cette manière à partir des chiffres pluviométriques de Ziguinchor correspond à celle que donnent les chiffres des postes pluviométriques placés dans les deux vallées. Localement, l'on constate des écarts. C'est ainsi qu'à Médina par exemple, une averse locale de plus de 100 mm a été observée le 9 août 1963. Néanmoins, la valeur moyenne des précipitations dans les deux vallées est très bien représentée par les précipitations à Ziguinchor.

2. 2. 3.

Variation des pluies ponctuelles et dispersion
des pluies

Au moment où les rapports précédents ont été établis, l'on ne disposait que de très rares données sur la hauteur des pluies ponctuelles dans les vallées et sur la dispersion des pluies dans ces vallées.

A l'aide des chiffres pluviométriques des 12 stations pluviométriques de la région des vallées, il a été possible de déterminer la pluviosité moyenne. La méthode utilisée à cette fin est celle de Thiessen. La pluviosité moyenne ainsi obtenue dans la vallée de Niassa et dans la vallée de Guidel a été comparée avec les pluies ponctuelles en 1, 3 et 5 jours à Ziguinchor. Il apparut que la pluviosité moyenne dans les vallées était parfois plus faible, parfois plus forte que la précipitation à Ziguinchor, mais une tendance déterminée dans l'un ou l'autre sens n'a pu être constatée. A l'encontre des conclusions des rapports précédents dans lesquels par suite des données sommaires dont on disposait l'on avait été amené pour obtenir la pluviosité moyenne dans les vallées à appliquer à la pluviosité de Ziguinchor un coefficient de multiplication inférieur à 1, il ressort maintenant que l'on peut considérer la pluviosité moyenne dans les vallées comme étant égale à celle de Ziguinchor.

Ainsi qu'il a été déjà dit, l'on a conservé dans le présent rapport pour la dispersion des pluies à Ziguinchor, la courbe représentée dans le précédent rapport tome 4 volume 2 à la figure 2, sans prendre en compte les chiffres pluviométriques de l'exceptionnelle saison des pluies de 1963. De même, les hyéto-grammes indiqués dans le précédent rapport au tableau 11, page 46, ont donc pu être conservés sans modification pour la présente étude.

2.3. Débit fluvial2.3.1. Méthode de travail

Les bassins versants de Niassa et de Guidel se composent de sols sableux topographiquement élevés appartenant au Continental Terminal et de sols de vallée plans et topographiquement bas. Ces sols de vallée sont en amont assez sableux et mal drainés et en aval très lourds de texture et découpés par un grand nombre de chenaux de marée qui assurent un drainage rapide. Les possibilités de stockage des eaux pluviales dans la vallée sont faibles. Les sols bas et lourds feront parvenir dans les marigots une onde de crue qui provoquera un rapide accroissement du débit mais qui sera terminée après quelques jours. Les sols élevés du Continental Terminal au contraire n'ont pas de drainage visible. Les eaux de pluie s'infiltreront dans leur presque totalité et parviennent dans les marigots sous forme d'écoulement souterrain. Les capacités de stockage sont ici très grandes. Ces sols donnent un débit faible, qui devient progressivement plus fort dans la saison des pluies, atteint ensuite une valeur pratiquement constante et diminue de nouveau après la saison des pluies.

Pour analyser les débits, on a utilisé les différences qui viennent d'être mentionnées entre les caractéristiques de débit et les possibilités de débit des sols bas et des sols élevés. Ceci a déjà été fait dans notre rapport tome 4 volume 2. Par suite du manque de données, la répartition de la superficie totale du bassin versant en sols bas et élevés avait dû être faite en se basant principalement sur la topographie des sols. Ceci ne donne qu'une idée globale de cette répartition car il est parfaitement possible qu'une partie de la superficie des sols bas trouvée de cette manière appartienne hydrologiquement aux sols élevés ou inversement. Il ressortira de ce qui suit que les deux possibilités se présentent.

Une séparation en débit rapide des sols bas - l'onde de crue - et en débit lent des sols élevés - le débit de base - est seulement possible avec une précision suffisante si le débit de base est faible par rapport aux débits de l'onde de crue. Il apparaît que tel est le cas présentement.

L'on a utilisé pour l'analyse des débits la théorie de l'hydrogramme unitaire. C'est pourquoi, avant de passer à l'analyse proprement dite des débits, l'on exposera tout d'abord brièvement cette théorie.

2.3.2. Théorie de l'hydrogramme unitaire

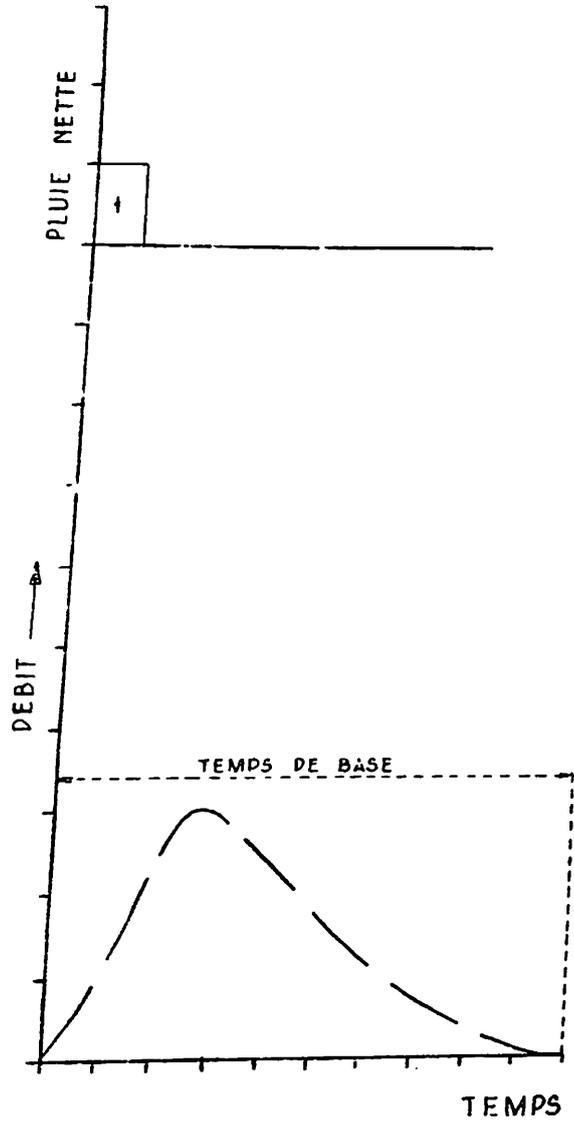
La théorie de l'hydrogramme unitaire, qui a été pour la première fois publiée par Sherman en 1932, a pour principe de base la transformation linéaire des précipitations en débit. Ceci apparaît nettement dans les 3 suppositions suivantes, qui ressortent également de la figure 2.

- a. Le temps pendant lequel se produit l'écoulement de précipitations régulièrement réparties tant sur le bassin versant que dans le temps, c'est à dire le temps de base, dépend seulement de la durée de la pluie et est donc constant pour des pluies de même durée; ceci ressort de la figure 2a et b, la pluie dans le 2ème cas étant 2 x plus forte, mais de durée égale, que dans le 1er cas et le temps d'écoulement étant identique.
- b. Les ordonnées de la courbe de l'hydrogramme pour de telles pluies de durée identique sont proportionnelles au total des quantités d'eau pluviale à évacuer; ceci ressort également de la figure 2a et b.
- c. L'évacuation d'une averse n'est pas influencée par celle d'une autre averse, ou autrement dit, pour trouver l'écoulement d'une série d'averses, l'on peut déterminer cet écoulement en superposant les écoulements des averses séparées; ceci ressort de la figure 2c.

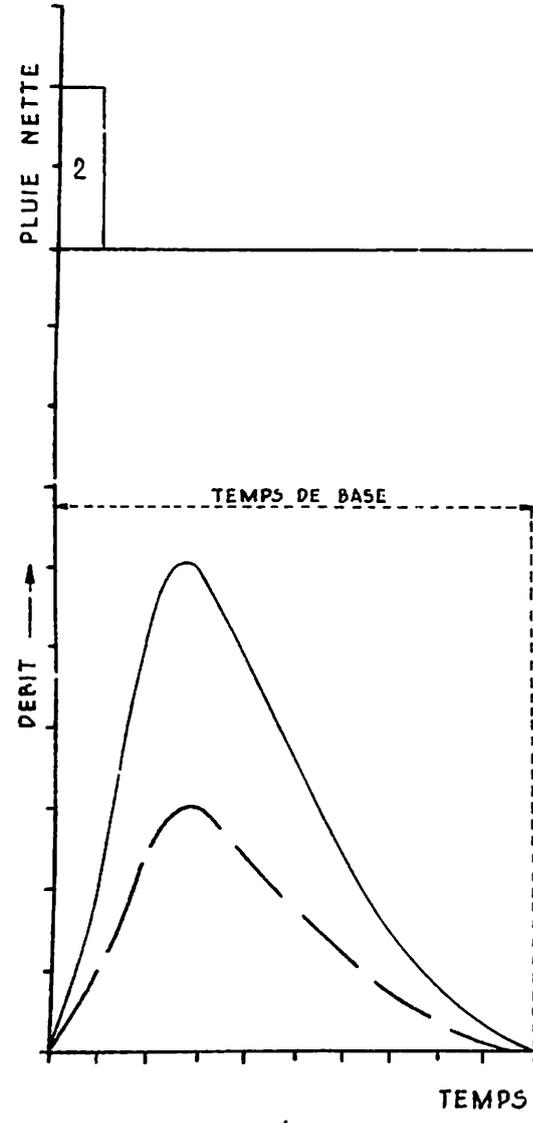
Des objections éventuelles à l'encontre de ces suppositions se trouvent en grande partie annulées du fait que la théorie de l'hydrogramme unitaire est, pour des raisons pratiques, seulement appliquée aux plus grands débits mesurés et qu'ainsi, lors de la détermination de débits encore plus élevés à partir des précipitations, l'on ne s'écartera pas trop des conditions dans lesquelles le débit a été mesuré.

Un hydrogramme unitaire est défini comme étant l'onde de crue d'un certain volume unitaire de débit, égal au contenu

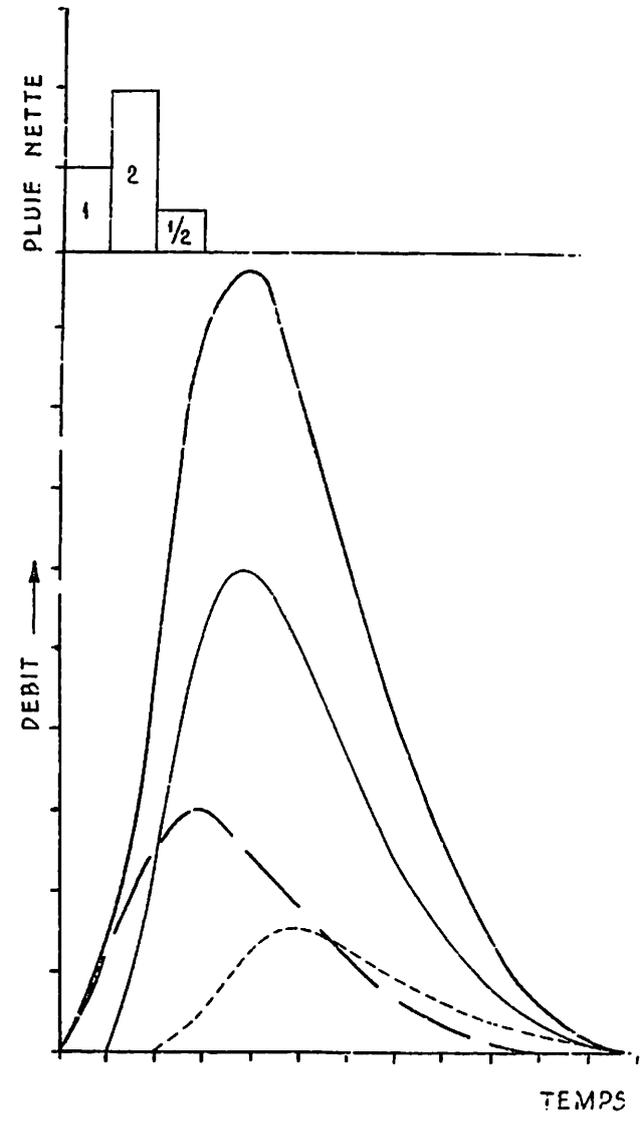
LES PRINCIPES DE LA THEORIE DE L'HYDROGRAMME UNITAIRE



a



b



c

de l'onde de crue, et causée par une pluie d'une intensité constante et d'une durée déterminée, répartie régulièrement sur le bassin versant entier.

L'on peut par exemple déterminer l'hydrogramme unitaire pour une précipitation de 100 mm en 12 heures.

La méthode de l'hydrogramme unitaire est établie pour l'écoulement direct de surface et la précipitation correspondante est donc seulement la partie de la précipitation qui ruisselle à la surface du sol. Il faut donc dans ce cas retrancher de la pluie tombée la partie infiltrée dans le sol et la perte par évaporation. L'on tend de plus en plus à considérer que les principes qui servent de fondement à la théorie de l'hydrogramme unitaire ont une valeur plus générale et sont valables aussi pour l'écoulement souterrain. Dans le cas où il s'agit d'un débit qui est produit tant par l'écoulement direct de surface que par l'écoulement souterrain, on a alors un hydrogramme unitaire avec un court temps de base pour la partie des pluies qui ruisselle à la surface du sol et un hydrogramme unitaire avec un très long temps de base pour la partie des pluies qui s'est infiltrée. Il est dans ce cas nécessaire de séparer le débit total en deux parties, celle due à l'écoulement direct de surface et celle qui est parvenue dans le cours d'eau par infiltration dans le sol. C'est seulement lorsque le débit est dans sa partie de beaucoup la plus grande, dû à l'écoulement direct de surface, que l'on parvient avec une précision raisonnable à retrancher du débit total l'écoulement souterrain et que reste le débit dû à l'écoulement direct de surface, lequel peut alors être analysé à l'aide de la théorie de l'hydrogramme unitaire.

Il ressort de ce qui précède que l'application de l'hydrogramme unitaire est seulement possible pour des ondes de crue qui sont provoquées par une ou plusieurs averses d'une intensité constante, qui sont régulièrement ou quasi régulièrement réparties sur le bassin versant.

2.3.3. Débit fluvial à Tanbakouta

Les jaugeages à Tanbakouta ont été effectués au même endroit qu'en 1962. Les nouveaux jaugeages ont donné lieu à une légère modification de la relation niveau d'eau-débit. Les jaugeages effectués en 1963 sont indiqués au tableau 3.

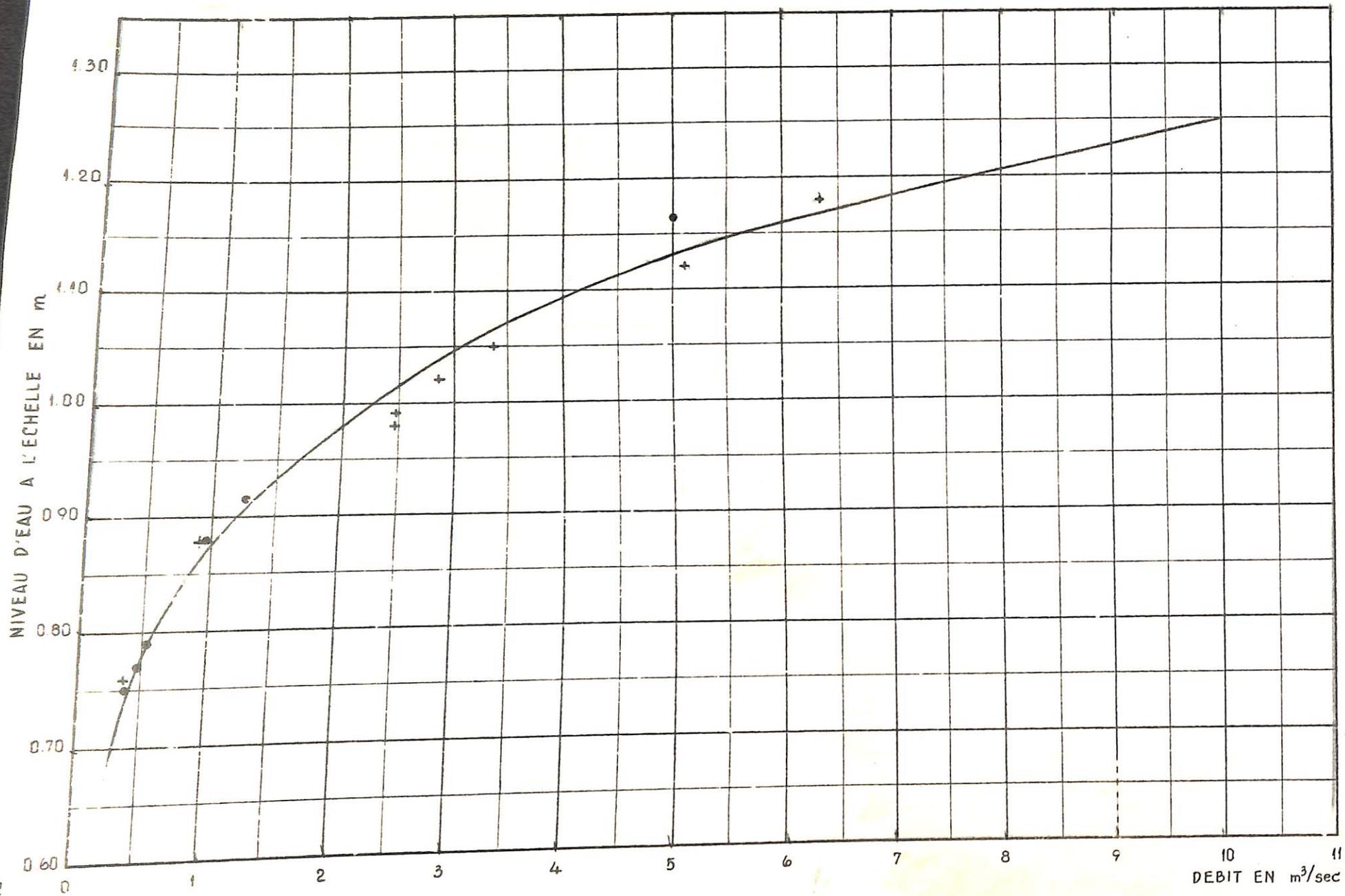
Tableau 3

Jaugeages 1963 à Tanbakouta

Débit en m ³ /s.	Niveau d'eau	
	à l'échelle	m. + M. P. P.
0,39	0,75	2,74
0,47	0,77	2,76
0,54	0,79	2,78
0,97	0,88	2,87
1,26	0,91 ⁵	2,90 ⁵
5,00	1,16 ⁵	3,15 ⁵

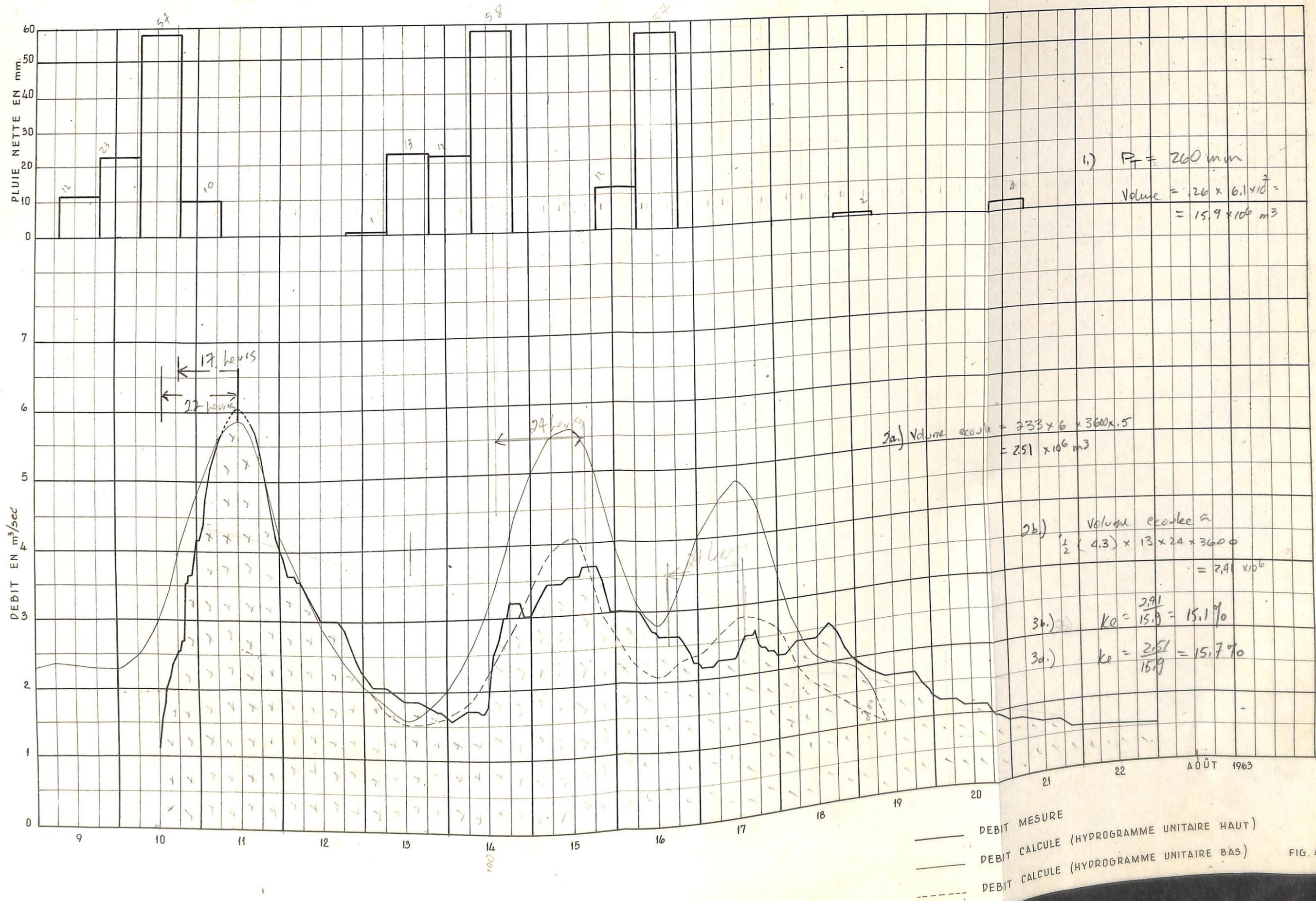
La figure 3 donne la nouvelle courbe de tarage au moyen de laquelle les niveaux d'eau peuvent être transformés en débits. Les niveaux d'eau à Tanbakouta ont été mesurés avec un limnigraphe pendant la période allant du début d'août au début d'octobre 1963. Parmi ces mesures, seuls ont été convertis en débits les niveaux d'eau afférents aux périodes qu'il y a lieu de considérer pour la détermination de la relation entre précipitation et débit, à savoir, les niveaux d'eau pendant les ondes de crue. Quatre ondes de crue ont été mesurées, celles des périodes 10 - 13 août, 14 - 20 août, 21 - 24 septembre et 3 - 10 octobre. Les deux dernières sont moins à prendre en considération pour les calculs car les plus hauts débits se présentaient après des périodes de longue sécheresse. On a donc utilisé comme base pour la détermination de la relation entre précipitation et débit les deux ondes de crue du mois d'août. A la figure 4 sont portés les débits à Tanba-

RELATION ENTRE NIVEAU D'EAU ET DEBIT A TANBAKOUTA



- o MESURES 1963
- + MESURES 1962
- D A L'ECHELLE 1.99 m² M.P.P.

DEBIT MESURE ET CALCULE A TANBAKOUTA



1.) $P_T = 260 \text{ mm}$
 $\text{Volume} = 26 \times 6.1 \times 10^7 = 15.9 \times 10^6 \text{ m}^3$

2a.) $\text{Volume} \text{ ecolee} = 233 \times 6 \times 3600 \times 5 = 251 \times 10^6 \text{ m}^3$

2b.) $\text{Volume} \text{ ecolee} \approx \frac{1}{2} (4.3) \times 13 \times 24 \times 3600 = 291 \times 10^6$

3a.) $K_c = \frac{291}{15.9} = 15.1\%$

3b.) $K_c = \frac{251}{15.9} = 15.7\%$

— DEBIT MESURE
 - - - DEBIT CALCULE (HYDROGRAMME UNITAIRE HAUT)
 . . . DEBIT CALCULE (HYDROGRAMME UNITAIRE BAS)

FIG. 4

kouta pour la période 10 - 23 août ainsi que la pluie nette sur le bassin versant (ou portion des précipitations qui atteint l'exutoire considéré en empruntant uniquement la voie du ruissellement superficiel direct).

Les deux ondes de crue sont provoquées par à peu près la même pluie nette et montrent néanmoins des différences remarquables. La première onde de crue donne des débits beaucoup plus élevés que la seconde. Pour analyser ces ondes de crue, il est nécessaire de déterminer tout d'abord le débit de base, débit des sols topographiquement élevés. Pendant les périodes où ne tombe aucune pluie, il apparaît qu'un débit constant de $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ existe continuellement. C'est le débit de base, qui doit être retranché des débits totaux pour obtenir les ondes de crue réelles des sols bas de vallée.

Le contour des ondes de crue ainsi obtenues donne, après division par la pluie nette qui a provoqué les ondes de crue, la superficie des bas sols de vallée qui a contribué au débit. Il apparaît alors que l'onde de crue du 10 - 13 août 1963 est provoquée par la précipitation afférente sur une superficie de 730 ha, tandis que pour l'onde de crue du 14 - 20 août 1963, c'est une superficie de 390 ha qui a participé au débit. Le comportement hydrologique des bas sols de vallée s'est donc vraisemblablement subitement modifié. Aucune explication de ce phénomène n'est connue, mais il se pourrait qu'il soit dû à une modification de la rétention dans les rizières.

Les ondes de crue du 10 - 13 août et du 14 - 20 août sont l'une et l'autre divisées en parties d'après les débits qui sont provoqués par des précipitations pendant des périodes consécutives de 12 heures. Une division de ce genre peut le mieux être faite graphiquement. Si l'on dispose du débit provoqué par une précipitation d'intensité connue de 12 heures, on peut alors trouver l'hydrogramme unitaire pour une averse de par exemple 100 mm en 12 heures. A la figure 5 se trouvent ces hydrogrammes unitaires pour les débits du 10 - 13 août et les débits du 14 - 20 août.

Volume de pluie = $1.1 \times 6195000 \text{ m}^2 = 6.1 \times 10^6 \text{ m}^3$

HYDROGRAMMES UNITAIRES A TANBAKOUTA
D'UNE PLUIE DE 100 mm EN 12 HEURES

Volume BAS = $\frac{1}{2} (1.3) (72) \times 3600 = .39 \times 10^6 \text{ m}^3$

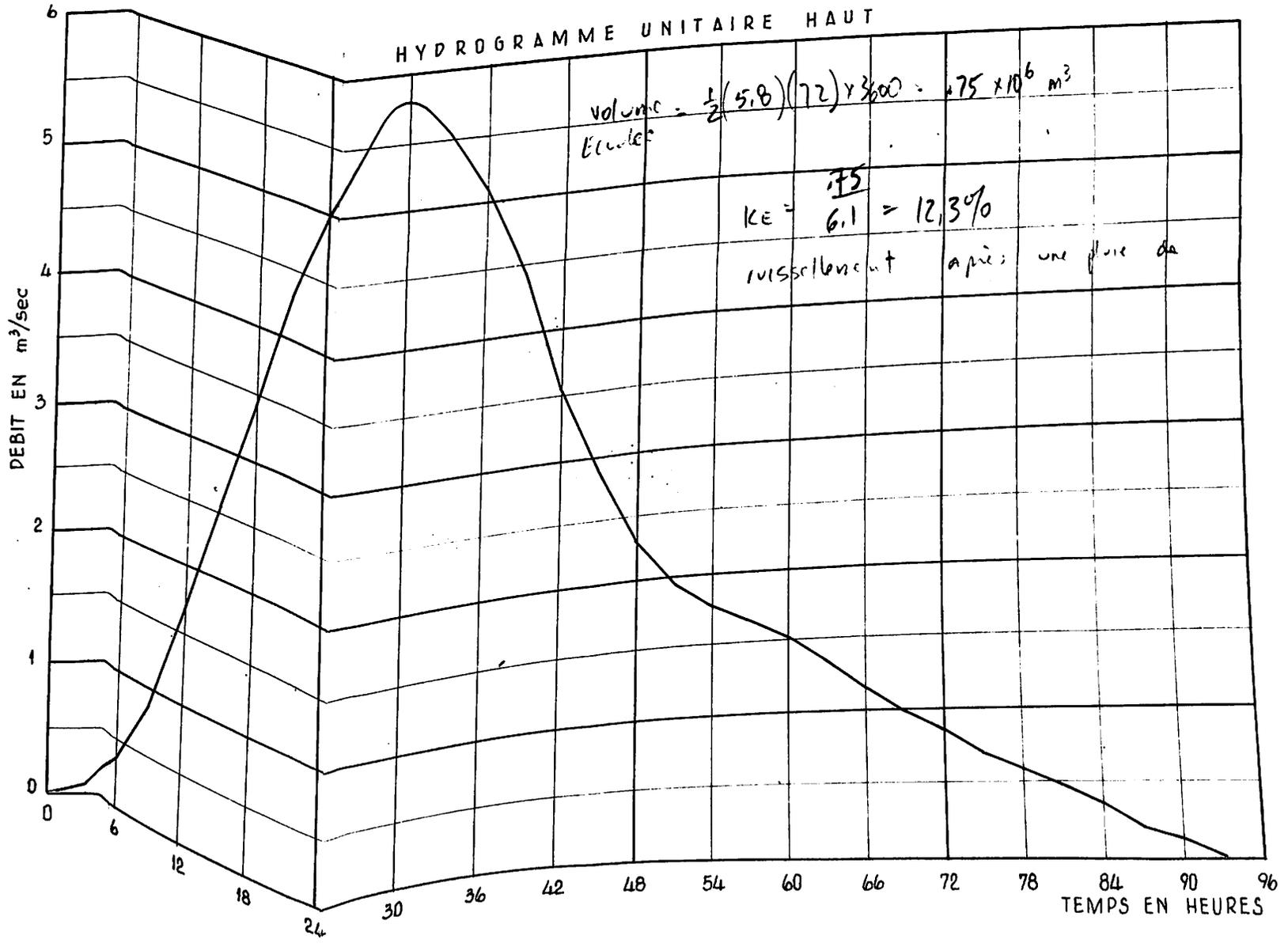
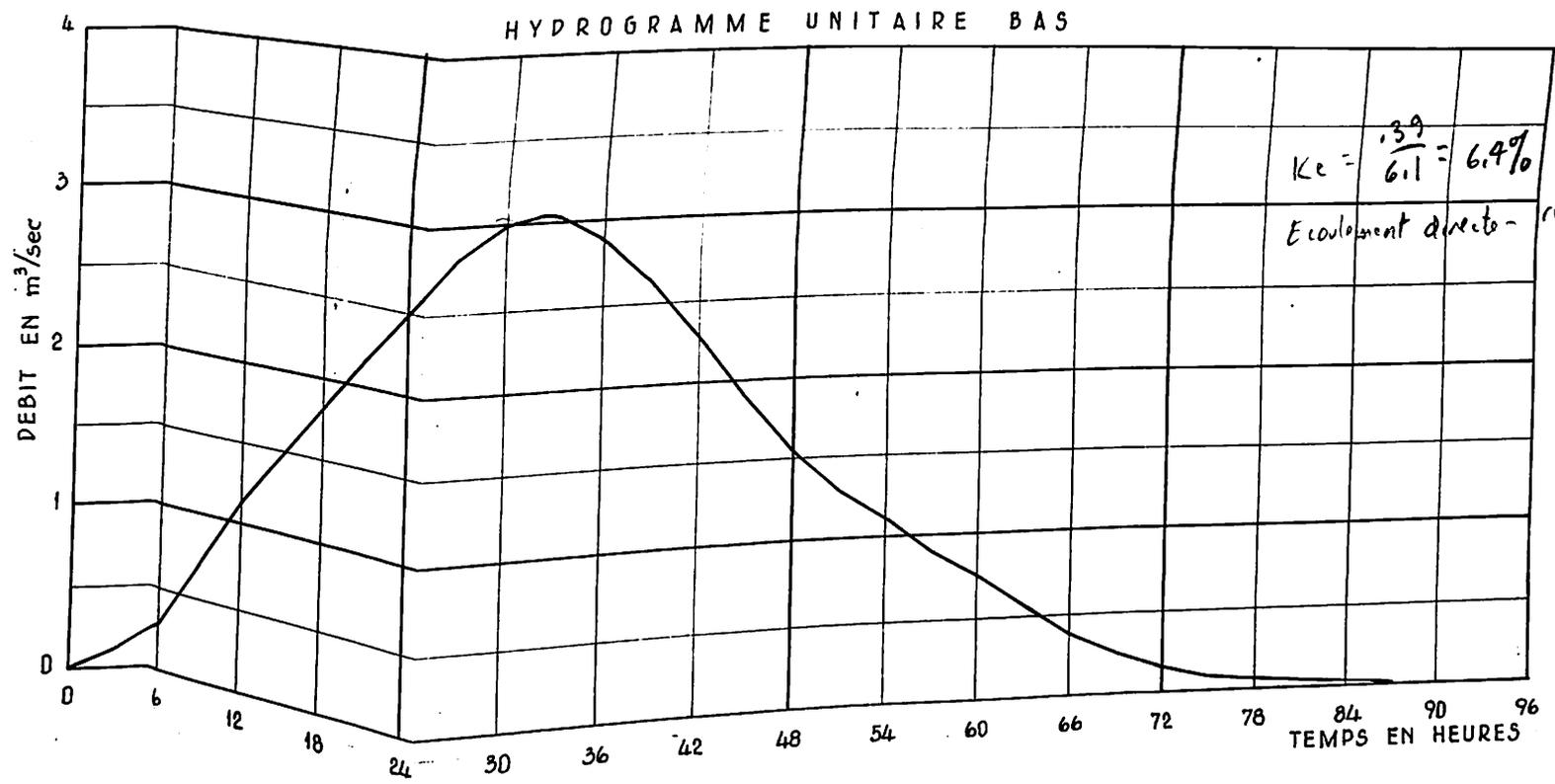


FIG. 5

Afin de mieux pouvoir comparer ces deux hydrogrammes unitaires entre eux, les débits sont divisés par la superficie du bassin versant qui a contribué au débit. Il ressort de la figure 6 que les hydrogrammes unitaires par unité de surface sont dans les deux cas pratiquement identiques. L'écart entre la haute et la basse onde de crue est uniquement causé par la modification du comportement hydrologique des sols bas.

Sur la figure 4 se trouvent, outre les débits mesurés, les débits calculés à l'aide des hydrogrammes unitaires selon la figure 5. Les ondes de crue calculées reproduisent assez bien l'évolution du débit réel. Il y a évidemment des écarts, d'une part ceux qui résultent des écarts dans les conditions d'application de la théorie de l'hydrogramme unitaire (dispersion non entièrement uniforme des précipitations, par exemple) et d'autre part, ceux qui, lors de la séparation en parties des ondes de crue, sont dus aux irrégularités du processus de débit. Essayer d'obtenir une meilleure concordance a néanmoins peu de sens étant donné que ce n'est pas la relation entre précipitation et débit à Tanbakouta qui est le but final des calculs mais la détermination des niveaux d'eau après fermeture des vallées, et que, pour pouvoir déterminer les niveaux d'eau avec une précision raisonnable, la précision qui est atteinte pour les débits se trouve suffisante.

Les hydrogrammes unitaires trouvés ont encore été testés d'après les deux autres ondes de crue mesurées en 1963 et d'après les deux ondes de crue mesurées en 1962. Bien que la pluie ait été moins régulièrement dispersée que lors des ondes d'août, il apparaît que l'onde de crue du 21 - 24 septembre 1963 montre une assez bonne concordance avec la basse onde de crue, tandis que l'onde de crue du 1 - 10 octobre 1963 peut être expliquée par la haute onde de crue. En outre, il est apparu que la haute onde de crue concorde de façon satisfaisante avec les deux ondes de crue mesurées en 1962 et utilisées dans les rapports précédents.

HYDROGRAMMES UNITAIRES A TANBAKOUTA
D'UNE PLUIE DE 100 mm EN 24 HEURES

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \sum 6H \\ &= \frac{1}{2} (90) \times 60 \div 24 \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

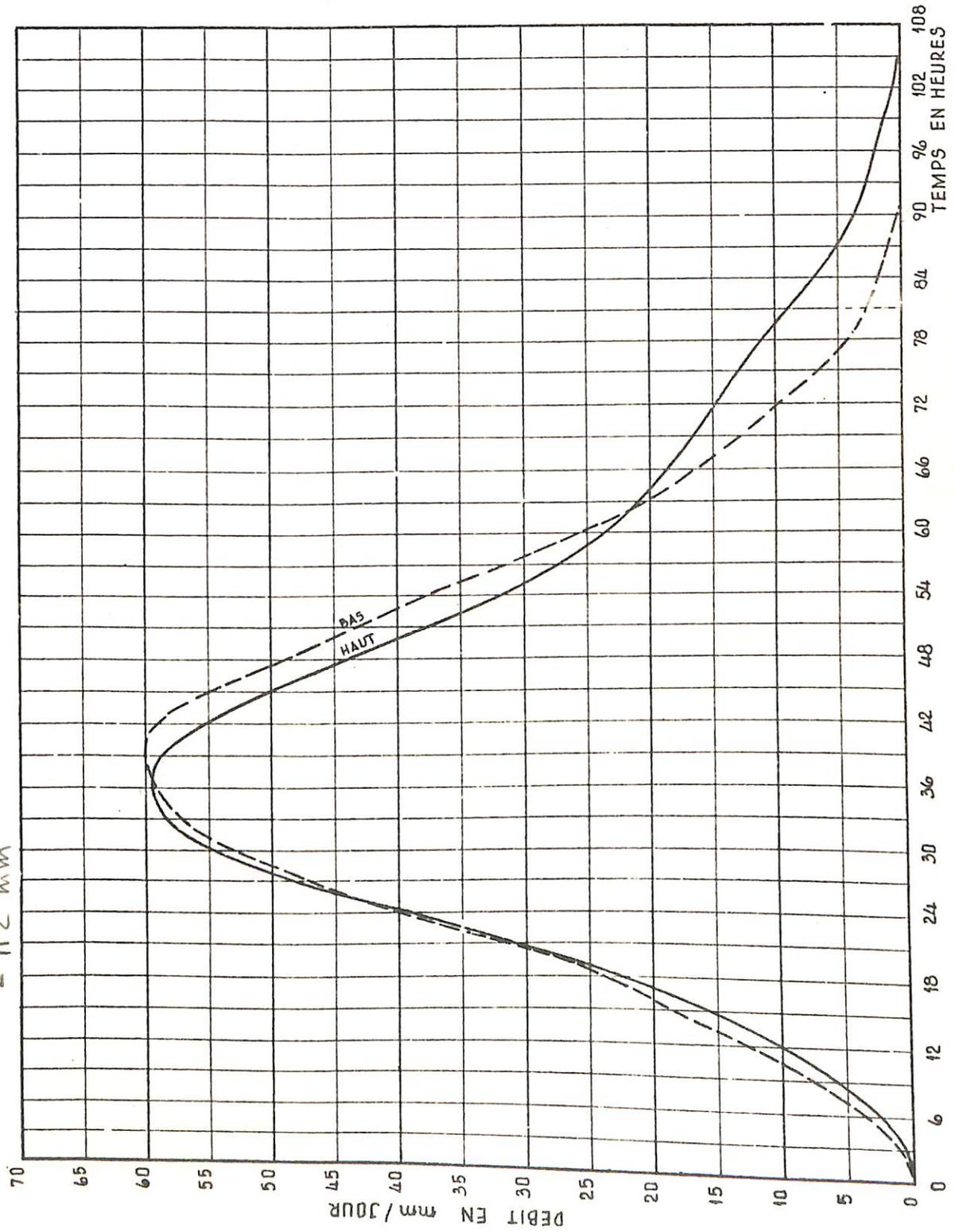


FIG. 6

L'on peut donc conclure de ce qui précède que le débit de la vallée de Niassa à Tanbakouta peut être expliqué à l'aide de l'hydrogramme unitaire par unité de surface selon la figure 6, la superficie hydrologique des sols bas pouvant néanmoins varier. Les sols élevés donnent un débit de base de $1 \text{ m}^3/\text{sec}$, le choix d'une superficie de sols élevés plus grande ou quelque peu plus faible présentant peu d'importance. Afin de simplifier, il sera pris en compte une superficie de sols élevés constante de 6200 ha.

2.3-4. La détermination des débits fluviaux des vallées entières

Le débit des vallées à l'endroit des digues de fermeture, où il se trouve donc influencé par le mouvement des marées, a été approché de deux manières. En premier lieu, on a essayé de déduire des hydrogrammes unitaires de Tanbakouta, des hydrogrammes unitaires pour Médina et Niaguiss, par extrapolation vers un bassin versant plus grand. En second lieu, l'on a réussi à éliminer du débit mesuré à Médina pendant la période 10 - 14 août 1963 les influences de la marée de sorte que reste uniquement le débit fluvial. Ces débits nous ont permis d'apporter à l'hydrogramme unitaire extrapolé à partir de Tanbakouta pour Médina, les corrections que nécessitaient les influences non encore prises en compte. Pour Niaguiss, les jaugeages effectués pendant 14 jours ne pouvaient pas être utilisés avec le même succès par suite des faibles précipitations et de la période de sécheresse qui avait précédé. Seul le premier procédé d'approximation a été employé pour Niaguiss.

La déduction de l'hydrogramme unitaire pour les vallées entières de Niaguiss et de Guidel a été faite de la façon suivante.

Il a été supposé que les sols bas dans les vallées se comportent hydrologiquement de la même manière que ceux situés en amont de Tanbakouta et que seule est modifiée la superficie des sols bas de vallée à Médina et à Niaguiss. En outre, il a été tenu compte du temps de propagation des ondes de crue, c'est à dire du temps qui est nécessaire aux ondes de crue pour parcourir la distance entre le point situé le plus en amont et le point considéré du bassin ver-

sant. Ce temps est plus long pour Médina et pour Niaguiss que pour Tanbakouta. Les seuls changements à apporter à l'hydrogramme unitaire pour Médina et pour Niaguiss seront la modification de la superficie des sols bas et la modification du temps de propagation de l'onde de crue. Le temps de propagation se trouve représenté sur l'hydrogramme unitaire par le temps écoulé entre la fin de la pluie et la fin de l'onde de crue.

La transformation de l'hydrogramme unitaire d'une région pour une autre peut le mieux se faire au moyen de l'hydrogramme en S, qui n'est autre chose que la courbe ascendante de l'hydrogramme unitaire d'une averse d'une durée égale à celle du temps de propagation de l'onde ou d'une durée plus longue. L'on obtient l'hydrogramme en S pour une averse d'une intensité de 100 mm en 24 heures en superposant les uns sur les autres suffisamment d'hydrogrammes unitaires de 100 mm en 24 heures pour que soit enfin atteint un débit constant dans le temps. L'hydrogramme en S pour Tanbakouta peut être utilisé sans modification de forme pour tout autre endroit, à condition que l'on modifie les échelles des temps et du débit. Si le bassin versant de référence a une superficie A_1 et le nouveau bassin versant une superficie A_2 , les débits de l'hydrogramme en S doivent être multipliés par A_1/A_2 pour obtenir ceux de la région A_2 et l'échelle des débits doit être modifiée en proportion du temps de propagation des ondes de crue. La proportion à prendre est celle qui existe entre les distances parcourues. Si le chemin à parcourir est L_1 dans le bassin versant de référence et L_2 dans le nouveau bassin versant, les temps de l'hydrogramme en S doivent alors être multipliés par L_2/L_1 . A partir de l'hydrogramme en S obtenu pour le nouveau bassin versant de la façon décrite, on peut alors déduire l'hydrogramme unitaire pour l'intensité valable pour l'hydrogramme en S correspondant, soit de 100 mm en 24 heures par exemple. Ceci se fait en déterminant la différence entre les ordonnées de deux hydrogrammes en S qui sont déplacés entre eux sur une distance de 24 heures.

Dans ce qui précède, la transformation d'un hydrogramme unitaire pour un autre versant a été faite en tenant compte de la modification de la superficie du bassin versant et du temps de

propagation de l'onde, étant supposé que l'influence de l'accroissement de la superficie du bassin versant avec le temps de propagation de l'onde est linéaire. S'il n'en est pas ainsi, l'on pourra s'attendre à des écarts. Dans le cas de la vallée de Niassa, l'accroissement de la superficie des sols bas avec la distance parcourue est plus que linéaire et pour cette raison les parties de sols bas situés tout près de Médina contribueront plus vite au débit à Médina que ne le montrerait l'hydrogramme unitaire. L'hydrogramme unitaire pour Médina doit donc être encore corrigé afin de tenir compte de l'accroissement plus que linéaire du bassin versant. Les jaugeages effectués dans la région soumise aux marées à Médina rendent cette correction possible. Pour la vallée de Guidel, l'accroissement de la superficie des sols bas avec la distance parcourue est à peu près linéaire et l'on pourra sans inconvénients conserver l'extrapolation faite à partir de Tanbakouta pour le bassin versant entier de la vallée de Guidel à Niaguiss.

2.3.5.

Le débit de la vallée de Niassa à Médina

Pendant la période allant du 11 août au 24 août 1963 compris, des jaugeages continus ont été effectués à Médina. Le but de ces jaugeages dans la région soumise à la marée était, outre l'obtention de renseignements nécessaires pour les calculs de la marée, la détermination du débit total du bassin versant entier sur un temps plus long sans influence de la marée, et si possible aussi, la détermination de la répartition du débit fluvial sur ce même temps. On trouvera à l'annexe 2 les volumes des flux et reflux successifs mesurés pendant la dite période ainsi que la pluie nette sur le bassin versant entier.

Le débit total dans la période indiquée donne la possibilité de déterminer la superficie des sols bas. Deux problèmes se posent alors. Premièrement, savoir quelle quantité de pluie correspond à un certain débit, et secondement, savoir quelle précipitation moyenne sur les bas sols de vallée doit être prise en compte car cette précipitation dépend de la répartition des sols dans la vallée. La précipitation indiquée dans l'annexe 2 est en effet obtenue par la méthode Thiessen en tenant compte des superficies totales en

sols bas et hauts.

Le premier problème peut être résolu en examinant à l'aide de l'hydrogramme unitaire extrapolé quelle précipitation a pu s'écouler dans le temps dont il s'agit et quelle ne l'a pas pu.

Le deuxième problème est résolu en partant d'une superficie de sols bas que l'on a adoptée et en arrivant par approximations successives à la superficie exacte. Il apparaît qu'une pluie nette de 187 mm sur les sols bas de vallée a donné un débit total de 17.000.000 m³, y compris un débit de base des sols élevés égal à celui à Tanbakouta par unité de surface, à savoir 1 m³/sec par 6200 ha. L'on obtient ainsi dans la vallée de Niassa en amont de Médina une superficie de 7100 ha en sols bas de vallée et une superficie de 19.100 ha en sols élevés. Dans les rapports précédents, l'on avait trouvé, sur la base de considérations topographiques, une superficie de 6200 ha de sols bas de vallée. Maintenant, sur la base des jaugeages il est trouvé une superficie de 7100 ha.

Cette différence entre les superficies trouvées signifie que 6200 ha de sols bas de vallée sont toujours encore présents mais que le débit de la région est tel que l'onde de crue - c'est à dire le débit rapide qui se produit dans la partie de la vallée drainée par de petits chenaux - est provoqué par la pluie sur une région d'une superficie de 7100 ha. Superficies topographique et hydrologique ne sont pas nécessairement égales. Il s'avère qu'une petite partie des sols élevés véritablement présents appartient hydrologiquement aux sols bas.

L'établissement de l'hydrogramme unitaire pour Médina présente encore une difficulté. Pour Tanbakouta il a été constaté une possibilité de modification du comportement hydrologique des sols bas, modification qui peut être portée en compte en augmentant ou en réduisant la superficie qui contribue au débit. La question se pose maintenant de savoir si pour Médina également de semblables modifications pourront se produire dans le comportement hydrologique des sols bas. Il semble très vraisemblable que ce sera aussi le cas. Néanmoins, il semble douteux que la superficie à prendre en compte puisse être plus grande que celle trouvée à partir des mesures effectuées. Etant donné qu'une grande superficie de sols bas donne de hauts débits et qu'une superficie plus faible en donne de moins hauts, on peut en toute sécurité conserver la superficie de 7100 ha pour les

sols bas de vallée et pour cette superficie, déduire l'hydrogramme unitaire à Médina de celui de Tanbakouta. Il est sans importance que soit utilisé le haut ou le bas hydrogramme unitaire de Tanbakouta car l'un et l'autre donnent pratiquement les mêmes débits par unité de surface. L'hydrogramme unitaire pour une pluie de 100 mm en 24 heures a été déterminé à l'aide de la méthode exposée dans le paragraphe 2.3.4. (voir figure 7).

Ainsi que déjà constaté au paragraphe 2.3.4., l'accroissement du bassin versant de la vallée de Niassa étant supérieur à celui de la distance parcourue à partir du point le plus éloigné de la vallée, l'on peut s'attendre à ce que des corrections soient probablement nécessaires pour parvenir à l'hydrogramme unitaire exact pour Médina. La pointe de l'hydrogramme unitaire doit se produire plus tôt et doit être aussi légèrement surélevée. Par essais successifs, en partant des débits à Médina selon la figure 8 dont l'influence de la marée est éliminée, l'on a fixé la forme exacte de l'hydrogramme unitaire à Médina. L'hydrogramme unitaire corrigé est représenté à la figure 7 ainsi que l'hydrogramme unitaire extrapolé à partir des jaugeages de Tanbakouta.

Le figure 8 donne, outre le débit fluvial tiré des jaugeages, les débits calculés à l'aide de l'hydrogramme unitaire corrigé. La première onde de crue correspond de façon assez satisfaisante à l'onde de crue calculée. L'on constate quelques écarts, qui peuvent être expliqués par de petites irrégularités dans la dispersion de la précipitation. La seconde onde de crue néanmoins est provoquée par une précipitation très irrégulièrement dispersée, dont le centre de gravité s'est trouvé tout près de Médina. Pour cette raison, la pointe se produit plus tôt et le débit maximal est beaucoup plus fort que ne le serait le débit calculé. Etant donné cependant que lors de la détermination des débits fluviaux par fortes précipitation l'on part d'une forte précipitation régulièrement dispersée, l'on peut ici conserver pour Médina l'hydrogramme unitaire qui a été fixé.

A l'aide de cet hydrogramme unitaire corrigé, l'on peut déterminer les hydrogrammes afférents aux hyétogrammes déjà cités à 2.2.3. De même que dans le rapport précédent, ceci a été

VALLEE DE NIIASSA
HYDROGRAMMES UNITAIRES A MEDINA
D'UNE PLUIE DE 100 mm EN 24 HEURES

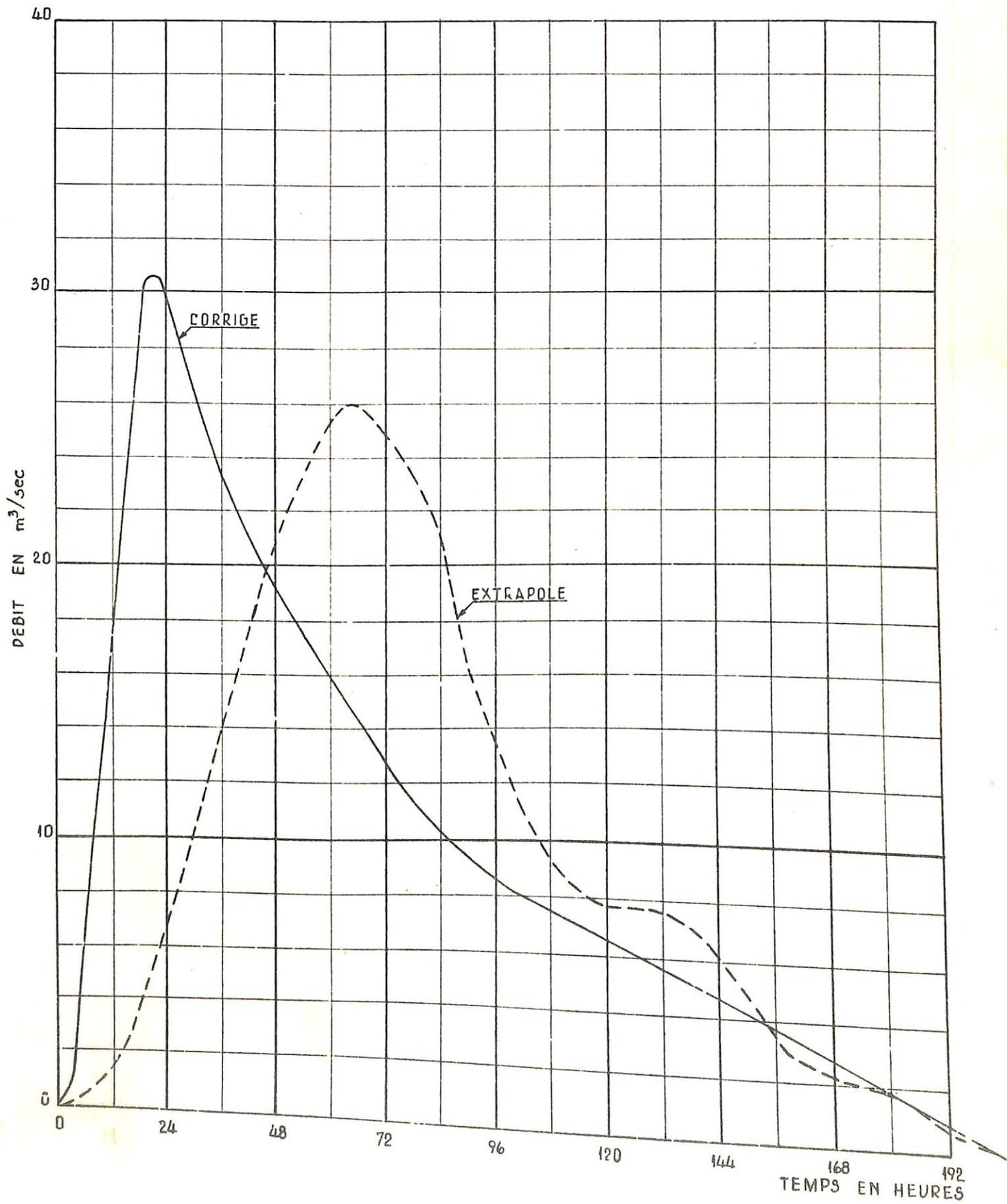


FIG. 7

VALLEE DE NIIASSA
DEBIT MESURE ET CALCULE A MEDINA
10 - 14 AOÛT 1963

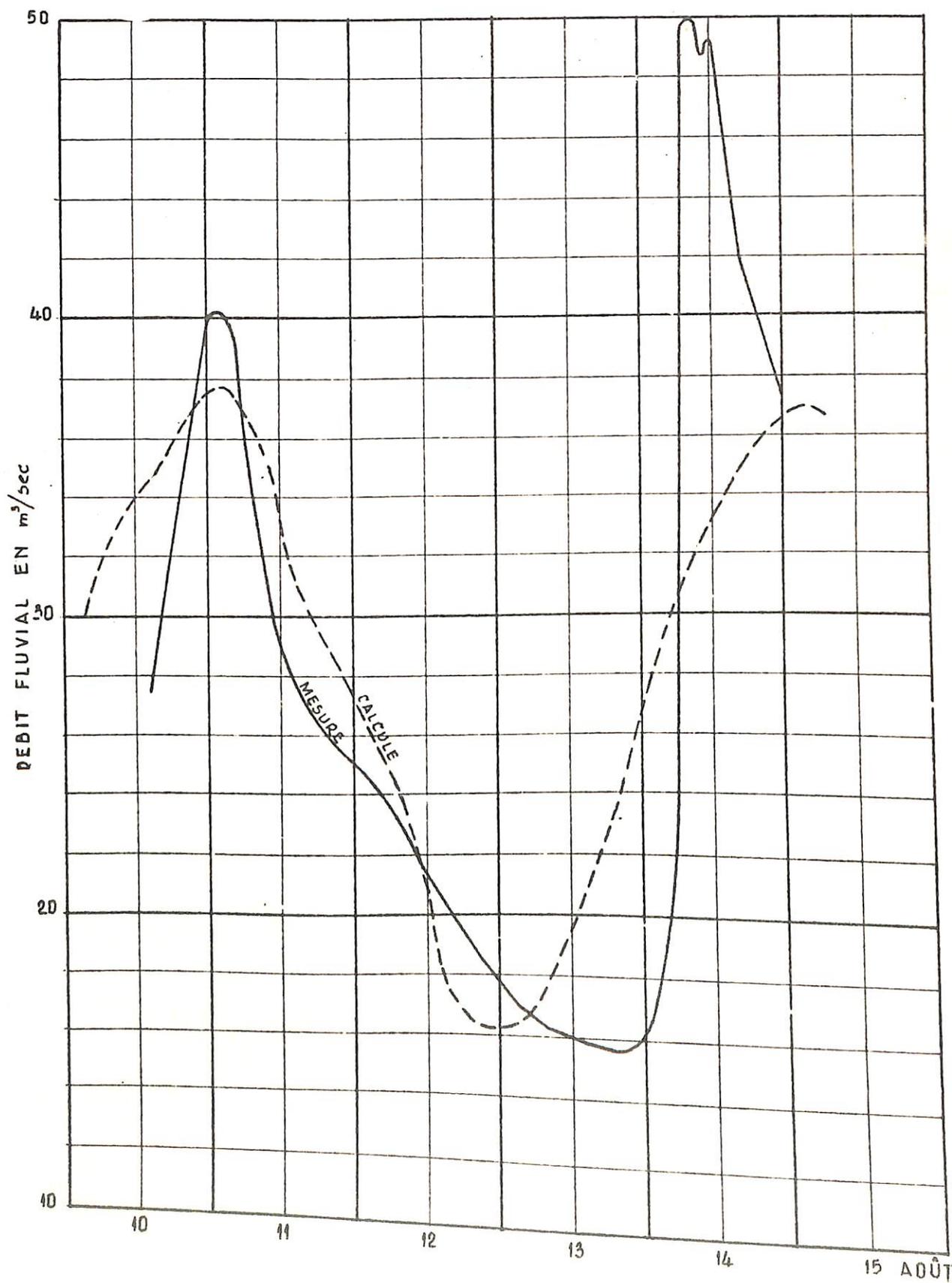


FIG 8

fait pour l'hyétogramme I par un temps de récurrence de 10 ans et pour l'hyétogramme II par des temps de récurrence de 3, 5 et 10 ans.

L'on peut poser en principe général que le débit dépend non seulement de la pluie, qui provoque le débit, mais aussi de l'état du sol résultant de la pluie précédente. On ne peut donc pas purement et simplement considérer que telle fréquence de pluie donne toujours le même débit. Néanmoins, pour les débits qui nous intéressent ici, la forte précipitation aura été précédée par une période pluvieuse et le sol sera déjà bien imbibé d'eau.

Dans de semblables conditions, l'on peut considérer, que la fréquence de pluie provoque approximativement la même fréquence du débit. Les courbes de débit sont données à la figure 9. Une comparaison avec les hydrogrammes correspondants qui se trouvent dans le précédent rapport montre que les débits n'ont pas beaucoup changé.

2.3.6.

Le débit fluvial de la vallée de Guidel à Niaguiss

Le débit de la vallée de Guidel a été déterminé de la même manière que celui de la vallée de Niassa. Des jaugeages continus ont été effectués à Niaguiss dans la période du 31 août au 13 septembre 1963 compris. Les débits étaient assez bas par suite de faibles précipitations et ces jaugeages n'ont donc donné aucune possibilité d'éliminer l'influence de la marée. Dans la période mentionnée, le débit total a été de 5.876.000 m³ pour une pluie nette de 116 mm. L'on se reportera à l'annexe 3 pour les volumes mesurés de flux et de reflux. A l'aide de la même méthode que pour la vallée de Niassa, l'on arrive ici à une superficie de 3400 ha de sols bas et à 9800 ha de sols élevés. Dans le rapport tome 4 volume 2, la superficie déterminée pour les sols bas à partir des données topographiques se montait à 2200 ha. Il paraît très improbable que la superficie des sols bas au point de vue hydrologique puisse être encore supérieure à 3400 ha, de sorte que cette superficie a été maintenue pour les calculs ultérieurs. L'hydrogramme unitaire obtenu sur la base de cette superficie est représenté à la figure 10 et les hydrogrammes qui en ont été déduits se trouvent à la figure 11. Les

VALLEE DE NIASSA
 DEBITS FLUVIAUX LES PLUS DEFAVORABLES A MEDINA

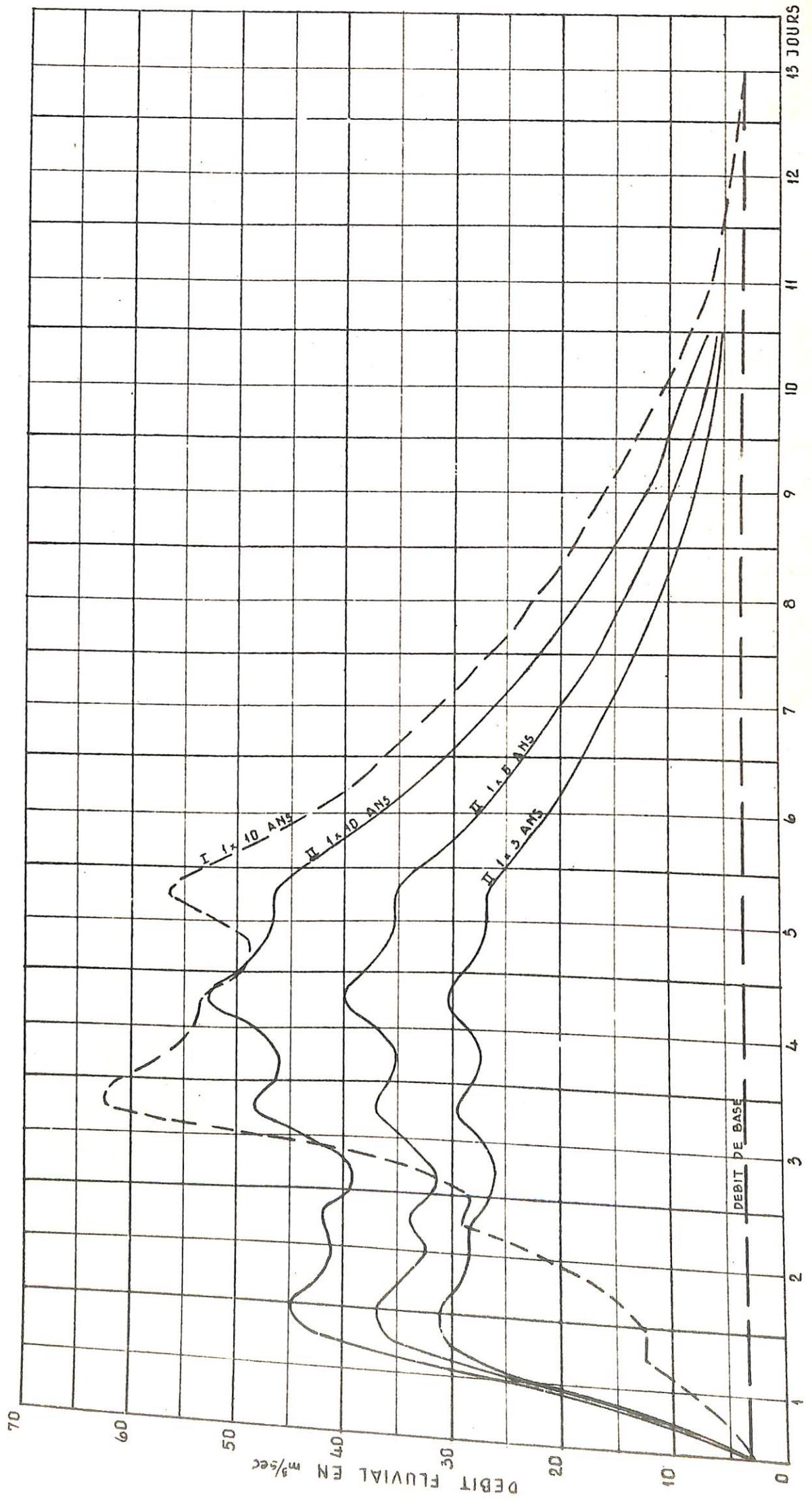


FIG. 9

VALLEE DE GUIDEL
HYDROGRAMME UNITAIRE A NIAGUISS
D'UNE PLUIE DE 100 mm EN 24 HEURES

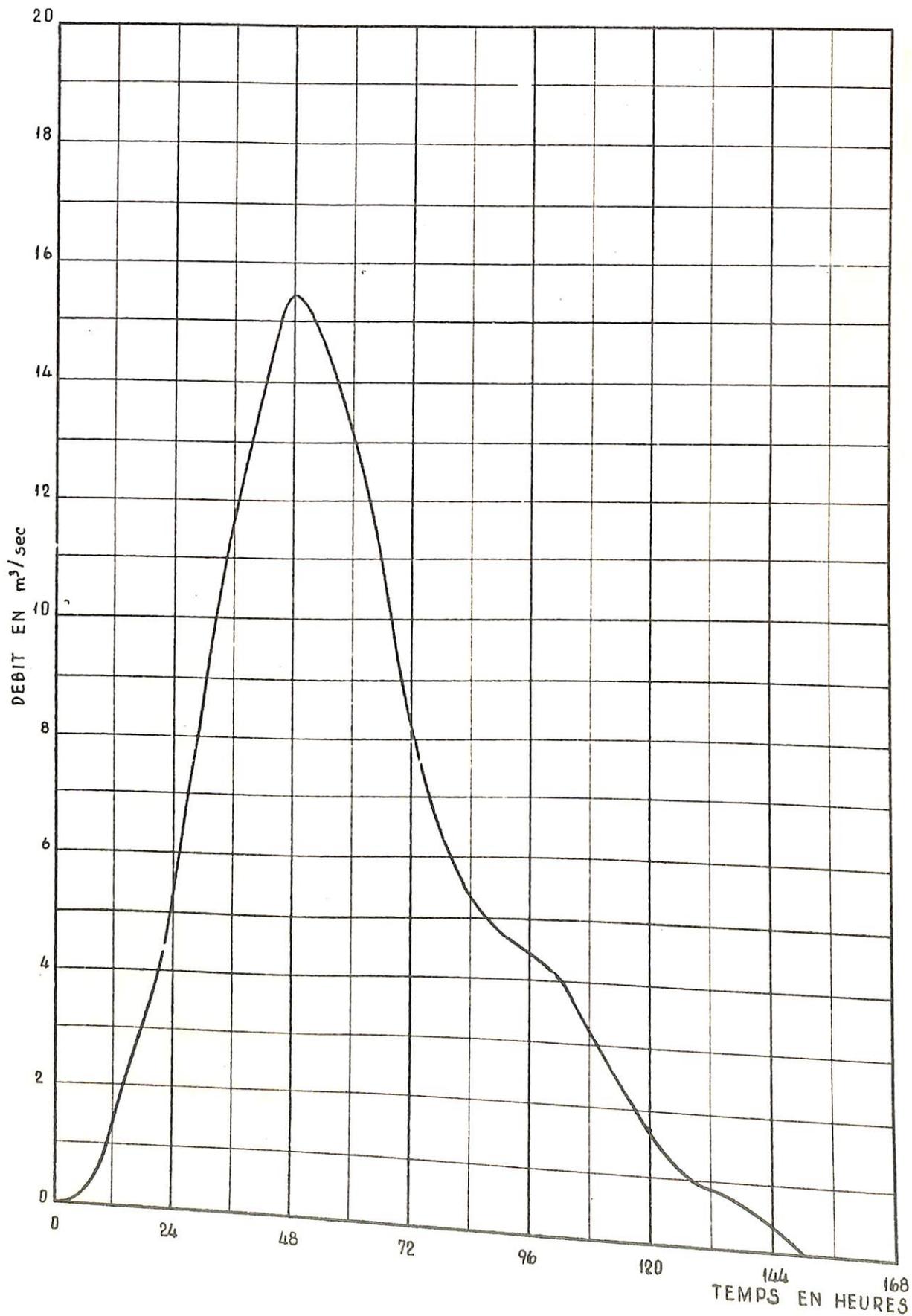


FIG. 10

VALLEE DE GUIDEL
 DEBITS FLUVIAUX LES PLUS DEFAVORABLES
 A NIAGUISS

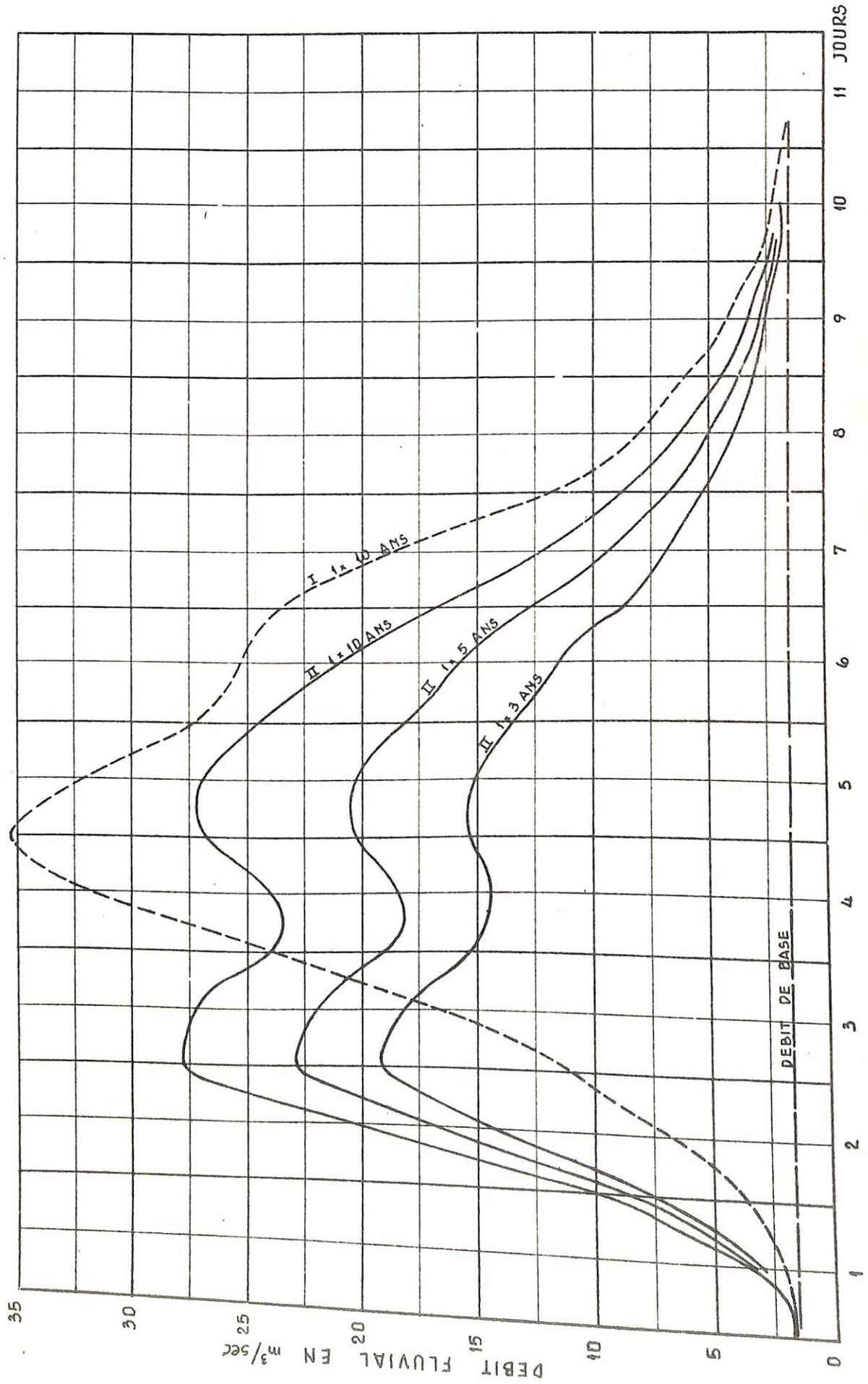


FIG. 11

débits de la vallée de Guidel sont devenus légèrement plus élevés que dans les rapports précédents.

2.4. Résumé

a. La pluviosité dans la période des pluies de 1963 a été anormale à beaucoup de points de vue, avec de fortes précipitations en juillet et octobre et de faibles précipitations en août et septembre. Les lectures faites dans les 11 pluviomètres placés spécialement à cette fin dans les vallées font ressortir que la moyenne des précipitations dans les deux vallées présente une bonne correspondance avec la pluviosité à Ziguinchor. Les hyétogrammes défavorables du tableau 15 du rapport tome 4 volume 2 sont utilisés pour la détermination des hauts débits.

b. La relation entre pluie et débit est déterminée pour le bassin versant dans la vallée de Niassa en amont de Tanbakouta. Il ressort des jaugeages que le comportement hydrologique des sols bas de vallée est variable. Cette variabilité du comportement peut être prise en compte en augmentant ou en réduisant la superficie des bas sols de vallée.

Les sols bas donnent un rapide écoulement des pluies selon les hydrogrammes unitaires par unité de surface de la figure 6. Les sols élevés donnent un débit de base constant de $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ par 6200 ha.

c. Les jaugeages à Médina montrent que lors de fortes pluies, la vallée de Niassa présentera un débit qui peut être déterminé en additionnant le débit des sols de vallée hydrologiquement bas dont la superficie est de 7100 ha et celui des sols élevés dont la superficie est de 19.100 ha. L'hydrogramme unitaire pour la détermination du débit fluvial des sols bas a été établi par extrapolation de l'hydrogramme unitaire de Tanbakouta pour la région plus grande à Médina, une modification basée sur les jaugeages de Médina a été apportée dans la courbe par suite des facteurs qui n'avaient pas encore été pris en compte. L'hydrogramme unitaire extrapolé et modifié se trouve à la figure 7. Les sols élevés donnent un débit de base de $1 \text{ m}^3/\text{sec}$ par 6200 ha. A la figure 9 sont représentés les débits qui se produiront par les hyétogrammes défavorables cités sous a.

d. Il ressort des jaugeages a Niaguiss que le débit fluvial de la vallée de Guidel peut être expliqué à cet endroit en adoptant ici une superficie de 3400 ha de sols de vallée hydrologiquement bas et une superficie de 9800 ha de sols élevés. L'hydrogramme unitaire pour la détermination du débit fluvial des sols bas a été trouvé, de même que pour la vallée de Niassa, par extrapolation de l'hydrogramme de Tanbakouta vers le bassin versant plus grand de Niaguiss. Il n'y avait ici aucune raison de modifier de nouveau l'allure de la courbe. La figure 10 donne l'hydrogramme unitaire pour Niaguiss. Les sols élevés donnent également ici un débit de base de 1 m³/sec par 6200 ha. La figure 11 donne les débits fluviaux totaux de la vallée de Guidel à Niaguiss par les hydrogrammes défavorables cités sous a.

CHAPITRE 3

MOUVEMENT DES MAREFS

3.1. Introduction

Le mouvement de l'eau, dans une grande partie des vallées, est déterminé non seulement par le débit fluvial mais également par le mouvement des marées qui se propage de la mer vers l'amont dans les marigots.

C'est pourquoi il est fait ici, une distinction, déjà mentionnée au chapitre 2, entre débit, c'est à dire le débit qui se produit dans la réalité sous l'influence des marées, et débit fluvial, c'est à dire, le débit dont on a éliminé l'influence des marées.

La marée à l'embouchure du marigot peut être considérée comme indépendante du débit fluvial, mais plus on pénètre dans les terres, plus forte est relativement l'influence de ce débit fluvial vis-à-vis des courants de marée maximaux. Ainsi, comme on a déjà pu le voir au chapitre précédent, aucune influence des marées ne peut être constatée à Tanbakouta, mais à Niaguiss et à Médina l'on se trouve en présence d'une influence combinée de la marée et du débit fluvial.

Le but de l'examen discuté dans ce chapitre est de déterminer les facteurs qui, outre le débit fluvial, influent sur ce mouvement des marées. Il faut compter parmi ces facteurs divers paramètres tels que dimensions des marigots, coefficient de rugosité et stockage de la cuvette. Les valeurs des paramètres trouvées dans le rapport tome 4 volume 2 seront testées d'après les données recueillies en 1963 et seront éventuellement modifiées. A cette fin sont effectués des calculs de contrôle basés sur des mouvements d'eau connus.

Outre l'examen de la situation actuelle, il faut chercher un endroit où la marée puisse servir de condition limite dans les calculs se rapportant à la situation future, lorsque les vallées seront fermées au moyen d'une digue et que leurs eaux excédentaires se déchargeront dans la partie ouverte des marigots au moyen d'une écluse. L'exigence posée à cet endroit est donc que la modification des circonstances y aura une influence négligeable.

3.2. Données

Les niveaux d'eau ont été mesurés à un certain nombre d'endroits à l'aide de limnigraphes ou d'échelles limnimétriques, Le tableau 4 donne les niveaux d'eau dont on dispose. Les mesures faites avec les limnigraphes sont continues, mais il y a parfois quelques lacunes dues à un fonctionnement défectueux des appareils; pour les échelles limnimétriques, les lectures n'ont été effectuées que de jour.

Tableau 4Emplacement et Période des Mesures de niveaux d'eau

Vallée Emplacement de	période des mesures	
	avec échelle limnimé- trique	avec limnigraphe
Niassa Kámobeul Pirogue	10 août 63-27 août 63	21 sept.62-24 juin 64
Médina	29 juillet 63-27 août 63	20 sept.62- 1 juillet 64
Bafikané	30 juillet 63- 1 sept. 63	-
Etomé	30 juillet 63- 1 sept.63	-
Ebouné	10 mai 63- 1 sept.63	17 avr. 63-28 juin 64
Tanbakouta	20 juillet 63- 1 nov. 63	7 août 63-11 oct. 63
-----	-----	-----
Guidel Niaguiss	29 août 63-14 sept.63	21 sept.62-27 juin 64
Soukouta	28 juin 63- 1 oct. 63	-
Guidel	25 juin 63- 2 oct. 63	-

Sur la figure 1 se trouvent indiqués les emplacements des limnigraphes et des échelles limnimétriques. Il serait de peu d'intérêt de reproduire entièrement dans ce rapport les très nombreuses observations qui constituent le matériel de base. Le tableau 5 représente les niveaux d'eau les plus caractéristiques, à savoir, les niveaux par hauts et par bas débits, ces derniers par vive-eau (en face de 1 dans le tableau), par marée moyenne (2) et par morte-eau (3). Lors des hauts débits, l'influence du débit fluvial est telle que cette distinction ne peut pas être faite. A Bafikané, Etomé, Soukouta et Guidel, aucun niveau d'eau n'a été mesuré par bas débits. Tanbakouta se trouve en

dehors de la région soumise à l'influence des marées. De plus, seuls seront donnés ici les niveaux d'eau se rapportant aux périodes pendant lesquelles des jaugeages ont été également effectués.

Tableau 5

Haute mer et basse mer en m + M.P.P.

	haute mer		basse mer		
	hauts débits	bas débits	hauts débits	bas débits	
<u>Vallée de Niassa:</u>					
Kamobeul Pirogue	1.	} 1.70 à 1.75	1.65	} 1.15 à 1.20	0.51
	2.		1.52		0.73
	3.		1.40		0.94
Médina	1.	} 1.75 à 1.80	1.54	} 1.55 à 1.60	0.60
	2.		1.44		0.82
	3.		1.34		1.04
Bafikané		1.80 à 1.85	-	1.65 à 1.70	-
Etomé		1.85 à 1.90	-	1.75 à 1.80	-
Ebouné	1.	} 1.90 à 1.95	1.50	} 1.80 à 1.85	0.73
	2.		1.42		0.88
	3.		1.35		1.02
Tanbakouta		2.40 à 2.45	1.90	2.40 à 2.45	1.90
<u>Vallée de Guidel:</u>					
Niaguiss	1.	} 1.65 à 1.70	1.40	} 1.30 à 1.35	0.71
	2.		1.32		0.85
	3.		1.25		1.01
Soukouta		1.70 à 1.75	-	1.65 à 1.70	-
Guidel		2.10 à 2.15	-	1.90 à 1.95	-

Des jaugeages continus ont été faits dans la vallée de Niassa à Médina, du 10 août au 25 août 1963, et à Kamobeul Pirogue les 16, 20 et 23 août 1963, seulement de jour pour le dernier lieu nommé. L'annexe 4 donne les niveaux d'eau de toutes les stations hydrométriques dans la vallée de Niassa du 10 août au 25 août 1963; les annexes 5 et 6 donnent les résultats des jaugeages effectués dans la

même période. Dans la vallée de Guidel, des jaugeages continus ont été effectués à Niaguiss du 30 août au 14 septembre 1963. L'annexe 7 donne les niveaux d'eau et l'annexe 8 les résultats des jaugeages dans la vallée de Guidel pendant la dite période.

Outre les niveaux d'eau et les débits, un certain nombre de profils transversaux ont été levés. L'annexe 9 donne une carte d'ensemble avec l'emplacement de ces profils transversaux, l'annexe 10 donne les profils transversaux eux-mêmes.

3.3. La marée dans la vallée de Niassa

3.3.1. Caractéristiques du marigot et calcul de contrôle

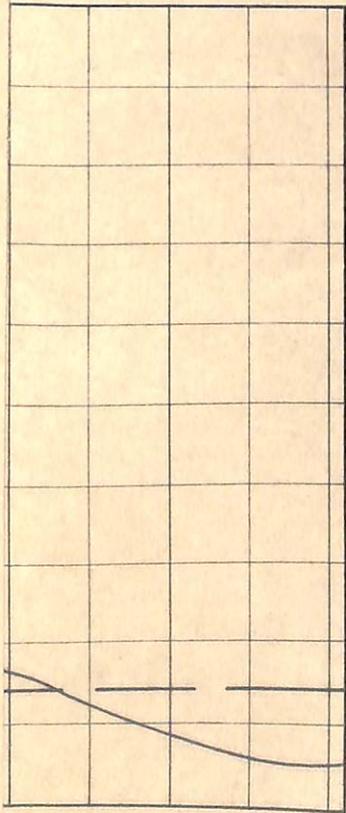
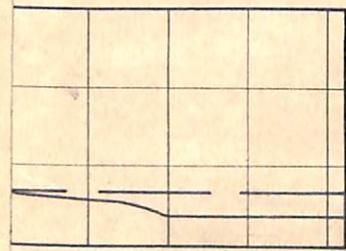
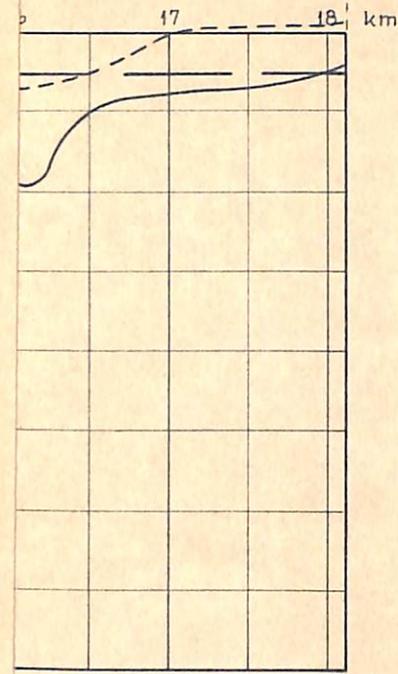
Les données recueillies au cours de la saison des pluies de 1963 donnent de l'influence du débit fluvial sur le mouvement des marées une image plus précise que celle qu'il avait été possible d'obtenir lors de l'élaboration des précédents rapports. Les profils longitudinaux et transversaux des marigots ont subi quelques modifications. Sur la figure 12 se trouve indiquée la schématisation du profil en long et des dimensions de la coupe transversale moyenne, nécessaire pour effectuer les calculs de marée. Les tronçons 1 à 3 compris sont restés identiques, comparés à ceux qui ont été établis d'après les données dont on disposait dans les rapports précédents; les tronçons 4 à 6 compris ont subi des modifications. Il a été également nécessaire de modifier le coefficient de Chezy de $50 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ en lui donnant la valeur de $60 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ pour les tronçons 1 à 3 compris, et de $45 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ pour les tronçons 4 à 6 compris.

Les figures 13 et 14 représentent la relation entre la superficie de la cuvette de stockage et le niveau de l'eau. La figure 15 indique cette même relation pour les divers tronçons. Il apparaît que la superficie de la cuvette de stockage est plus grande qu'il ne l'avait été supposé dans les rapports précédents. Ici également les superficies des cuvettes de stockage ne sont pas les mêmes dans les diverses régions au cours de la montée et de la descente des eaux par suite des phénomènes de retardement.

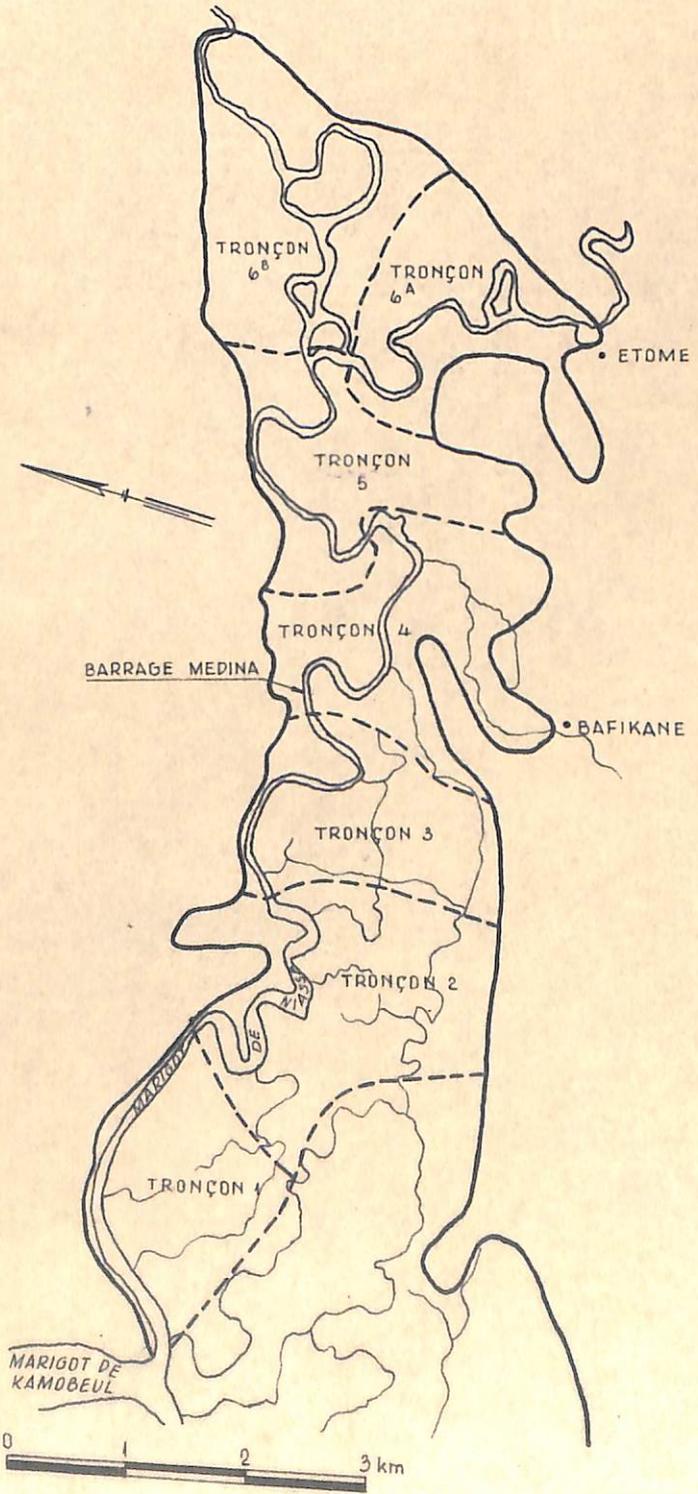
Des calculs de contrôle effectués à partir de la schématisation et des coefficients de rugosité adoptés, ainsi que de la marée et des

CARACTERISTIQUES DU MARIGOT DE NIIASSA

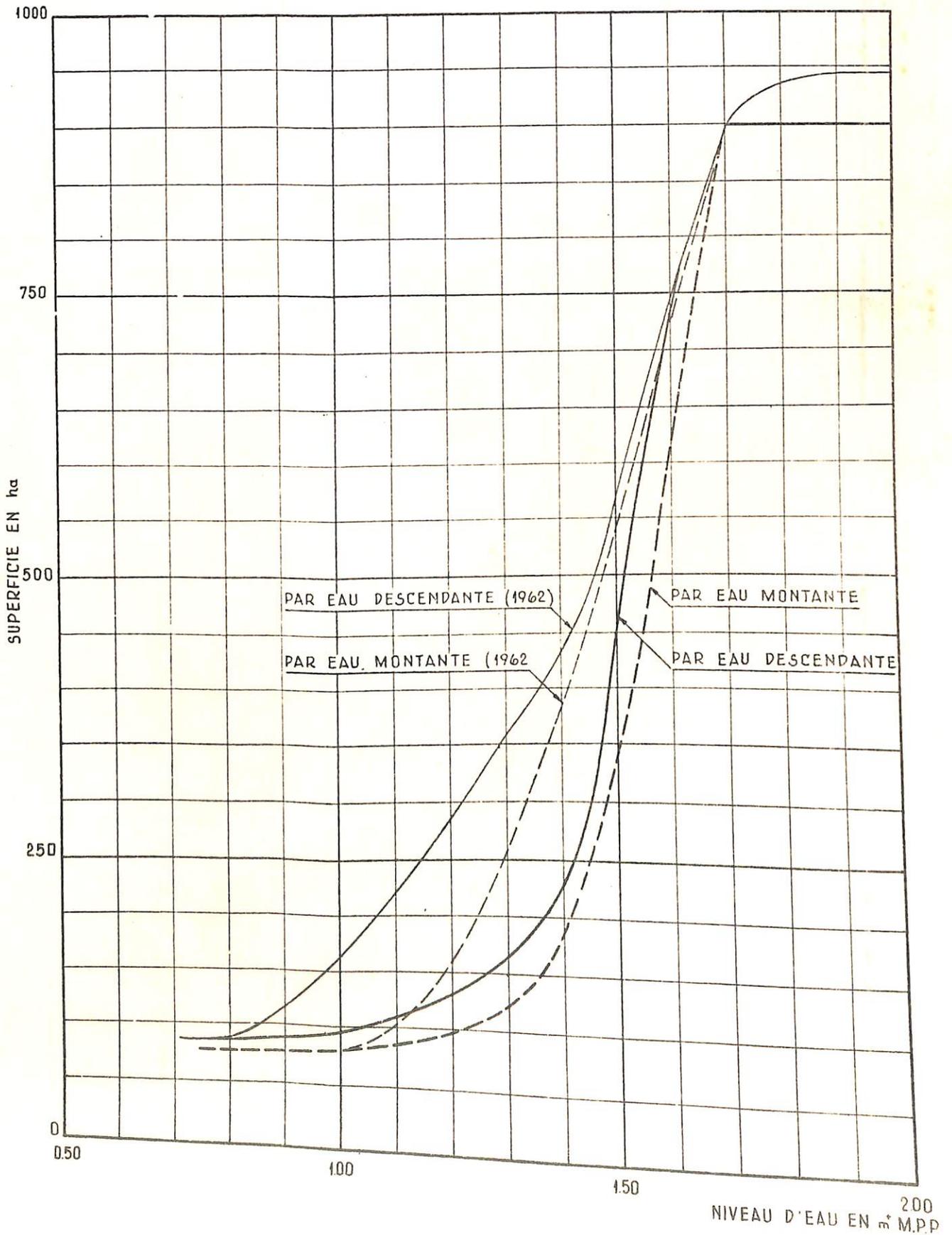
TRONÇON 6^B



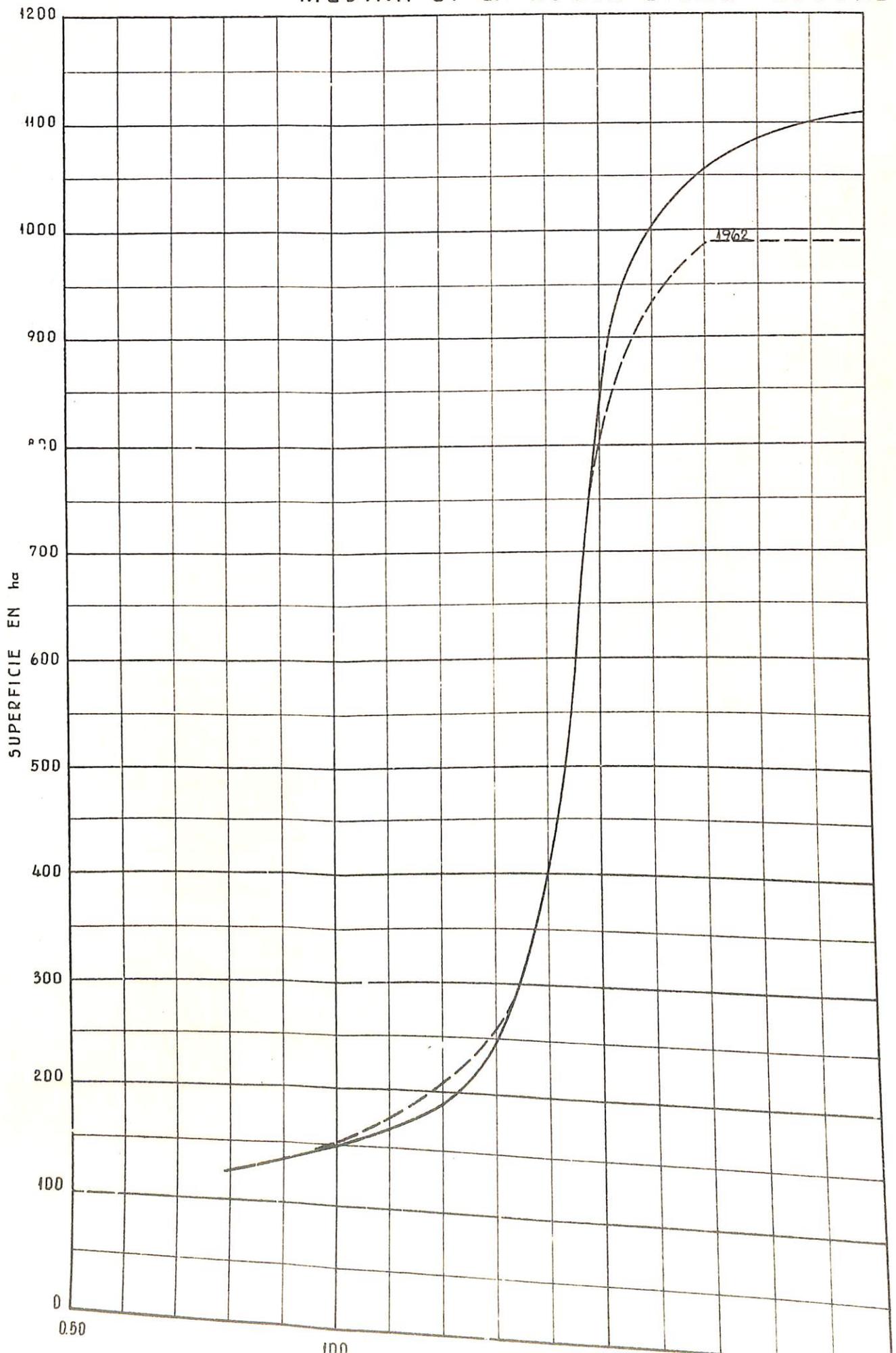
EBDUNE



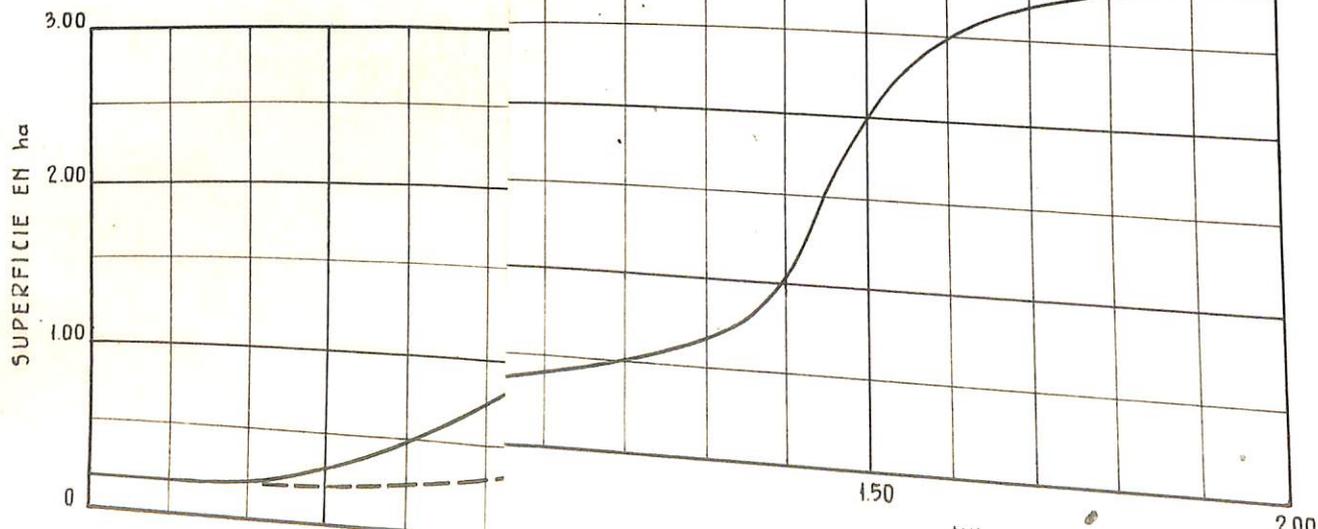
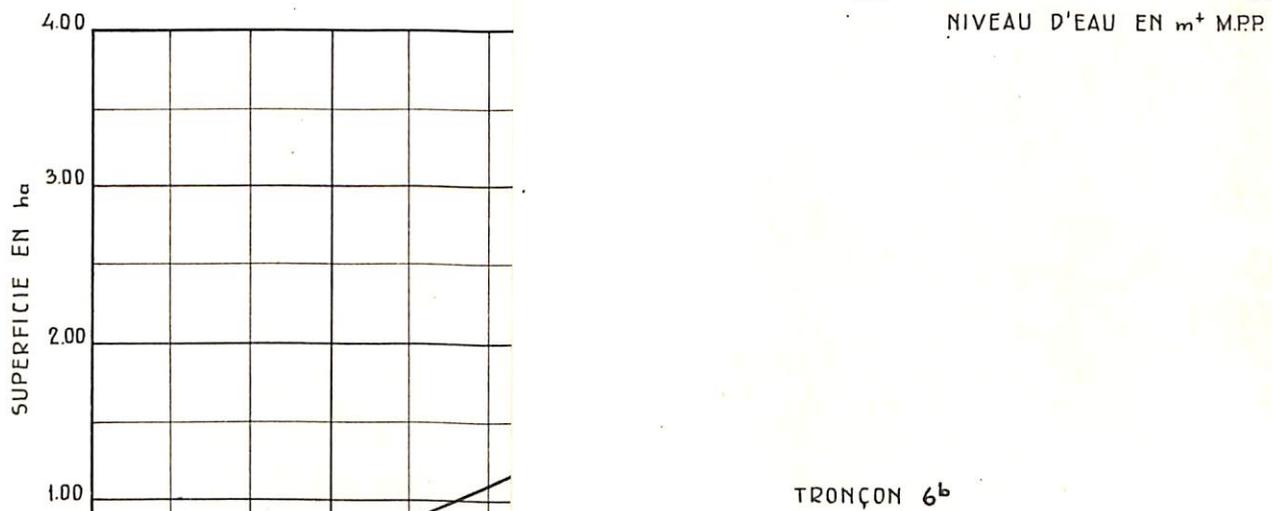
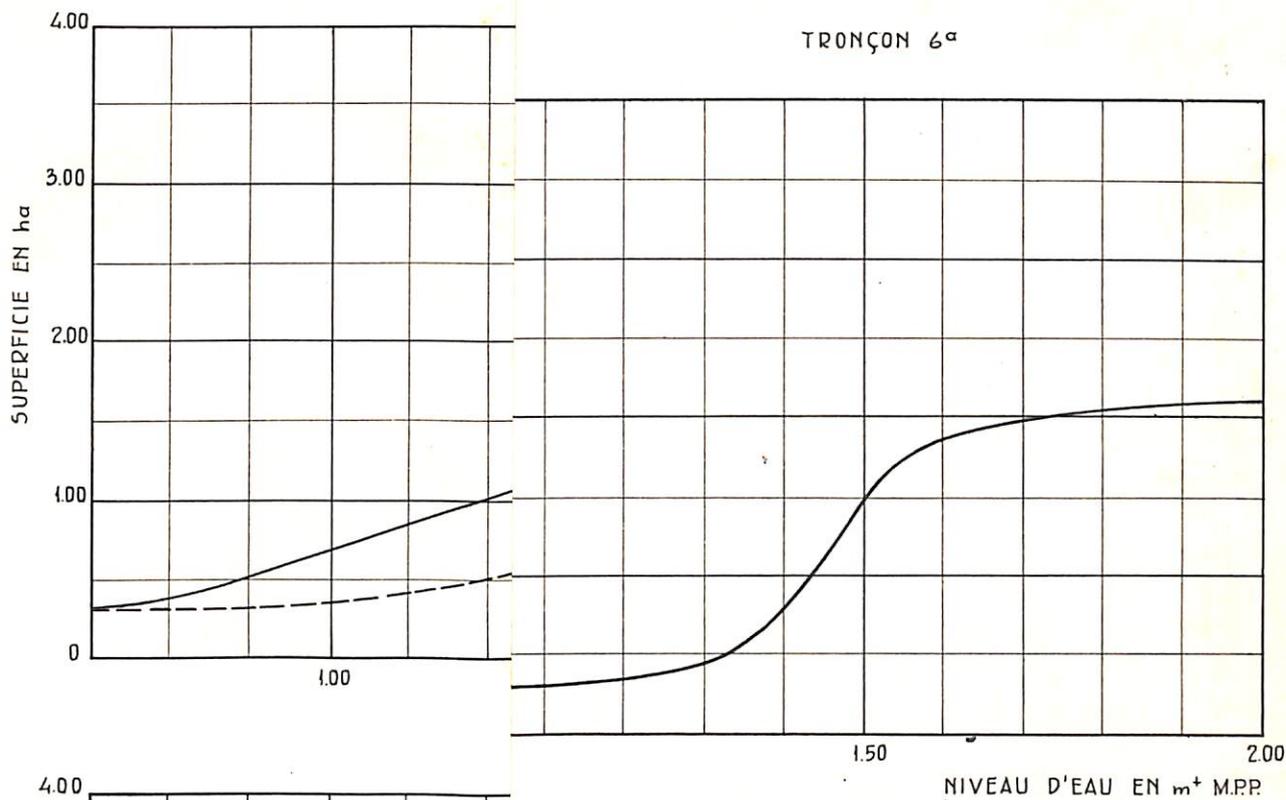
VALLEE DE NIIASSA
 SUPERFICIE DE LA CUVETTE DE STOCKAGE
 DU MARIGOT DE NIIASSA ENTRE
 KAMOBÉUL PIROGUE ET MEDINA



VALLEE DE NIIASSA
SUPERFICIE DE LA CUVETTE DE STOCKAGE
DU MARIGOT DE NIIASSA ENTRE
MEDINA ET LA ROUTE ETOME - EBOUNE



VALLEE DE NIIASSA
 SUPERFICIE DE LA CUVETTE DE STOCKAGE DES
 DIVERS TRONÇONS DU MARIGOT DE NIIASSA



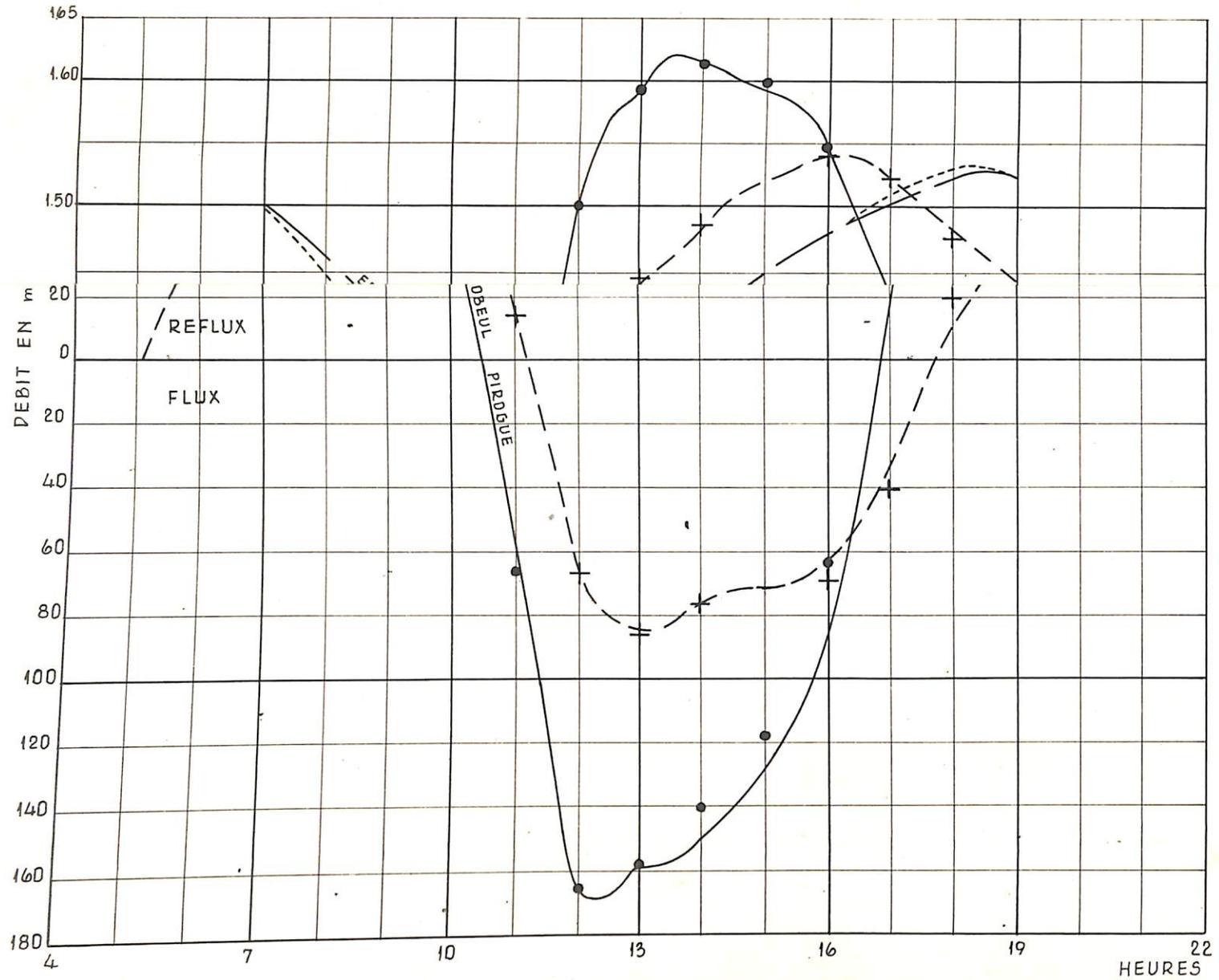
débites fluviaux afférents du 11 août 1963 (haut débit fluvial) et du 23 août 1963 (bas débit fluvial) montrent une bonne correspondance entre niveaux d'eau mesurés et calculés. La figure 16 donne les résultats de ces calculs de contrôle. On peut s'attendre à ce que la schématisation et les coefficients de rugosité actuellement trouvés puissent être appliqués dans les calculs faits pour les conditions futures et discutés au chapitre 4.

3.3.2. Courbe de marée représentative pour la saison des pluies

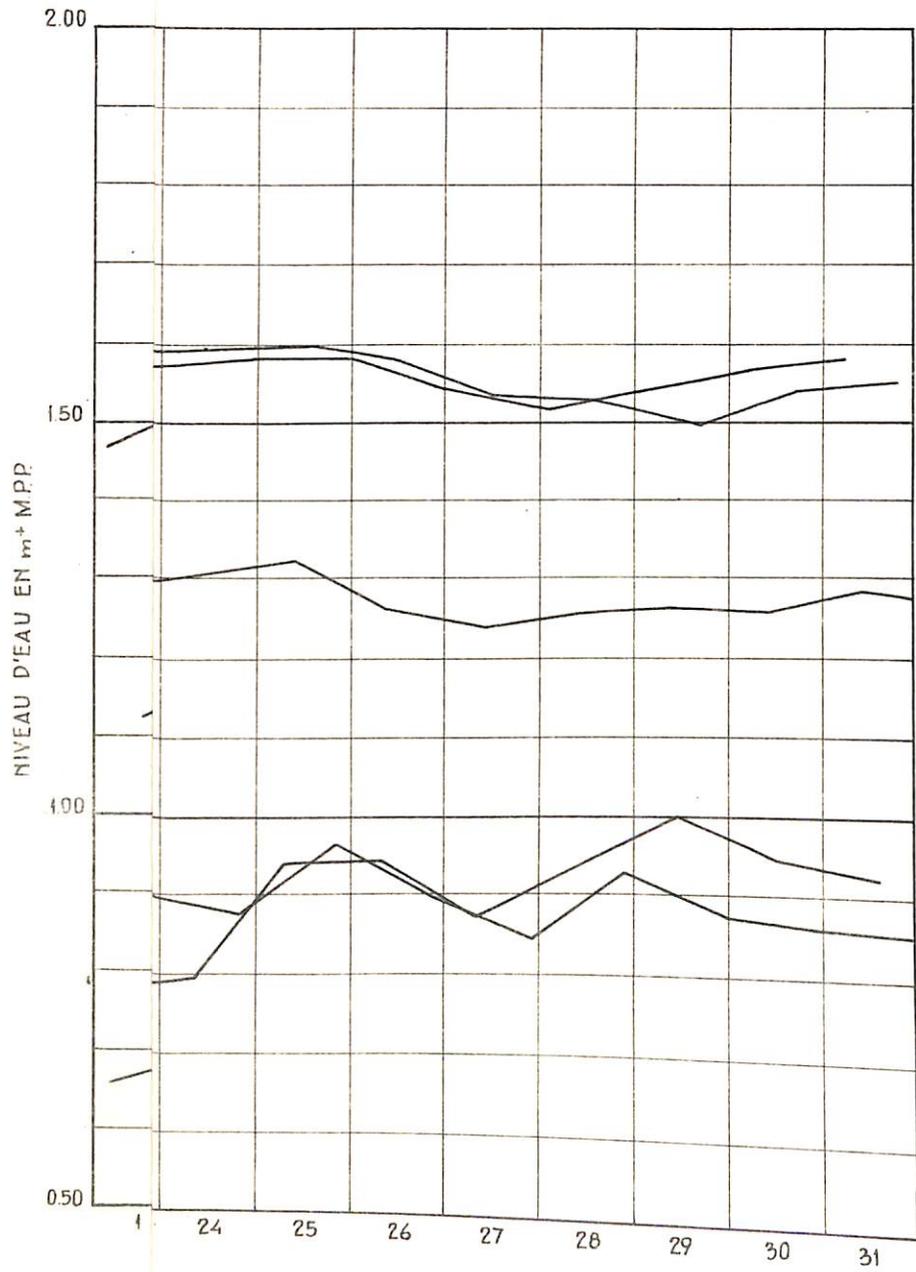
Ainsi que déjà dit dans l'introduction de ce chapitre, il faut rechercher un endroit où l'on puisse s'attendre à ce que le mouvement des marées ne soit pas influencé par les modifications qui résulteront de la fermeture de la vallée.

Pour la vallée de Niassa, c'est la marée à Kamobeul Pirogue qui a été choisie. La rivière qui relie cet endroit à la mer est très large et son bassin de réception est relativement très grand, si on le compare au bassin versant total de la vallée de Niassa, ce qui permet de penser raisonnablement que les modifications dans le bassin versant de la vallée de Niassa n'entraîneront aucun changement notable dans le mouvement des marées. Il faut déterminer pour l'endroit retenu une marée qui puisse servir de point de départ pour les calculs. L'étude des données disponibles de la marée à Kamobeul Pirogue amène à conclure que la marée, et surtout la basse-mer qui est déterminante pour les possibilités d'évacuation d'eau de la vallée de Niassa, est à un haut degré sous la dépendance du débit fluvial. Les niveaux d'eau de basse mer commencent à augmenter au début de la saison des pluies et atteignent leurs plus fortes valeurs dans les mois d'août et de septembre. Choisir une marée représentative pour l'examen présent en se fondant sur des considérations statistiques serait seulement possible, étant donné l'influence présentée par le débit fluvial, si l'on disposait d'une longue série d'observations. Cette longue série d'observations faisant défaut, il faut ici choisir la marée représentative en comparant les débits fluviaux qui se sont produits pendant la période de jaugeages avec les débits qui, d'après le chapitre 3, peuvent se présenter lors de fortes précipitations. Les plus forts débits se produisent en général au mois d'août. Sur la figure 17 se trouvent les lignes de haute et basse mers, ainsi que l'évolution du

VALLEE DE NIIASSA
MAREE CALCULEE ET MESUREE DU MARIGOT DE NIIASSA
DANS LA SITUATION ACTUELLE PAR LA MAREE
ET LE DEBIT FLUVIAL DU 23 AOÛT 1963



VALLEE DE NIASA
GNES DE HAUTE ET BASSE MERS A KAMOBÉUL PIROGUE



niveau d'eau moyen à Kamobeul Pirogue au mois d'août 1963. Ici aussi il ressort que le débit fluvial détermine pour une forte partie la basse mer et pour une moindre partie la haute mer. La marée la plus défavorable, c'est à dire la marée avec la plus haute basse mer, dans la série d'observations, est celle des 10-11 août 1963.

Si l'on compare le débit fluvial qui s'est produit à Médina d'après la figure 8 avec le débit fluvial d'après les hydrogrammes de la figure 9, il apparaît que pour la marée des 10-11 août 1963 il s'est produit un débit de pointe avec un temps de récurrence de 5 ans. Cette marée, dont le niveau de basse mer était de 1.18 m + M.P.P., peut être utilisée comme marée représentative pour la détermination des niveaux d'eau dans la vallée pour des débits qui ont un temps de récurrence de 5 ans.

Pour déterminer les niveaux d'eau qui seront provoqués par des débits fluviaux d'un temps de récurrence de 3 ou 10 ans, il faudra choisir une marée représentative à Kamobeul Pirogue dont le niveau de basse mer devra, pour un temps de récurrence de 3 ans, être plus bas et pour un temps de récurrence de 10 ans, être plus élevé.

La marée défavorable mesurée en 1962 à Kamobeul Pirogue, avec un niveau de basse mer de 1.07 m + M.P.P., qui a été utilisée dans les rapports précédents comme marée représentative, apparaît d'après la figure 9 s'être présentée lors d'un débit fluvial dont le temps de récurrence est d'environ 3 ans. Cette marée serait par conséquent à prendre en considération comme marée représentative pour la détermination des niveaux d'eau dont le temps de récurrence est de 3 ans.

Un débit fluvial avec un temps de récurrence de 10 ans n'a pas été mesuré à Médina et une marée représentative correspondante à Kamobeul Pirogue ne peut donc pas être déduite des jaugeages. Pour ce dernier temps de récurrence, il est nécessaire de déterminer le niveau de basse mer par extrapolation des niveaux de basse mer des marées représentatives pour des périodes de récurrence de 3 et 5 ans.

En relation avec les débits fluviaux maximaux qui se produisent avec des périodes de récurrence de 3, 5 et 10 ans, il a été choisi pour

une période de récurrence de 10 ans un niveau de basse mer de 1.28 m + M.P.P., c'est à dire un niveau de basse mer 10 cm plus élevé que celui de la marée des 10-11 août 1963. L'on arrive alors à des marées représentatives à Kamobeul Pirogue qui pour des périodes de récurrence de 3, 5 et 10 ans ont des niveaux de basse mer de respectivement 1.07, 1.18 et 1.28 m + M.P.P.

Il ressort des calculs de marée qui seront traités au chapitre 4 que l'influence des changements dans le niveau de basse mer de la marée représentative est faible et peut être déterminée de façon assez simple à partir des calculs pour une unique marée représentative. C'est pourquoi il est suffisant d'avoir une seule marée représentative pour les calculs par temps de récurrence de 3, 5 et 10 ans, à savoir la marée des 10-11 août 1963, les résultats des calculs pour un temps de récurrence de 5 ans étant directement obtenus et les niveaux d'eau pour des temps de récurrence de 3 et 10 ans étant obtenus après apport de corrections.

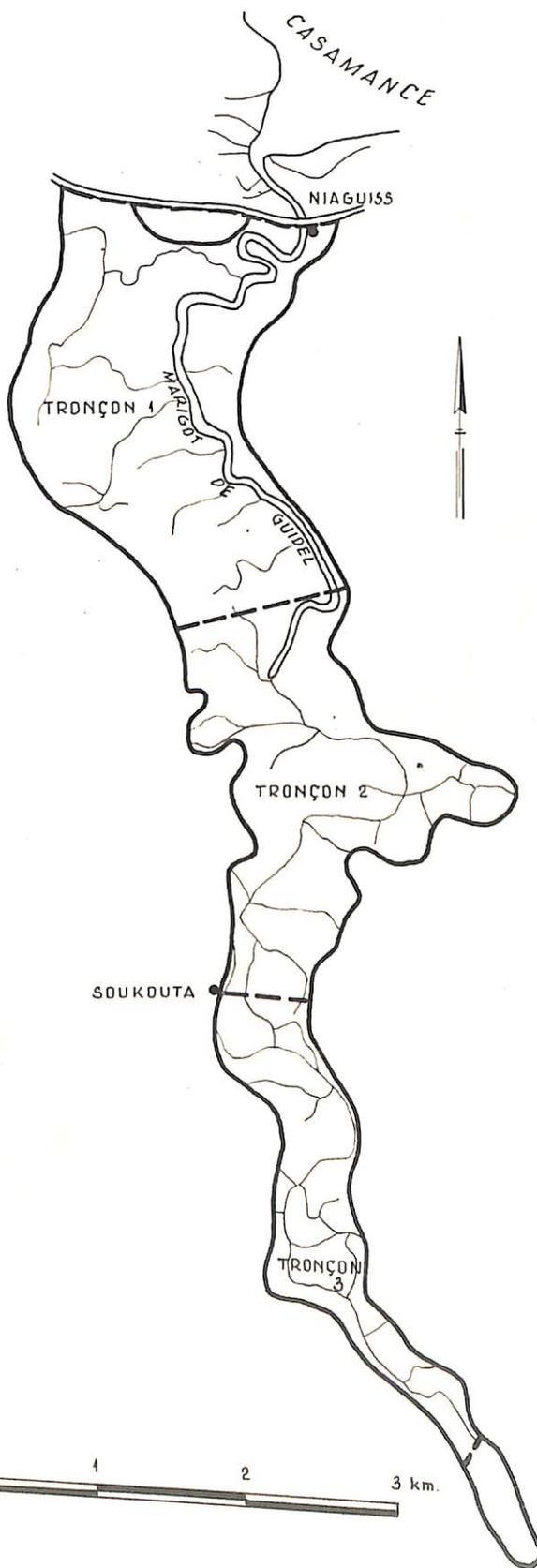
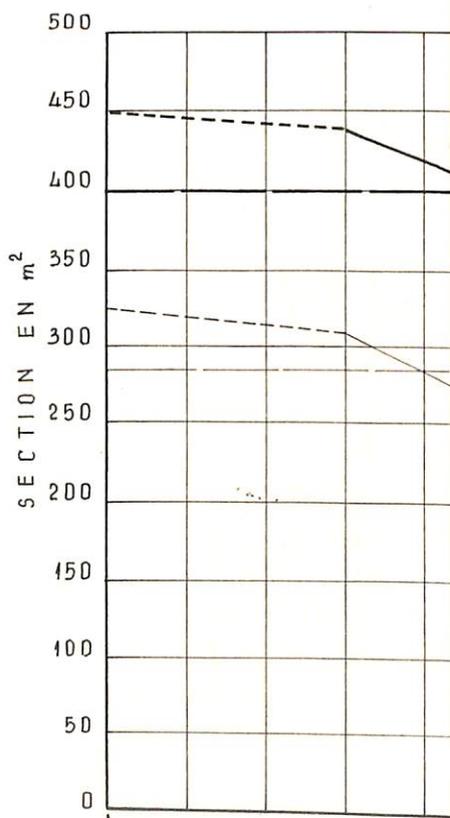
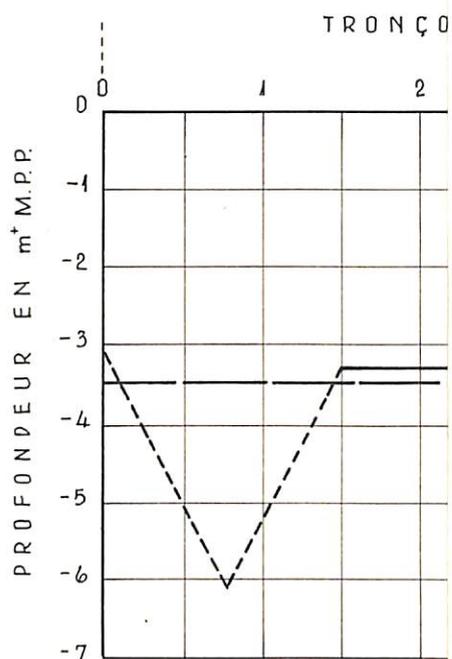
La marée représentative à Kamobeul Pirogue prise en compte dans tous les calculs a une haute mer de 1.74 m + M.P.P. et une basse mer de 1.18 m + M.P.P. Aux fins de simplification des calculs, les niveaux d'eau dans la vallée seront déterminés pour une marée représentative qui se reproduit pendant plusieurs jours consécutifs. Pendant des débits de pointe, cette marée représentative donnera les niveaux d'eau exacts, lors des débits plus faibles néanmoins, les niveaux d'eau obtenus seront trop élevés. Ceci ne présente cependant aucun inconvénient car seuls les niveaux d'eau pendant les débits de pointe sont importants pour apprécier les possibilités de drainage en vue de la riziculture.

3.4. La marée dans la vallée de Guidel

3.4.1. Caractéristiques du marigot et calcul de contrôle

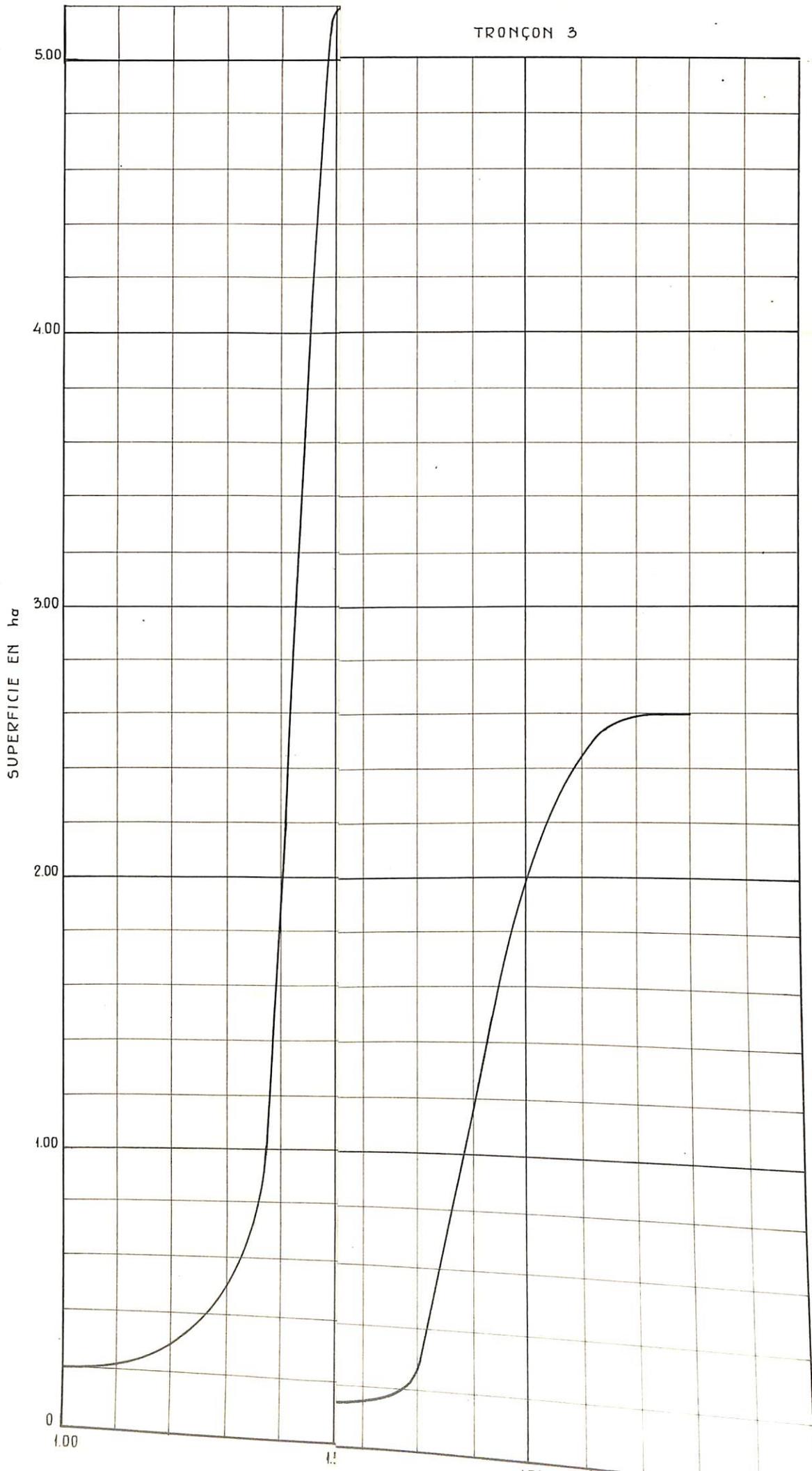
Les mesures effectuées en 1963 ont ici aussi amené à modifier la schématisation du profil en long et les dimensions du profil en travers (voir figure 18). Le coefficient de rugosité de la formule de Chézy a été porté de $50 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$ à $45 \text{ m}^{1/2}/\text{sec}$. La superficie de la cuvette de stockage a subi également quelque modification. La figure 19 donne cette superficie en fonction du niveau d'eau. La sché-

ESTRUTURAS DO MARIGOT DE GUIDEL



NIAGUISS

VALLEE DE GUIDEL
TRONNETTE DE STOCKAGE DU MARIGOT DE GUIDEL



matisation et les coefficients obtenus ont été testés sur la base d'un calcul de contrôle qui se rapportait aux conditions de marée et de débit fluvial du 3 septembre 1963. La figure 20 fait ressortir une bonne correspondance entre marée mesurée et calculée. Cette schématisation, ainsi que le coefficient de Chézy, peut donc être utilisée lors des calculs qui seront traités au chapitre 4.

3.4.2. Courbe de marée représentative pour la saison des pluies

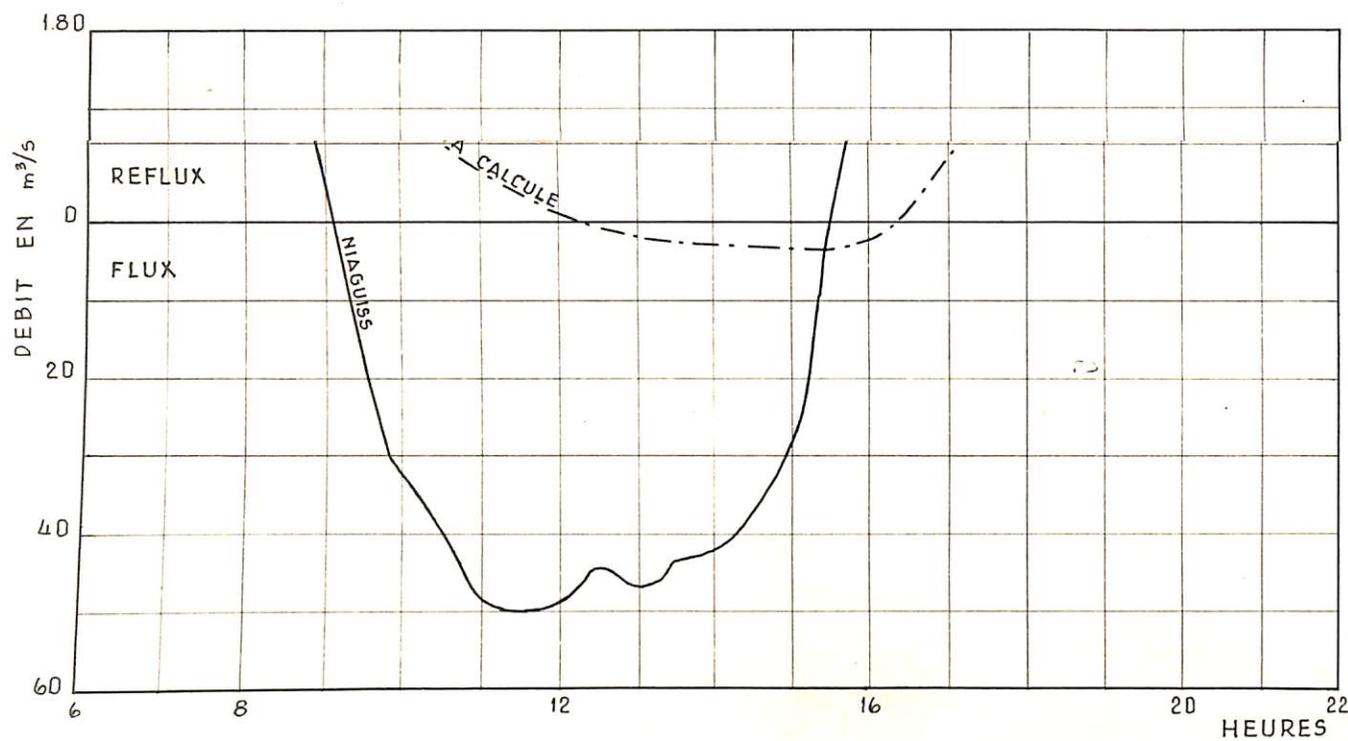
La marée à Niaguiss ne sera pas influencée par les modifications futures résultant de la fermeture de la vallée de Guidel. Ici aussi d'ailleurs, la marée, et surtout le niveau de basse mer est sous la forte dépendance du débit fluvial qui provient du bassin versant total de la Casamance. La figure 21 donne les lignes de haute et basse mers au mois d'août 1963.

L'on peut donc aussi poser que la marée des 10-11 août 1963 avec un niveau de basse mer de $1.32 \text{ m} + \text{M.P.P.}$ peut être utilisée comme marée représentative pour les calculs des niveaux d'eau par un temps de récurrence de 5 ans. Pour un temps de récurrence de 3 ans l'on peut prendre en compte la marée représentative utilisée dans les rapports précédents dont le niveau de basse mer est de $1.25 + \text{M.P.P.}$, tandis que pour une période de récurrence de 10 ans l'on arrive par extrapolation à un niveau de basse mer de $1.38 \text{ m} + \text{M.P.P.}$. De même que pour les calculs des niveaux d'eau dans la vallée de Niassa, il sera possible de travailler à partir d'une seule marée représentative se répétant continûment. A cette fin l'on a choisi la marée à Niaguiss des 10-11 août 1963, dont la haute mer atteint $1.65 \text{ m} + \text{M.P.P.}$ et la basse mer $1.32 \text{ m} + \text{M.P.P.}$. Les niveaux d'eau pour des temps de récurrence de 3 et 10 ans seront corrigés en relation avec l'influence de respectivement la trop haute ou trop basse basse mer trouvée.

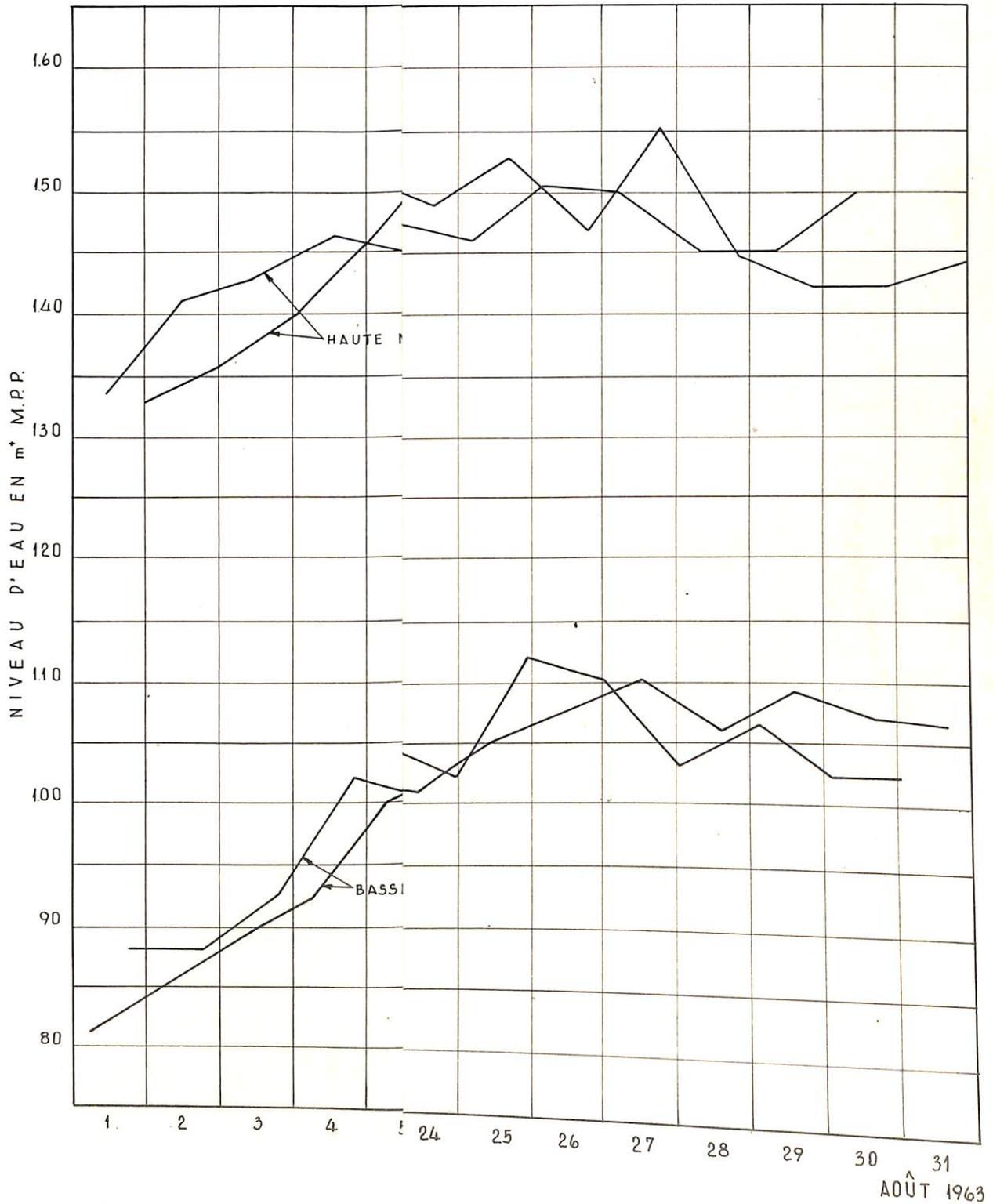
3.5. Résumé

a. La schématisation des profils longitudinaux et transversaux des marigots de Niassa et de Guidel qui a été obtenue lors des examens précédents a été testée en partant des données recueillies dans la saison des pluies de 1963 et a été corrigée en conséquence. Les

VALLEE DE GUIDEL
MAREE CALCULEE ET MESUREE DU MARIGOT DE GUIDEL
DANS LA SITUATION ACTUELLE PAR LA MAREE
ET LE DEBIT FLUVIAL DU 3^e SEPTEMBRE 1963



VALLEE DE GUIDEL
LIGNES DE HAUTE ET BASSE MERS A NIAGUISS



grandeurs obtenues se trouvent sur les figures 12 à 15 comprise pour la vallée de Niassa et sur les figures 18 et 19 pour la vallée de Guidel.

b. La marée des 10-11 août 1963 à Kamobeul Pirogue et à Niaguiss a été retenue pour être prise en compte dans les calculs. Ces marées représentatives ont des niveaux de basse mer qui correspondent aux débits d'un temps de récurrence d'environ 5 ans. Pour la détermination des niveaux d'eau par débits ayant un temps de récurrence de 3 et 10 ans, il faudra apporter des corrections.

CHAPITRE 4

MAITRISE DE L'EAU AU MOYEN D'UNE ECLUSE

EN SAISON DES PLUIES

4. 1. Introduction et méthode de travail

Les chapitres précédents ont fourni les données de base pour le calcul des niveaux d'eau qui peuvent se produire après la fermeture des vallées de Niassa et de Guidel. On se trouve alors en présence de l'influence combinée des 3 facteurs suivants:

- a. les débits fluviaux qui varient dans le temps et augmentent vers l'aval par suite de l'apport latéral;
- b. la marée, qui exerce une influence sur le débit à travers l'écluse et donc par suite sur les niveaux d'eau dans la vallée;
- c. les dimensions de l'écluse.

La connexion de ces facteurs sera examinée dans le présent chapitre. Les écluses dans la digue de fermeture se trouvent ouvertes lorsque le niveau amont est plus élevé que le niveau aval et se trouvent fermées dans le cas contraire. Lorsque l'écluse est fermée, la marée ne se propage plus dans les vallées. Pendant la période d'ouverture des écluses le débit à travers l'écluse est néanmoins sous la dépendance des niveaux d'eau en amont et en aval de l'écluse. Donc lorsque l'écluse est ouverte, l'influence de la marée sera alors sensible dans les vallées. Les niveaux d'eau et les débits dans les vallées dépendront donc tant de la marée qui se propage dans les vallées que de l'onde de crue qui se propage en direction de l'écluse par suite des pluies tombées. Lorsque les niveaux d'eau en aval de l'écluse s'abaissent, le débit, qui se produit après ouverture de l'écluse devient de plus en plus grand et atteindra par basse mer des valeurs qui sont plus élevées que le débit fluvial. Lorsque ensuite les niveaux d'eau remontent, le débit à travers l'écluse diminue de nouveau jusqu'au moment où le même niveau est atteint en amont et en aval.

Une importante simplification des calculs s'obtient en déterminant tout d'abord les niveaux d'eau dans les vallées pour certains cas de débit fluvial constant. Il faut remarquer qu'une valeur con-

stante du débit fluvial signifie une autre valeur constante de débit fluvial pour chaque point dans la vallée, la grandeur du débit en chaque point étant déterminée par les conditions hydrologiques en amont de ce point. Le débit fluvial augmente en direction de l'écluse. Pour le calcul de l'écluse l'on prend le débit fluvial constant à l'emplacement de l'écluse et l'on porte en compte la diminution du débit vers l'amont lors de la détermination des niveaux d'eau. Les niveaux d'eau et les débits en certains points de la vallée sont calculés pour différentes valeurs du débit fluvial aux écluses. Les cas intermédiaires sont trouvés par interpolation. Les résultats de ces calculs seront utilisés pour déterminer les niveaux d'eau lors de l'évolution du débit fluvial (traitée au chapitre 2) dans les conditions défavorables représentées aux figures 9 et 11.

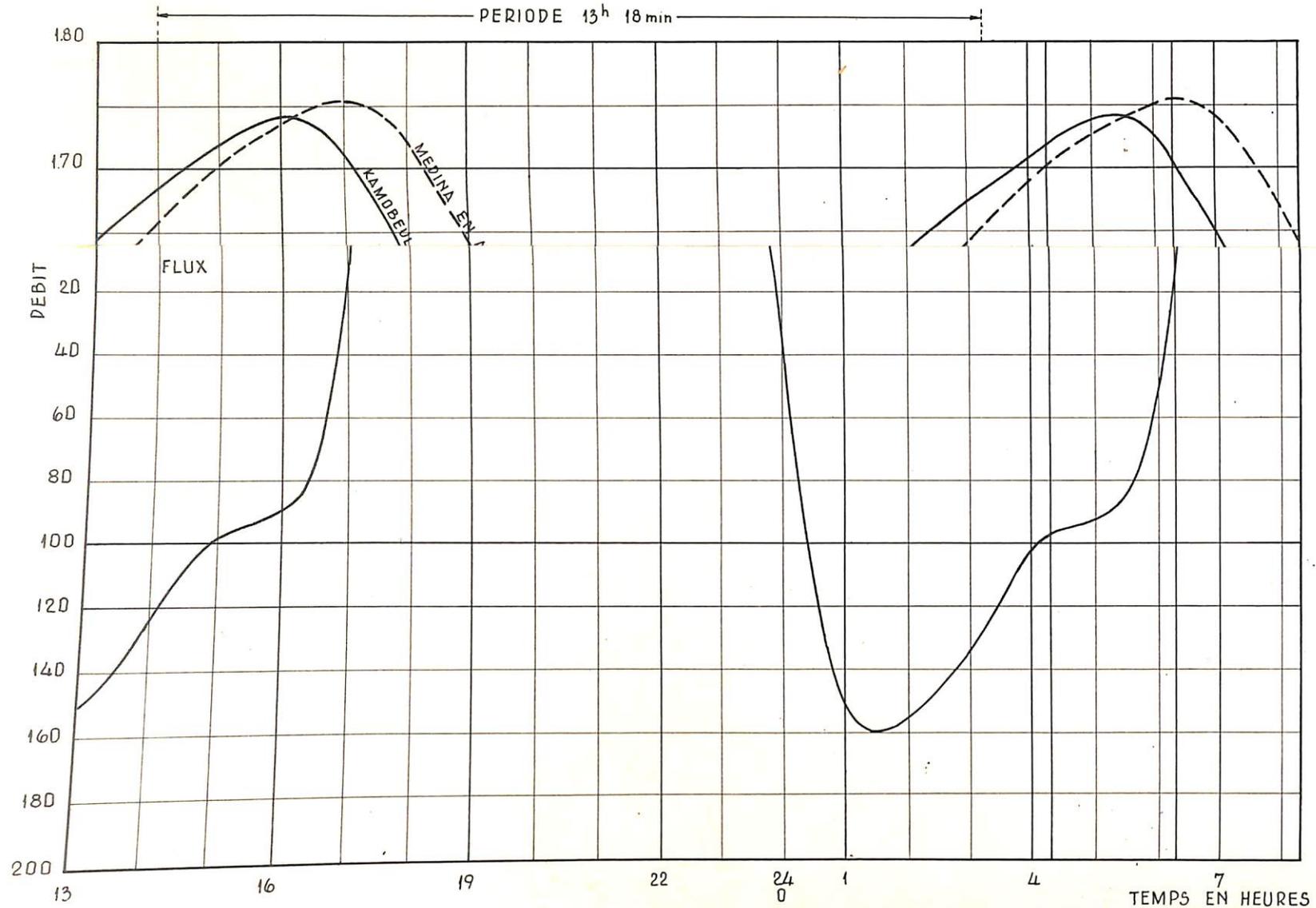
Dans le rapport tome 4 volume 2, les calculs des niveaux d'eau qui se produisent sont effectués pour des écluses égales respectivement à la section entière du marigot et à sa demi-section. Il apparut qu'il ne serait pas nécessaire de prendre pour l'écluse une section égale à la section entière du marigot. Afin de pouvoir en arriver à un choix justifiable des dimensions des écluses, on étudiera dans le présent rapport outre les écluses de la demi-section du marigot, les écluses également dont la section est égale à $1/4$ et $3/4$ de la section des marigots.

4.2. Vallée de Niassa

4.2.1. Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux constants

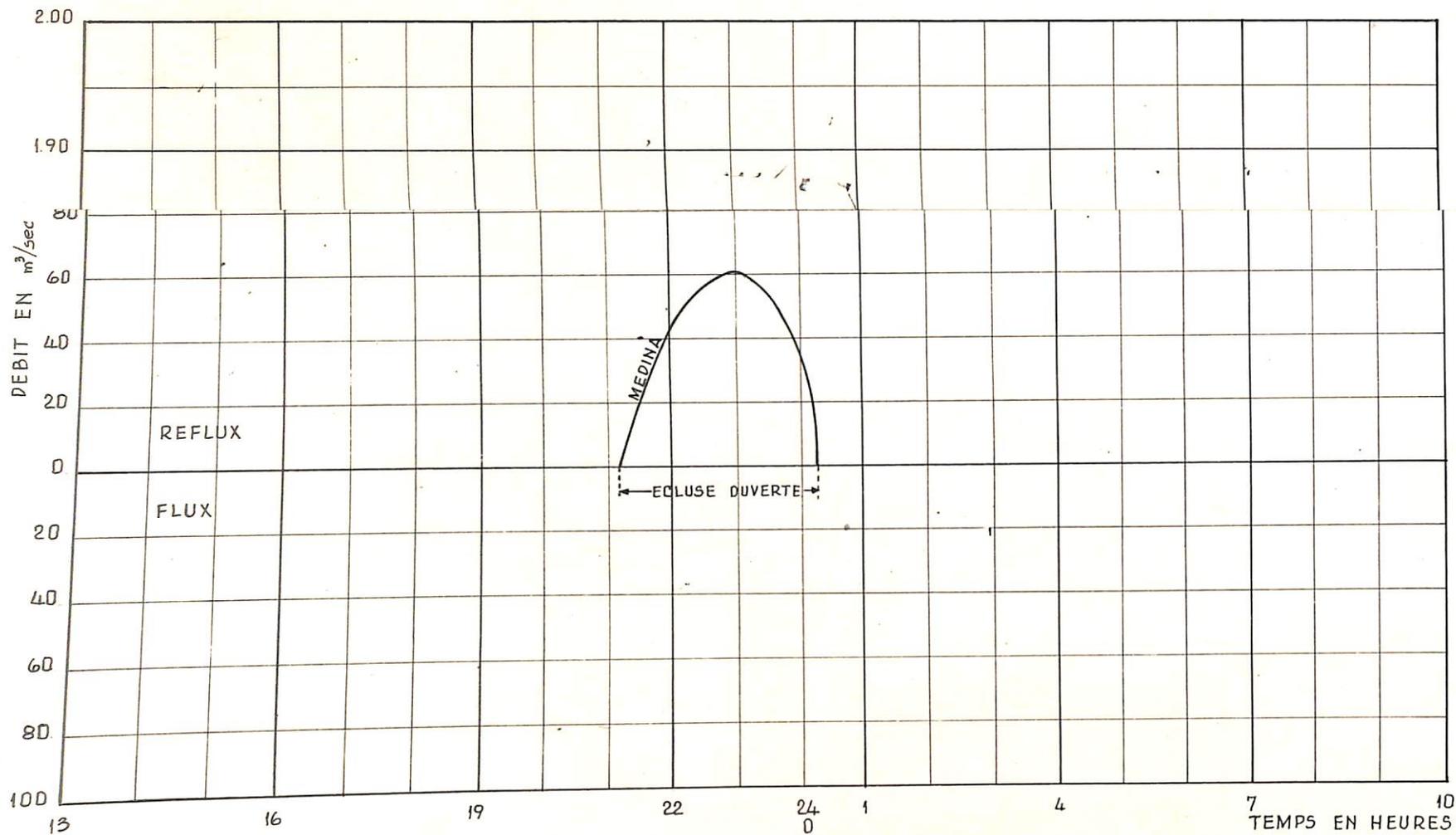
Les calculs sont faits en partant d'une marée représentative continûment constante à Kamobeul Pirogue, correspondant à la marée des 10-11 août 1963 à cet endroit. Les niveaux d'eau et débits calculés aux différents endroits pour une écluse dont la section est celle de la demi-section du marigot, c'est à dire, une écluse, avec un seuil à la cote de 2 m - M.P.P. et une largeur de déversement de 26 m, sont indiqués sur les figures 22 à 25 comprise. La figure 22 donne la situation lorsque l'écluse est fermée, les figures 23, 24 et 25 la donnent pour un débit fluvial à Médina de respectivement 10, 35 et 65 m³/sec.

VALLEE DE NIIASSA
 NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU
 10-11 AOUT 1963 PAR ECLUSE FERMEE.

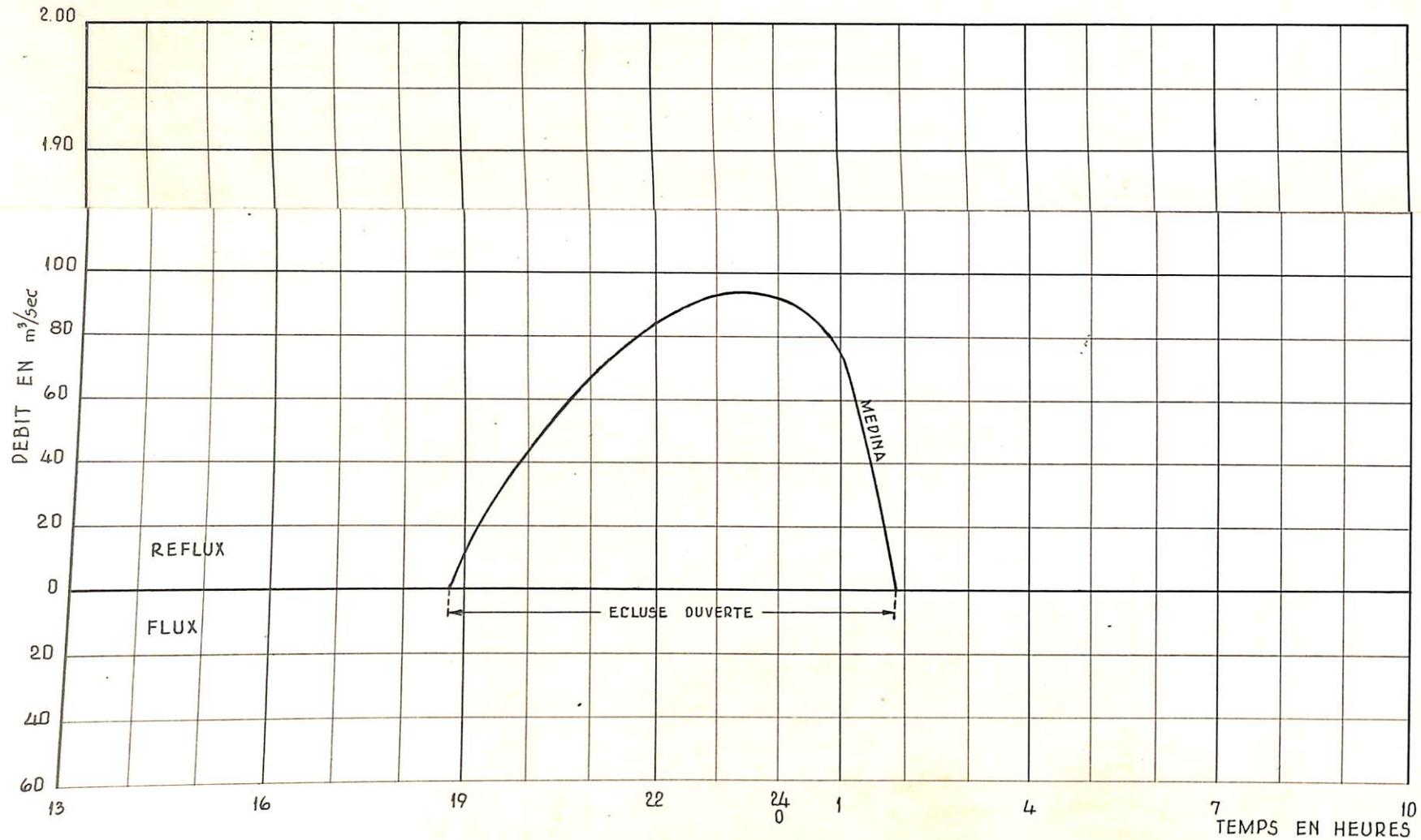


Ministère du Développement
 Rural et de l'Hydraulique
SOMIVAC
 Unité de Planification
 B.P. 175 — ZIGUINCHOP

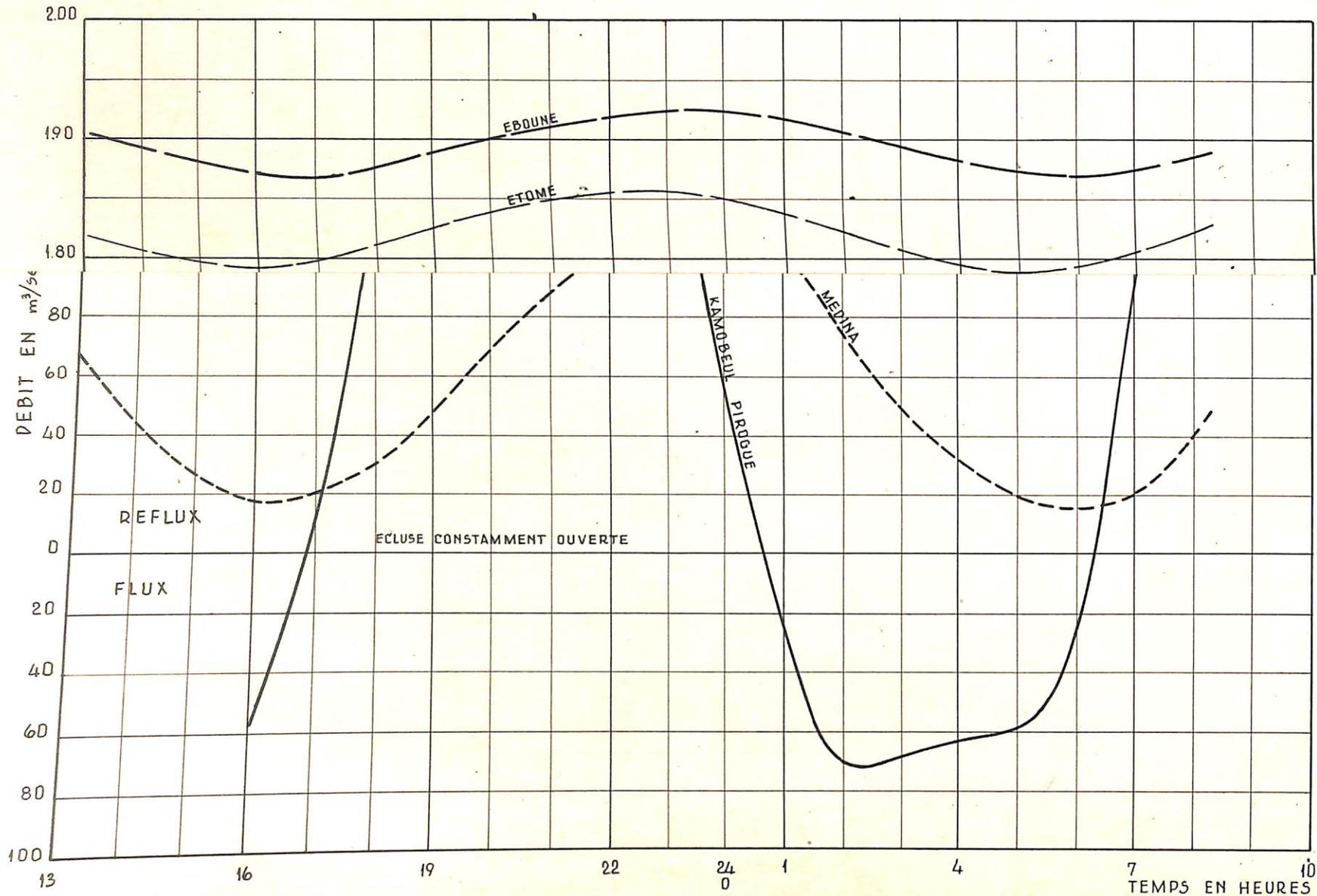
VALLEE DE NIIASSA
NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU 10-11 AOUT 1963
PAR UNE ECLUSE DE DEMI-SECTION DU MARIGOT
PAR UN DEBIT FLUVIAL DE 10 m³/sec MEDINA



VALLEE DE NIIASSA
NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU 10-11 AOUT 1963
PAR UNE ECLUSE DE DEMI-SECTION DU MARIGOT
PAR UN DEBIT FLUVIAL DE 35 m³/sec



VALLEE DE NIIASSA
 NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU 10-11 AOUT 1963
 PAR UNE ECLUSE DE DEMI-SECTION DU MARIGOT
 PAR UN DEBIT DE 65 m³/sec



Il ressort de ces figures que le niveau d'eau à Médina en aval de l'écluse subit des modifications, dont la grandeur dépend du débit fluvial. Par écluse fermée, la marée a, par suite de la réflexion, une haute mer de 1,5 cm plus haute et une basse mer de 1,5 cm plus basse qu'à Kamobeul Pirogue. A mesure que le débit fluvial devient plus fort à Médina, les niveaux de basse mer s'élèvent en aval de l'écluse, (de 38 cm par exemple pour un débit fluvial de 65 m³/sec à Médina) et les niveaux de haute mer restent identiques.

Les niveaux d'eau à Médina en amont de l'écluse accusent une élévation tant de haute mer que de basse mer lorsque le débit fluvial augmente. Il en est de même à Etomé et à Ebouné. Les figures 23 à 25 comprise donnent également l'évolution du débit à travers l'écluse. Il y ressort l'influence qu'a la marée sur le débit à Médina. Par un débit fluvial constant de 65 m³/sec à Médina, l'écluse se trouve constamment ouverte, donc par haute mer également. Par ce débit fluvial la situation est pratiquement identique à celle qui existe actuellement. Par des débits plus faibles, l'écluse se trouve fermée une partie du temps.

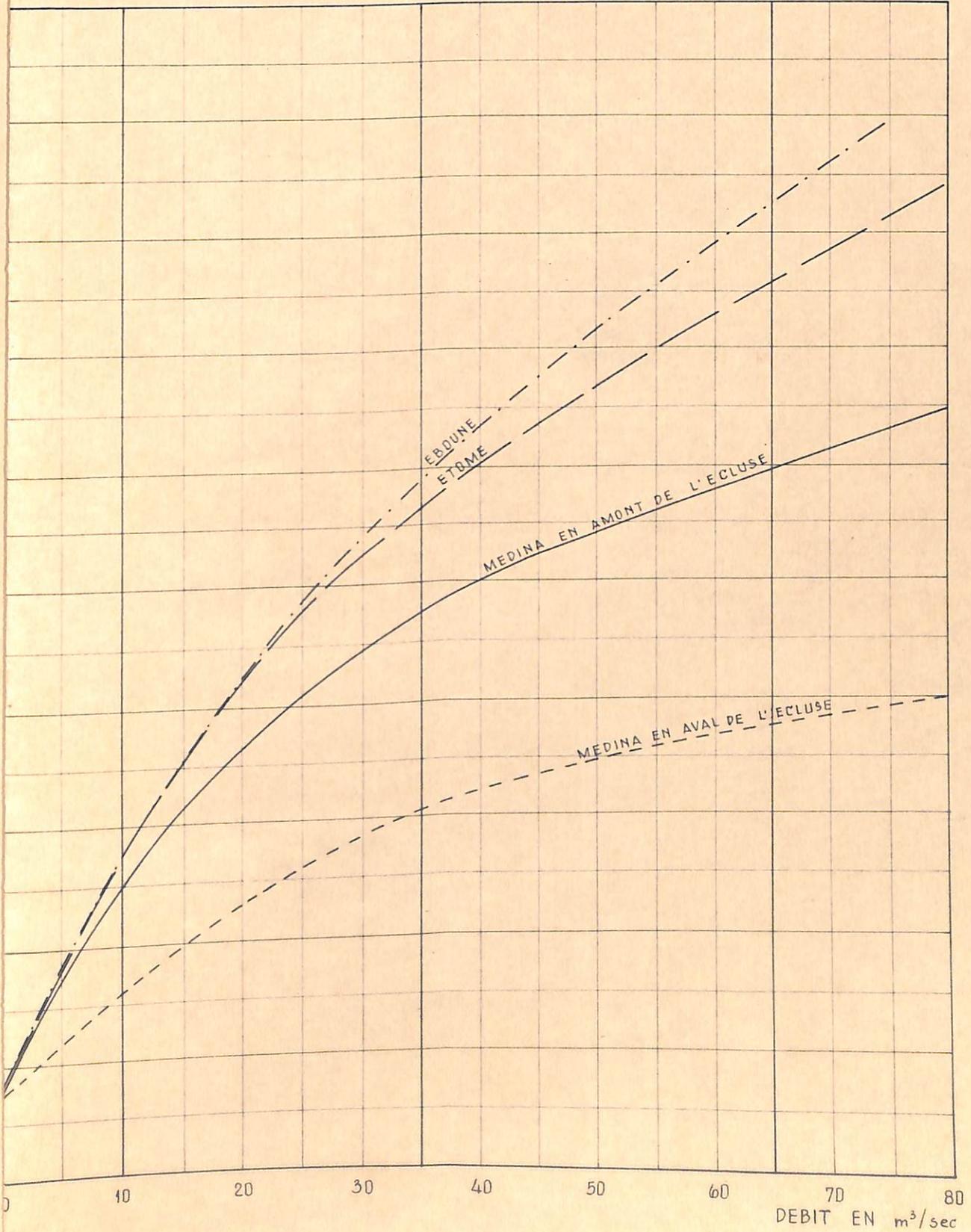
Ces calculs ont été aussi effectués pour des écluses dont la section est égale au 1/4 et au 3/4 de la section du marigot, c'est à dire pour des écluses ayant des largeurs de déversement de respectivement 13 et 39 m et une hauteur de seuil de 2 m - M.P.P. En outre on a calculé la situation actuelle, sans écluse, pour une marée identique à celle des 10-11 août à Kamobeul Pirogue.

Afin de pouvoir déterminer par interpolation les niveaux d'eau dans la vallée pour chaque valeur du débit fluvial à Médina, on a porté sur un graphique les résultats des calculs cités, valables pour quelques valeurs du débit fluvial, en fonction de ces débits fluviaux. La figure 26 donne les valeurs de haute et basse mers en fonction du débit fluvial à Médina, Etomé et Ebouné dans la situation actuelle et dans le cas d'écluse ayant des sections de 1/4, 1/2 et 3/4 de la section du marigot. L'on obtient ainsi une bonne représentation de l'influence de la construction d'une écluse sur les niveaux d'eau dans la vallée.

HAUTE ET BASSE MERS DANS LA VALLEE DE NIIASSA
EN FONCTION DU DEBIT FLUVIAL

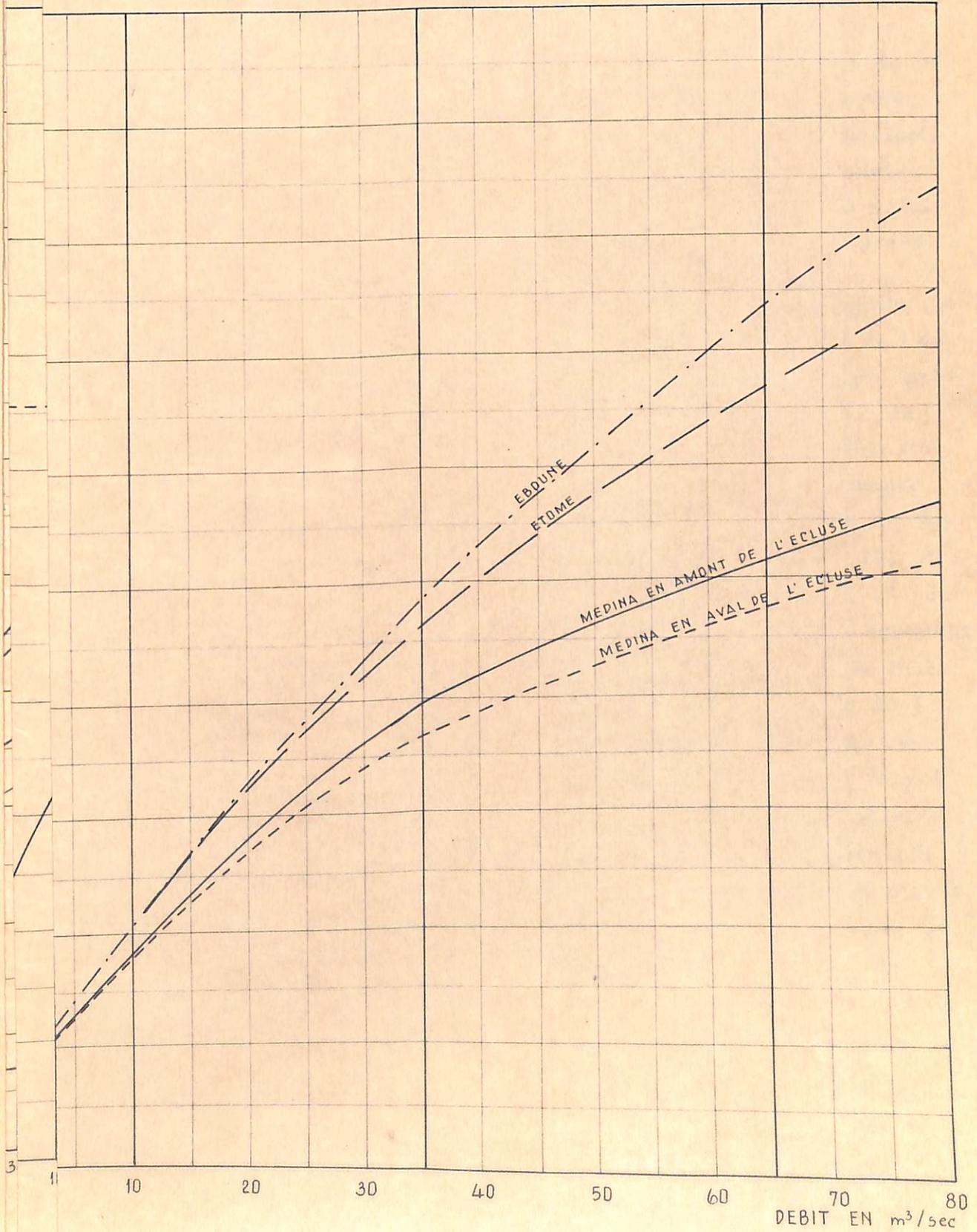
5A

BASSE MER
ECLUSE D'UNE SECTION DE 1/4 DE LA SECTION DU MARIGOT



HAUTE ET BASSE MERS DANS LA VALLEE DE NIIASSA EN FONCTION DU DEBIT FLUVIAL

BASSE MER
US ECLUSE D'UNE SECTION DE $\frac{3}{4}$ DE LA SECTION DU MARIGOT

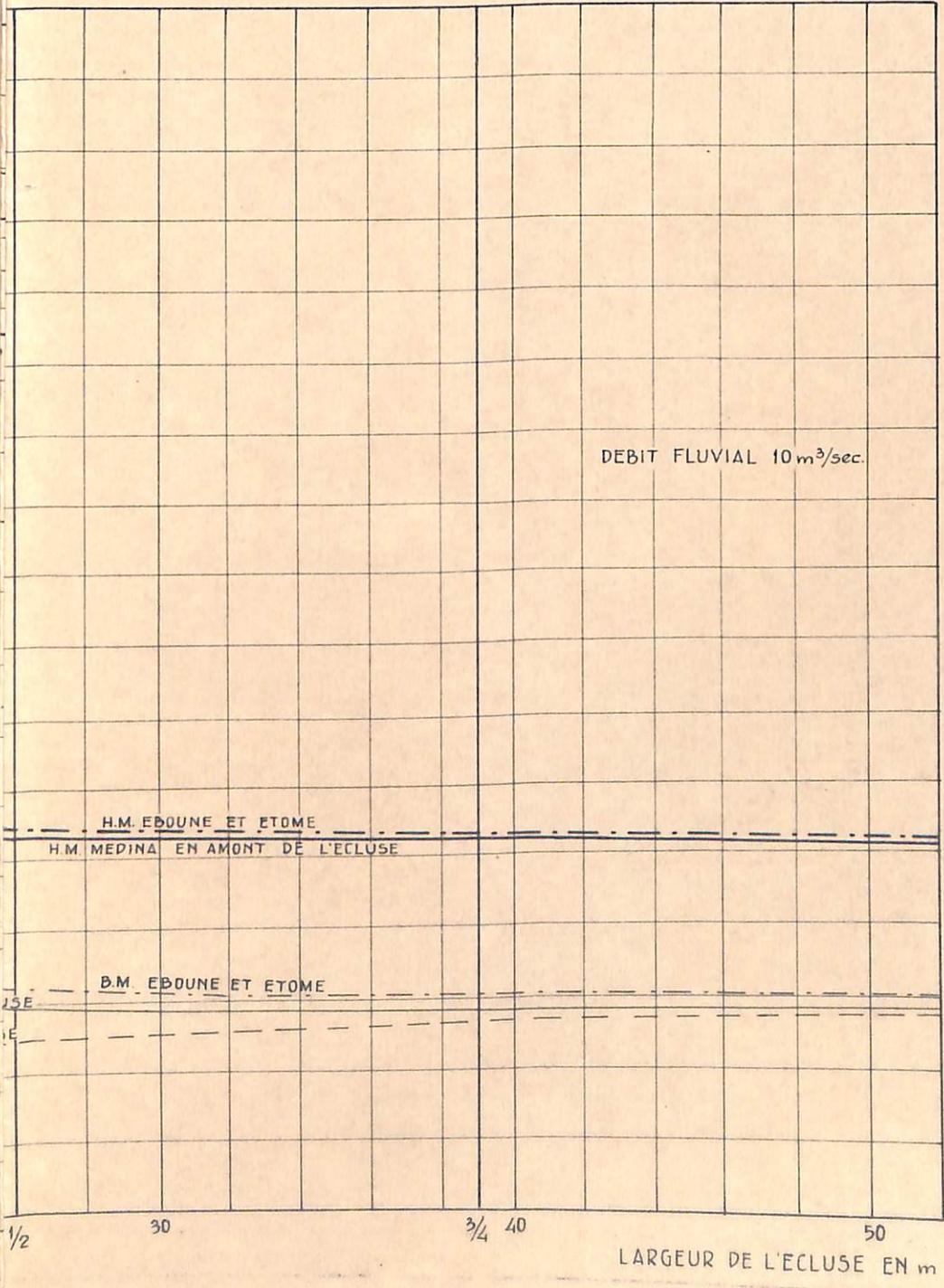


En comparaison avec la situation actuelle, des écluses de section égale à $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot abaissent les niveaux de haute mer, ceci étant le plus sensible tout près de l'écluse, tant que le débit fluvial à Médina reste inférieur à respectivement 35, 65 et 80 m³/sec. Si ces débits fluviaux sont dépassés, les niveaux de haute mer deviennent un peu plus élevés. Ces 3 valeurs de débit fluvial constituent la valeur limite déjà nommée du débit fluvial à Médina, la situation se trouvant identique à l'actuelle. Pour des écluses de section de $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot, ceci signifie que dans la région soumise à la marée il se produira pratiquement toujours un abaissement de la haute mer dans la vallée car un débit fluvial de 65 et 80 m³/sec n'est que rarement dépassé.

Les niveaux de basse mer dans la vallée sont en grande partie déterminés par les modifications de la basse mer en aval de l'écluse. La comparaison de la situation actuelle avec la situation après construction de l'écluse permet de conclure que la surélévation du niveau de basse mer à Médina en aval de l'écluse, due au débit fluvial, est plus faible que dans la situation actuelle. En conséquence de ce fait, les niveaux de basse mer baissent également dans la vallée tant que les débits fluviaux à Médina restent inférieurs à 20, 35 et 40 m³/sec pour des écluses de respectivement $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot. Pour Etomé et Ebouné, ces limites se trouvent quelque peu plus élevées. Les abaissements du niveau de haute mer en saison des pluies par de faibles débits, sont de l'ordre de 20 à 25 cm et par de hauts débits la valeur du niveau de haute mer ne sera pas supérieure à la valeur actuelle. Le niveau de basse mer à Médina en amont de l'écluse s'abaissera d'environ 10 cm en saison des pluies par de faibles débits et accusera seulement quelques cm de plus que dans la situation actuelle lorsque les débits seront élevés. Pour Etomé et Ebouné, cet abaissement atteindra environ 20 cm, et il se produira également une surélévation de quelques cm par de hauts débits.

Une idée de l'influence de l'agrandissement ou de la réduction de l'écluse est donnée à la figure 27, sur laquelle les niveaux d'eau de haute et de basse mers à Médina, Etomé et Ebouné sont portés en fonction des dimensions de l'écluse pour des débits de 10, 35 et 65 m³/sec à Médina. Les écarts entre les niveaux d'eau sont faibles

HAUTE ET BASSE MERS DANS LA VALLEE DE NIIASSA
PAR DIFFERENTES SECTIONS DE L'ECLUSE
POUR DES DEBITS FLUVIAUX CONSTANTS



BASSE MER

pour les écluses de $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot, mais elles commencent à devenir importantes si la section de l'écluse est ramenée de $1/2$ à $1/4$ de la section du marigot.

4.2.2. Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux variables

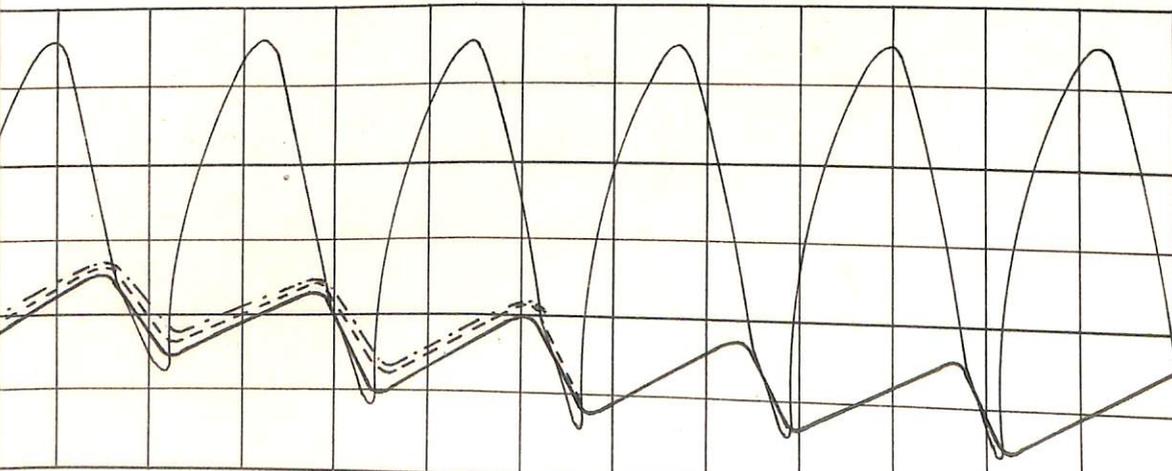
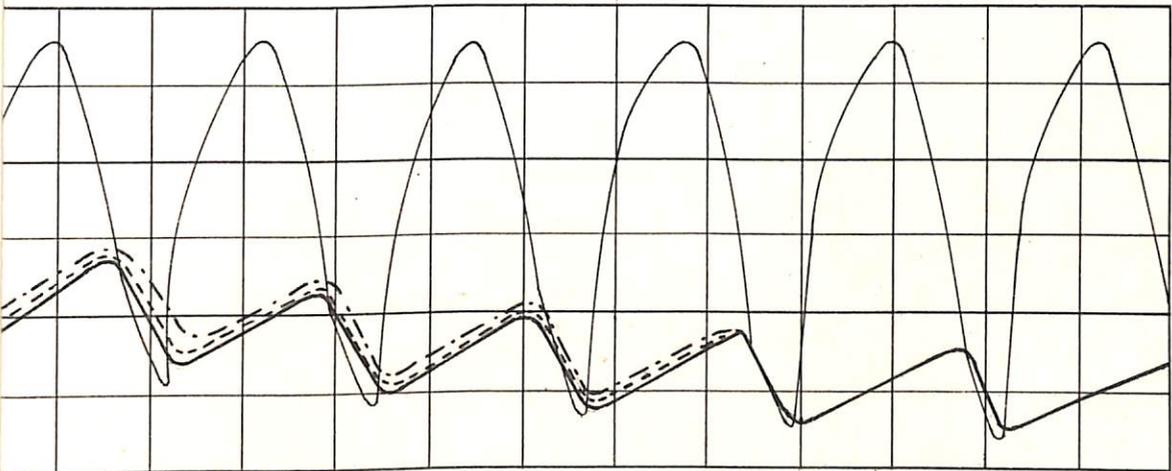
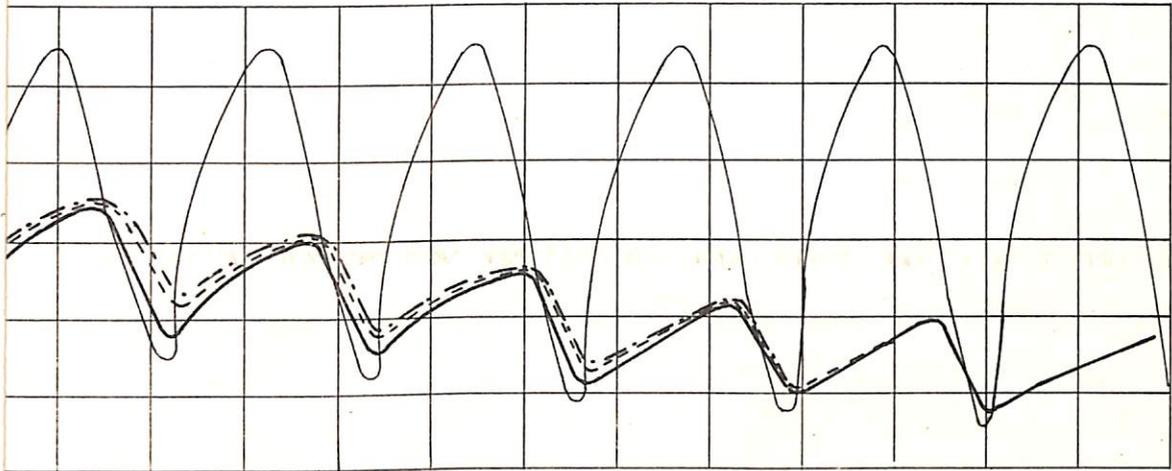
A l'aide des résultats de la figure 26, l'on a calculé les niveaux d'eau par débits continûment variables. L'évolution du débit fluvial d'après les hydrogrammes de la figure 9 a été maintenue. Comme il s'était avéré que les hydrogrammes correspondant au hyétogramme II du rapport précédent donnent la situation la plus défavorable, le hyétogramme I n'a pas été pris en considération. L'on trouve à la figure 28 les niveaux d'eau qui se produiront à Médina, Etomé et Ebouné par un temps de récurrence de 3,5 et 10 ans pour une écluse de la demi-section du marigot.

Pour déterminer l'évolution des niveaux d'eau l'on est parti des suppositions suivantes:

- a. à la fin de chaque période pendant laquelle l'écluse est fermée, le niveau d'eau atteint dans la partie fermée de la vallée est celui qui correspond à la haute mer d'après la figure 26 par le débit fluvial qui se produit à ce moment;
- b. à la fin de chaque période pendant laquelle l'écluse est ouverte, le niveau d'eau atteint dans la partie fermée de la vallée est celui qui correspond à la basse mer d'après la figure 26 par le débit fluvial qui se produit à ce moment.

Pour tous les trois cas l'on a conservé la marée des 10-11 août 1963 à Kamobeul Pirogue, ce qui signifie que les niveaux d'eau obtenus sont trop élevés pour un temps de récurrence de 3 ans et trop bas pour un temps de récurrence de 10 ans. Les niveaux d'eau de la figure 28 doivent donc être encore corrigés par suite de l'influence d'une autre marée représentative. Ces corrections ont pu être déduites assez simplement des calculs de marée déjà effectués pour des débits fluviaux constants. Les corrections obtenues, valables pour les débits les plus hauts qui se produisent sont indiquées au tableau 6.

VALLEE DE NIIASSA
EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU A MEDINA, A ETOME
ET A EBOUNE AVEC UNE ECLUSE DE LA DEMI-SECTION
DU MARIGOT ET DES DEBITS FLUVIAUX VARIABLES



24 6 12 18 24 6 12 18 24 6 12 18 24 6 12 18 24 HEURES
8^e 9^e 10^e JOUR

Tableau 6

Corrections apportées aux haute et basse mers calculées
dans la vallée de Niassa, en cm

Temps de récurrence en années	haute mer			basse mer		
	Médina	Etomé	Ebouné	Médina	Etomé	Ebouné
3	- 5	- 5	- 5	- 6	- 6	- 6
10	+ 2	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 5

Les résultats des calculs sont exacts pendant la période des débits maximaux. Pour les débits plus faibles (dans la partie ascendante et descendante de la courbe de débit) la marée représentative présentera, après corrections également, une basse mer trop haute, par suite de quoi les niveaux d'eau calculés seront trop élevés. Les niveaux d'eau les plus élevés sont d'ailleurs ceux qui nous intéressent principalement.

Ces calculs ont été également établis pour une écluse de $1/4$ et de $3/4$ de la section du marigot. Seuls les résultats les plus importants sont donnés dans ce rapport, à savoir le niveau d'eau le plus haut que se produise et le niveau d'eau qui se trouve dépassé pendant 3 jours consécutifs. Les niveaux d'eau par ces dimensions d'écluse pour un temps de récurrence de 3 et 10 ans ont pu, à l'aide des corrections, être déduits des niveaux d'eau calculés. Le tableau 7 donne une comparaison de ces deux niveaux d'eau aux différents endroits pour des écluses d'une section de $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot et pour un temps de récurrence de 3, 5 et 10 ans.

Tableau 7

Niveau d'eau le plus haut et niveau d'eau qui se trouve dépassé pendant 3 jours consécutifs, en m + M.P.P.

écluse	Niveau d'eau le plus haut			Niveau d'eau qui se trouve dépassé pendant 3 jours consécutifs		
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
1 x en 10 ans à Médina	1.80	1.74	1.73	1.66	1.59	1.57
	Etomé	1.85	1.80	1.78	1.72	1.68
	Ebouné	1.89	1.85	1.83	1.80	1.74
1 x en 5 ans à Médina	1.73	1.66	1.65	1.60	1.52	1.51
	Etomé	1.75	1.69	1.68	1.67	1.57
	Ebouné	1.77	1.71	1.70	1.70	1.62
1 x en 3 ans à Médina	1.62	1.56	1.55	1.52	1.44	1.43
	Etomé	1.63	1.57	1.57	1.54	1.44
	Ebouné	1.65	1.59	1.58	1.57	1.49

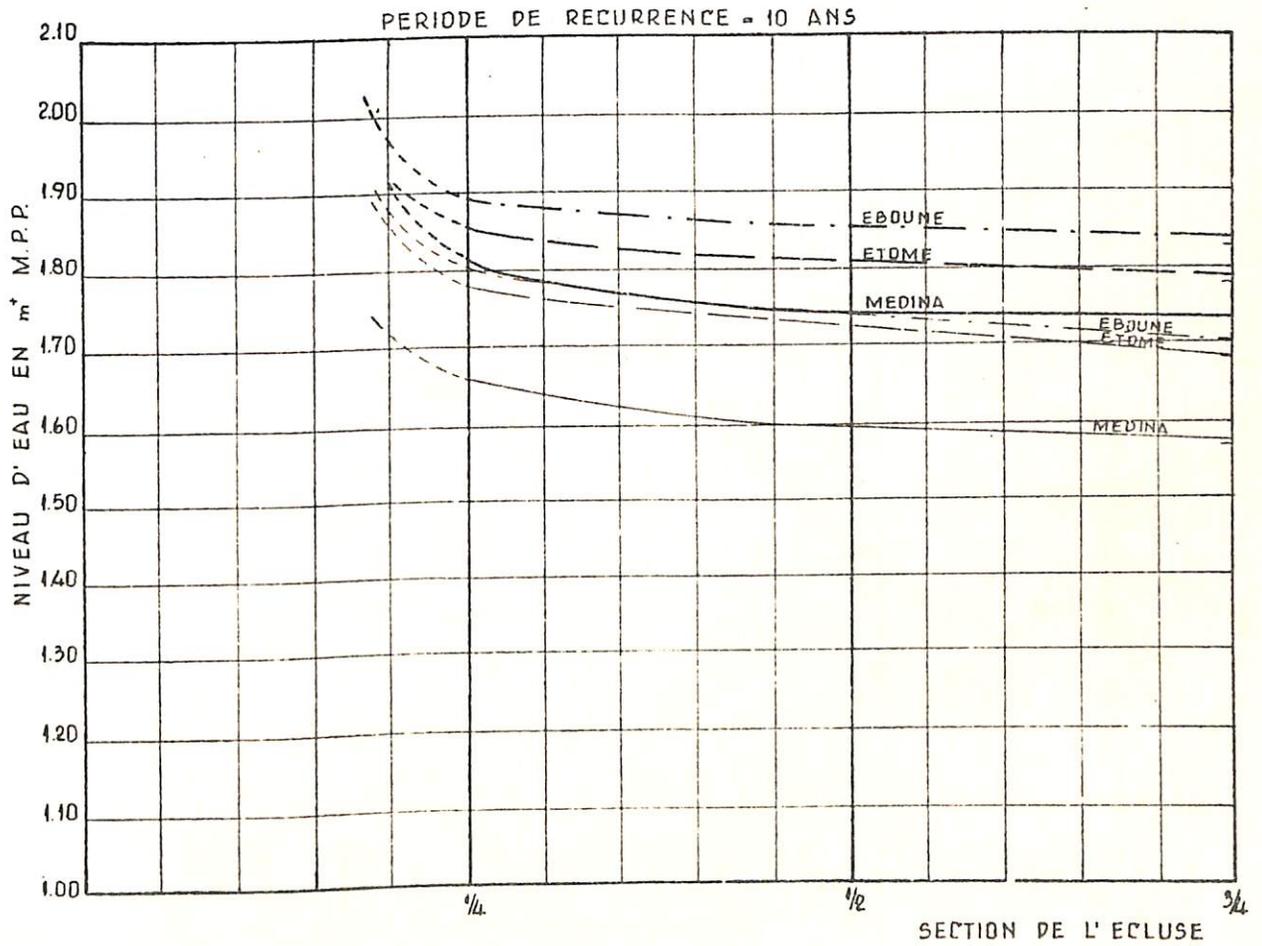
On trouvera portées en graphique à la figure 29 ces hauteurs d'eau pour un temps de récurrence de 10 ans. De même que lors de la discussion des écluses de différentes dimensions pour les débits fluviaux constants, il apparaît ici que les écarts sont faibles pour les écluses d'une section de 1/2 et de 3/4 de la section du marigot, mais que ces écarts entre les niveaux deviennent plus importants pour les écluses d'une section de 1/4 et 1/2 de la section du marigot.

4.3. Vallée de Guidel

4.3.1. Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux constants

Les calculs ont été établis en partant de la marée représentative des 10-11 août 1963 à Niaguiss, retenue au paragraphe 3.4.2. Par suite de la position de Niaguiss tout près de la Casamanche, et à l'encontre de la situation à Médina, la marée en aval de l'écluse n'est pas ici influencée par le débit fluvial de la vallée elle-même. Les figures 30 et 31 donnent les niveaux d'eau et les débits

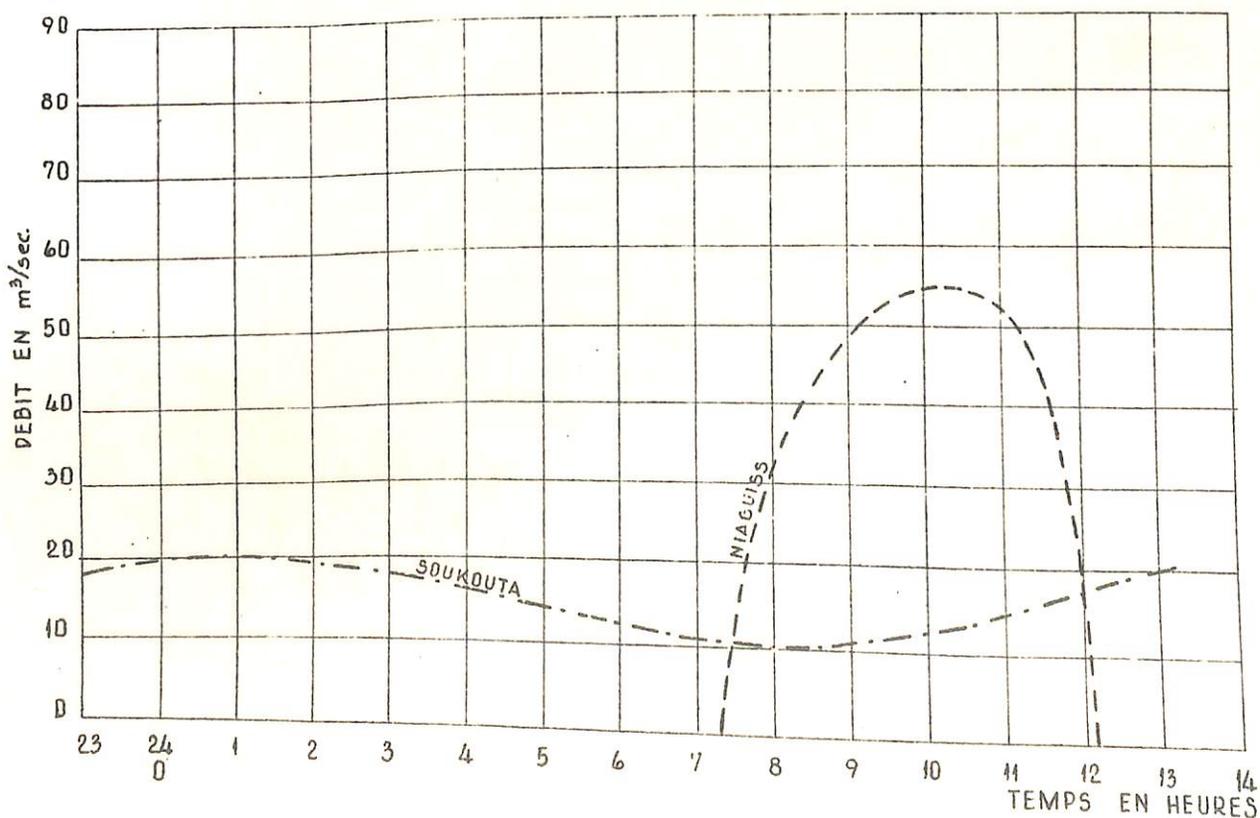
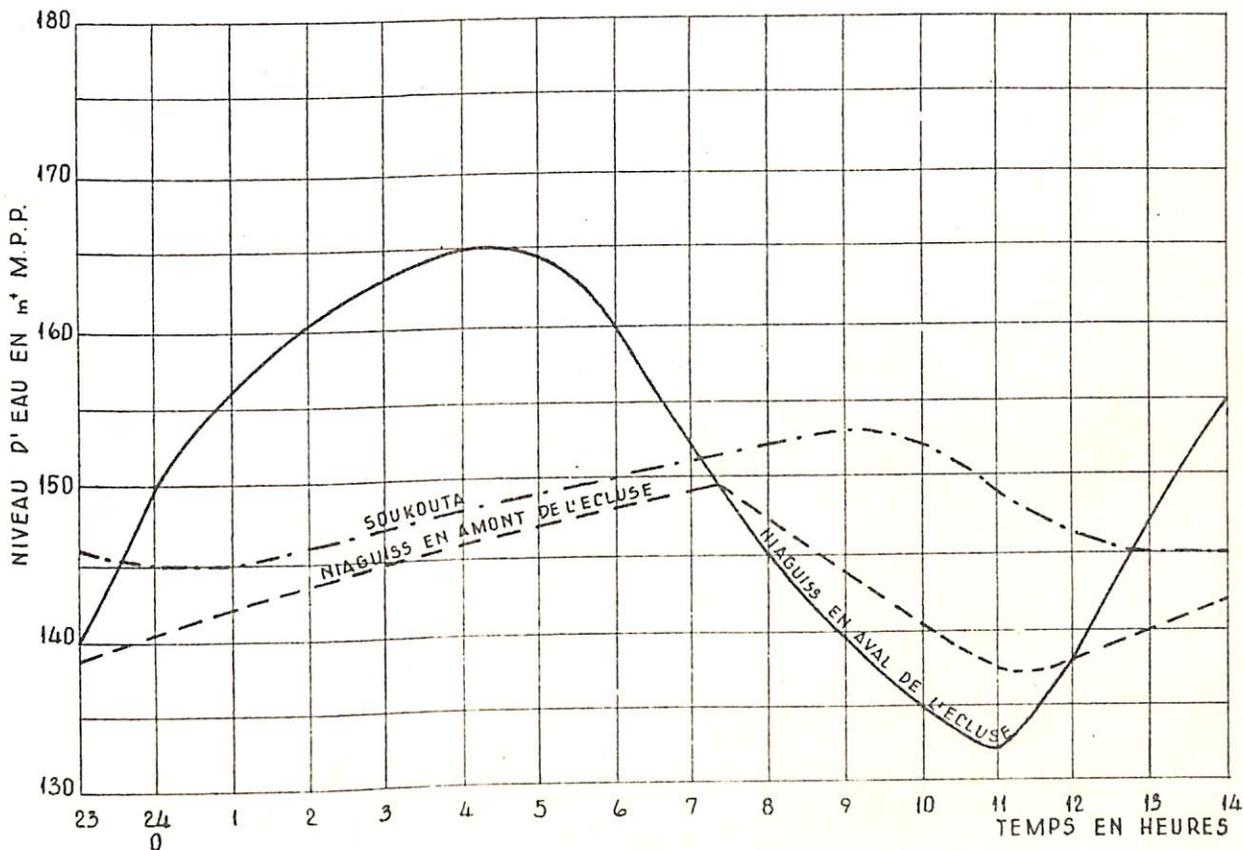
VALLEE DE NIIASSA
 NIVEAUX D'EAU LES PLUS ELEVES POUR
 DIFFERENTES SECTIONS DE L'ECLUSE



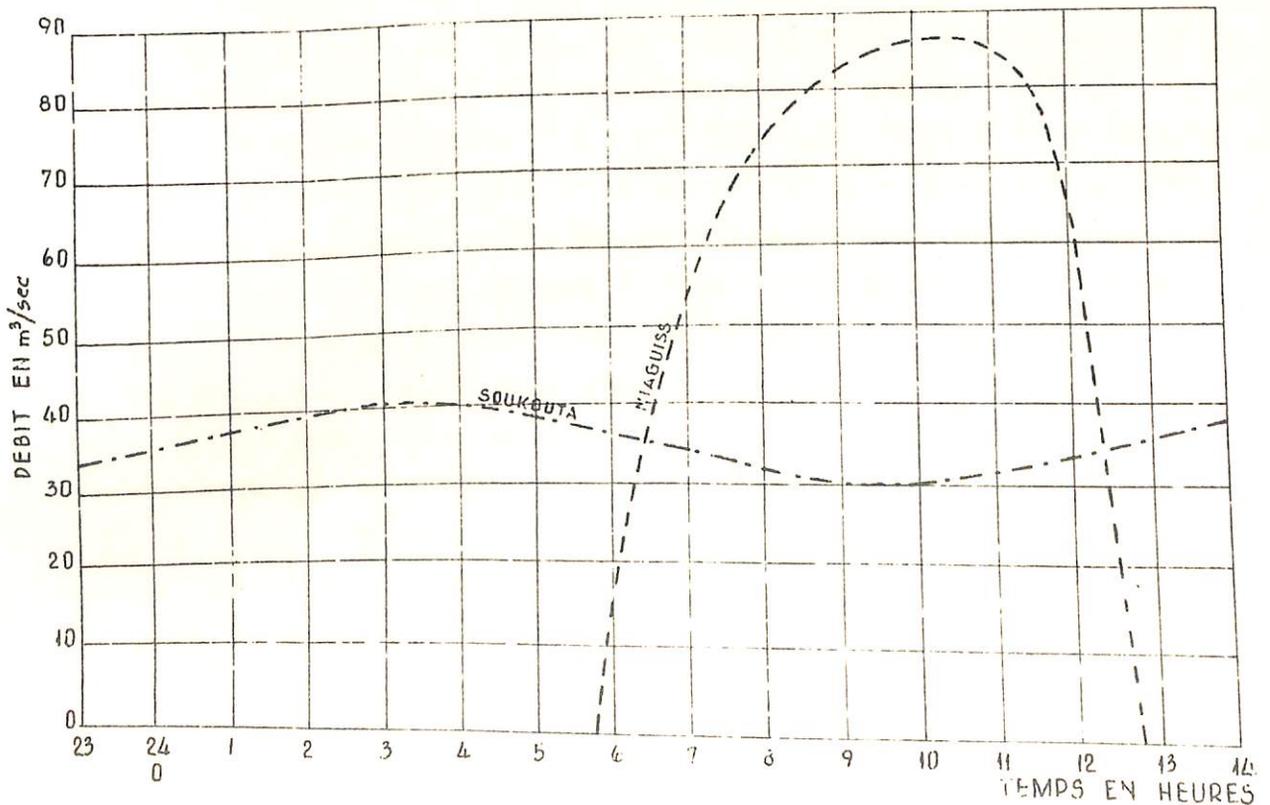
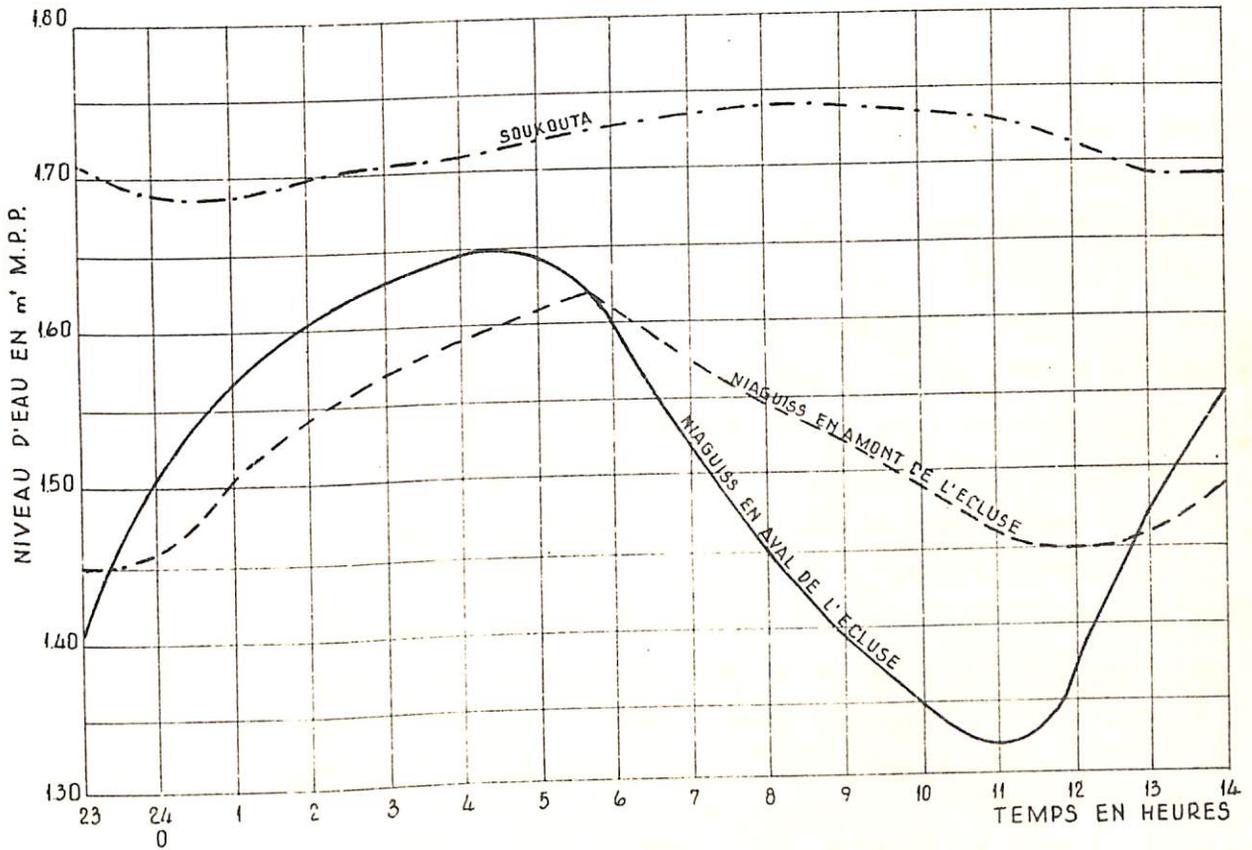
≡≡≡ } NIVEAU D'EAU LE PLUS ELEVE

≡≡≡ } NIVEAU D'EAU DEPASSE PENDANT
 3 JOURS CONSECUTIFS

VALLEE DE GUIDEL
 NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU
 10 - 11 AOÛT 1963 à NIAGUISS AVEC UNE ECLUSE
 DE DEMI-SECTION DU MARIGOT ET UN
 DEBIT FLUVIAL DE 15 m³/sec.



VALLEE DE GUIDEL
 NIVEAUX D'EAU ET DEBITS POUR LA MAREE DU
 10 - 11 AÛT 1963 à NIAGUISS AVEC UNE ECLUSE
 DE DEMI-SECTION DU MARIGOT ET UN
 DEBIT FLUVIAL DE 35 m³/sec.



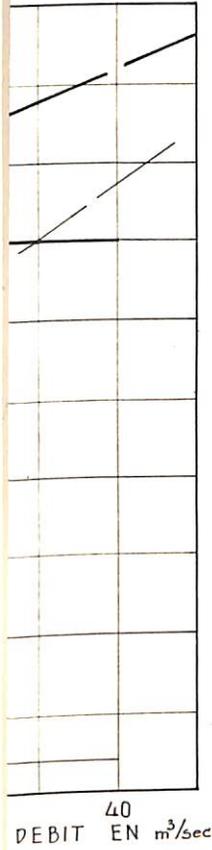
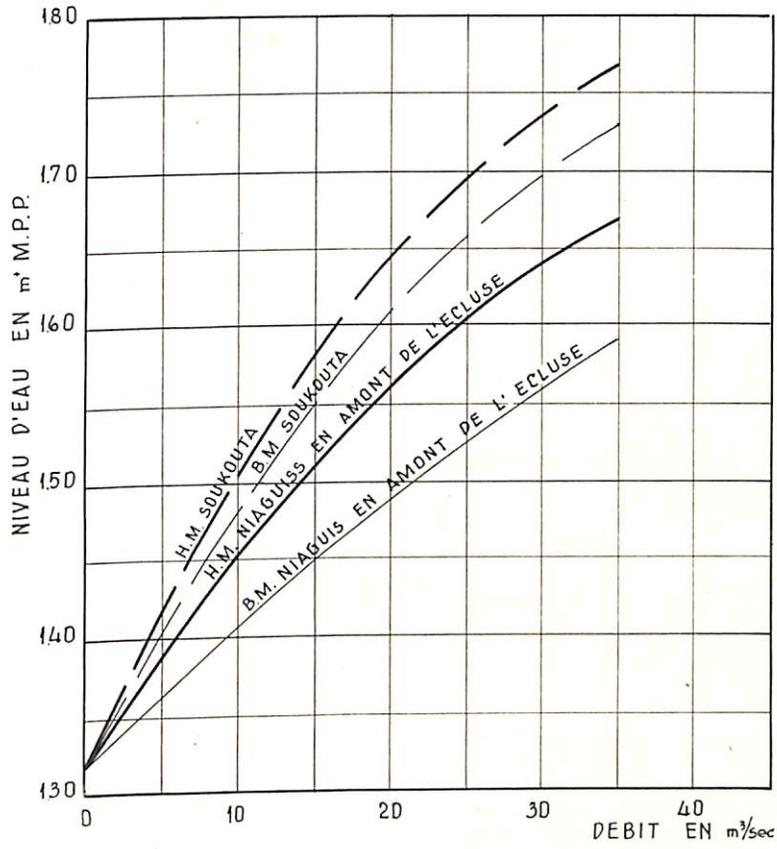
à Niaguiss et à Soukouta pour une écluse de demi-section de celle du marigot, c'est à dire une écluse d'une largeur de 13 m avec une hauteur de seuil de 2,50 m - M.P.P., par des débits fluviaux constants de respectivement 15 et 35 m³/sec. Les calculs ont été répétés pour des écluses ayant une section de 1/4 (largeur d'écluse 6,50 m) et 3/4 (largeur d'écluse 19,50 m) de la section du marigot. A la figure 32 sont donnés pour ces 3 dimensions d'écluse les niveaux de haute mer et de basse mer en fonction du débit fluvial, tandis qu'est donnée en outre la situation actuelle par la même marée. Si l'on compare la situation actuelle avec celle dans le futur, il ressort alors que, tout comme dans la vallée de Niassa, les niveaux de haute mer s'abaissent lorsque le débit fluvial à Niaguiss se trouve en dessous d'une certaine valeur. Cette valeur limite se monte à 35 m³/sec pour une écluse dont la section est 1/4 de celle du marigot et se trouve être encore nettement plus élevée pour les deux plus grandes écluses. Un débit de 35 m³/sec ne se produira que rarement à Niaguiss. La situation est donc ici plus favorable que dans la vallée de Niassa où une valeur limite correspondante du débit fluvial est seulement atteinte dans le cas d'une écluse dont la section est la moitié de celle du marigot.

Si l'on compare la situation actuelle avec la future, il ressort néanmoins que, à l'encontre de ce qui se passe dans la vallée de Niassa où les niveaux de basse mer en aval de l'écluse sont influencés dans un sens favorable, les niveaux de basse mer dans la vallée de Guidel près de l'écluse, accusent une surélévation par n'importe quel débit fluvial. Par forts débits, la surélévation atteint 7, 13 et 27 cm pour une écluse de respectivement 3/4, 1/2 et 1/4 de la section du marigot. Plus en amont de l'écluse la montée du niveau de basse mer par rapport à la situation actuelle devient de plus en plus faible et il peut même se produire un abaissement. Ainsi à Soukouta, pour une écluse d'une section de 3/4 ou de 1/2 de la section du marigot et par débits élevés un abaissement du niveau de basse mer de quelques cm se produit encore, mais pour une écluse du 1/4 de la section du marigot le niveau de basse mer se trouve augmenté de quelques cm.

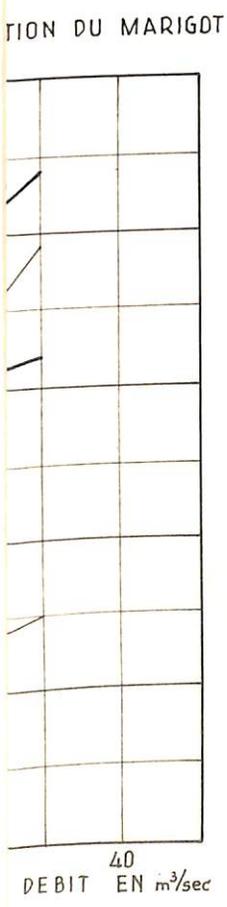
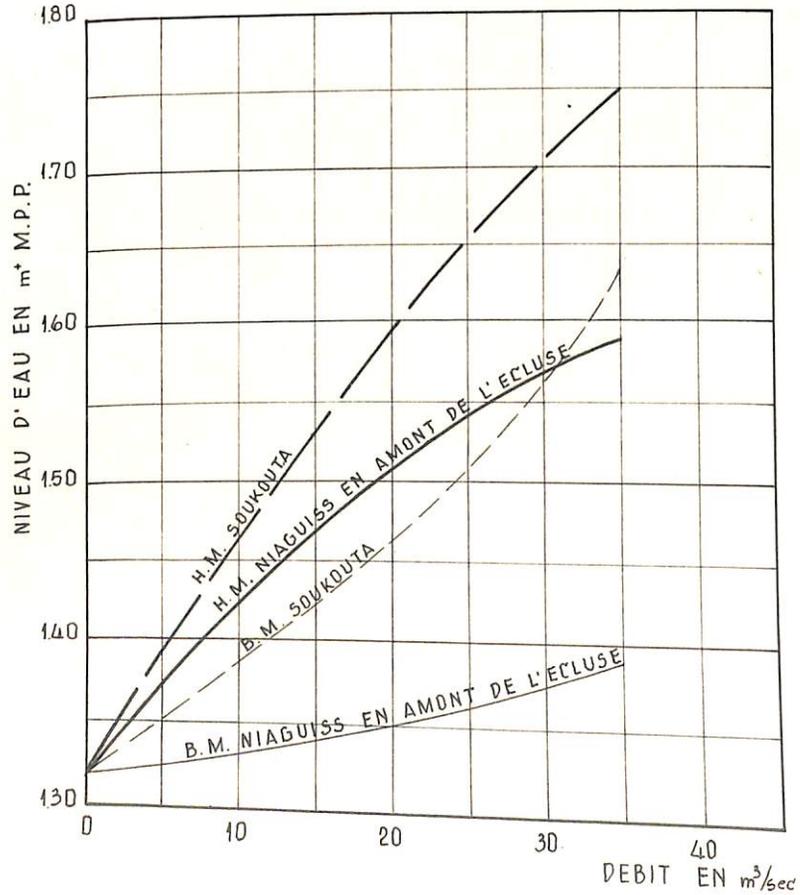
Une idée quant à l'influence de l'agrandissement ou de la réduction des dimensions de l'écluse est donnée à la figure 33 sur

VALLEE DE GUIDEL HAUTE ET BASSE MERS EN FONCTION DU DEBIT FLUVIAL.

ECLUSE D'UNE SECTION DE 1/4 DE LA SECTION DU MARIGOT

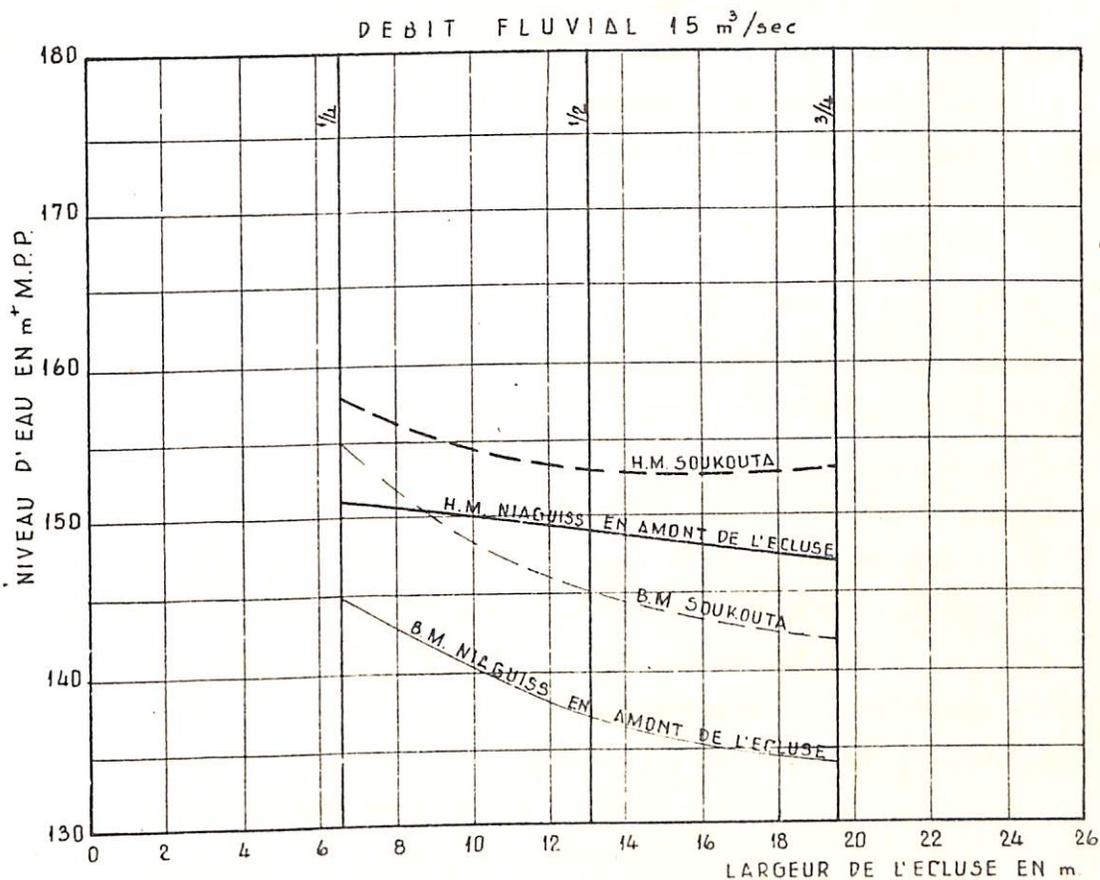


ECLUSE D'UNE SECTION DE 3/4 DE LA SECTION DU MARIGOT

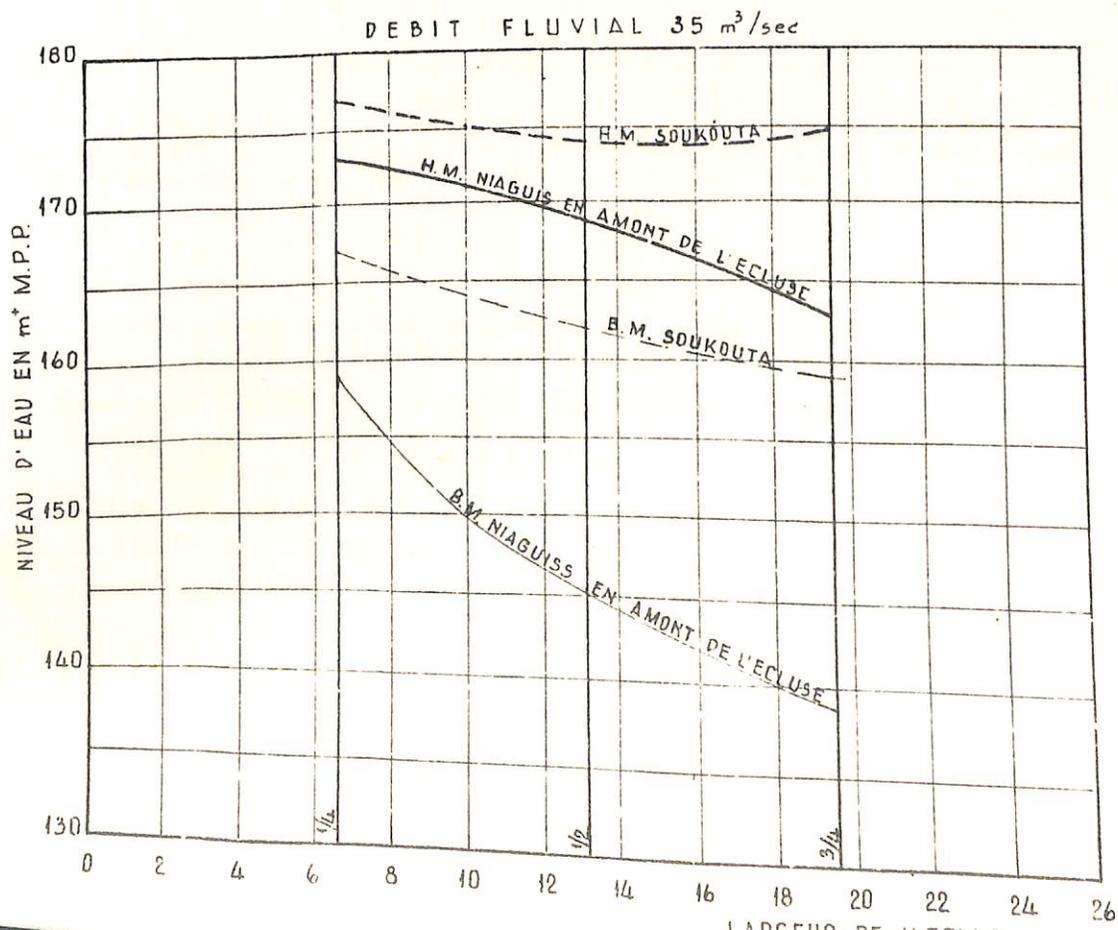


ER

VALLEE DE GUIDEL
 HAUTE ET BASSE MERS PAR DIFFERENTES SECTIONS
 DE L'ECLUSE POUR DES DEBITS FLUVIAUX
 CONSTANTS A NIAGUISS DE 15 ET 35 m³/sec.



H.M. = HAUTE MER B.M. BASSE MER



laquelle les niveaux de haute mer et de basse mer à Niaguiss et à Soukouta sont donnés pour des débits fluviaux constants à Niaguiss de respectivement 15 et 35 m³/sec, en fonction des dimensions de l'écluse. Ici également apparaît la faible influence des dimensions de l'écluse sur les niveaux d'eau.

4.3.2. Niveau d'eau par décharge de débits fluviaux variables

La méthode suivie pour la détermination des niveaux d'eau est la même que celle utilisée dans la vallée de Niassa. Les niveaux d'eau par les débits selon la figure 11 ont été déterminés à l'aide des résultats des calculs des niveaux d'eau par débits fluviaux constants selon la figure 32. Les niveaux d'eau qui se produiront 1 x en 3, 5 et 10 ans sont donnés à la figure 34 pour le cas d'une écluse de demi-section du marigot. De la même manière que pour la vallée de Niassa, des corrections ont été déterminées pour les niveaux d'eau calculés ainsi pour un temps de récurrence de 3 et 10 ans. Le tableau donne ces corrections.

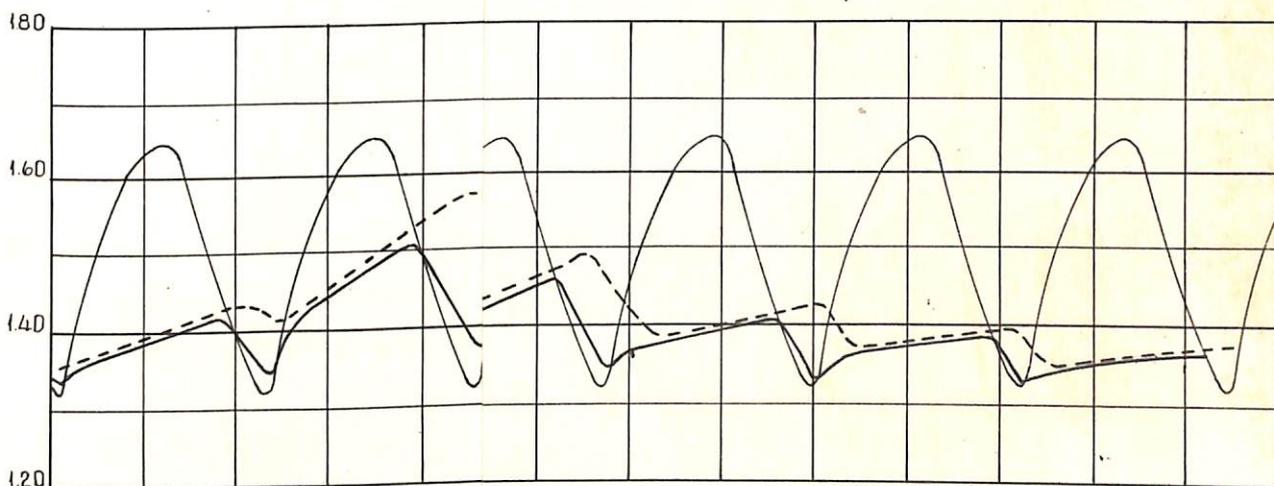
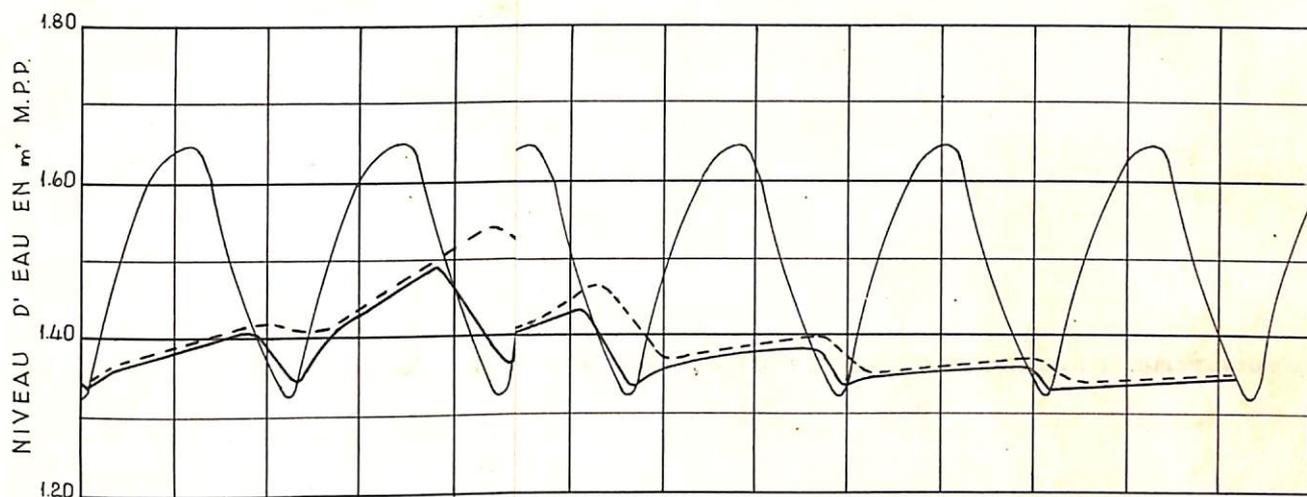
Tableau 8

Corrections apportées aux haute et basse mers calculées dans la
vallée de Guidel, en cm

Temps de récurrence en années	haute mer		basse mer	
	Niaguiss	Soukouta	Niaguiss	Soukouta
3	- 4	- 6	- 6	- 6
10	+ 3	+ 5	+ 6	+ 6

Les résultats des calculs auxquels sont apportés les corrections du tableau 8, pour des écluses ayant une section de 1/4 et de 3/4 de la section du marigot, ainsi que les résultats pour une écluses ayant une section de la moitié de celle du marigot, se trouvent au tableau 9. Il y est indiqué le niveau d'eau le plus élevé qui se produise et le niveau d'eau qui se trouve dépassé pendant 3 jours consécutifs.

ALLEE DE GUIDEL
 S NIVEAUX D'EAU A NIAGUISS
 C UNE ECLUSE DE LA DEMI-SECTION
 DES DEBITS FLUVIAUX VARIABLES



EN AVAL DE L'ECLUSE

EN AMONT DE L'ECLUSE

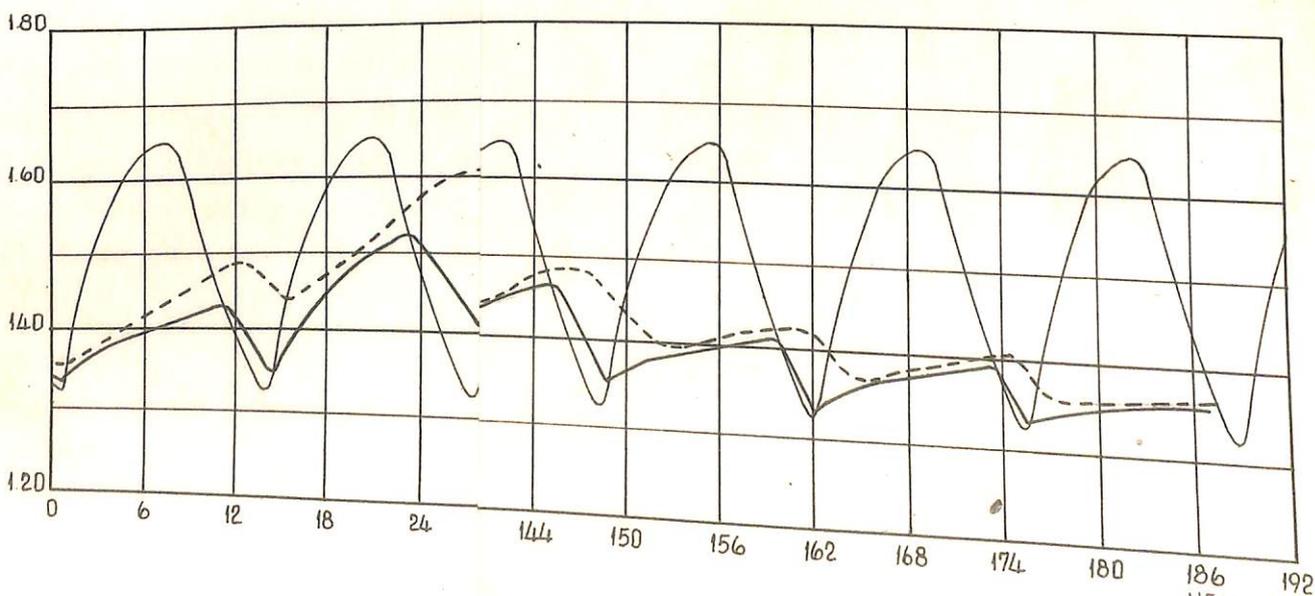


Tableau 9

Niveau d'eau le plus élevé et niveau d'eau qui se trouve dépassé
pendant 3 jours consécutifs, en m + M.P.P.

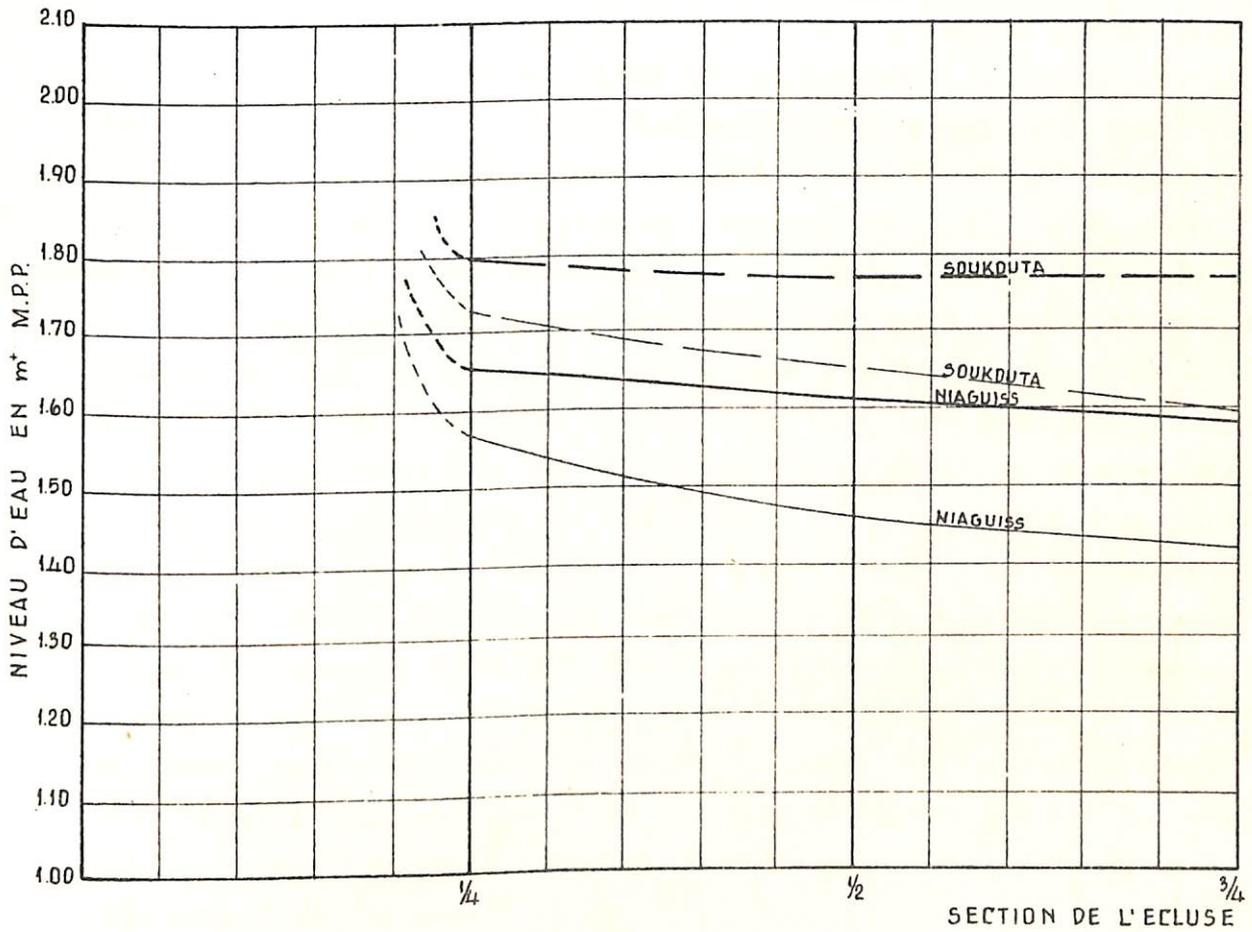
écluse	Niveau d'eau le plus élevé			Niveau d'eau dépassé pendant 3 jours consécutifs		
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
1 x en 10 ans à Niaguiss Soukout	1.65	1.61	1.58	1.57	1.46	1.42
	1.80	1.77	1.77	1.73	1.65	1.59
1 x en 5 ans à Niaguiss Soukouta	1.60	1.56	1.54	1.45	1.37	1.34
	1.71	1.66	1.66	1.62	1.53	1.49
1 x en 3 ans à Niaguiss Soukouta	1.52	1.49	1.47	1.37	1.30	1.27
	1.62	1.57	1.57	1.52	1.42	1.39

A la figure 35 sont représentés ces niveaux d'eau par un temps de récurrence de 10 ans. Il apparaît que la sensibilité des niveaux d'eau à la réduction des dimensions de l'écluse est dans la vallée de Guidel légèrement plus grande que dans la vallée de Niassa.

4.4. Résumé

a. Dans la vallée de Niassa les niveaux d'eau ont été déterminés en différents points de la vallée par une marée représentative à Kamobeul Pirogue correspondant à celle des 10-11 août 1963 à cet endroit, et pour un débit fluvial selon la figure 9. Ceci a été établi à l'aide des résultats de calculs sous les mêmes circonstances mais avec différentes valeurs constantes du débit fluvial. A la figure 26 sont représentés les niveaux d'eau pour la situation actuelle et pour des écluses d'une section de respectivement 1/4, 1/2 et 3/4 de la section du marigot, c'est à dire pour des écluses ayant une largeur de respectivement 13, 26 et 39 m, et une hauteur de seuil de 2 m - M.P.P. La figure 28 donne les niveaux d'eau qui en ont été déduits et qui se produiront dans le cas d'une écluse de demi-section du marigot par un temps de récurrence de 3, 5 et 10 ans.

VALLEE DE GUIDEL
 NIVEAUX D'EAU LES PLUS ELEVES POUR
 DIFFERENTES SECTIONS DE L'ECLUSE



} NIVEAU D'EAU LE PLUS ELEVE

} NIVEAU D'EAU DEPASSE PENDANT 3 JOURS CONSECUTIFS

Le tableau 7 donne les hauts niveaux d'eau par différentes dimensions d'écluse et différents temps de récurrence. La figure 29 donne le niveau le plus élevé qui se produit à différents endroits par un temps de récurrence de 10 ans, ainsi que le niveau d'eau qui se trouve dépassé pendant 3 jours consécutifs, en fonction de la section d'écluse.

b. Dans la vallée de Guidel, les niveaux d'eau qui se produisent ont été déterminés de la même manière que pour la vallée de Niassa. La marée représentative à Niaguiss est celle des 10-11 août 1963 à cet endroit. L'hydrogramme de débit fluvial appliqué est donné à la figure 11. A l'aide des niveaux d'eau qui se produiront par différents débits fluviaux constants, sont indiqués à la figure 32 les niveaux d'eau qui résulteront des débits variables mentionnés. Ces calculs ont été effectués pour une écluse ayant une section de $1/4$, $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot, c'est à dire pour des écluses d'une largeur de respectivement 6.50, 13.00 et 19.50 m avec une hauteur de seuil de 2,50 m - M.P.P. La figure 34 donne les niveaux d'eau qui se produiront dans le cas d'une écluse dont la section est égale à la moitié de celle du marigot par un temps de récurrence de 3,5 et 10 ans. Le tableau 9 donne les hauts niveaux d'eau qui se produisent à différents endroits par des dimensions d'écluse et des temps de récurrence différents. La figure 35 donne pour les différentes sections d'écluse les niveaux d'eau les plus élevés et les niveaux d'eau qui se trouvent dépassés pendant 3 jours consécutifs par un temps de récurrence de 10 ans.

CHAPITRE 5

CHOIX DES DIMENSIONS DES ECLUSES EN RELATION AVEC LES NIVEAUX D'EAU SOUHAITES

5. 1. Introduction

Dans ce chapitre seront déterminées les dimensions des écluses en relation avec les niveaux d'eau souhaités pour la riziculture. Ceci sera fait en partant des niveaux d'eau calculés dans le chapitre précédent.

Tout d'abord seront déterminés les niveaux d'eau dans les vallées qui sont admissibles pour la riziculture. Ceux-ci dépendent des facteurs suivants :

- a. l'altitude des terres dans la situation actuelle,
- b. le tassement des sols auquel il faut s'attendre dans l'avenir,
- c. le niveau d'eau maximal admissible sur les rizières.

Ces facteurs seront traités successivement et il sera ensuite possible de fixer le niveau d'eau souhaité. Ce niveau sera enfin comparé aux niveaux d'eau qui se produiront par différentes dimensions des écluses afin qu'un choix des dimensions des écluses puisse être fait.

5. 2. L'altitude des terres de vallée et le tassement auquel il faut s'attendre

L'altitude des terres et la sensibilité au tassement sont variables. Les sols à mangrove et particulièrement les sols à rhizophores seront ceux qui pourront donner les meilleures rizières, mais ces sols sont les plus bas, sont les plus sensibles au tassement et seront en outre, par suite de leur situation près des marigots, les plus fortement influencés par les modifications de niveau d'eau. C'est pourquoi ces sols à rhizophores seront pris ici comme critère pour l'appréciation des possibilités de la riziculture. En 1962, quelques profils ont été levés dans les vallées, à l'aide desquels on peut obtenir une idée de l'altitude de ces sols à rhizophores. Le tableau 10 donne l'altitude de ces sols aux alentours des

points où ont été également déterminés les niveaux d'eau futurs.

Tableau 10

Altitude des sols à rizophores

	Emplacement	Altitude des sols en m + M.P.P.
Vallée de Niassa	Médina	1.40
	Etomé	1.20 à 1.40
	Ebouné	1.30 à 1.50
Vallée de Guidel	Niaguiss	1.30 à 1.50
	Soukouta	1.30 à 1.40

Au cours des examens sur le terrain en 1965 un grand nombre de mesures altimétriques auront été effectuées pour déterminer les cotes des sols à rhizophores dans de nombreux autres points des vallées.

D'après les essais conduits en 1962, il s'avère que pour un abaissement permanent du niveau d'eau de 50 cm il faut compter dans les sols à rhizophores sur un tassement de 10 à 30 cm. Un tel abaissement des sols est absolument inadmissible et il est donc indispensable de limiter le plus possible le tassement. La méthode par laquelle le tassement peut être maintenu le plus faible doit être déterminée en partant des niveaux d'eau qui se produisent actuellement. Les niveaux d'eau les plus bas se présentent pendant la saison sèche et sont ceux qui sont pris en compte pour l'état actuel des terres de vallée. Si l'on réussissait à créer à l'avenir pendant la saison sèche une situation identique, l'on pourra alors s'attendre à ce qu'il ne se produise pas de tassement. La situation actuelle en saison sèche ressort du tableau 11 dans lequel les niveaux d'eau en saison sèche par vive-eau (1), par marée moyenne (2) et par morte-eau (3) empruntés au tableau 5 sont donnés pour différents endroits par rapport à l'altitude des sols à rhizophores d'après le tableau 10.

Tableau 11

Niveaux de haute mer et basse mer pendant la saison sèche, en cm,
par rapport à l'altitude des sols à rhizophores

		Haute mer	Basse mer
<u>Vallée de Niassa</u>			
Médina	1.	+ 14	- 80
	2.	+ 4	- 58
	3.	- 6	- 36
Ebouné	1.	0 à + 20	- 77 à - 57
	2.	- 8 à + 12	- 62 à - 42
	3.	- 15 à + 25	- 48 à - 28
<u>Vallée de Guidel</u>			
Niaguiss	1.	- 10 à + 10	- 79 à - 59
	2.	- 18 à + 2	- 65 à - 45
	3.	- 25 à + 5	- 49 à - 29

Il ressort du tableau 11 qu'actuellement, pendant la saison sèche, les sols à rhizophores sont en grande partie, et surtout par vive-eau, régulièrement submergés. A l'avenir il n'y aura plus fluctuation du niveau d'eau avec 2 x par jour un haut niveau et 2 x par jour un bas niveau d'eau, mais un niveau d'eau pratiquement constant. Si l'on parvient pendant la saison sèche à maintenir un niveau d'eau égal à celui que provoque actuellement la haute mer par marée moyenne, le tassement du sol pourra être évité. Ce niveau d'eau est, d'après le tableau 5, 1.44 m + M.P.P. pour la vallée de Niassa et 1.32 m + M.P.P. pour la vallée de Guidel. Pour y parvenir il faudra pendant la période pendant laquelle l'évaporation est supérieure à l'apport des eaux pluviales, laisser à chaque vive-eau pénétrer de l'eau par les écluses.

Des données exactes concernant le tassement auquel il faut s'attendre auront été recueillies en 1965 sur le polder-pilote. Il sera possible sur la base de ces données, de déterminer les niveaux d'eau qui sont admissibles sans que se produise un tassement. Provisoirement l'on a pris comme point de départ la situation la plus défavorable, c'est à dire celle dans laquelle le niveau d'eau maintenu est égal à la hauteur de la haute mer par

marée moyenne en saison sèche.

5.3. Exigences de la riziculture en ce qui concerne le niveau d'eau

Les niveaux d'eau les plus hauts que puisse supporter le riz planté dépendent du temps qui s'est écoulé depuis le repiquage au mois d'août du riz dans les rizières. Le culture se fait sur billons, ceux-ci étant des lits surélevés d'environ 10 cm. Au mois d'août, le niveau d'eau admissible sera de 15 cm au-dessus des billons, c'est à dire de 25 cm au-dessus du niveau naturel du sol. De plus hauts niveaux d'eau ne devront se produire que pendant peu de temps. Dans les mois suivants, des niveaux d'eau plus hauts sont admissibles, et ceci jusqu'au mois de novembre; au moment du processus de maturation du riz, les rizières doivent être à sec.

Les plus hauts débits et par suite les plus hauts niveaux d'eau se présentent, ainsi qu'il ressort du chapitre 2, au mois d'août. La période des niveaux d'eau maximaux coïncide donc avec celle pendant laquelle des niveaux d'eau de plus de 25 cm au-dessus du niveau naturel du sol ne doivent être dépassés que pendant peu de temps. Dans les mois suivants, les débits diminuent et le riz résiste à de plus hauts niveaux d'eau. Au mois de novembre, il ne pleut plus et il ne se produit donc plus de débits importants, ce qui permet de maintenir facilement le niveau d'eau à tout niveau souhaité.

Il ressort de ce qui précède que pour la détermination des dimensions des écluses, la situation au mois d'août doit être prise en compte. Le tableau 12 indique en différents points des vallées les niveaux d'eau maximaux souhaités, qui ne doivent être dépassés que pendant peu de temps.

Tableau 12

Niveaux d'eau maximaux souhaités au mois d'août

Vallée	Emplacement	Niveau d'eau maximal en m + M.F.P.
de Niassa	Médina	1.65
	Etomé	1.45 à 1.65
	Ebouné	1.55 à 1.75
de Guidel	Niaguiss	1.55 à 1.75
	Soukouta	1.55 à 1.65

Il semble à première vue fort malchanceux que les plus hauts niveaux qui se produisent coïncident avec la période pendant laquelle le riz peut le moins supporter les hauts niveaux d'eau. Etant donné néanmoins que cette période tombe au moment où la culture en est à ses tout premiers débuts, il reste possible au cas d'éventuelle apparition de ces niveaux d'eau et de destruction du premier repiquage, de procéder à un nouveau repiquage. Le risque de perte entière de la récolte se trouve ainsi sensiblement diminué.

5.4.

Comparaison entre les niveaux d'eau qui se produiront à l'avenir et ceux qui sont souhaités.

Choix des dimensions des écluses.

L'on peut maintenant comparer les niveaux d'eau maximaux souhaités, d'après le tableau 12, avec les niveaux d'eau maximaux qui se produiront après la construction d'écluses d'une section de $1/4$, $1/2$, et $3/4$ de la section du marigot et par des temps de récurrence de 3, 5 et 10 ans. Ces derniers niveaux sont donnés dans la chapitre 4 ou peuvent en être déduits. Le tableau 13 donne, outre les niveaux d'eau maximaux qui se produisent et ceux qui sont souhaités, le temps en heures pendant lequel les niveaux d'eau maximaux souhaités sont dépassés.

Si l'on juge admissible que le niveau d'eau maximal souhaité soit dépassé pendant 3 jours consécutifs, le tableau 13 donne alors une représentation complète des possibilités techniques de l'évacuation des eaux des vallées au moyen d'écluses de différentes dimensions. Il est évidemment possible de poser que plus les dimensions des

écluses sont choisies grandes, plus les niveaux d'eau maximaux qui se produisent seront bas et plus bref sera le temps pendant lequel les niveaux d'eau souhaités seront dépassés. D'un autre côté, l'on voudra, pour des considérations économiques, réduire le plus possible les dimensions des écluses. Des niveaux d'eau le plus bas possible exigent de grandes écluses, la limitation des coûts commande de petites écluses. L'on pourrait envisager de mettre face à face le gain obtenu sur les coûts de construction des écluses et les conséquences économiques de la perte en sols aptes à la riziculture. Il est néanmoins possible de parvenir de façon plus simple au choix des dimensions des écluses.

Il ressort du tableau 13 en effet que pour les écluses d'une section de $1/2$ et $3/4$ de la section du marigot, les écarts que présentent les niveaux maximaux et la durée de dépassement des niveaux d'eau souhaités, sont faibles, de sorte que des écluses d'une section supérieure à la moitié de la section du marigot ne seront pas nécessaires.

De plus, il ressort que les écluses d'une section moindre que la moitié de la section du marigot diminuent fortement les possibilités de drainage par rapport aux écluses dont la section est la moitié de celle du marigot. L'on arrive de cette manière au choix d'écluses ayant une section égale à la moitié de la section du marigot, tant pour la vallée de Niassa que pour celle de Guidel.

La question se pose de savoir si un éventuel abandon dans l'avenir du système de billons pourrait avoir une influence sur le choix des dimensions des écluses. Les niveaux maximaux souhaités indiqués au tableau 13 devront alors être abaissés de 10 cm. Dans ce cas également, augmenter les dimensions des écluses en portant leur section au $3/4$ de la section du marigot ne changera pas grand chose. Réduire les dimensions des écluses serait en l'occurrence plus que jamais à déconseiller. Dans l'ensemble on peut poser en principe que l'abandon du billonnage sera seulement possible sur les parties hautes des sols à rhizophores. Sur les parties les plus basses on sera à l'avenir également, obligé de

TABLEAU 13 - Niveaux d'eau maximaux souhaités et se produisant, et durée de dépassement des niveaux d'eau souhaités pour différentes valeurs du temps de récurrence T, avec des écluses d'une section de 1/4, 1/2 et 3/4 de la section du marigot.

emplacement	niveau d'eau maximaux en m + M.P.P.					durée de dépassement des niveaux d'eau maximaux souhaités, en heures		
	souhaités		se produisant					
			T=3	T=5	T=10	T=3	T=5	T=10
Vallée de Niassa à								
Médina	1/4	1.65	1.62	1.73	1.80	0	8	80
	1/2		1.56	1.66	1.74	0	2	11
	3/4		1.55	1.65	1.73	0	0	10
Etomé	1/4	1.45 à 1.65	1.63	1.75	1.85	10 à 130	75 à 180	135 à 200
	1/2		1.57	1.69	1.80	0 à 105	6 à 150	120 à 180
	3/4		1.57	1.68	1.78	0 à 100	3 à 115	115 à 170
Ebouné	1/4	1.55 à 1.75	1.65	1.77	1.89	0 à 105	6 à 145	120 à 180
	1/2		1.59	1.71	1.85	0 à 7	0 à 130	65 à 150
	3/4		1.58	1.70	1.83	0	0 à 115	60 à 150
Vallée de Guidel à								
Niaguiss	1/4	1.55 à 1.75	1.52	1.60	1.65	0	0 à 10	0 à 120
	1/2		1.49	1.56	1.61	0	0 à 1	0 à 9
	3/4		1.47	1.54	1.58	0	0 à 4	0 à 5
Soukouta	1/4	1.55 à 1.65	1.62	1.71	1.80	0 à 25	20 à 120	105 à 180
	1/2		1.57	1.66	1.77	0 à 8	2 à 25	80 à 120
	3/4		1.57	1.66	1.77	0	0 à 6	9 à 100

conserver ce système pour éviter les risques de perte de la récolte par inondation. Sur ces parties les plus basses, ce risque demeurera tant qu'un drainage de détail, par épuisement par exemple, n'aura pas été établi.

5.5. Résumé

a. Les niveaux d'eau souhaités pour la riziculture sont déterminés à partir de la cote des sols à rhizophores et des niveaux d'eau maximaux admissibles sur les rizières. En outre sont discutées les mesures nécessaires pour éviter le tassement en maintenant pendant la saison sèche dans les marigots le niveau de hauteur moyenne, c'est à dire 1.44 m + M.P.P. dans la vallée de Niassa et 1.32 + M.P.P. dans la vallée de Guidel. Il s'avère que la situation au mois d'août est celle qui doit être prise en compte pour la détermination des dimensions des écluses. Le tableau 12 donne les niveaux d'eau maximaux souhaités pendant ce mois.

b. En comparant les niveaux d'eau maximaux souhaités avec ceux qui se produisent et la durée de dépassement des niveaux d'eau souhaités par différentes dimensions d'écluses, il ressort qu'il est souhaitable de donner à la section des écluses la moitié de la section du marigot. L'abandon du système des billons pour la riziculture peut seulement être envisagé pour les parties les plus hautes des sols à rhizophores. Ceci n'influe pas sur le choix des dimensions des écluses. La suppression du billonnage sur les parties les plus basses entraîne de gros risques d'inondation néfaste pour la culture tant qu'un drainage de détail, par épuisement par exemple, n'a pas été prévu.

PLUIE EN MM													Evapora- tion en mm
Date	Ziguinchor	Niaguiss	Soukouta	Guidel	Brin	Borofaye	Mpak	Djilolon	Bagame	Kouring	Niassa	Médina	Ziguinchor
juillet													
7	2,0	3,0	2,0	-	2,4	1,4	4,3	4,4	9,4	-	2,6	1,2	2,6
	-	0,9	9,3	-	-	-	-	-	-	-	5,3	2,8	
8	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	2,6
	-	-	-	-	-	0,1	1,0	-	-	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	7,5	-	24,8	-	-	-	-	1,4
	28,1	25,3	23,7	26,0	23,0	22,1	22,2	-	18,9	21,7	22,4	17,4	
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	0,5	-	-	-	-	3,3	-	0,1	-	-	-	-	2,1
	5,1	5,9	1,6	2,3	2,8	-	6,0	-	2,6	0,1	-	0,6	
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4
	-	-	-	-	-	-	2,1	1,6	-	-	-	-	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,8
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	-	-	
14	0,7	-	-	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	1,9
	12,9	7,4	4,0	7,2	10,3	5,3	-	2,4	1,9	1,9	-	2,2	
15	-	-	-	-	-	-	6,1	-	-	-	-	-	0,8
	-	-	-	-	-	7,0	-	9,2	-	-	-	-	
16	37,0	17,5	6,5	9,3	38,8	20,0	8,8	-	12,0	6,5	0,1	35,8	1,9
	-	-	-	-	-	13,0	-	-	-	-	-	-	
17	-	-	6,8	-	-	2,7	-	-	-	22,2	26,8	7,3	2,2
	38,3	25,6	47,1	26,5	14,2	32,3	28,4	16,4	29,6	31,2	12,5	15,2	
18	0,7	-	-	-	-	3,0	3,3	-	2,6	-	5,2	-	1,0
	-	-	1,4	0,5	-	1,4	-	-	0,1	1,4	-	1,2	
19	32,5	5,6	24,6	20,3	24,4	45,1	6,7	15,2	5,3	4,7	10,0	3,7	1,0
	0,6	24,2	38,0	28,0	7,2	20,5	18,9	4,4	42,0	6,8	3,3	5,0	
20	22,9	5,2	10,8	3,9	20,2	14,8	3,7	3,8	3,0	10,6	6,1	10,6	2,4
	4,5	9,1	1,0	1,6	-	0,7	1,4	-	0,4	6,3	-	5,4	
21	-	-	0,2	-	3,4	2,2	0,8	-	-	-	-	-	3,3
	-	7,4	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	9,1	45,2	15,8	16,2	9,0	14,6	64,1	75,3	36,0	36,5	1,3
	4,7	4,9	4,6	5,1	4,0	3,4	4,9	4,4	3,0	2,3	3,5	3,2	
24	1,2	6,3	16,9	22,9	2,6	17,3	35,3	-	6,1	6,3	6,3	3,1	0,5
	5,7	-	1,2	2,2	22,6	2,3	1,7	21,8	15,8	2,2	-	2,0	
25	40,0	46,0	48,0	51,4	32,4	31,9	29,9	3,6	16,8	33,3	48,1	67,9	1,6
	1,2	-	0,7	1,0	4,6	1,6	2,2	-	1,1	1,3	2,9	4,0	
26	0,5	-	6,8	4,0	1,7	0,9	3,4	-	1,5	1,1	-	3,2	0,5
	-	-	-	-	-	-	-	12,8	-	-	-	-	
27	18,1	10,5	7,5	7,4	14,4	15,8	6,3	-	7,1	8,3	10,2	5,4	2,1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28	-	-	-	-	6,0	-	-	-	-	-	3,3	1,1	2,2
	-	-	-	-	-	-	1,6	-	16,5	2,3	13,5	3,4	

PLUIE EN MM													Evapora- tion en mm
Date	Ziguinchor	Niaguiss	Soukouta	Guidel	Brin	Borofaye	Mpak	Djilolon	Bagame	Kouring	Niassa	Médina	Ziguinchor
août													
19	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	2,3
	0,3	7,5	8,6	1,1	-	0,2	0,3	0,4	1,0	6,2	-	-	
20	0,5	-	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	2,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	0,4	-	0,5	4,8	-	3,1	3,7	-	5,1	2,2	-	-	1,2
	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	1,7	-	2,8	
22	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	8,2	0,6
	4,6	-	12,8	3,2	4,9	4,5	3,2	-	-	-	3,3	23,0	
23	0,2	20,3	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,8	1,1
	0,2	-	1,5	0,7	-	-	-	-	-	0,9	-	8,6	
24	14,1	1,5	6,7	20,4	12,0	11,6	8,9	18,8	14,8	13,1	20,3	19,1	1,7
	4,6	2,4	8,0	11,6	2,1	4,2	3,6	2,8	2,0	0,5	0,3	21,6	
25	5,1	3,0	9,5	14,7	12,1	12,4	25,7	15,4	20,7	13,1	8,1	10,0	0,6
	9,6	-	5,8	6,1	4,2	2,2	2,6	2,8	3,1	4,4	4,5	3,6	
26	-	-	-	-	-	-	10,9	-	0,2	-	-	-	2,3
	-	9,6	25,0	3,4	-	2,7	-	-	-	-	-	-	
27	4,9	15,9	13,1	7,9	9,2	7,3	6,3	20,0	24,7	21,4	11,5	17,3	2,4
	-	-	1,7	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
	2,3	0,5	2,2	3,9	2,7	-	3,6	-	-	-	4,5	4,8	
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7
	7,8	22,2	3,2	3,6	2,0	-	4,9	5,8	2,6	19,7	3,7	1,4	
30	-	-	-	-	0,6	-	-	-	1,4	0,5	-	-	1,2
	1,6	17,2	3,7	1,5	8,8	13,3	-	5,6	58,4	10,6	14,0	36,0	
31	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	0,3
	17,5	26,5	22,8	13,4	19,2	16,7	13,4	10,8	9,3	13,3	14,5	11,7	
septembre													
1	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	1,9
	0,1	21,5	0,1	0,3	-	2,0	2,1	0,4	0,3	0,2	-	-	
2	5,6	-	5,0	4,8	5,0	6,1	4,5	4,8	7,1	7,7	-	6,6	1,6
	0,2	-	0,2	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	
3	-	-	-	-	-	5,2	-	-	-	-	-	-	2,0
	0,4	-	-	-	0,1	0,6	-	-	-	-	4,9	-	
4	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
	0,3	20,6	46,6	4,3	-	3,8	9,6	5,0	39,6	1,1	-	-	
5	17,2	30,0	15,8	18,1	40,5	20,0	30,8	31,4	89,3	120,8	52,6	38,4	0,9
	4,0	6,0	5,6	4,4	2,6	14,6	11,6	6,4	8,6	12,6	10,1	6,4	
6	1,8	-	5,8	4,1	1,1	3,0	5,9	2,2	1,2	1,0	0,3	1,0	1,1
	4,3	12,0	17,6	16,0	39,7	13,6	9,6	49,6	17,1	9,4	5,3	25,1	
7	-	-	-	-	-	40,0	-	-	-	-	-	-	1,8
	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	4,1	-	-	-	-	-	-	
	-	3,0	-	-	-	6,2	-	-	-	-	-	-	2,0

PLUIE EN MM													Evapora- tion en mm
Date	Ziguinchor	Niaguiss	Soukouta	Guidel	Brin	Borofaye	Mpak	Djilolon	Bagame	Kouring	Niassa	Médina	Ziguinchor
octobre													
1	-	-	-	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	0,2
2	30,1	6,0	4,7	23,5	19,6	15,6	8,6	-	1,0	-	-	15,2	0,7
3	0,2				8,8	60,5	9,1	6,2	5,1			7,2	1,6
4	34,7				-	54,9	42,5	39,6	23,3			-	0,8
5	tr.					36,8	1,2	0,6	-				0,7
6	-					-	3,3	5,0	3,1				0,4
7	-					12,5	-						1,2
8	9,3					9,9	17,1						1,3
9	4,5					42,9	8,2						0,5
10	45,1					16,8	23,2						0,7
11	-					0,4	50,0						1,1
12	27,4					46,3	43,5						0,9
13	-					0,1	70,0						2,0
14	11,6					7,1	12,8						0,9
15	-					-	-						1,7
16	2,2					50,0	6,1						1,8
17	-					-	-						2,3
18	19,9					50,6	12,2						2,1
19	13,6					13,3	16,4						2,5
20	9,3					16,0	28,5						2,3
21	11,2					8,6	18,6						1,9
22	2,8					2,6	3,4						1,8
23	2,5					2,5	1,9						2,1
24	2,1					11,2	11,2						2,5
25	1,9					1,1	60,0						2,3
26	0,8					-	-						1,9
27	1,3					12,5	5,6						1,8
28	4,5					6,8	20,7						2,1
29	-					0,2	1,5						2,3
30	-					-	-						1,9
31	-					-	-						1,8
32	-					-	-						2,1
33	-					-	-						2,1

Date	PLUIE EN MM												Evapora- tion en mm
	Ziguinchor	Niaguiss	Soukouta	Guidel	Brin	Borofaye	Mpak	Djilolon	Bagame	Kouring	Niassa	Médina	Ziguinchor
octobre													
24	.					.	.						3,1
25	.					.	.						3,0
26	.					.	.						2,1
27	9,7					.	30,7						2,1
28	.					19,2	36,8						2,5
29	.					.	.						2,6
30	.					.	.						4,0
31	.					.	.						3,6

ANNEXE 2 - Vallée de Niassa.

Volumes mesurés du flux et du reflux à Médina
 en $10^6 m^3$ et pluie nette en mm pendant la période
 allant du 10 août au 25 août 1963.

Date	volume du flux	volume du reflux	pluie nette	Date	volume du flux	volume du reflux	pluie nette
10	0,738	1,435		19	0,354	1,560	
11	0,348	0,480			1,250	1,448	
	0,655	1,992			0,588		-1,0
		1,167	10,8	20	0,510	1,545	
12	0,570	0,606			1,423	1,545	
	1,092	1,817			0,432		-1,6
		0,865	-0,2	21	0,793	1,482	
13	0,967	0,853			1,735	1,482	
	0,702	1,690			0,198		2,0
		0,216	24,6	22	0,950	1,440	
14	0,750	1,145			1,536	1,483	
	0,084	1,795			0,048		4,4
		0,228	91,2	23	0,973	1,375	
15	0,444	1,850			1,445	1,465	
	0,432	1,795	-0,2		0,006		-
				24	1,200	1,483	
16	0,865	1,645			1,470	1,430	16,9
	0,366	1,545	37,1	25	1,273	1,308	
					1,297	1,260	-
17	0,024	1,545					
	1,245	1,620					
	0,763		0,1				
18	0,144	1,640					
	1,350	1,605					
	0,678		-1,5				

ANNEXE 3 - Vallée de Guidel.

Volumes mesurés du flux et du reflux à Niaguiss
 en $10^6 m^3$ et pluie nette en mm pendant la période
 allant du 30 août au 14 septembre 1963.

Date	volume du flux	volume du reflux	pluie nette	Date	volume du flux	volume du reflux	pluie nette
30	0,468	0,787	16,3	7	0,762	0,024	
					1,117		
31	0,012	0,709	16,3	8	0,949	1,014	-2,0
	0,853				0,102		
	0,372				1,080		
1	0,084	0,840	2,2	9	0,834	0,870	-1,1
	0,810				0,138		
	0,354				0,960		
2	0,168	0,847	2,2	10	0,750	0,654	4,5
	0,793				0,258		
	0,312				1,020		
3	0,324	0,828	-1,4	11	0,546	0,492	12,7
	0,888				0,384		
	0,222				0,882		
4	0,420	0,852	18,3	12	0,600	0,192	3,3
	0,924				0,588		
	0,048				0,876		
5	0,540	1,057	23,7	13	0,498	0,036	5,1
	0,913				0,763		
	0,024				0,864		
6	0,829	1,057	17,8	14	0,462		14,5
	0,870				0,882	-	

