

C28c

Ministère du Développement Rural

Société de Mise en Valeur  
Agricole de la Casamance  
(SOMIVAC)

Unité de Planification  
Régionale (UPR)

**PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL  
POUR LA CASAMANCE**

**AVANT - PROJET**

**TOME II LIVRE 2**

**CLIMATOLOGIE , HYDROLOGIE  
INFRASTRUCTURES**



19. 200 UPR

Ministère du Développement Rural

Société de Mise en Valeur  
Agricole de la Casamance  
(SOMIVAC)

Unité de Planification  
Régionale (UPR)

**PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL  
POUR LA CASAMANCE**

**AVANT - PROJET**

**TOME II LIVRE 2**

**CLIMATOLOGIE , HYDROLOGIE  
INFRASTRUCTURES**

Ziguinchor, Septembre 1978



**CLIMATOLOGIE**



## TABLE DES MATIERES

2.1	<u>C L I M A T O L O G I E</u>
2.11	<u>INTRODUCTION</u>
2.12	<u>DONNEES CLIMATIQUES</u>
2.12.1	Température
2.12.2	Humidité relative
2.12.3	Insolation
2.12.4	Vents
2.12.5	Evaporation
2.13	<u>DONNEES PLUVIOMETRIQUES</u>
2.13.1	Saison des pluies
2.13.2	Précipitations annuelles ponctuelles
2.13.3	Précipitations mensuelles ponctuelles
2.13.4	Pluviométrie journalière
2.13.5	Facteurs limitants du point de vue climat
2.13.6	Hauteur de pluie décadaire de fréquence de dépassement 0,8
2.13.7	Bilans hydriques moyens mensuels région par région



## II.2.1 CLIMATOLOGIE

### 2.11 INTRODUCTION

L'objet de cette partie qui traite de la climatologie en Casamance est multiple :

1. présenter aussi complètement que possible les données existantes.
2. dégager les facteurs limitants au point de vue agricoles
3. en déduire des zones types relativement homogènes du point de vue climatique vis à vis d'un découpage agricole.

Les données utilisées ci-après proviennent essentiellement du service de la météorologie nationale à Dakar-Yoff.

De nombreux rapports et études existent sur la Casamance dans lesquels on peut trouver des études climatologiques, mais qui sont plus ou moins récentes, et nous avons préféré dans la mesure de possible exploiter directement les données de base (souvent jusqu'en 1976) afin d'actualiser les moyennes et autres calculs à l'aide des mesures des dernières années climatologiquement exceptionnelles.

### 2.12 DONNEES CLIMATIQUES

#### Stations climatiques en Casamance

Le réseau météorologique national se montre malheureusement peu dense jusqu'en 1972 en Casamance. En 1972/73 12 nouveaux postes pluviométriques ont été installés, mais nous ne les présenteront pas ici, compte tenu de leur série chronologique très courte.

Nous n'avons retenu en fait que les postes présentant plus de 10 ans de mesures ; parmi ces postes on compte :

- Deux stations synoptiques à Ziguinchor et Kolda, où sont disponibles les mesures de pluviométrie, humidité relative, insolation, évaporation Piche, température (minimum et maximum), vents... depuis respectivement 1919 et 1922



- 8 postes pluviométriques simples		Latitude	longitude
à DIOULOLOU	depuis 1935	13° 02' 45'' N	16° 36' 15'' W
OUSSOUYE	1931	12° 29' 00'' N	16° 32' 45'' W
BIGNONA	1953	12° 48' 45'' N	16° 14' 00'' W
SEDHIOU	1919	12° 42' 30'' N	15° 33' 30'' W
INOR	1944	12° 59' 30'' N	15° 42' 45'' W
FAFAKOUROU	1962	13° 03' 45'' N	14° 33' 30'' W
VELINGARA	1931	13° 08' 30'' N	14° 06' 45'' W
KOUNKANE	1963	12° 56' 00'' N	14° 05' 00'' W

NOTA : Trois postes supplémentaires présentent plus de 10 ans de mesure : DIEMBERING, KABROUSSE et SEFA-SEDHIOU ; ils n'ont pas été exploités dans le présent dossier, car situés dans une zone où les renseignements étaient jugés suffisants (Casamance Maritime).

Parmi les dix postes pluviométriques précités, nous constatons que 6 de ces postes sont situés en Casamance Maritime pour à peu près 10.000 km<sup>2</sup> (à l'Ouest de 15°33' de longitude W), soit une densité de 1 station pour 1.700 km<sup>2</sup>, ce qui est à la limite de la densité nécessaire pour une telle étude. Les quatre autres couvrent une superficie de 18.000 km<sup>2</sup> environ, avec donc une station pour 4.500 km<sup>2</sup>, ce qui est nettement insuffisant. Si l'on tient compte des nouveaux postes implantés, on arrivera à une densité de 1 station pour 630 km<sup>2</sup> en Casamance Maritime (16 pour 10.000 km<sup>2</sup>) et 1 station pour 1.800 km<sup>2</sup> en Moyenne et Haute-Casamance (10 pour 18.000 km<sup>2</sup>).

## 2.121 Température

La Casamance se trouve en climat tropical Nord, à une seule saison des pluies.

Les deux stations de Kolda et Ziguinchor nous donnent les mesures des températures suivantes : (voir tableau 1)

.../...



- maximum et minimum absolus mensuels
- moyennes mensuelles des maximums et minimums de chaque mois
- moyennes mensuelles des maximums et minimums journaliers
- température moyenne mensuelle.

Les calculs de ce rapport ont été faits sur la période 1951/1976. La température moyenne mensuelle de ZIGUINCHOR est de 26°6, celle de KOLDA est de 27°6.

Les variations de températures au cours de l'année sont analogues, avec cependant de plus grandes amplitudes à Kolda qui est plus continentale que Ziguinchor. La température moyenne mensuelle se situe aux mois de Décembre - Janvier, et est maximale en Mai-- Juin, juste avant la saison des pluies.

L'amplitude maximale journalière se voit en Janvier-Février. On constate de plus un minimum relatif de la température moyenne mensuelle en Août au milieu de la saison des pluies, et un maximum relatif en Octobre, à la fin de la saison des pluies.

#### 2.122 Humidité relative

L'humidité relative varie environ de 50% pour les mois de Janvier et Février à environ 80% pour les mois de Juillet à Octobre.

#### 2.123 Insolation

L'insolation maximum se situe en Mars Avril avec environ 250 heures par mois.

L'insolation minimum correspond à la saison des pluies nettement plus faible à Ziguinchor (140 heures en Août) qu'à Kolda (181 heures en Août) Le tableau 3 donne l'insolation moyenne mensuelle à Ziguinchor et Kolda.

.../...



## 2.124 Vents

On rencontre 2 périodes de vents correspondant à la saison sèche et humide :

- vent de secteur Nord-Est de Novembre à Mai, sec, rarement fort et tombant la nuit
- vent de secteur Sud-Ouest de Mai à Novembre, humide, rarement fort et tombant la nuit.

Les seuls vents forts sont associés aux tornades et viennent du secteur Sud ou Sud-Est. Ils se produisent exclusivement en saison des pluies

## 2.125 Evaporation

L'évaporation Piche est mesurée à KOLDA et ZIGUINCHOR (tableau 4). Elle diminue de l'Est vers l'Ouest par diminution des quantités évaporées en saison sèche.

Des mesures sur bac COLORADO ont été faites par la SCET COOP. en 1962 et 1963, mais qui paraissent surévaluées à DIOULACOLON (tableau 5).

Des mesures sur bac A sont faites à Djibélor depuis 1974.

On dispose de quelques mesures sur bac Colorado :

- à DIOULACOLON (près de Kolda) de Août à Décembre 1963 relativement représentatives, puisque l'année climatologique 1963 ne s'est pas trop écartée de la moyenne
- à GOUNDAGA (près de Kounkané) de Juin 1962 à Janvier 1963 elles aussi relativement représentatives l'année climatologique 1962 ne s'est pas trop écartée de la moyenne.

Ces mesures sur bac nous serviront pour estimer l'ETP.

.../...



Les valeurs sur bac Colorado manquantes pour Goundaga ont été ensuite estimées, en tenant compte de la courbe de Turc (voir tableaux 6 et 7, figures 1 et 2).

L'estimation de l'ETP en un point quelconque de la Casamance ne pourra se faire qu'à partir de mesures sur Bac ou formules empiriques par cause de manque de données.

On établira donc une carte d'ETP annuelle en se basant sur l'estimation d'ETP annuelle à KEDOUGOU et à TAMBACOUNDA.

A Kédougou nous prendrons les mesures sur bac A affectées d'un coefficient 0,8 ce qui nous donne une E T P annuelle de 1.700 m environ.

A Tambacounda nous prendrons une estimation de l'Agronomie Tropical qui nous donne une E T P annuelle de 1.800 m environ.

Ces valeurs annuelles combinées aux précédentes nous permettent de tracer grossièrement notre carte.

Pour un point quelconque après lecture sur la carte de l'ETP annuel on se référera à la station la plus proche parmi les trois ci-dessus citées, pour évaluer la répartition annuelle à partir de l'ETP estimée.

Il faut souligner que la carte d'isoETP (figure 2) ainsi construite n'est que très approximative : construite avec 5 points parmi lesquels on a dû estimer l'ETP pour 2 d'entre eux.

Cependant, elle peut donner un ordre de grandeur à environ 10 % à 15 % de près.

## 2.13 DONNEES PLUVIOMETRIQUES

### 2.131 Saison des pluies

La saison des pluies est unique, de cinq mois environ de Juin à Octobre, liée aux déplacements du front inter tropical pendant l'année. Dans 70 % des cas le mois d'Août reçoit le total mensuel le plus élevé de l'année, dans 20 % des cas c'est le mois de Septembre, et dans 10 % des cas le mois de Juillet (sources ORSTOM).



Les dates de début et fin de saison des pluies sont relativement difficiles à définir.

Or, ces dates présentent pour l'agronome une importance particulière car elles conditionnent pour les cultures en sec le démarrage de la campagne agricole et la durée admissible du cycle végétatif.

Pour déterminer chaque année les dates de début ou de fin de saison des pluies une méthode consiste à éliminer les jours de pluie isolés séparés du corps de la saison des pluies par 8 jours secs au moins lorsque le jour isolé avait reçu 20 mm au plus, par 10 jours secs au moins lorsque le jour isolé avait reçu 25 mm au plus, par 12 jours secs au moins lorsque le jour isolé avait reçu 30 mm au plus ect....

En procédant de la sorte année par année on peut définir par un échantillon les distributions à une station déterminée des dates de début et de fin d'hivernage ainsi que la distribution de la durée de l'hivernage.

Le résultat de ces calculs est donné dans le rapport hydrologique sur la Casamance de Brunet-Moret. La figure(3) donne les dates médianes de début et de fin de saison des pluies ainsi que les dates observées correspondant à une probabilité<sup>(\*)</sup> de non dépassement de 25% et 75%, pour les postes pluviométriques de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara.

Sur la même figure et pour les mêmes postes est portée la durée de la saison des pluies (médiane et probabilité de non dépassement de 25 % et 75 %).

Cette figure fournit les renseignements suivants :

- 1°) La durée médiane de la saison des pluies est sensiblement la même quelque soit la longitude (sensiblement 143 jours à tous les postes) mais la dispersion de cette durée augmente de l'Ouest à l'Est. Ainsi à Vélingara la durée de l'hivernage est inférieure à 157 jours 75 fois sur 100 et inférieure à 131 jours 25 fois sur 100 alors que les valeurs correspondant aux mêmes seuils de probabilité sont relativement de 150 et 138 à Ziguinchor.

.../...

---

(\*) Il s'agit des probabilités observées sur l'échantillon.

Le même phénomène s'observe pour la date du début de l'hivernage. Celui-ci commence en moyenne autour du premier Juin (un peu après à Ziguinchor, un peu avant à Vélingara) mais la fourchette 25%/75% est nettement plus étroite à Ziguinchor.

La date moyenne de la fin de l'hivernage est légèrement plus tardive à Ziguinchor qu'à Vélingara.

## 2.132 Précipitations annuelles ponctuelles

Les hauteurs annuelles de précipitation vont sensiblement en décroissant du Sud-Ouest au Nord-Est.

Ainsi la pluviométrie moyenne annuelle se répartit comme suit (voir en annexe cartographique 2-1 la carte des isohyètes des pluies annuelles) :

OUSSOUYE	41	années d'observation entre 1931 et 1977	-	1620 mm
ZIGUINCHOR	47	" " " 1930 et 1976	-	1489 mm
BIENONA	19	" " " 1953 et 1976	-	1361 mm
DILOULOU	32	" " " 1935 et 1976	-	1371 mm
SEDHIOU	49	" " " 1924 et 1975	-	1353 mm
KOLDA	51	" " " 1923 et 1976	-	1230 mm
VELINGARA	44	" " " 1932 et 1976	-	1073 mm

On a retenu les quatre postes où les observations sont de longue durée pour faire une étude plus détaillée de la pluviométrie (Ziguinchor, Sédhiou, Kolda, Vélingara).

Ces quatre séries chronologiques ont été ajustées à une loi de PEARSON III (voir pour ces quatre postes les tableaux des fréquences des précipitations annuelles tableaux 8 à 11).

Il faut remarquer que ces résultats sont différents de ceux calculés il y a une dizaine d'années (par exemple rapport Brunet-Moret de 1970). Depuis 1968 en effet on constate, sans d'ailleurs pouvoir l'expliquer, une série d'années presque toutes déficitaires, et souvent fortement déficitaires (tableau 12).



Ainsi à ZIGUINCHOR, la pluviométrie moyenne est tombée de 1551, (calculée sur 1930 - 1976) à 1489 si l'on prend en compte les dernières années. Ceci se traduit par un déplacement des isohyètes annuelles vers le Sud.

La moyenne des 9 dernières années (1968 - 1976) de 1226 mm est de 18 % inférieure à la moyenne globale.

Ne sachant si cette tendance climatologique à des années plus sèches va s'affirmer ou si ce n'est que passager, on devra donc se montrer prudent dans les estimations des ressources en eau. Pour une analyse plus précise de cette question, le problème de la confiance statistique des données a été abordé en annexe (\*). Nous pouvons d'autre part constater sur le tableau ci-dessus que l'hétérogénéité pluviométrique peut être très importante:

- en 1969 pluviométrie médiane à ZIGUINCHOR et cinquantennale humide à Kolda
- en 1971 pluviométrie 0,75 à KOLDA et moins que centennale sèche à Ziguinchor.

Il est donc très important d'augmenter la densité du réseau pluviométrique de façon à tenir compte de ces disparités, car l'étude des corrélations entre postes voisins s'avère délicate ; une telle corrélation a été établie entre les postes de BIGNONA où on dispose seulement de 18 années et le poste voisin de ZIGUINCHOR où les observations portent sur 47 ans (voir annexes statistiques tableaux 2-31 à 2-34).

Enfin, l'analyse statistique en loi de PEARSON III nous a permis de construire un graphique (voir fig. 4) donnant les diverses fréquences au non dépassement de la pluviométrie annuelle suivant la ligne Ziguinchor, Sédhiou, Kolda, Vélingara:

La connaissance sur une longue période de la pluviométrie des différents postes de Casamance à également permis de tracer le réseau des courbes isohyètes des précipitations annuelles moyennes (voir annexe carte des isohyètes).

.../...

---

(\*) Voir annexes statistiques tableaux 2-21 à 2-24.

Ce réseau a la même allure que celui obtenu lors des études hydrologiques antérieures (notamment le rapport Brunet-Moret 1970) mais les courbes se trouvent décalées vers le Nord car la valeur faible de la pluviométrie annuelle des dix dernières années a fait baisser les moyennes.

Pour la même raison, certaines anomalies apparaissent pour les stations récentes où le nombre d'observations est faible. Ainsi l'isohyète de Bignona devait correspondre sensiblement à celle de Diouloulou. Or la moyenne annuelle de pluie à Bignona calculée sur 19 ans de 1953 à 1976 est seulement de 1328 mm alors que la moyenne calculée à Diouloulou sur 33 ans de 1935 à 1976 est de 1370 mm. En réalité on peut obtenir une meilleure approximation de la moyenne à Bignona en étudiant la corrélation avec la station de Diouloulou. On trouve effectivement une valeur légèrement supérieure à celle de Diouloulou.

### 2.133 Précipitations mensuelles ponctuelles

L'analyse des hauteurs de précipitation mensuelle a été pour les cinq postes de ZIGUINCHOR, SEDHIOU, INCR, KOLDA et VELINGARA. Les fonctions de distribution sont bien représentées par des lois de PEARSON III. Les tableaux 8 à 11 donnent les fréquences au non dépassement de la pluviométrie mensuelle des mois d'hivernage (Juin à Octobre inclus) et des mois de Mai et Novembre.

Au cours de ces deux derniers mois, la pluie tombe rarement (1 chance sur 10 pour qu'elle dépasse 20 mm à Ziguinchor en Mai et Novembre). Les mois les plus abondants sont Juillet, Août et Septembre, seuls mois où la pluviométrie moyenne est supérieure à l'ETP.

Le mois d'Août est en règle générale le plus pluvieux (la médiane dépasse 500 mm à Ziguinchor) ; il possède la pluviométrie la plus élevée dans 70% des cas, mais dans 20% des cas, c'est le mois de Septembre et dans 10% des cas, le mois de Juillet.

.../...



La répartition mensuelle se présente en moyenne comme suit :

	M	J	J	A	S	O	N
ZIGUINCHOR	0,5%	5,7	23,5	34,8	23,9	9,2	0,5
I N O R	0,4	9,4	22,5	35,9	21,0	10,4	0,5
S E D H I O U	1,0	9,1	22,1	32,4	25,0	10,6	0,4
K O L D A	1,5	11,0	21,4	30,9	24,8	9,5	0,8
VELINGARA	2,4	12,2	20,0	29,8	26,3	8,5	0,7

#### 2.134 Pluviométrie journalière

La pluviométrie journalière intéresse l'agronome sous différents aspects ; ce sont respectivement :

- le maximum annuel des pluies journalières,
- le nombre de jours de pluie durant l'hivernage,
- la distribution des hauteurs de précipitation susceptibles de tomber en un nombre de jours déterminé au cours d'un mois donné,
- les hauteurs de pluie décadaires dépassées quatre vingt fois sur 100 pendant l'hivernage.

##### Maximum annuel des pluies journalières

On analyse la série obtenue en prenant chaque année la pluie journalière de valeur maximum. Une telle série suit en général assez bien une loi de distribution de GUMBEL.

La détermination des paramètres de cette loi a été faite aux quatre stations d'observation de longue durée ZIGUINCHOR, SEDHIOU, KOLDA et VELINGARA.

.../...

La figure (5) donne, d'après cette analyse et en fonction de la pluviométrie moyenne annuelle, les hauteurs ponctuelles journalières de fréquence de retour cinq ans, dix ans, vingt ans et cinquante ans.

Ces hauteurs de pluie vont évidemment en décroissant de l'Ouest à l'Est.

#### Nombre de jours de pluie

Le nombre de jours de pluie pendant l'hivernage (de Juin à Octobre inclus) est en moyenne de 89 jours à Ziguinchor, de 70 à Sédhiou, de 68 à Kolda et de 59 à Vélingara. Ce nombre décroît donc très vite d'Ouest en Est ce qui peut entraîner des baisses de rendement importantes lorsque deux précipitations successives sont séparées par une durée assez longue. Ceci nous a conduit à analyser, pour chaque mois d'hivernage, la hauteur de précipitation susceptible de tomber en un nombre de jours déterminé.

#### Hauteur de précipitation susceptible de tomber en un nombre de jours déterminé à une époque donnée

Pour chaque mois d'hivernage et pour chacune des stations de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara, on classe les hauteurs totales de précipitation tombées respectivement en six et dix jours consécutifs.

Les séries chronologiques ainsi obtenues sont bien représentées par des lois de GALTON tronquées. (Il est ici nécessaire d'utiliser des lois tronquées car il existe une probabilité non nulle pour que le total des précipitations en six ou dix jours soit nul).

Les paramètres de ces lois de GALTON tronquées ont été calculés sur ordinateur. A partir de ces fonctions de distribution, il est possible de déterminer, à chaque station et à une époque de l'année déterminée, la probabilité pour que la hauteur de précipitation de trois jours, six jours ou dix jours consécutifs dépasse une valeur fixée à l'avance. Ces fonctions de distribution servent à la détermination des facteurs limitants pour les productions agricoles cultivées en sec (voir en annexes statistiques 2-1 les courbes de distribution).



2.135 Facteurs limitants du point de vue climat pour certaines productions agricoles

Il s'agit ici évidemment des cultures en sec, les facteurs limitant des cultures irriguées étant par contre sous la dépendance de l'hydrologie. Pour chacune des productions agricoles actuellement cultivées en sec (riz, mil, maïs, arachide...) et pour celles dont on envisage le développement on a calculé (voir rapport agronomique) l'évapotranspiration réelle maximale par jour durant toute la durée du cycle végétatif. Cette valeur appelée ETM représente les pertes d'eau maximales de la variété culturale considérée lorsque celle-ci est largement alimentée en eau et passe par tous les stades de croissance et donc de couverture plus ou moins parfaite du sol. L'ETM caractérise les besoins en eau maxima de la variété envisagée sous un climat donné, elle est calculée jour par jour pendant toute la durée du cycle végétatif. Les courbes de fréquence plus haut définies permettent de calculer la probabilité de satisfaction des besoins en eau de chaque culture.

2.136 Hauteur de pluie décadaire de fréquence de dépassement 0,8

Les besoins en eau des plantes sont en général calculées par décade durant la durée du cycle végétatif. Pour les cultures d'hivernage, il est nécessaire de savoir si les précipitations sont d'une manière générale, suffisantes pour assurer la satisfaction des besoins en eau. Cette connaissance permet de caler au mieux le cycle végétatif et de déterminer éventuellement les besoins complémentaires en eau d'irrigation.

Ces considérations nous ont conduit à calculer les hauteurs de pluie décadaires ayant 80 chances sur 100 d'être dépassées ceci pour chaque décade des cinq mois d'hivernage. Le calcul a été fait pour les quatre postes de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara. Ces résultats sont condensés dans les figures 6 à 9.

.../...

## 2.137 Bilans hydriques moyens mensuels région par région

Ces bilans ont pour objet de définir les déficits agricoles moyens mensuels à partir des ETP moyennes mensuelles et des hauteurs pluviométriques moyennes mensuelles.

Ces valeurs sont connues aux postes de Ziguichor, Sédhiou, Kolda et Vélingara. Les bilans hydriques peuvent être calculés année par année compte tenu de la pluviométrie de l'année considérée et en admettant que l'ETP est indépendante de la pluviométrie. En réalité ceci est inexact car l'ETP est plus élevée en année sèche durant les mois d'hivernage en raison d'un ensoleillement plus important.

Nous commencerons donc par calculer les bilans hydriques moyens mensuels et nous examinerons ensuite la variation de l'ETR (Evapotranspiration réelle) en année sèche.

Le calcul du bilan se fait en comparant mois par mois la pluviométrie moyenne mensuelle de la station considérée à l'ETP du même mois. La pluviométrie mensuelle à chaque poste est calculée à partir de la répartition mensuelle de l'apport annuel donnée ci-dessus.

Le mois de départ correspond au dernier mois de la saison sèche (ici le mois de Juin), mois où les réserves sont généralement nulles.

Plusieurs cas sont à considérer :

- a) Si la pluviométrie moyenne P du mois est supérieure à l'ETP, l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle  $ETR = ETP$

L'excédent  $P - ETP$  est emmagasiné dans le sol dont il vient augmenter les réserves, ceci jusqu'à ce que la réserve facilement utilisable<sup>(\*)</sup> (appelée R F U) soit reconstituée.

.../...

---

(\*) La réserve facilement utilisable ou RFU correspond à la quantité d'eau qui peut être extraite d'un sol dont le taux d'humidité initial est égal à la capacité de rétention jusqu'à ce que se manifeste un déficit d'approvisionnement en eau susceptible d'affecter le rendement des cultures. Pour les sols de Casamance la R F U a été prise égale à 100 mm.



Quant la saturation est atteinte l'excédent se partage en ruissellement de surface et infiltration alimentant la nappe phréatique.

b) Si la pluviométrie du mois considéré est inférieure à l'ETP, trois cas sont à considérer :

$b_1$ ) s'il y a des réserves en quantité suffisante, il y a pompage de ces réserves et on a encore  $ETR = ETP$ . Dans ce cas il n'y a ni excédent ni déficit.

$b_2$ ) si les réserves sont insuffisantes l'ETR est inférieure à l'ETP on a  $ETR_n = P_n + R F U_{n-1}$   
n indice du mois considéré

$b_3$ ) si les réserves sont épuisées on a  
 $ETR_n = P_n$

Dans les deux cas  $b_2$  et  $b_3$  on a un déficit hydrique ( $DE_n =$  déficit hydrique du mois n) donné par  $DE_n = ETP_n - ETR_n$

Les calculs sont résumés pour les quatre stations de Ziguinchor, Sédhiou, Kolda et Vélingara dans les tableaux 13 à 16.

Une première indication sur les variations climatiques suivant les régions peut être tirée du tableau ci-après qui donne pour les quatre postes ci-dessus les moyennes annuelles de la pluviométrie, de l'ETP, de l'ETR, du déficit et de l'excédent hydrique.

	ZIGUINCHOR	SEDHICU	KOLDA	VELINGARA
P en mm	1.502	1.359	1.229	1.070
E T P	1.307	1.475	1.605	1.711
E T R	541	589	654	660
D E (Déficit)	766	886	951	1.051
E X (Excédent)	961	770	575	410

on vérifie les relation :

$$P = ETR + E X$$

$$ETP = ETR + D E$$

.../...

On constate que le déficit augmente et que l'excédent diminue d'Ouest en Est. En particulier la diminution de l'excédent hydrique est très rapide puisqu'elle passe en année moyenne de 961 mm à Ziguinchor à 410 mm à Vélingara. Il en est de même du rapport  $\frac{EX}{P}$  qui passe de 0,64 à Ziguinchor à 0,38 à Vélingara. En revanche l'ETR augmente relativement moins vite que l'ETP entre Ziguinchor et Vélingara.

Ces chiffres mettent en évidence en année moyenne, des déficits très importants en saison sèche en dépit d'excédents notables en hivernage. Ceci est dû à la concentration des pluies au cours d'une seule saison humide qui donne à la fois un bon excédent hydrique en hivernage et un très fort déficit en saison sèche.

Cependant, l'excédent hydrique se trouve considérablement réduit en année sèche comme on peut s'en rendre compte en calculant par exemple le bilan hydrique de l'année 1968 à Kolda, année très déficitaire puisque la pluviométrie a atteint seulement 760 mm. Pour estimer l'ETP d'une telle année on peut admettre que l'ETP des mois secs reste inchangée mais que celle des mois d'hivernage est majorée de 20% (compte tenu d'un ensoleillement plus important).

Le calcul du bilan hydrique est donné mois par mois dans le tableau 17.

La comparaison avec l'année moyenne à Kolda résulte du tableau ci-dessous :

	P	ETP	ETR	DE	EX
Année 1968	760	1.698	632	1.066	128
Année moyenne	1.229	1.605	654	951	575

.../...



L'excédent diminue de façon notable puisqu'il décroît de près de cinq fois en valeur absolue et qu'en valeur relative (rapport  $\frac{EX}{P}$ ) il passe de 0,47 à 0,17.

En revanche on constate que l'évapotranspiration réelle (ETR) annuelle reste sensiblement constante. En effet, en année sèche l'ETR est plus forte qu'en année moyenne pendant les mois de Juillet et Octobre (mois où la pluviométrie reste supérieure à l'ETP) mais est plus faible en Juin et Novembre qui sont respectivement les mois de reconstitution et d'épuisement des réserves du sol.

L'ETR a donc une valeur sensiblement constante indépendante de la pluviométrie, mais la valeur de cette ETR dépend évidemment du couvert considéré. L'ETR calculée ici est celle d'une culture sarclée à faible enracinement cultivée en hivernage et qui par suite ne consomme pas d'eau durant les mois secs. L'ETR des zones de forêts ou de cultures à enracinement profond serait plus forte car les arbres peuvent reprendre les réserves hydriques du sol là où la nappe phréatique se trouve à faible profondeur (2 à 5 m).

Or il existe des milliers d'hectares dans les vallées de la Casamance, du Soungrougrou et de leurs affluents (zone des terres grises) où existe une telle situation. Il y a donc actuellement une énorme quantité d'eau gaspillée par la végétation ce que mettra en évidence l'établissement des bilans hydrologiques à l'échelle des bilans.

Un moyen intéressant d'éviter ce gaspillage serait donc de remplacer dans ces zones la végétation par des cultures irriguées par pompage durant les mois secs où utilisant directement les réserves du sol (palmiers à huile).

Température à Ziguinchor et Kolda

Mois	M	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>ZIGUINCHOR</b>   51 → 76													
Maxima absolus 51 → 70	38,0	42,1	42,7	42,0	43,2	38,8	34,9	34,0	35,0	35,8	36,3	36,7	
Moyennes des maxim. absolus	35,5	38,4	40,4	40,3	39,4	37,1	33,8	32,8	33,5	34,5	35,1	34,5	
Moyenne mensuelle des maxim. journal. 33,3	32,7	34,9	36,7	37,0	35,5	33,5	31,0	30,2	31,0	32,3	33,1	31,8	
Temp. Moyenne 26,7	24,0	25,7	27,1	27,9	28,3	28,3	27,0	26,5	26,8	27,5	26,2	24,2	
Moyenne mensuelle des minim. journal. 20,0	15,3	16,5	17,4	18,7	21,0	23,0	22,9	22,8	22,6	22,7	20,6	16,5	
Moyennes minim. absolus	12,1	14,0	14,9	16,4	18,7	20,1	20,3	20,6	20,5	20,3	17,3	13,1	
Min. absolus mens. (51 → 70)	8,0	9,0	13,0	14,5	17,2	18,2	19,2	19,6	19,1	18,2	14,0	10,2	
<b>KOLDA</b>   51 → 76													
Maxima absolus	41,2	42,5	44,2	44,6	45,5	43,8	42,0	35,4	35,8	38,8	37,2	38,2	
Moyen. des max. absolus	37,8	40,6	42,1	42,6	42,6	40,6	35,7	33,8	34,2	35,6	36,4	36,5	
Moyenne mensuelle des maxim. journal. 35,2	34,6	37,3	39,6	40,3	39,6	35,8	32,1	31,1	31,6	33,0	34,2	33,3	
Températures moyennes 27,6	23,8	26,7	29,2	30,7	31,3	29,9	27,5	26,9	27,0	27,6	26,6	23,7	
Moyenne mensuelle des minim. journal. 20,0	13,0	16,0	18,9	21,2	23,0	24,0	22,9	22,7	22,5	22,3	18,9	14,0	
Moyen. minim. absolus	8,9	11,9	14,7	17,8	20,5	20,7	20,4	20,4	20,3	19,5	14,0	10,0	
Minim. absolu mens.	6,0	8,6	11,2	16,2	18,3	19,2	18,7	19,0	18,6	16,6	9,2	6,8	



H U M I D I T E R E L A T I V E en % (hr)													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
<b>ZIGUINCHOR ( 51 - 76)</b>													
Moyenne mensuelle													
Humidités relatives minimales en %	27,8	25,4	23,9	26,7	37,9	50,5	65,0	69,6	66,5	59,3	45,0	33,8	44,3
Moyenne mensuelle													
Humidités relatives maximales en %	87,5	87,7	89,2	90,1	92,4	94,0	97,6	98,6	98,7	98,2	96,8	92,1	93,6
Humidité relative moyenne mensuelle en %	57,7	56,6	56,6	58,4	65,2	72,3	81,3	84,1	82,6	78,7	70,9	62,9	68,9
<b>K O L D A ( 51 - 76)</b>													
Moyenne mensuelle													
des humidités relatives minimales en %	18,4	16,8	17,1	20,1	28,8	46,8	61,9	68,1	66,2	59,1	40,4	25,3	39,1
Moyenne mensuelle													
des humidités relatives maximales en %	88,6	82,3	81,6	80,6	83,3	91,5	96,8	97,5	97,5	97,9	97,8	94,8	90,9
Humidité relative moyenne mensuelle en %	53,5	49,5	49,4	50,4	56,0	69,2	79,4	82,8	81,9	78,5	69,1	60,0	65,0

Insolation (en heures/mois) (Moyenne)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
ZIGUINCHOR (51-76)	245,6	241,6	297,4	298,4	292,1	108,7	164,4	140,0	163,6	218,8	245,7	224,5	228,4
KOLDA (51-76)	270,3	257,9	291,1	288,8	284,6	236,7	211,1	181,2	190,5	226,3	244,1	245,2	264,0

Tableau 4 : Evaporation (Piche en mm/mois)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
ZIGUINCHOR ( 51 - 76)	150,4	161,0	189,1	172,5	159,7	109,5	62,0	48,1	49,5	63,6	90,0	127,1	1388
KOLDA ( 51 - 76)	195,4	221,4	277,5	271,2	258,8	156,6	77,3	54,4	52,1	64,2	100,9	149,4	1879

Tableau 5 : Evaporation sur B A C enterré (en mm/mois)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
DJIBELOR	157	157	203	222	215	182	116	96	112	124	124	119	1817
Bac A ( 74 - 76 )													
DIOULACOLON								161	150	140	180	192	-
Bac Colorado(1963)													
GROUNDAGA													
Bac Colorado (62 - 63)	202					132	136	115	108	132	150	183	-



## E T P mensuelle ( en mm )

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
<b>ZIGUINCHOR</b>													
Formule de TURC	108	117	147	150	128	91	62	53	61	76	95	92	1.180
0,7 BAC A Djibélor	110	110	142	155	151	127	81	67	78	87	87	83	1.278
E T P estimée	110	117	147	155	151	127	81	67	78	87	95	92	1.307
<b>K O L D A</b>													
Formule de TURC	122	138	166	172	151	107	77	64	68	78	94	101	1.338
0,70 BAC COLORADO								113	105	98	126	134	
DILOULACOLON ETP estimée	135	150	175	190	180	145	105	90	95	105	115	120	1.605
<b>G O U N D A G A</b>													
Formule de TURC (estimée)	129	139	168	169	164	124	91	75	82	95	105	108	1.449
0,75 BAC COLORADO	152					99	102	86	81	99	113	137	
GOUNDAGA ETP estimée	150	165	190	198	190	145	102	90	90	100	115	127	1.662

.../...

FORMULE DE TURC POUR GOUNDAGA  
(par interpolation entre KOLDA et KEDUGOU)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
KOLDA l = 12°53' L = 14°55'													
ETP TURC mm/mois	122	138	166	172	151	107	77	64	68	78	94	101	1.338
KEDUGOU l = 12°33' L = 12°11'													
T°c	25,2	28,1	30,1	31,2	31,6	28,4	27,0	26,7	26,6	27,3	26,8	24,7	
Insolation (h)	313,1	263,2	297,6	258,0	272,8	261,0	213,9	176,7	207,0	275,9	258,0	263,5	
Humidité relative en %	← 50%			→			63	77	82	80	73	58	50 %
H	356	331	374	373	394	385	395	389	366	368	347	353	
I G A	729	799	894	897	897	890	893	887	865	811	739	703	
ETP TURC mm/mois	145	142	174	161	194	162	122	99	115	134	131	125	1.704
GOUNDAGA l = 12°50' L = 14° 5'													
ETP TURC mm/mois	129	139	168	169	164	124	91	75	82	95	105	108	1.449

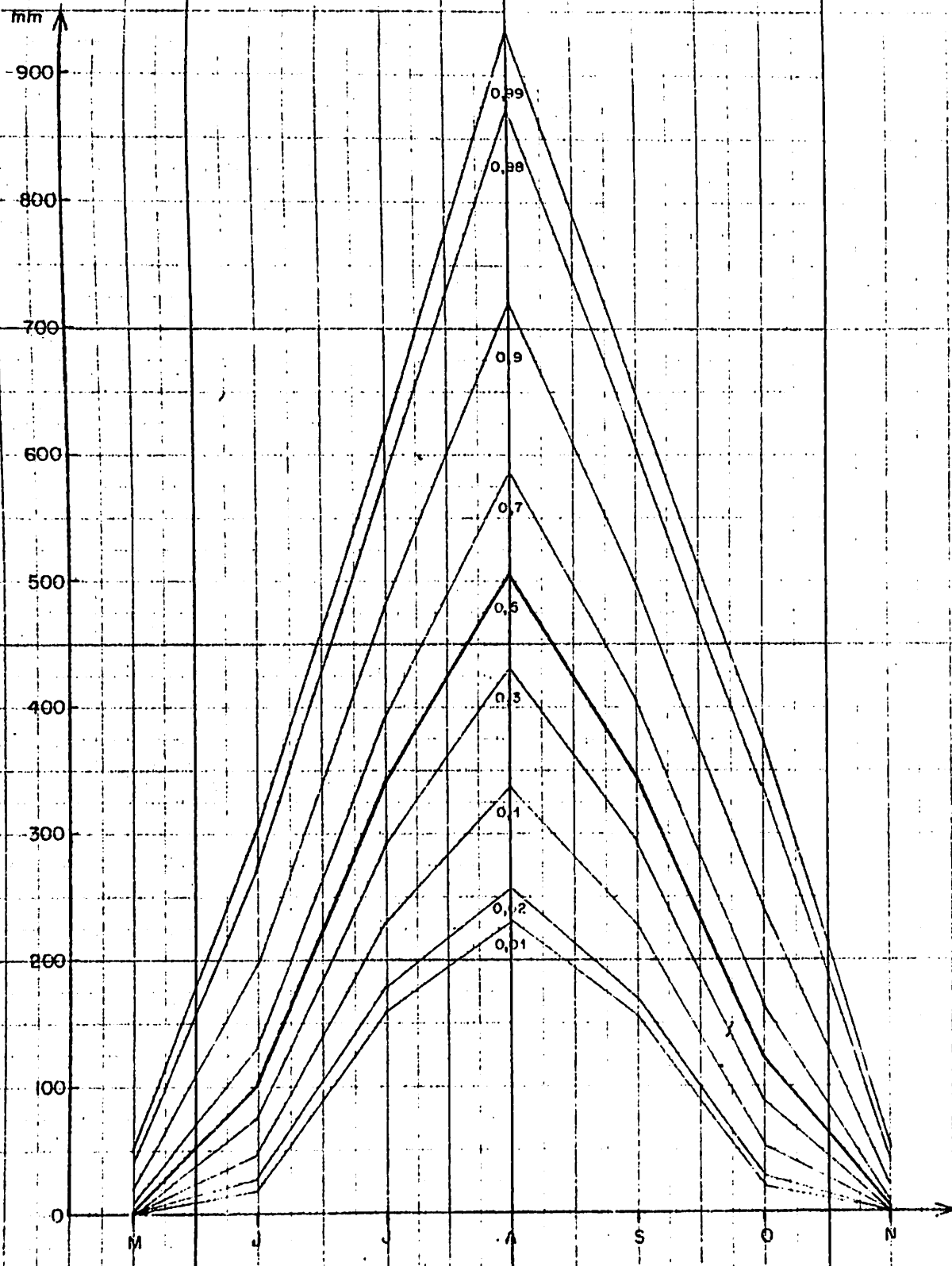


# ZIGUINCHOR

## PLUVIOMETRIE FREQUENTIELLE ANNUELLE ET MENSUELLE

Fréquence	M	J	J	A	S	O	N	Année
0,01	0,0	19,3	161,9	231,9	153,7	211,0	0,0	915,6
0,02	0,0	24,5	178,2	256,6	170,8	271,1	0,0	968,8
0,1	0,1	45,1	230,9	336,2	226,4	51,6	0,1	1143,7
0,3	0,9	75,3	292,0	429,5	292,0	88,0	0,8	1329,6
0,5	3,0	102,9	341,1	505,1	345,4	122,0	2,7	1472,8
0,7	7,6	137,0	392,6	584,8	403,6	164,2	7,1	1621,2
0,9	20,2	197,4	480,1	719,4	497,5	239,6	19,5	1859,6
0,98	41,6	274,4	578,6	873,1	607,6	336,5	40,9	2119,5
0,99	51,4	305,4	617,4	933,8	649,7	375,5	50,7	2220,0
Moyenne	7,3	114,1	349,4	518,3	355,1	136,3	7,0	1488,7

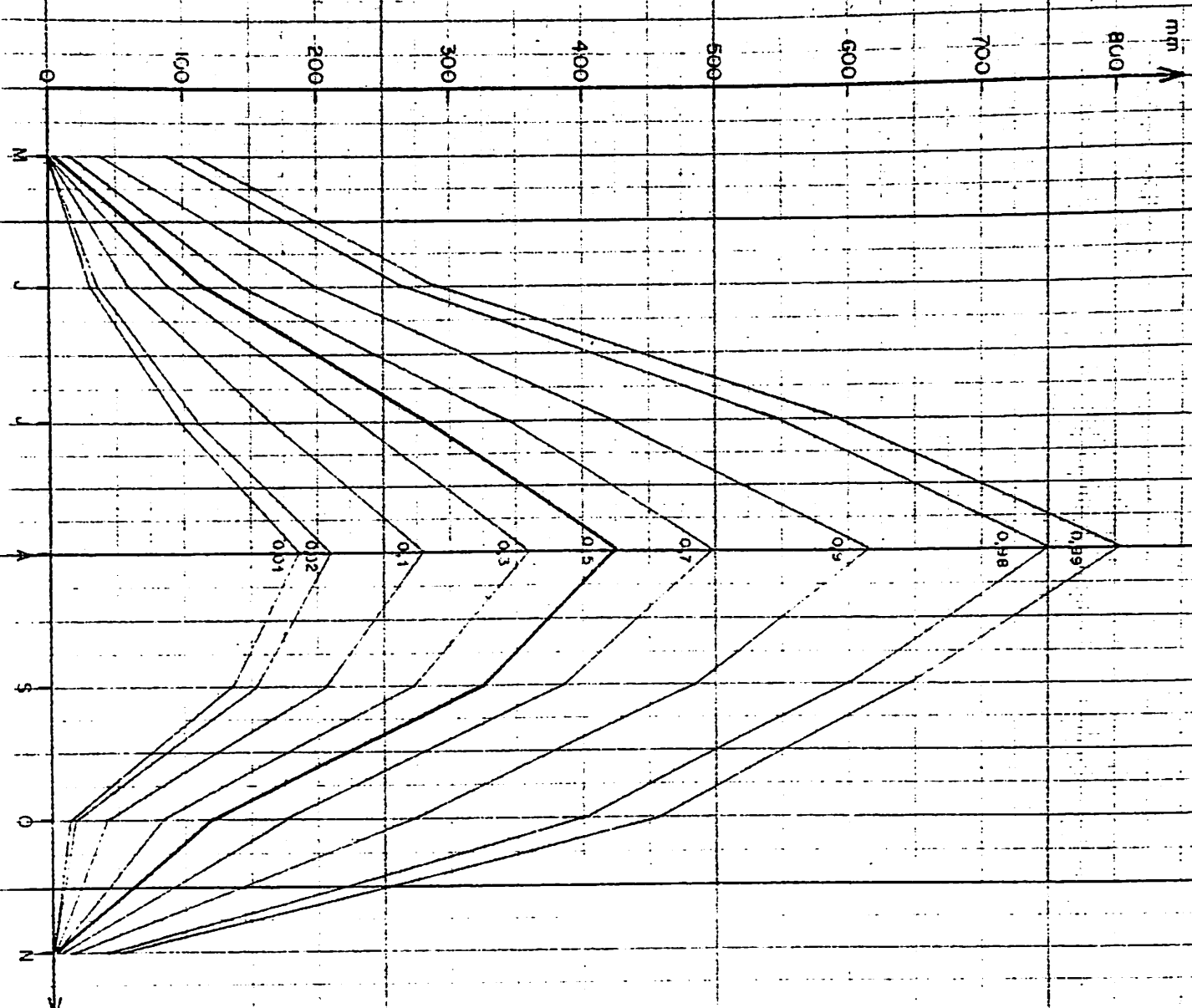
Ajustement par une loi PEARSON III  
(méthode des moments)  
Relevés sur 47 ans de 1930 à 1976



# SEDHIOU

## PLUVIOMETRIE FREQUENTIELLE ANNUELLE ET MENSUELLE

Frequance	M	J	A	S	O	N	Année	
0,01	0,0	30,2	97,3	188,3	135,3	12,6	0,0	807,9
0,02	0,0	36,3	112,3	209,5	151,7	17,7	0,0	859,8
0,1	0,0	58,6	164,1	278,2	207,0	41,2	0,0	1022,7
0,3	0,8	88,6	229,5	359,5	273,1	81,6	0,2	1200,3
0,5	3,8	114,6	285,9	425,5	326,4	122,0	1,4	1336,8
0,7	11,9	145,4	345,2	497,8	385,1	174,2	4,9	1478,7
0,9	37,8	198,3	423,7	614,5	485,1	272,3	17,4	1705,3
0,98	85,5	264,3	545,1	75,4	600,2	408,1	41,3	1957,1
0,99	107,8	290,0	659,3	480,4	646,3	457,4	52,6	2051,2
Moyenne	13,0	123,0	298,4	437,8	338,3	143,0	5,9	1352,7



Ajustement par une loi PEARSON III  
(méthode des moments)  
Relevés sur 49 ans entre 1924 et 1975

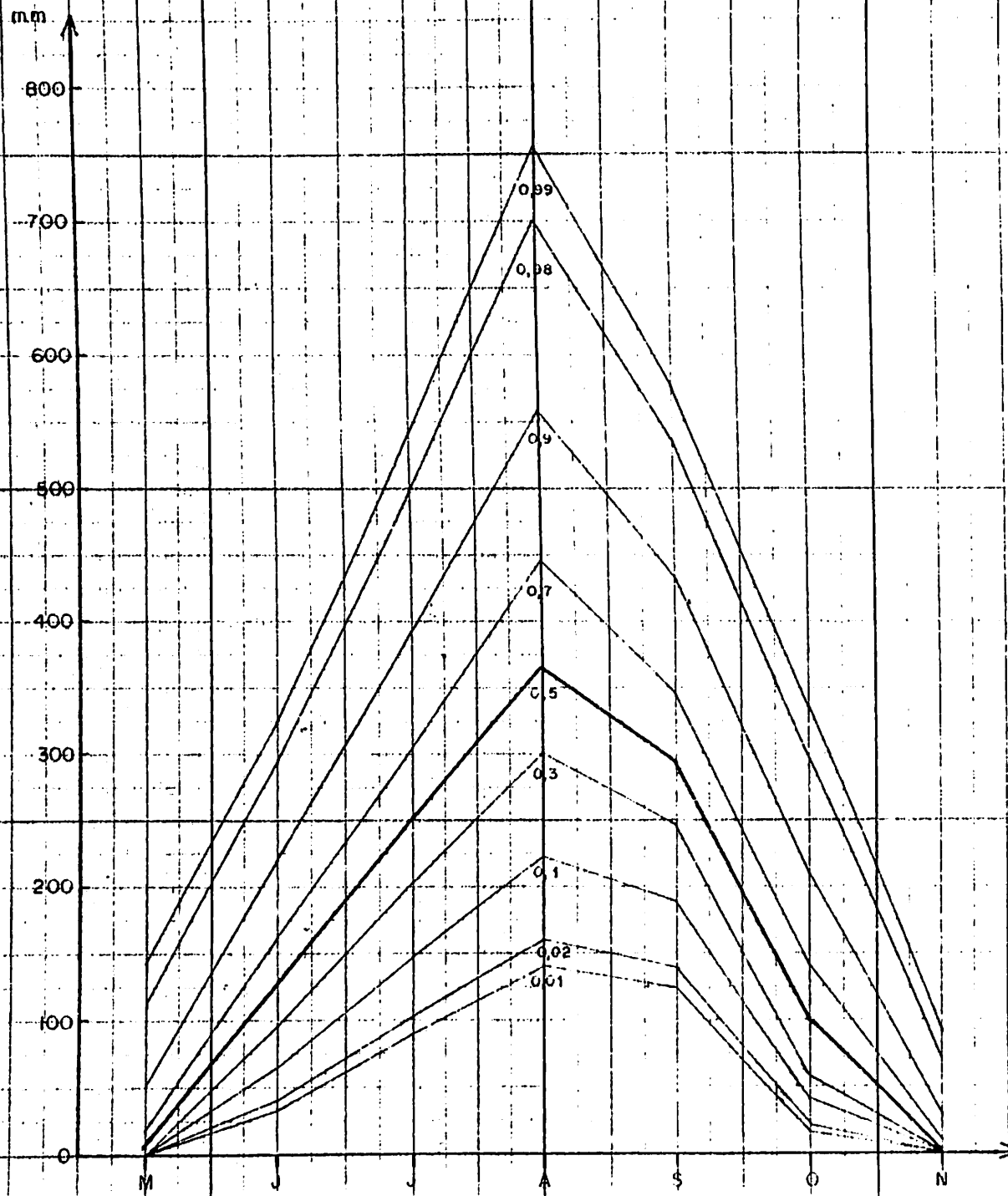


# KOLDA

## PLUVIOMETRIE FREQUENTIELLE ANNUELLE ET MENSUELLE

Fréquence	M	J	J	A	S	O	N	Année
0,01	0,0	32,5	89,6	139,5	123,8	15,6	0,0	749,3
0,02	0,0	39,3	102,8	158,6	138,6	20,5	0,0	794,3
0,1	0,1	63,8	147,9	222,4	187,8	41,1	0,0	939,6
0,3	1,4	97,1	204,2	300,5	246,6	57,7	0,5	1095,5
0,5	5,8	126,0	250,8	364,6	293,9	102,8	2,7	1215,3
0,7	17,1	160,3	308,8	447,1	346,3	140,4	9,2	1339,7
0,9	51,4	219,6	393,1	558,8	434,1	208,9	30,6	1539,0
0,98	113,3	293,4	498,0	700,2	533,7	297,6	70,8	1757,7
0,99	142,0	322,6	541,4	756,2	576,4	333,9	89,7	1841,6
Moyenne	17,9	135,6	262,7	380,0	304,3	116,3	10,43	1228,8

Ajustement par une loi PEARSON III  
(méthode des moments)  
Relevés sur 50 ans entre 1923 et 1976



# VELINGARA

## PLUVIOMETRIE FREQUENTIELLE ANNUELLE ET MENSUELLE

Fréquence	M	J	J	A	S	O	N	Année
0,01	0,0	39,5	82,5	87,5	86,3	8,9		524,3
0,02	0,0	46,1	93,1	103,3	100,5	12,3		573,0
0,1	0,5	69,1	128,4	160,8	150,1	27,5		729,0
0,3	4,2	98,8	171,4	235,7	213,6	53,1		907,6
0,5	12,1	123,7	206,3	300,1	266,9	78,3		1050,1
0,7	27,8	152,6	245,5	375,2	328,6	110,3		1202,4
0,9	41,9	201,4	310,7	503,9	432,8	170,4		1449,9
0,98	134,8	260,2	387,6	660,9	557,7	250,1		1731,9
0,99	164,6	283,8	416,8	724,8	607,5	282,9		1836,9
Moyenne	25,5	130,8	214,3	319,7	281,9	90,8		1072,6

Ajustement par une loi PEARSON III  
(méthode des moments)  
Relevés sur 44 ans entre 1932 et 1976

mm

800

700

600

500

400

300

200

100

0

M

J

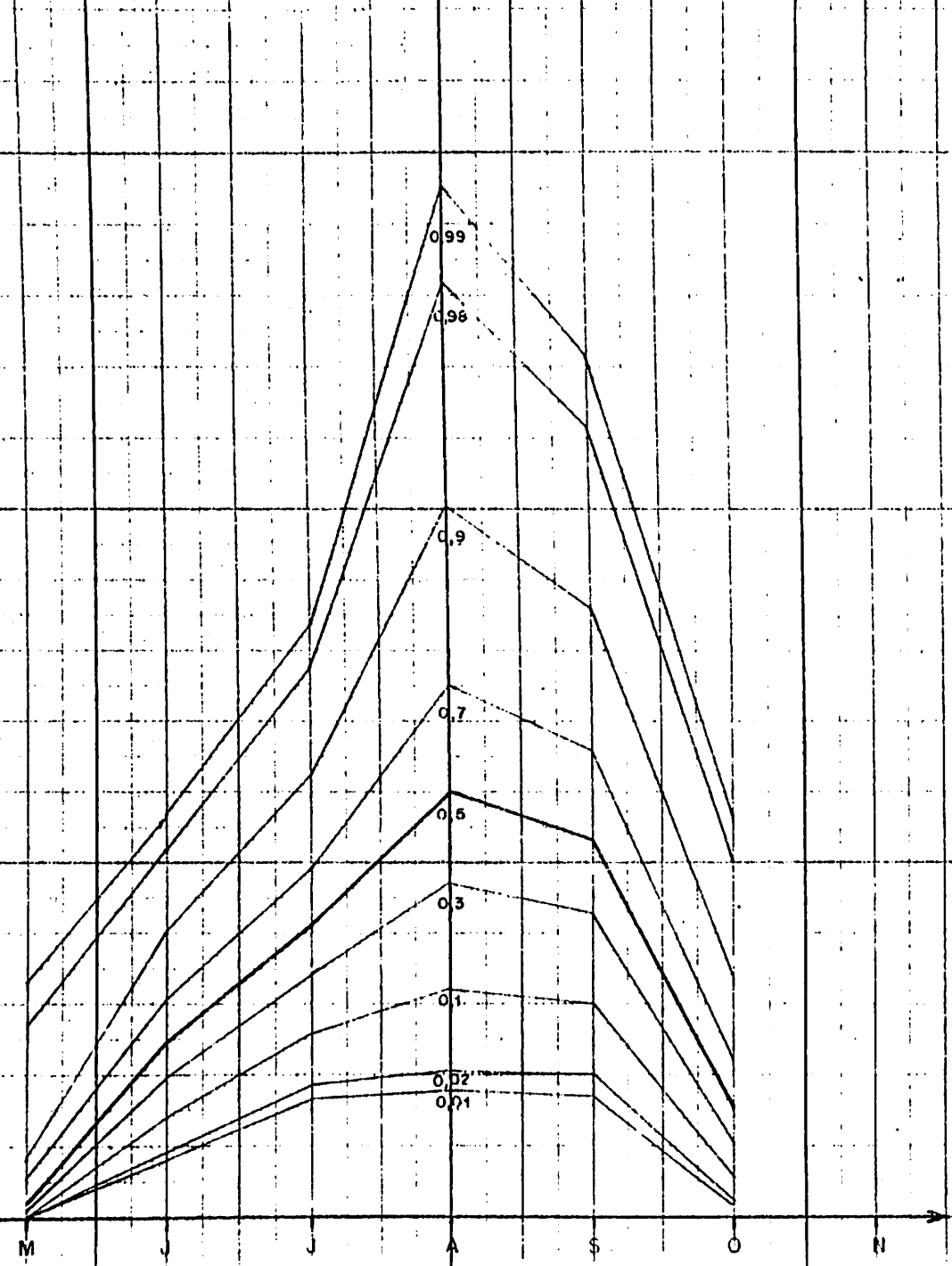
J

A

S

O

N





PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL POUR LA CASAMANCE

Pluviométrie 1968 - 1977 en mm

ANNEE	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	Moyenne générale
<u>ZIGUINCHOR</u>											
Total annuel	883	1461	1392	1099	952	1289	1240	1417	1297	790	1489
Fréquence au non dépassement	0,007	0,49	0,4	0,07	0,015	0,25	0,18	0,41	0,25	0,002	
<u>SEDHIOU</u>											
Total annuel	807	1960	1058	1032	846	1018	1072	1557	1188	812	1353
Fréquence au non dépassement	0,01	0,98	0,13	0,11	0,016	0,1	0,14	0,78	0,28	0,01	
<u>KOLDA</u>											
Total annuel	760	1410	1046	1383	873	1172	1019	1189	920	648	1229
Fréquence au non dépassement	0,012	0,78	0,045	0,75	0,052	0,43	0,2	0,46	0,08	0,007	
<u>VELINGARA</u>											
Total annuel	816	866	774	811	700	870	704	1041	817	643	1073
Fréquence au non dépassement	0,17	0,25	0,14	0,17	0,08	0,25	0,08	0,49	0,17	0,08	

BILAN HYDRIQUE - ZIGUINCHOR

Année moyenne ( 1502 mm )

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	110	117	147	155	151	127	81	67	78	87	95	92
P	0	0	0	0	7	114	350	528	356	140	7	0
ΔRFU	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	- 88	-12
RFU	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	12	0
ETR	0	0	0	0	7	114	81	67	78	87	95	12
DE	110	117	147	155	144	13	-	-	-	-	0	80
EX							169	461	278	53	0	

ΔRFU = Variation de RFU  
DE = Déficit agricole  
EX = Excédent agricole



## BILAN HYDRIQUE - SEDHIOU

Année moyenne (1359 mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	127	140	160	180	166	140	90	80	87	90	105	110
P	0	0	0	0	14	123	298	438	338	143	5	0
ΔRFU	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	-100	0
RFU	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	
ETR	0	0	0	0	14	123	90	80	87	90	105	0
DE	127	140	160	180	152	17					0	110
EX							108	358	251	53	0	

Δ RFU = Variation de RFU

DE = Déficit agricole

EX = Excédent agricole

BILAN HYDRIQUE - KOLDA  
Année moyenne (1229 mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	135	150	175	190	180	145	105	90	95	105	115	120
P	0	0	0	0	12	135	258	381	308	123	12	0
△RFU	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0
RFU	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0
ETR	0	0	0	0	12	135	105	90	95	105	112	0
DE	135	150	175	190	168	10	0	0	0	0	3	120
EX	0	0	0	0	0	0	53	291	213	18	0	0

△ RFU = Variation de RFU  
DE = Déficit agricole  
EX = Excédent agricole



BILAN HYDRIQUE -- VELINGARA

Année moyenne ( 1070 mm )

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	152	167	190	202	190	145	110	95	100	110	120	130
P	0	0	0	0	26	130	214	319	282	91	8	0
△ RFU	0	0	0	0	0	0	100	0	0	- 19	- 81	0
RFU	0	0	0	0	0	0	100	100	100	81	0	0
ETR	0	0	0	0	26	130	110	95	100	110	89	0
DE	152	167	190	202	164	15	0	0	0	0	31	130
EX	0	0	0	0	0	0	4	224	182	0	0	0

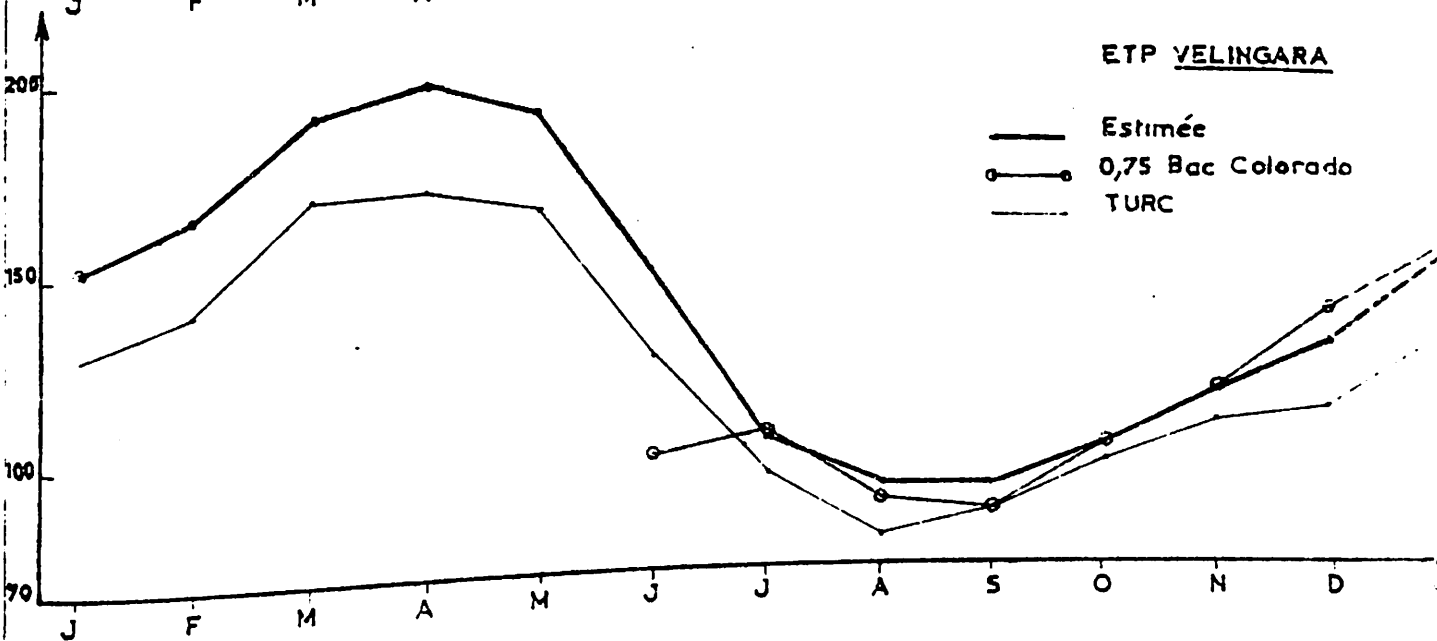
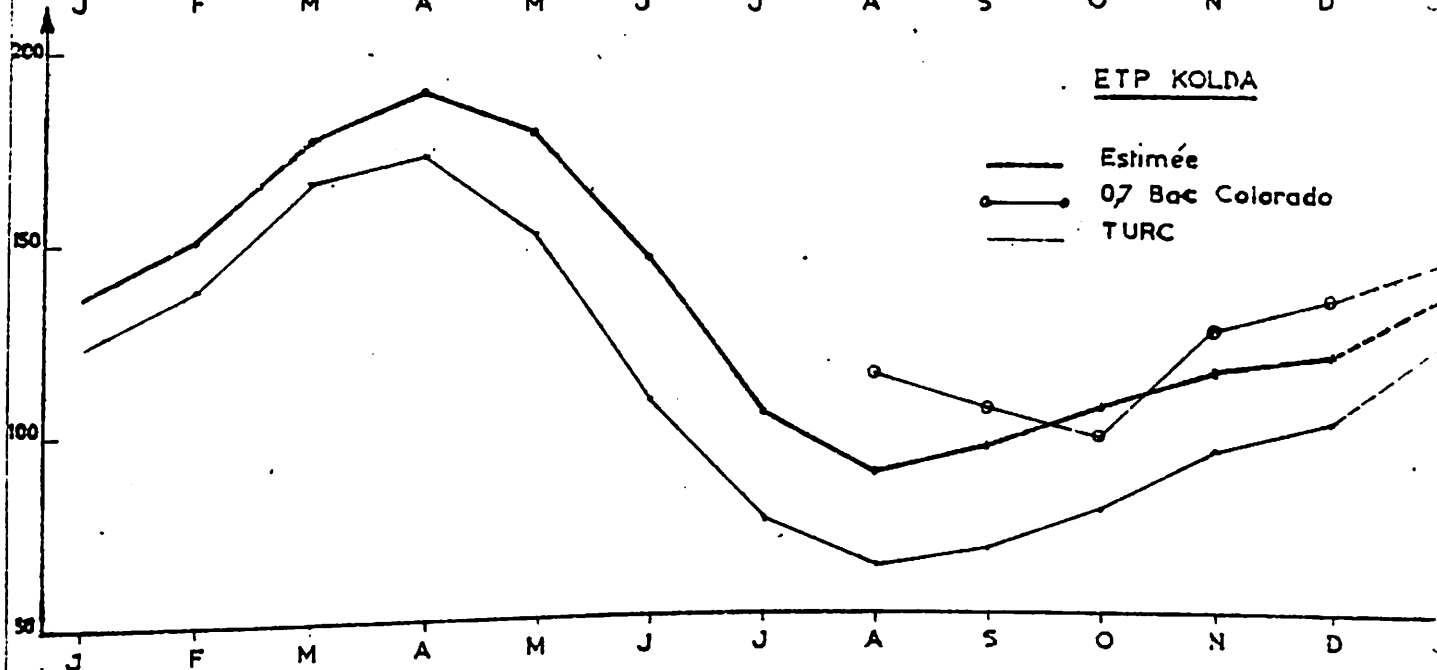
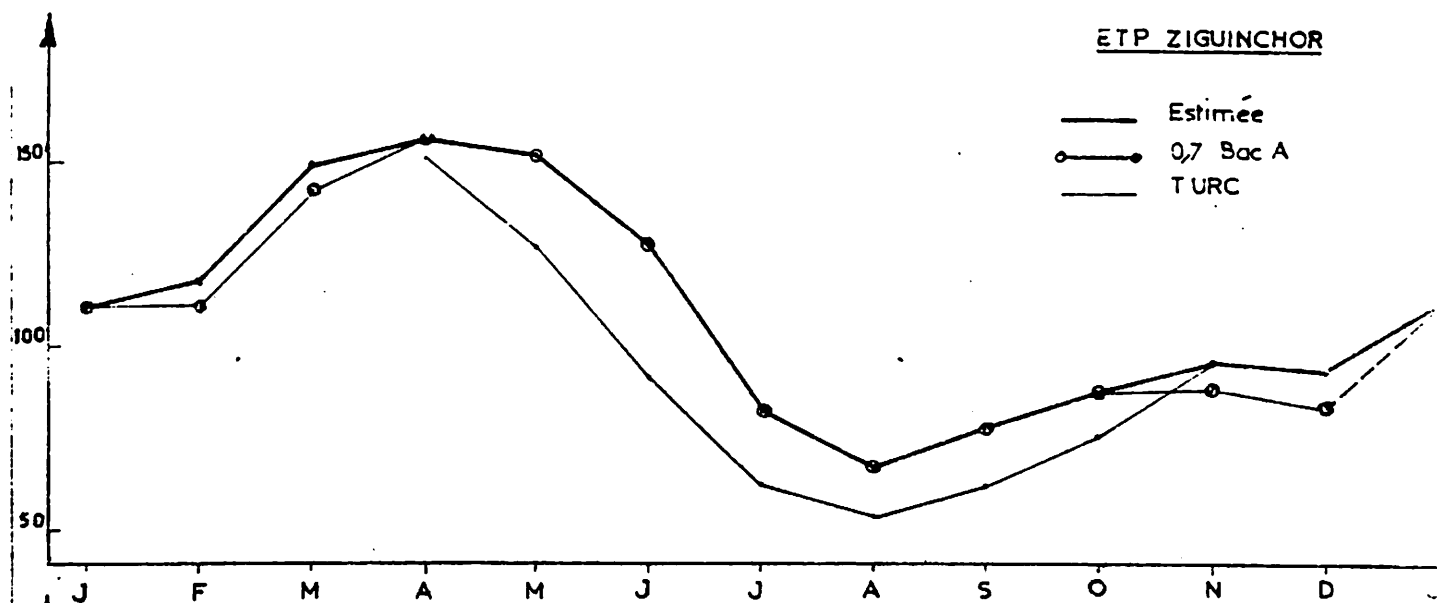
△ RFU = Variation de RFU  
DE = Déficit agricole  
EX = Excédent agricole

BILAN HYDRIQUE -- K O L D A (Année 1968 760 mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP	135	150	175	190	180	174	126	108	110	115	115	120
P	0	7	0	0	0	81	166	128	278	100	0	0
RFU	0	0	0	0	0	0	40	20	40	- 15	- 85	0
RFU	0	0	0	0	0	0	40	60	100	85	0	0
ETR	0	7	0	0	0	81	126	108	110	115	85	0
DE	135	143	175	190	180	93	0	0	0	0	30	120
EX	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0

RFU = Variation de RFU  
DE = Déficit agricole  
EX = Excédent agricole





Sources : ASECNA

Observations

Date : 19 Juillet 1978

### STATIONS UTILISEES POUR L'ETABLISSEMENT DE LA CARTE ISO.ETP

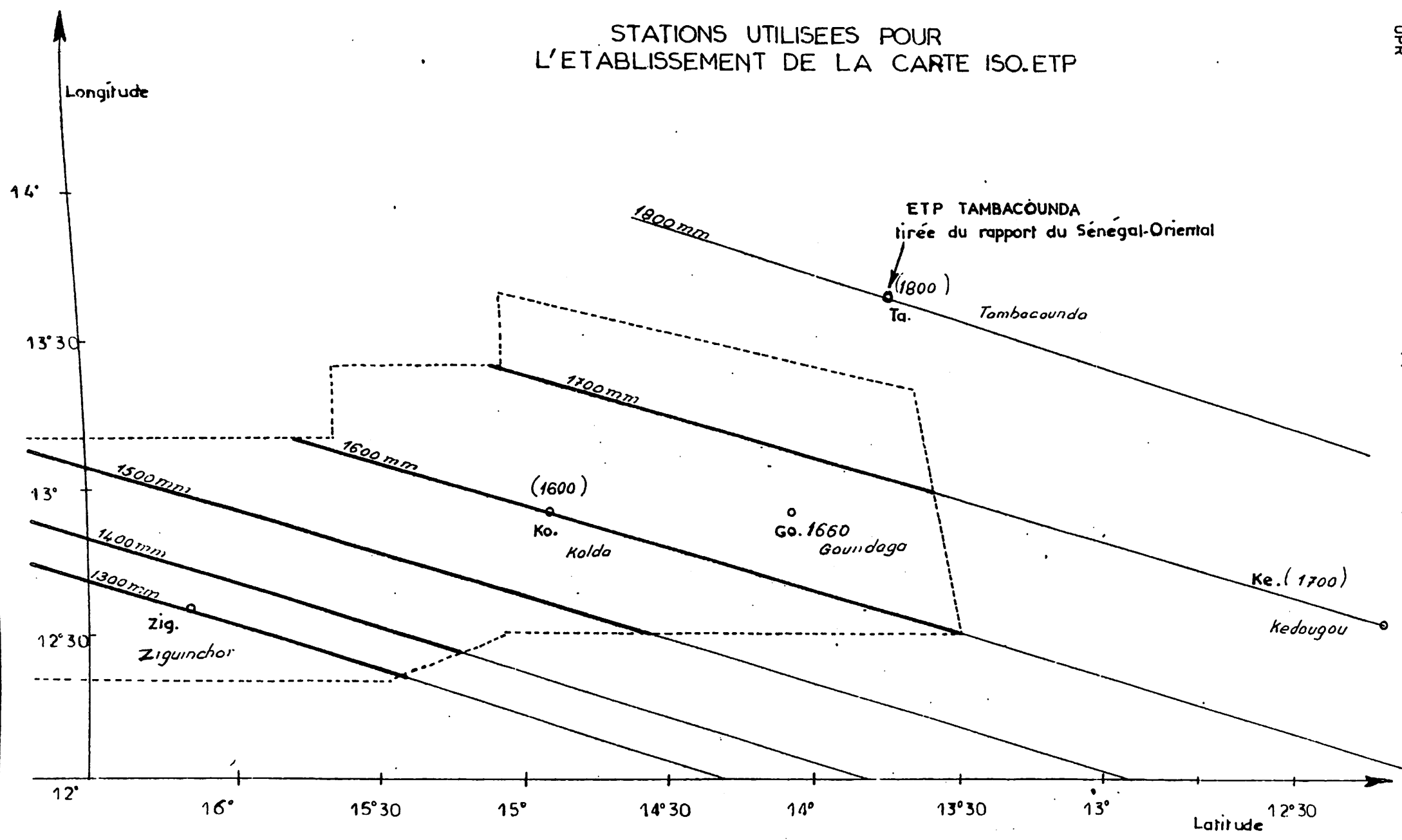
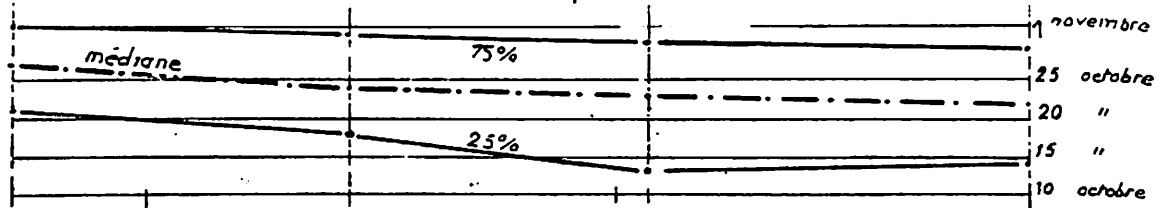
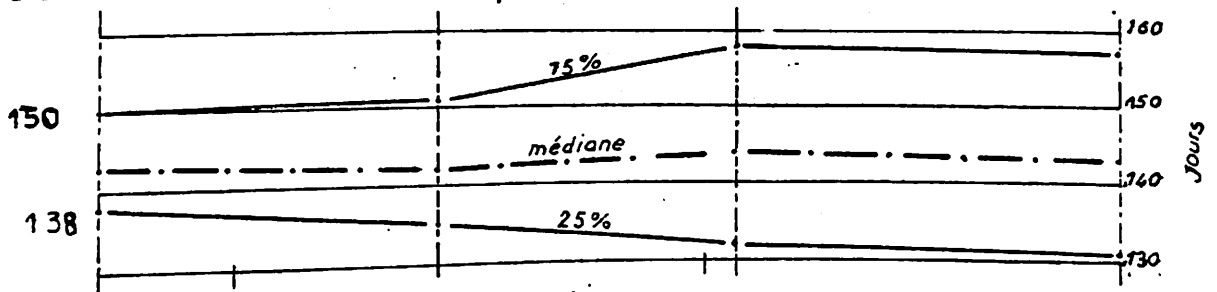


Fig. 2

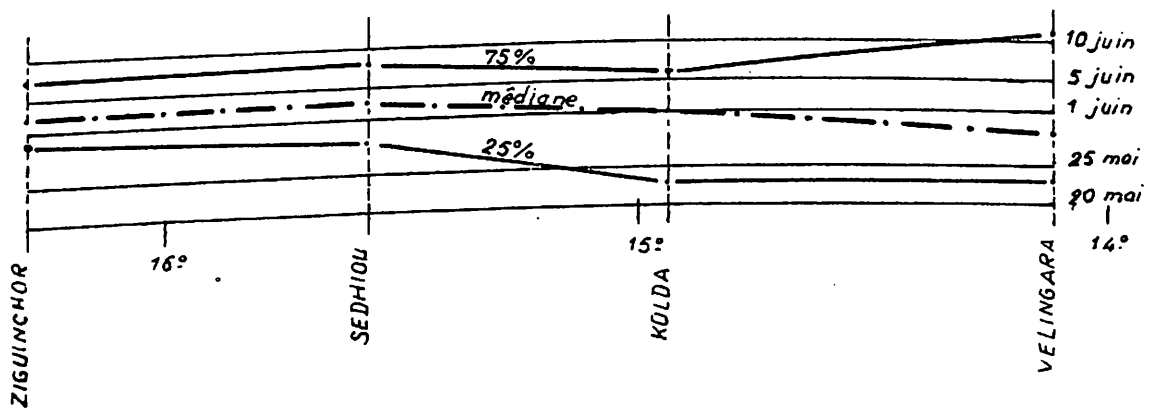
Date de la fin de la saison des pluies



Durée de la saison des pluies



Date du début de la saison des pluies



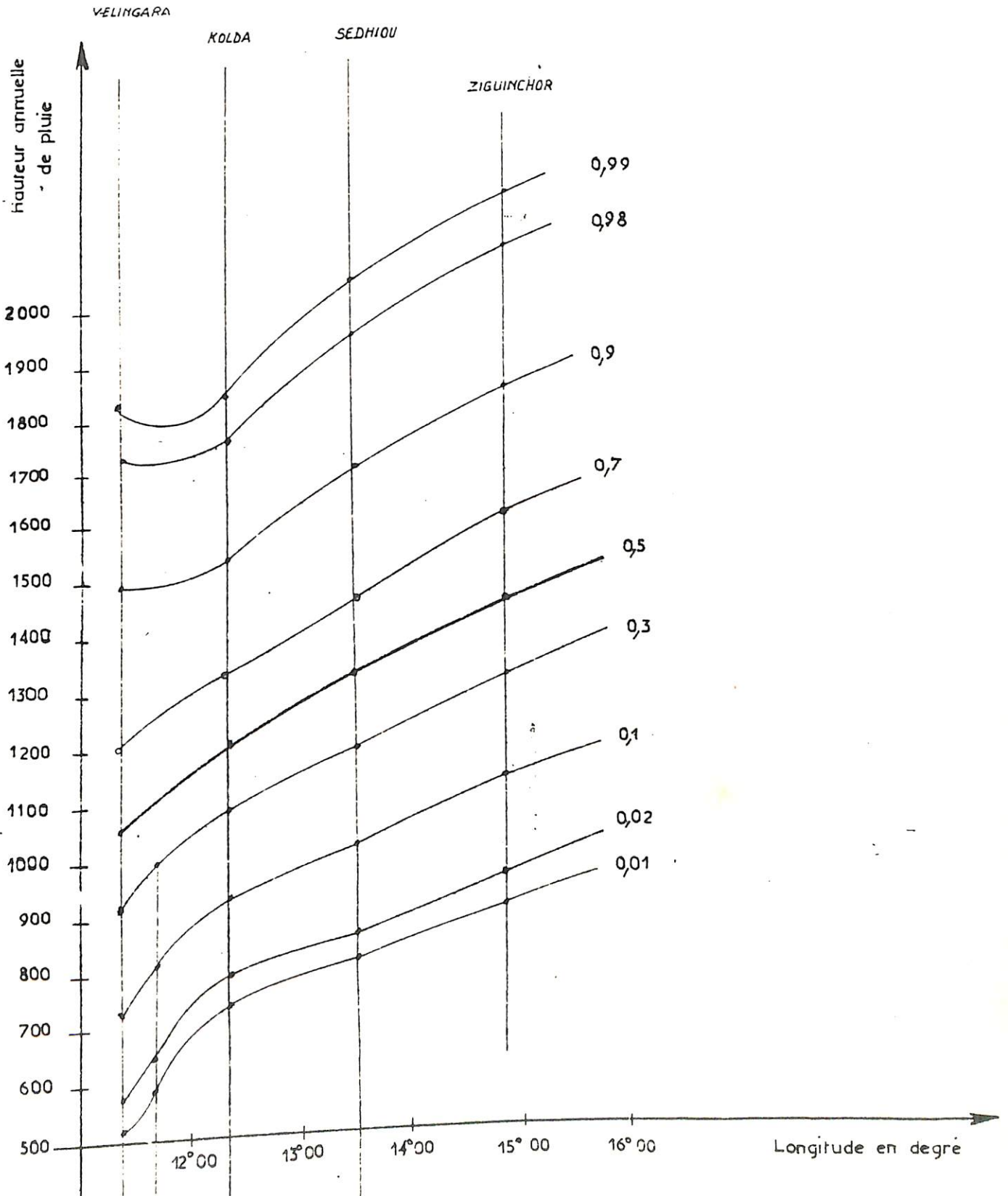
Observations

Sources : O.B.S.T.O.M. Service Hydrologique

Date : 19. Juillet. 1978



### FREQUENCE AU NON DEPASSEMENT DE LA PLUVIOMETRIE ANNUELLE

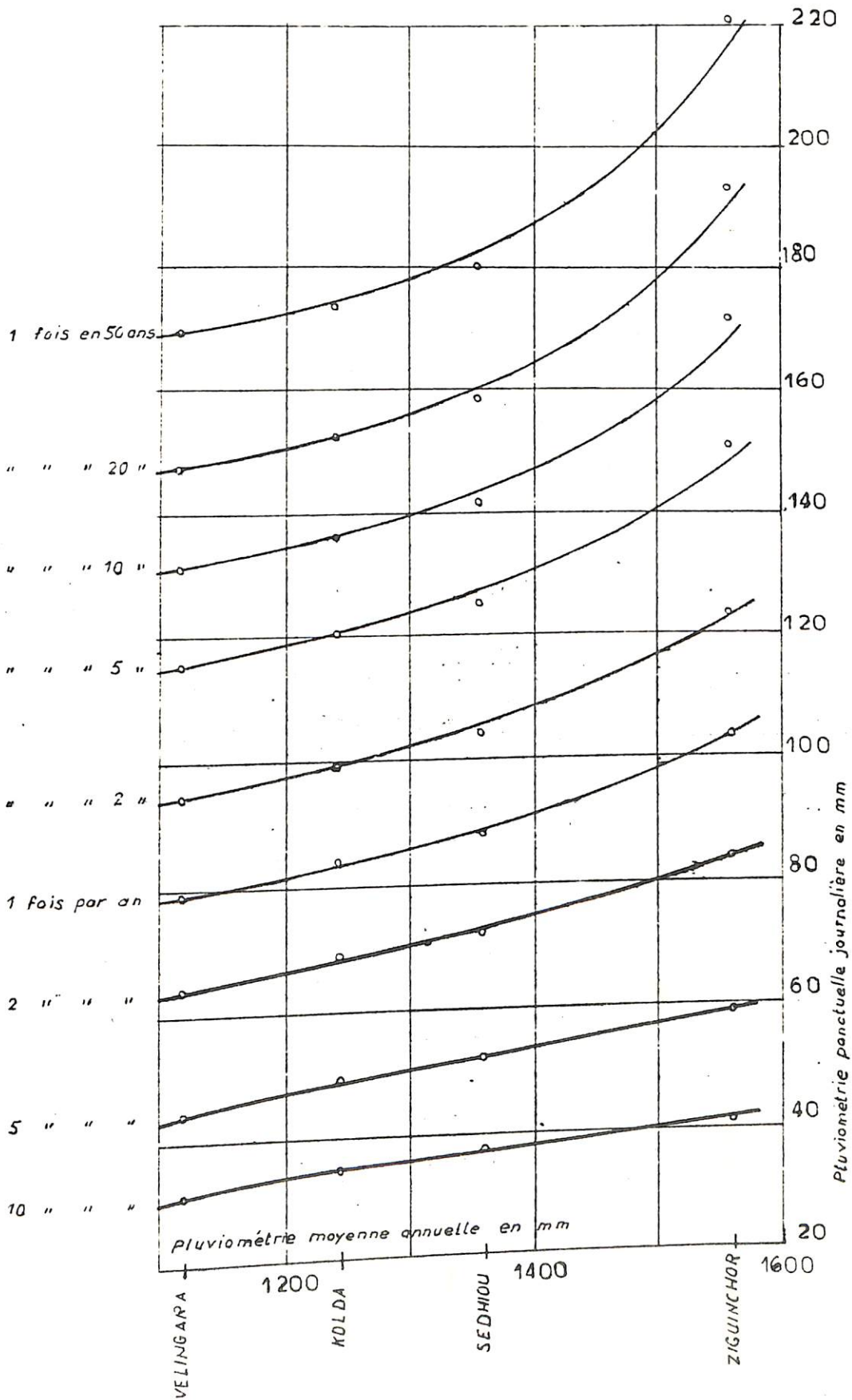


Observations

Sources : O.R.S.T.O.M.

Date : 19 Juillet 1978

### Hauteurs ponctuelles journalières de diverses récurrences



Sources : O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

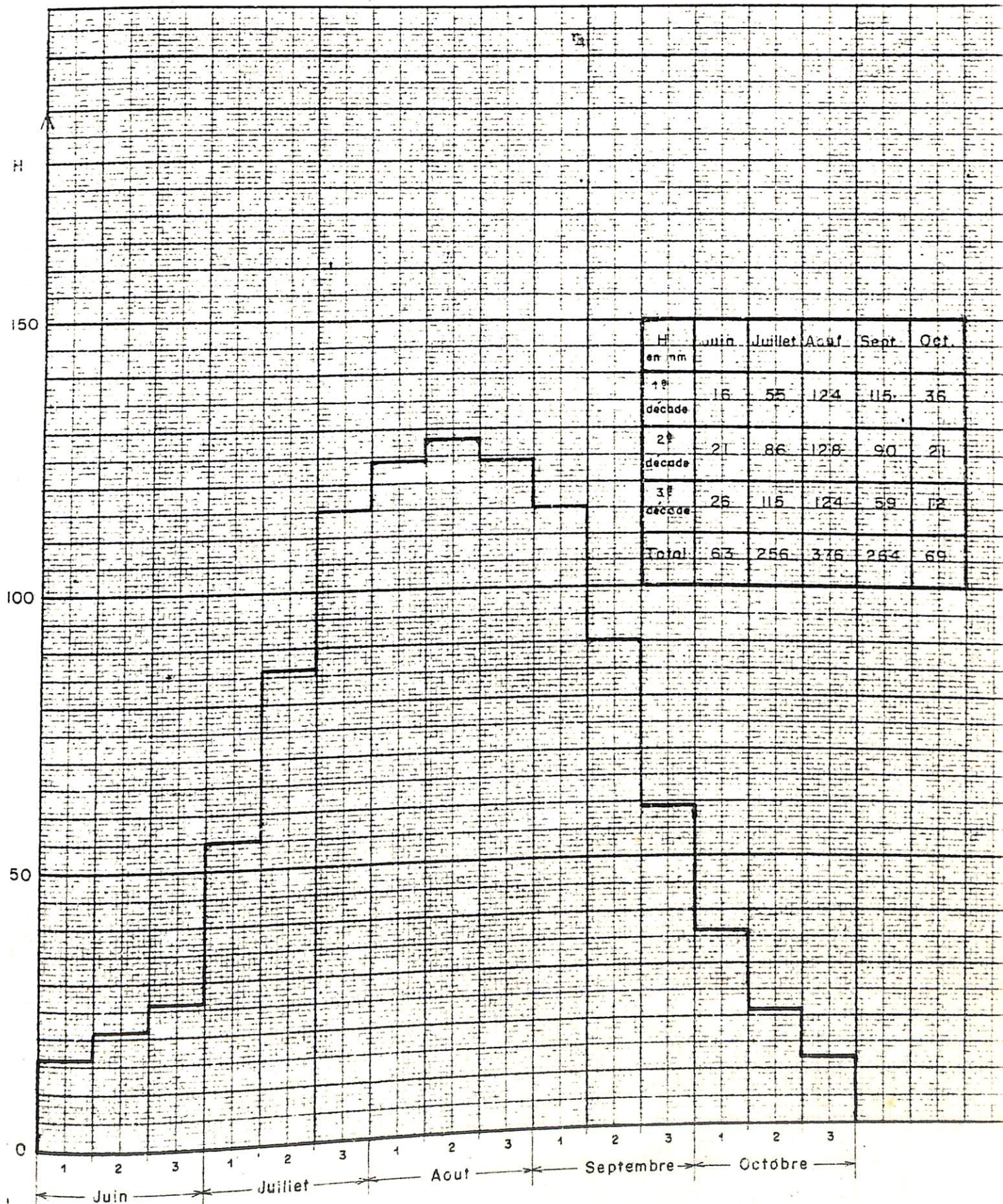
Observations :

Date : 19 Juillet 1978



ZIGUINCHOR

H : Hauteur de précipitation de la décade  
de fréquence de dépassement 0,8



Sources : U.P.R.

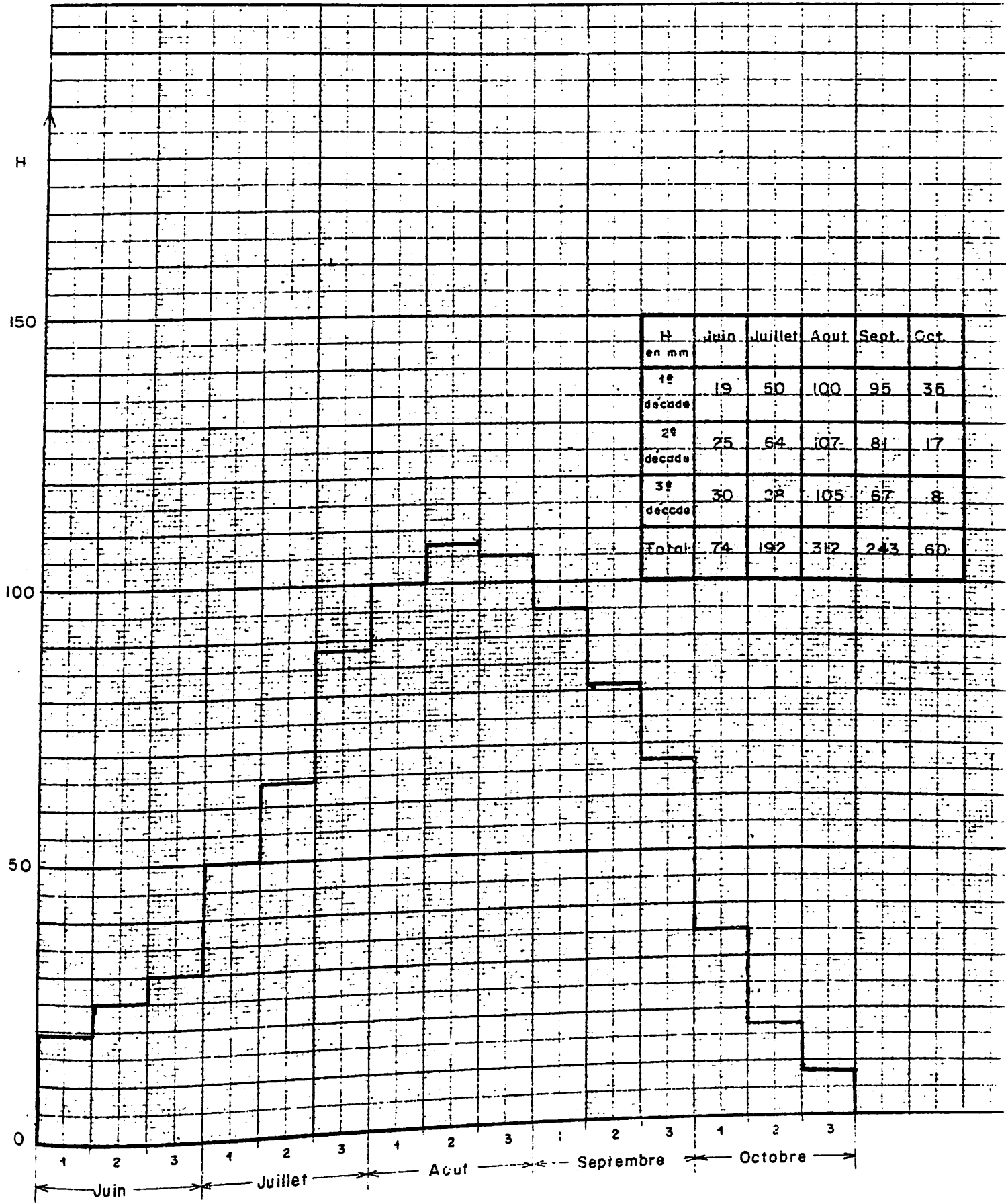
Observations :

Date : 16 Juillet 1978



SEDHIOU

H : Hauteur de précipitation de la décade  
de fréquence de dépassement 0,8



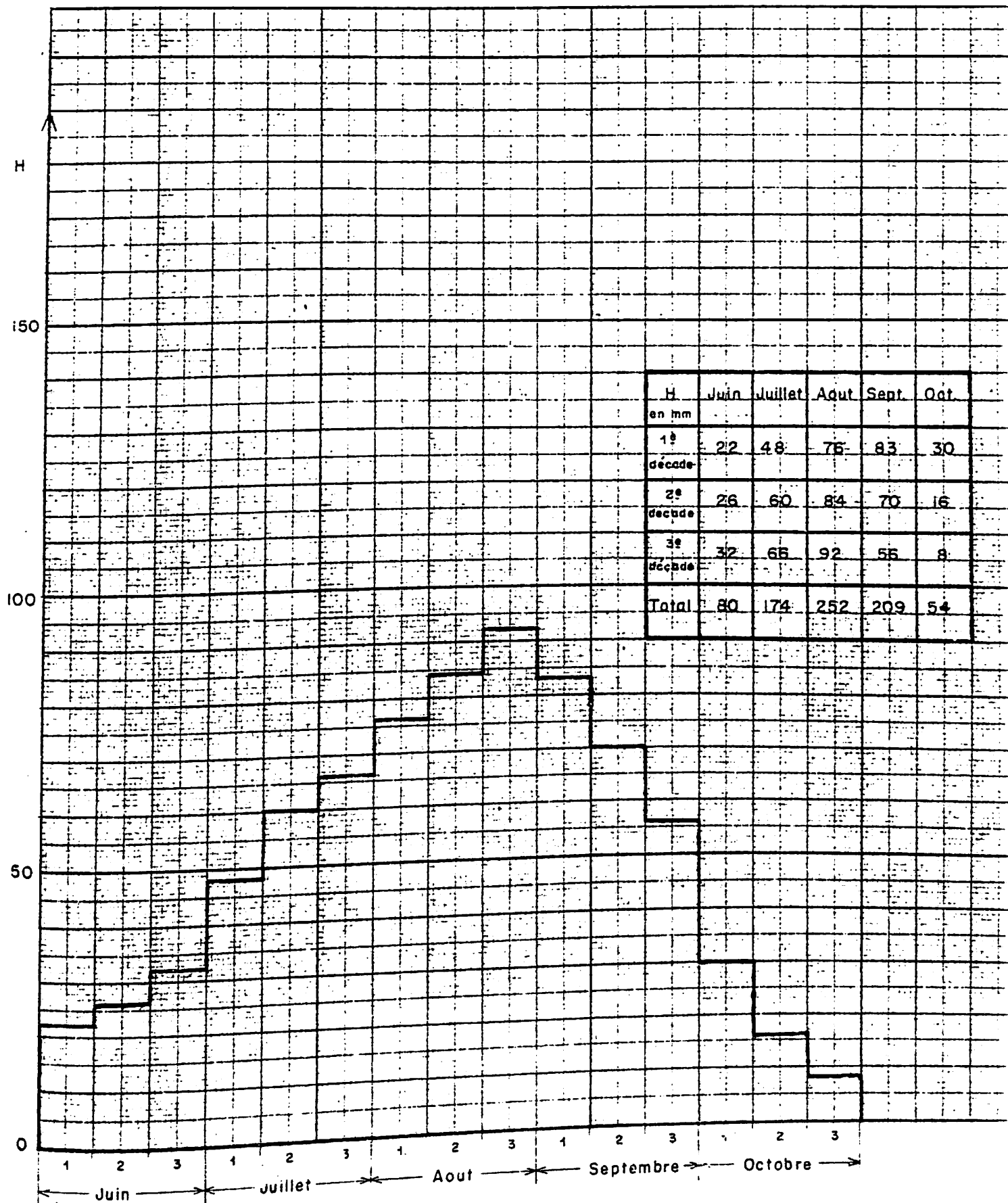
Sources : U.P.R.

Observations :

Date : 16 Juillet 1978

KOLDA

H : Hauteur de précipitation de la décade  
de fréquence de dépassement 0,8



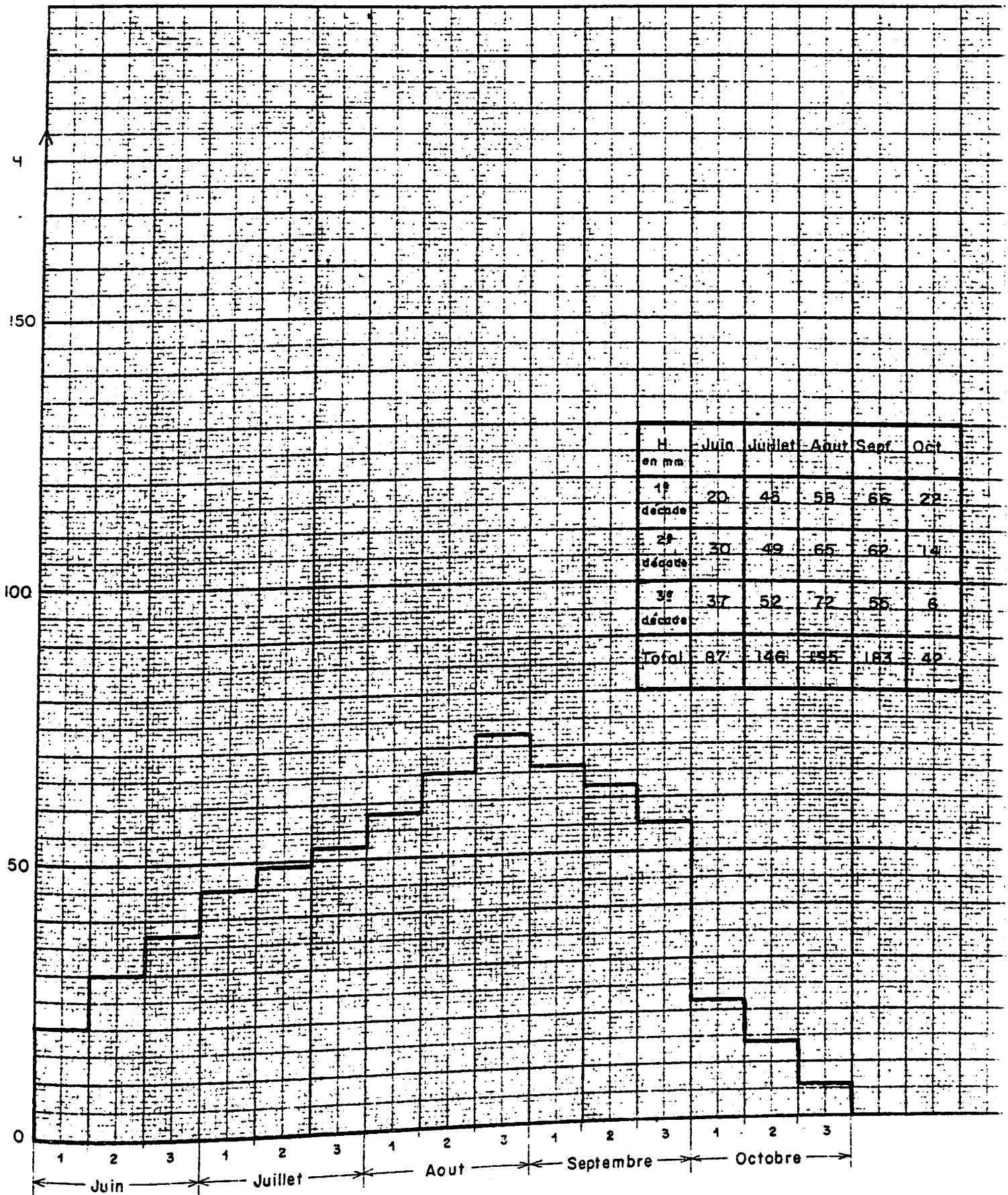
Sources : U.P.R.

Observations :

Date : 16 juillet 1978

VELINGARA

H : Hauteur de précipitation de la décade  
de fréquence de dépassement 0,8



Sources : U.P.R.

Observations :

Date : 16 Juillet 1978



**HYDROLOGIE**

## 2.2 HYDROLOGIE

### 2.21 INTRODUCTION

Dans la phase initiale d'établissement du Plan Directeur d'une région il est indispensable d'établir une première évaluation des ressources en eau de surface et en eau souterraine.

Cette opération est indispensable car les études hydrologiques doivent servir à l'orientation des autres disciplines ; or certaines impasses hydrologiques sont décelables immédiatement.

Ainsi on ne peut manquer d'être frappé par la faiblesse des écoulements observés en Casamance, pour un bassin soumis à l'influence du régime tropical soudano-guinéen.

Ce type de régime à pluviométrie importante concentrée sur cinq mois d'hivernage est d'une manière générale caractérisé par des coefficients d'écoulements importants (rarement moins de 20 % en moyenne annuelle). Si tel est bien le cas pour le bassin de la Gambie et, dans une moindre mesure, pour celui de la Kayanga il n'en est pas de même pour le bassin de la Casamance.

Ce phénomène peut être dû à diverses causes: importance de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin par rapport à la pluviométrie annuelle, non coïncidence des limites des bassins versants des eaux de surface et de la nappe phréatique, capture des eaux d'infiltration par une nappe profonde.

Au stade de l'établissement du plan directeur, il convient de tenter de déterminer, à partir d'une analyse des données existantes, l'importance respective de ces divers facteurs. L'orientation des études d'avant-projet dépendra en partie du résultat de cette analyse.

.../...

De très nombreuses études hydrologiques et hydrogéologiques ont été faites sur la Casamance à des dates plus ou moins récentes, mais elles concernent souvent des régions particulières (par exemple l'Anambé ou Nyassia et Guidel...) et lorsqu'elles sont générales elles s'étendent sur un nombre d'années beaucoup trop court pour qu'on puisse en tirer des renseignements sûrs. Circonstance aggravante les limnigraphes, les marégraphes où les puits installés au cours des diverses missions n'ont, d'une façon générale, fait l'objet d'observations que pendant la durée même des missions. Aucun personnel n'a été prévu pour procéder aux relevés au-delà de la durée des études ou au retarage annuel des stations limnimétriques.

La synthèse des données existantes est donc une opération extrêmement délicate pouvant entraîner plusieurs interprétations différentes. Seules des mesures ultérieures convenablement choisies pourront permettre de choisir entre ces interprétations.

Les documents utilisés pour cette synthèse sont essentiellement :

a) HYDROLOGIE

- 1)- GERCA - Etude hydrologique de la Casamance Continentale - Campagne 1962. Synthèse sommaire des deux années de mesures 1962-1963.
- 2)- ORSTOM - Etudes hydrologiques en Casamance - (Rapport BRUNET-MORET 1967 Rapport définitif BRUNET-MORET 1970).
- 3)- Note provisoire sur le régime de la Casamance à Kolda - ORSTOM - (CHAPERON 1975).
- 4)- SODAGRI - (Etude du bassin de l'Anambé. SODAGRI 1977. Chapitre 5, Climatologie et hydrologie).
- 5)- ORSTOM - Annuaire hydrologique du Sénégal (années 1974-1975, 1975-1976, 1976-1977).

b) HYDROGEOLOGIE

- 1)- BRGM - Etude hydrogéologique de la Casamance (GOUZES - 1962)
- 2)- BRGM - Hydrogéologie de la Moyenne et Haute Casamance (NAPIAS 1967)

.../...



- 3)- Compte rendu provisoire de l'étude de la nappe des "sols gris"  
(BERTRAND 1972)
- 4)- Compte rendu de l'étude des "sols gris" de Casamance. Campagne  
1962-1963 (GUILLEREZ)

L'étude hydrologique comprendra quatre chapitres :

2.22 - DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

2.23 - HYDROGEOLOGIE

- 2.23.1 Géologie générale
- 2.23.2 Nappe phréatique - aquifère

2.24 - REGIME DES COURS D'EAU

- 2.24.1 Données sur les marées dans la Casamance
- 2.24.2 Données sur les écoulements dans la Casamance et ses affluents
- Rappel des bassins versants étudiés
  - Ecoulements annuels, mensuels, mensuels - Etiages - Crues
- a) Généralités
  - b) La Casamance à Kolda
  - c) La Casamance à Fafakourou
  - d) La Kayanga au pont de Niapo
  - e) Les affluents de la Casamance.

2.25 ESSAIS DE BILANS HYDROLOGIQUES

- 2.25.1 Schéma général du modèle Précipitation-débit
- 2.25.2 La Casamance à Kolda
- 2.25.3 La Kayanga au pont de Niapo
- 2.25.4 Premières conclusions sur le régime des rivières de Casamance.

La Casamance est la région du Sénégal limitée au Nord par la Gambie, au Sud par la Guinée-Bissau et à l'Est par la Koulountou, affluent de rive gauche de la Gambie.

Le secteur ainsi couvert représente une superficie d'environ 35.000 km<sup>2</sup> (sensiblement 350 km de longueur sur 100 de large) avec une population de l'ordre de 700.000 habitants.

C'est un immense plateau dont la pente générale est très faible (altitude maximale à 350 km de la mer : 70 m pente 0,02 ‰). La majeure partie de cette région est comprise entre les altitudes 25 et 45 m. Hydrographiquement la Casamance comprend, outre la totalité du bassin du fleuve CASAMANCE et de son affluent principal le SOUNGROUGROU, une partie du bassin versant de la KAYANGA, importante rivière qui a entaillé le plateau au Sud-Est sur 30 mètres de profondeur environ et passe ensuite en GUINEE BISSAU où elle prend le nom de RIO GEBA. Le bassin de cette rivière en Casamance occupe une surface de 4070 km<sup>2</sup>. Enfin toute la région Nord, Nord-Est de la Casamance appartient sur 5.240 km<sup>2</sup> environ au bassin de la GAMBIE et de son affluent de rive gauche le KOULOUNTOU (voir carte du réseau hydrographique: annexe cartographique 3.1).

Nous examinerons successivement les bassins versants de la CASAMANCE, de la KAYANGA et de la GAMBIE.

En dépit de son estuaire et de la largeur de son cours la CASAMANCE n'est pas un fleuve mais une vallée encaissée, envahie par la mer, à la faveur de la dernière transgression flandriène.

Jusqu'à KOLDA (270 km de l'embouchure), la pente du cours d'eau est pratiquement nulle (le zéro de l'échelle limnimétrique est à la cote 1,62 I. G. N.).

.../...

La partie proprement maritime s'étend de l'embouchure à DIANA-MALARI soit sur 217 km de long du cours principal et sur 184 km (dont 86 km à partir du confluent) en remontant son affluent principal le SOUNGROUGROU

La largeur de la vallée jusqu'à SEDHIOU (176 km de l'embouchure) est due au surcreusement des formations sablo-argileuses du continental terminal lorsque le niveau océanique était beaucoup plus bas (régression pré-flandrienne).

Après l'envoyage s'est produite une sédimentation importante due à la fois aux transports solides du fleuve et à l'ensablement par les courants marins. En amont de ZIGUINCHOR l'eau libre de la rivière n'occupe plus toute la largeur de la vallée. Celle-ci a été remblayée en partie par des vases, colonisées par une mangrove de palétuviers dans les parties soumises à l'influence de la marée et par des roseaux dans les parties où la salure reste négligeable.

Les caractéristiques essentielles de la partie maritime du fleuve sur le cours principal et son affluent le Soungrougrou sont données par les tableaux ci-dessous :

BASSIN DE LA CASAMANCE

Stations	Distance à l'embouchure km	Bassin versant km <sup>2</sup>	Surfaces km <sup>2</sup>		Volume des eaux libres 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
			Eaux libres et marécage	Eaux libres	
Diana Malari	217	4.710	0	0	0
Séfa	177	5.580	65	37	23
Hamdalaye	141	6.860	185	119	105
Kaour	106	7.550	325	217	235
Banghagha	87	13.160	630	352	400
Ziguinchor	63	13.850	810	410	520

.../...



BASSIN DU SOUNGROUGROU

Stations	Distance à l'embouchure km	Bassin versant km <sup>2</sup>	Surfaces km <sup>2</sup>		Volume des eaux libres 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
			Eaux libres & marécages	Eaux libres	
Diaroumé	184	2.780	0	0	0
Bona	149	3.520	60	28	20
Marsassoum	117	4.480	125	49	55
Confluent	98	4.720	180	57	70

Dans la partie maritime du cours de la Casamance les caractéristiques des affluents diffèrent profondément suivant qu'il s'agit de la rive droite ou de la rive gauche.

Au Nord du fleuve, à l'Ouest du méridien 15°,30' W, règne une zone de mangrove où les affluents sont constitués par des bolons qui tel le marigot de Diouloulou sont en communication à la fois avec la Casamance et avec l'Océan. A l'Est de ce méridien le relief est très peu marqué et les rivières intermittentes rejoignent rapidement le niveau de base représenté par la CASAMANCE et ses affluents le marigot de BIGNONA et surtout le SOUNGROUGROU, plans d'eau soumis à l'influence de la marée.

Au Sud du fleuve, le relief n'est pas beaucoup plus accentué en altitude mais la ligne de crête du bassin qui suit sensiblement la frontière de Guinée Bissau étant voisine du fleuve, les pentes sont plus fortes et les rivières plus courtes ont de meilleurs coefficients d'écoulement.

La partie continentale du fleuve prend sa source à l'amont de Fafakourou ; son cours sinueux et encombré de végétation, possède une faible capacité d'écoulement. Les levées alluviales sont relativement bien marquées à l'amont (bourrelets de berge de 2 à 3 m) mais diminuent progressivement au fur et à mesure de l'élargissement du lit ; la largeur du lit mineur varie 30 m à Kolda à 200 m à Diana Malari.

.../...

La pente de 0,5 ‰ (50 cm/km) à l'amont diminue à 0,028 ‰ (2,8 cm/km) entre Kolda et Diana-Malari pour devenir nulle dans la partie maritime.

A l'amont de KOLDA le bassin de la CASAMANCE continentale a un réseau hydrographique en forme de chevelu constitué par la réunion d'un certain nombre de marigots.

En rive droite, le bassin de SARE KOUTAYEL (640 km<sup>2</sup>) qui se jette dans la CASAMANCE à 13 km en amont de KOLDA. Bassin peu peuplé et peu cultivé.

En rive gauche, le bassin de BANTANKOUNTOU (200 km<sup>2</sup>) sur le DIOULAKOLON qui se jette dans la Casamance à 5 km à l'aval de KOLDA. Bassin presque entièrement défriché, très peuplé et très cultivé.

Le bassin de TIANGOL DIANGUINA sur lequel est installée la station de SARE SARA (815 km<sup>2</sup>). Une autre station celle de MADINA OMAR est installée sur la KHORINE, affluent du TIANGOL et contrôle un bassin de 385 km<sup>2</sup>.

La Haute Casamance commence près de FAFAKOUROU à 75 km environ à l'amont de KOLDA. Des résurgences juste à l'aval de la station limnimétrique rendent la CASAMANCE pérenne à partir de FAFAKOUROU où la surface du bassin est de 700 km<sup>2</sup>.

En dehors de la mangrove de formation quaternaire récente, les sols du bassin de la CASAMANCE sont en majeure partie des sols ferrugineux tropicaux qui se développent sur les grés du Continental Terminal. Cependant on rencontre aussi des sols alluvionnaires argileux dans les vallées et sur des glacis en pente légère les dépôts sableux qui ont comblé les différents golfes lors de la récente transgression flandrienne.

La couverture végétale est constituée au Nord du fleuve par une forêt sèche secondaire et, au Sud, par une savane boisée soudano-guinéenne. La forêt galerie, le long des berges, des cours d'eau, est inexistante sauf dans certaines sections de la Casamance en amont de KOLDA.



En dehors du fleuve de CASAMANCE, la région est drainée par trois autres vallées importantes :

- Au Nord, la GAMBIE,
- A l'Est, la KOULOUNTOU,
- Au Sud-Est, la KAYANGA.

La ligne de crête du bassin de la CASAMANCE est située, sauf à son extrémité Nord-Ouest, au Sud de la frontière du SENEGAL avec la GAMBIE. Ce fleuve important draine donc une série de petits bassins frontaliers.

Ce sont tout d'abord les rivières qui prennent leur source aux environs de Vélingara et dont le cours est dirigé Nord-Sud. Sur une de ces rivières la SIMA a été installée une échelle limnimétrique à SANTHIA-COUNDARA.

Légèrement plus à l'Ouest, la SOFANIAMA prend sa source aux environs de MEDINA YOROFOULA et coule vers la GAMBIE dans le sens Est Ouest en longeant les forêts classées de Guimara et de Pata. Cependant le passage vers l'ouest et la Gambie est difficile et se fait par une zone marécageuse (surface du bassin en Casamance 1497 km<sup>2</sup>).

Plus à l'Ouest encore, le BITANG BOLON prend sa source aux environs de TANKON et coule de l'Est vers l'Ouest en direction de la GAMBIE (surface du bassin en CASAMANCE 1081 km<sup>2</sup>).

Tous ces petits bassins frontaliers ont des caractéristiques identiques à celles des affluents de rive droite de la Casamance, relief à peine marqué, pentes très faibles, écoulements intermittents.

La Koulountou principal affluent de rive gauche de la GAMBIE constitue la limite Est de la région de Casamance. C'est une rivière importante issue du massif du FOUTA DJALON et dont le bassin inférieur a son lit fortement encaissé dans les grés du Continental Terminal. Ses affluents de rive



gauchè situés en Casamance ont une extension très réduite, cette extension étant limitée à l'Ouest par le bassin de la KAYANGA.

La KAYANGA prend sa source en GUINEE dans des marécages d'une altitude de 80 mètres, au pied du versant Ouest du FOUTA DJALON où elle réunit plusieurs marigots à faible pente. Cette pente s'accroît rapidement, puisque la rivière, à Vélingara-Pakane, après un parcours de 50 kilomètres est à la côte 28 mètres. Jusqu'à cet endroit le lit est dégagé et permet une évacuation rapide des crues.

Peu après Vélingara-Pakane, la rivière qui coulait en direction du Nord-Ouest, oblique en direction de l'Ouest puis en direction du Sud-Ouest à partir de NIANDOUBA. Après avoir reçu en rive droite quelques affluents (Anambé, Marigots de Pidiro et Saré-Dembayel) la KAYANGA reçoit en rive gauche le Marigot de Wassadou-Kaoné et rentre en Guinée-Bissau où elle prend le nom de RIO GEBA.

La seule confluence notable de la KAYANGA en territoire sénégalais est celle de l'ANAMBE, affluent-défluent, qui draine une cuvette très plate dont le fond à sol hydromorphe reste inondé pendant une partie de l'hivernage.

x

x x

2.23 HYDROGEOLOGIE

2.23.1 Géologie générale

La CASAMANCE est un bassin sédimentaire dont les vallées ont subi plusieurs invasions marines au cours de l'histoire géologique. Cette série de transgressions et régressions a entraîné la formation successive de dépôts calcaires, sableux ou argileux dont l'alternance a déterminé un certain nombre d'aquifères superposés : nappe du Maestrichien, du Paléocène, de l'Eocène et du continental terminal (Miocène et Pliocène).

Ces dépôts sédimentaires reposent sur la vieille plateforme cristalline Ouest-africaine (socle péléozoïque) dont l'altitude a été reconnue par divers sondages. Cette plateforme plonge rapidement de l'Est vers l'Ouest car à Dabo le socle ancien est à 250 m de profondeur alors qu'à Kolda il se situe à 450 m et que le sondage de Balandine en Basse Casamance arrêté à une profondeur de 4.100 m, ne l'a pas atteint.

Le Maestrichien est une épaisse série sableuse ; en Haute Casamance il est directement transgressif sur le socle sa puissance se réduisant d'Ouest en Est (200 m à Kolda contre 25 à Dabo).

Le Paléocène est une formation calcaire avec parfois des passées marneuses qui peuvent devenir prépondérantes comme à Kolda où l'étage est complètement marneux alors qu'à Dabo il est entièrement calcaire.

La série Eocène comporte un faciès calcaire au sommet et marneux à la base. Sa puissance est variable et diminue d'Ouest en Est.

Quant au continental terminal il ne faut pas lui attribuer de signification stratigraphique rigoureuse. Le terme de continental terminal désigne l'ensemble de la formation contenant la nappe phréatique.

Cette formation contient plusieurs niveaux de cuirasse latéritique diversement indurés. Les deux niveaux supérieurs sont fossiles et seul un

troisième niveau se forme à l'heure actuelle dans la zone de balancement de la nappe phréatique.

Ce dernier niveau est situé dans les alluvions des marigots c'est-à-dire dans les zones de drainage de la nappe.

Les cuirasses supérieures fossiles jouent le rôle de drains transversaux en direction des vallées, les eaux se chargeant au passage d'hydroxides ferriques. Dans les parties basses la nappe est subafleurante et l'eau se concentre par suite de l'évaporation directe et de l'évapotranspiration ; d'où précipitation des hydroxydes et formation d'un troisième niveau de cuirasse latéritique.

Cette théorie est justifiée par l'étude des fluctuations du niveau de la nappe et explique en partie l'importance du déficit d'écoulement au niveau des bassins versants.

## 2.23.2 Nappe phréatique - aquifères

La nappe phréatique existe partout en Casamance à une profondeur faible ou moyenne.

Elle est contenue dans les sables et grès du continental terminal et dans les alluvions ou formations quaternaires marines, témoins de la transgression Ouljienne. Le mur de la nappe est situé à des profondeurs variables :

- Socle paléozoïque à 40 m ou 50 m en Haute Casamance,
- Argiles et marnes éocènes à 60 m, à Dabo, Kolda et Séfa,
- Argiles miocènes à 20 à 30 m en Basse Casamance.

Une carte izopiézométrique indiquant qualitativement l'allure de la nappe en fin de saison sèche a été établie par Gouzes (1961) à partir des fiches d'inventaires des puits. Le niveau statique moyen a été déterminé à



partir de mesures périodiques de niveau échelonnées sur cinq ans. A partir de l'amplitude de variation annuelle GOUZES a tenté d'extrapoler la profondeur de l'eau en fin de saison sèche. La carte obtenue représente donc schématiquement l'étiage de la nappe.

On peut en tirer des renseignements intéressants d'ordre qualitatif en ce qui concerne les niveaux statiques (voir carte des isopièzes, annexe cartographique 3.2).

En Haute Casamance l'examen des courbes isopièzes met en évidence de hauts niveaux statiques compris entre 30 et 60 mètres d'altitude avec un maximum de 70 mètres aux environs de Patin-Kouta. Ceci est dû au relèvement du socle paléozoïque qui constitue ici le mur de la nappe. Celle-ci étant bien alimentée avec un mur peu profond, la nappe a un haut niveau statique si on excepte le drainage important de la KAYANGA. Ce même phénomène devrait s'observer de manière encore plus accentuée pour le toit de la nappe séparant les bassins de la KAYANGA et du KOULOUNTOU \*.

Au Sud de la KAYANGA, la pente de la nappe vers la rivière qui forme drain est de 0,3 %. Au Nord de la rivière la pente de la nappe est de 0,15 % seulement en raison de la présence du bassin de l'ANAMBE. Vers les marigots affluents de l'ANAMBE, la pente est d'ailleurs infime 0,03 %, ce qui s'explique par la grande perméabilité du bassin de cette rivière alors que le Continental Terminal dans lequel la KAYANGA a creusé son lit est beaucoup moins perméable.

Au Nord de l'ANAMBE le toit de la ligne de partage des eaux souterraines entre les bassins de la KAYANGA et de la GAMBIE se trouve à une altitude assez élevée (supérieure à 30 m) mais l'altitude topographique étant assez faible les puits de cette région ont leur niveau statique à assez faible profondeur (en général moins de 10 m).

.../...

---

\* La limitation de la carte des isopièzes à l'Est du bassin de la KAYANGA ne permet pas de vérifier cette hypothèse.

Entre la CASAMANCE et la KAYANGA, la ligne de partage des eaux passe aussi dans une zone de hauts niveaux statiques. Malgré tout, les puits de cette région sont assez profonds car l'altitude du sol est assez élevée. Cette ligne de partage des eaux coïnciderait d'après l'étude de GOUZES avec la limite du faciès littoral de l'Eocène supérieur-Oligocène inférieur ; cette zone pourrait être une zone d'alimentation de la nappe du Maëstrichien.

A l'Ouest de ce secteur on trouve le bassin de la Haute Casamance qui est formé par la réunion de plusieurs marigots issus de la région de FAFAKOUROU.

L'examen des courbes izopièzes jusqu'à l'aval de KOLDA suggère qu'il n'y a pas d'alimentation prépondérante en provenance du haut bassin versant, mais que le cours d'eau, surtout à partir de Kolda, draine le long de son cours les apports latéraux souterrains de la nappe phréatique. La pente générale de la nappe vers le drain que constitue la Casamance est faible surtout en rive droite.

Dans la large vallée de la rivière aux environs de KOLDA la courbe piézométrique de 5 mètres remonte très haut dans le bassin versant ; c'est une nappe de plaine alluviale dont le niveau est soutenu par le cours pérenne du fleuve, de son under-flow et de ses écoulements latéraux, au sein de ses propres alluvions.

Parallèlement au cours de la CASAMANCE dont il est séparé par un plateau de faible altitude le bassin du SOUNGROUGROU possède des caractéristiques identiques, drainage latéral remontée de l'isopièze de 5 mètres très haut dans le bassin versant, à 120 km environ du confluent avec la CASAMANCE.

Dans la bande longeant au Nord la frontière de GAMBIE et dont les eaux superficielles appartiennent au bassin de ce fleuve on trouve plusieurs zones caractérisées par l'opposition du sens de l'écoulement entre les eaux de surface et celles de la nappe phréatique. Dans la région de PATA tout d'abord le marigot SOFANIAMA coule en surface d'Est en Ouest vers la GAMBIE alors que la nappe phréatique forme un bassin endoreïque.



Plus à l'Ouest dans les régions de NANEKO, SARE AMA SAMBA, SARE SAMBA CISSE la limite du bassin versant des eaux superficielles est voisine de la frontière de GAMBIE, alors que la limite du bassin versant des eaux souterraines passe à Nanéko, à 20 km environ plus au Sud.

En ce qui concerne les fluctuations de la nappe au cours de l'année hydrologique elles ont des aspects très variés en fonction de la nature des terrains traversés et de leur situation topographique, ces deux éléments étant d'ailleurs liés entre eux.

Considérons un profil en travers de la vallée de la Casamance ou du Soungrougrou, légèrement à l'amont de la partie soumise à l'influence de la marée ; schématiquement on rencontre de la vallée vers le plateau quatre types de terrain différents.

Tout d'abord les sols hydromorphes de bas-fonds, alluvions récentes plus ou moins argileuses, qui tapissent les lits mineur et majeur du cours d'eau.

Puis les "sols gris" qui sont des alluvions marines déposées dans la vallée lors de la transgression Ouljiène ; ces sols se situent au début de la pente transversale de la vallée et sont suivis des "sols ocre de pente" dont l'origine est identique.

A la limite des sols gris et des sols hydromorphes c'est-à-dire dans la zone des rizières aquatiques la courbe d'évolution du niveau piézométrique en fonction du temps comprend les phases suivantes \* :

De mi-juillet à mi-août une phase légèrement ascendante suivie d'une montée rapide jusqu'au début septembre le niveau piézométrique oscillant légèrement au-dessus du sol jusqu'à fin septembre. A partir d'octobre abaissement du niveau de 0,5 cm par jour jusqu'à fin décembre où la nappe se stabilise à 60 cm au-dessous de la surface du sol.

0,5 cm / jour  
.../...

60 cm / du de la  
nappe

\* Observations des piézomètres de la toposéquence de KANDADIU, au cours de la campagne juin à décembre 1971 (voir rapport BERTRAND sur la nappe des sols gris).



Dans la zone des "sols gris" favorable à la culture du riz pluvial, la courbe de variation du niveau piézométrique comprend trois parties :

- Une partie ascendante d'abord lente jusqu'à mi-août puis extrêmement rapide (100 cm en sept jours) ;
- Une phase d'étale où la nappe est à son maximum (40 cm de la surface) avec des oscillations rapides qui peuvent atteindre 20 cm d'amplitude ;
- Une phase de tarissement à partir de fin septembre avec, au début, une baisse rapide 2,5 cm par jour puis vers le 10 octobre une descente plus lente de 1,3 cm par jour.

Au premier novembre, la nappe est encore à moins d'un mètre de la surface.

Dans la partie haute des "sols gris", l'évolution du niveau piézométrique est à peu près identique mais la nappe reste toujours à une plus grande profondeur. A son maximum elle se trouve à 80 cm de profondeur et un mois plus tard, à la récolte du riz, elle est à plus de 140 cm de profondeur.

Sur le plateau dans les formations du continental terminal la nappe atteint son niveau piézométrique maximum à la fin octobre ou au début du mois de novembre, c'est-à-dire à la fin de l'hivernage ; la pointe de crue présente un palier s'étendant sur un mois à un mois et demi environ ; le tarissement, très lent, se poursuit jusqu'au début du mois de juin.

En ce qui concerne le profil transversal de la nappe on constate qu'à toute époque de l'année pendant la période d'observation, le toit est resté plus ou moins incliné vers le fleuve.

Si maintenant on examine une toposéquence dans la partie maritime du fleuve (toposéquence d'INOR dans le rapport de BERTRAND sur la nappe des sols gris) on observe une évolution du niveau piézométrique identique avec cependant quelques différences.

.../...

En effet à INOR, de novembre à fin juillet le fleuve semble alimenter la nappe (au moins pendant la période d'observation considérée) car le toit de la nappe est incliné vers l'intérieur des terres. Une observation identique est faite dans le rapport de GOUZES, pour les puits de MARSASSOUM situés à proximité du SOUNGROUGROU, ce que traduit la salure de la nappe.

En ce qui concerne la provenance de l'eau de la nappe des sols gris, BERTRAND émet dans son rapport l'hypothèse suivante :

"La montée extrêmement rapide (de la nappe) constatée en août, son faible décalage dans le temps par rapport à un épisode pluvieux important nous conduisent à penser qu'il ne s'agit pas d'une montée générale de la nappe phréatique située à la base du Continental terminal. Il ne s'agit pas non plus de l'arrivée brutale d'une crue du fleuve puisque cette crue n'existe pratiquement pas ni d'une arrivée massive d'eau infiltrée in situ car l'étude des profils hydriques montre que la zone humectée du sol par les pluies ne rejoint la frange capillaire de la nappe qu'en septembre.

La nappe ne peut donc être alimentée que par un ruissellement hypodermique important. En raison du bref temps de réponse entre l'épisode pluvieux et la montée de la nappe, ce ruissellement doit circuler très rapidement dans des horizons "perméables en grand". Seules les cuirasses peuvent remplir cet office de drain du ruissellement hypodermique vers les sols gris".

Les sols gris situés en bordure des vallées de la Casamance et du Soungrougrou semblent posséder de remarquables potentialités rizicoles qui ne sont que partiellement exploitées en particulier dans les zones favorables au riz pluvial alimenté, en hivernage, par la nappe. Dans ces zones on pourrait également envisager des irrigations par pompage en contre-saison.

Il conviendrait cependant de se limiter à la partie fluviale des vallées car dans les zones soumises à l'influence des marées, la salinité de la nappe risque de poser des problèmes.

2.24

REGIME DES COURS D'EAU

Le régime des cours d'eau en Casamance est celui des rivières soumises au climat tropical soudano-guinéen avec une période de hautes eaux de mi-juillet à fin octobre suivie d'une période de tarissement. Seules sont pérennes les rivières importantes grâce au drainage du continental terminal ainsi que certaines petites vallées plus arrosées et plus pentues situées au sud de la Casamance et à l'ouest du méridien de SEDHIOU.

Nous examinerons tout d'abord les problèmes posés par la remontée de la marée dans la vallée de la CASAMANCE et dans celle de son affluent principal le SOUNGROUGROU.

2.24.1

Données sur les marées dans la Casamance

Les données sur les marées en CASAMANCE ont été longtemps inexistantes. Pour remédier à cette absence de données, la Direction de l'Energie et de l'Hydraulique a confié à l'O. R. S. T. O. M. l'étude du mouvement des marées en Casamance pendant trois années consécutives de juillet 1967 à juin 1970.

Dix marégraphes ont été installés pour l'étude dont sept sur le bief maritime de la CASAMANCE et trois sur le bief maritime du SOUNGROUGROU. Les mesures portaient sur l'observation des différentes sortes de marées (diurnes, mensuelle, annuelle) et sur la variation de la salinité au cours de l'année hydrologique (par des mesures de conductivité électrique).

Malheureusement les mesures ont cessé dès la fin de la mission si bien que les observations portent seulement sur trois années.

Depuis cette date, l'O. R. S. T. O. M., dans le cadre de l'établissement de l'annuaire hydrographique du Sénégal a procédé à l'installation de

.../...



cinq nouveaux marégraphes dont les observations sont assurées à toute époque de l'année ; ce sont les marégraphes de Pointe-Saint-Georges, Ziguinchor, Goudomp, Séfa et Diana-Malari.

#### 2.24.11 Marées annuelles et mensuelles

Il apparaît une forte marée annuelle à toutes les stations, marée due au mouvement du soleil en déclinaison. L'onde est très dissymétrique le minimum a lieu en janvier-février et le maximum en septembre-octobre.

La figure 1 \* montre la forme de l'onde annuelle pendant les années d'observation, c'est la courbe représentant les variations des moyennes mobiles de 29 jours à la station de Ziguinchor et des six stations situées à l'amont.

L'existence de ces marées joue un rôle en ce qui concerne les variations de la salinité du fleuve.

#### 2.24.12 Marées semi-diurnes

La marée semi-diurne due à la rotation de la terre est affectée en Casamance d'une inégalité diurne importante. La figure 3 donne les amplitudes maxima observées de la marée semi-diurne le long du cours de la Casamance de l'embouchure à Diana-Malari.

La collection de marée semi-diurnes dont on dispose à chaque station semble suffisante pour qu'on puisse être sûr que leurs amplitudes maximales possibles ne dépassent pas de plus de 5 % les valeurs de la figure 3.

Par contre la variation de l'amplitude de la marée annuelle semble relativement important si bien que l'amplitude maximale entre le niveau de la plus basse marée basse possible et le niveau de la plus haute marée haute possible n'est pas connue. Il peut en résulter des difficultés pour la fixation du niveau de la crête des barrages anti-sel.

.../...

---

\* Les figures sont rassemblées en fin de texte

2.24.13 Etude de la salinité et de ses variations spatio-temporelles

a) Variations de la salinité sur la Casamance et le Soungrougrou

La marée océanique remonte loin dans la CASAMANCE. Cette marée apport de l'eau de mer, ce qui entraîne la salure du fleuve car les apports fluviaux ne sont pas salés.

En revanche, le mélange des eaux douces et salées semble assez bien réalisé si bien qu'on n'observe pas de "coin salé" du moins au droit et à l'amont de ZIGUINCHOR.

On observe une différence de salinité entre les marées hautes et basses, quelle que soit la station et l'époque de l'année, la salinité moyenne est quatre vingt huit fois sur 100 plus forte à la marée haute qu'à la marée basse qui la précède ou la suit.

Sur les figures 4 et 4 bis ont été reportés les résultats des mesures de salinité aux différentes stations de fin 1967 à 1969.

Ces graphiques appellent les remarques suivantes :

1°/ - A une station donnée, ZIGUINCHOR par exemple, on observe que le maximum de salinité a lieu en juillet-août alors que le minimum de salinité se situe en octobre. Cette diminution de la salinité pendant l'hivernage est due beaucoup plus aux précipitations sur le plan d'eau qu'aux apports d'eau douce. Après décembre, on observe une salure croissante du fleuve qui se poursuit jusqu'au mois de juillet. Cette augmentation de la salinité est due à deux causes. Tout d'abord l'énorme évaporation du plan d'eau en saison sèche, toute la zone de mangrove se comportant comme un marais salant. Ensuite la montée du niveau moyen journalier due à la marée annuelle. En effet, le volume d'eau de mer transité au cours d'une marée est considérable vis à vis du volume d'eau douce correspondant, de sorte qu'en phase montante de la marée annuelle il y a pendant la marée semi-diurne plus d'eau à passer vers l'amont que d'eau à redescendre vers l'aval.

2°/ - On observe au niveau de ZIGUINCHOR à la fin de la saison sèche, une sursalure importante par rapport à l'eau de mer. A cette époque de l'année en effet, les apports d'eau douce sont négligeables, le fleuve ayant tendance à alimenter la nappe (phase montante de la marée annuelle), les précipitations sont nulles et l'évaporation maximum. Ce phénomène est plus marqué sur le SOUNGROUGROU que sur la CASAMANCE et ce d'autant plus que l'année est plus sèche. Ainsi en juillet 1969 la salure du Soungrougrou à MARSASSOUM est égale à celle de la CASAMANCE à ZIGUINCHOR.

3°/ - Comme il est normal, la valeur du minimum de salinité situé en octobre dépend essentiellement de la pluviométrie de la saison des pluies précédentes. Ainsi en 1968 année très déficitaire (la moyenne des pluviométrie de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda a été de 813 mm) la salinité minimum à Ziguinchor a été de 12 g/l alors qu'en 1969 année excédentaire (pluviométrie 1600 mm) la salinité minimum est tombée à 2 g/l.

En revanche, le maximum de salinité situé en juillet dépend assez peu de la pluviométrie de la saison des pluies précédentes (c'est-à-dire de la pluviométrie de l'année précédente). Pluviométrie de 1967 excédentaire (1560 mm) salinité de juillet 1968 à Ziguinchor 35 g/l. Pluviométrie de 1968 déficitaire (813 mm) salinité de juillet 1969 à Ziguinchor 40 g/l.

Sur la figure 5 on a porté en fonction des distances sur le fleuve les maximums de salinité observés en juillet 1968 et 1969 et les minimums observés en octobre 1968 et 1969.

La salure semble être, à distance égale de la mer, systématiquement plus forte dans le SCUNGROUGROU que dans le fleuve proprement dit.

Les maximums de salinité en 1969 sont reportés ci-après :

DIOGUE	36	g/l
ZIGUINCHOR	40,7	g/l
BAGHAGHA	41,2	g/l
KAOUR	38,9	g/l
HAMDALAYE	23,4	g/l
SEFA	6,7	g/l
DIANA MALARI	0,7	g/l
MARSASSOUM	38,6	g/l
BONA	22,8	g/l
DIAROUME	8,1	g/l



Ces maximums qui ont suivi une année exceptionnellement sèche (1968) ne sont sans doute pas des maximum-maximorum. En effet le maximum de salinité, comme nous l'avons vu plus haut, dépend assez peu de la pluviométrie de l'année précédente mais surtout de l'amplitude de la marée annuelle. Pendant les trois années d'observation (1967, 1968, 1969) la salinité maximum a été observée en 1969, non seulement parce que 1968 avait été exceptionnellement sèche, mais surtout parce que la marée annuelle de 1969 a été la plus forte des trois marées annuelles observées.

Or la durée d'observation ne permet pas de déterminer l'amplitude maximum que peut atteindre la marée annuelle. Comme le note BRUNET-MORET dans son rapport, il n'est pas impossible qu'il y ait des marées annuelles plus fortes que celle observée en 1969. Ainsi vers 1920 il semble que l'eau ait été nettement salée au goût à DIANA MALARI, ce qui suppose une salinité supérieure à 2 g/l.

Depuis l'installation d'une nouvelle station marégraphique à ZIGUINCHOR des mesures de salinité ont été faites à partir de juin 1976 et l'annuaire hydrologique du Sénégal donne les résultats de l'année 1976-1977 maximum en juillet 1976, 43 g/l ; minimum en octobre 1976, 20 g/l. Il sera intéressant de connaître les observations de l'année 1977-1978.

D'une façon générale la faiblesse anormale des précipitations annuelles de la dernière décade a entraîné une augmentation très rapide de la salinité à l'amont des parties maritimes de la Casamance et du Soungrougrou. Sur la Casamance le coin salé est remonté de Diana-Malari à Diana-Bah où la salinité atteignait fin mai 1978, 5,6 g/l.

A Diaroumé sur le Soungrougrou les nénuphars qui couvraient autrefois le lit de la rivière ont complètement disparu et des tanns vifs font leur apparition sur les rives.

.../...

b) Variations de la salinité sur les petits affluents de la Casamance maritime

Sur les petits affluents de la Casamance maritime l'évolution de la salinité au cours de l'année semble tout à fait différente de l'évolution observée sur le cours principal. On peut s'en faire une idée d'après les seules observations qu'on possède actuellement et qui portent sur deux marigots observés en 1975-1976, année à peu près normale. Ces observations portent sur le marigot de Guidel à Soukouta et sur le marigot de Nyassia à Djibonker et à Nyassia.

Sur le marégraphe situé le plus à l'amont à Djibonker, sur la Nyassia, on a observé en 1976 un dessalement très rapide dès les premières pluies du mois de juillet. (voir fig.6). Fin juillet le dessalement était total et s'est maintenu jusqu'à fin octobre après quoi la salinité est remontée. Sur le marégraphe situé plus à l'aval, à l'emplacement du village de Nyassia le dessalement a été un peu moins rapide et surtout il s'est maintenu un mois seulement du 15 août au 15 septembre (fig.7).

Ceci semble montrer que le dessalement n'est effectif durant trois mois d'hivernage qu'à l'extrémité amont de la partie maritime des bolons. Cette hypothèse est confirmée par les indications données (également en 1976-1977) par le marégraphe de Soukouta sur le marigot de Guidel (fig.8). Ce marégraphe est situé dans la partie aval de la rivière à 7 km environ de son confluent avec la Casamance. La courbe de la salinité a la même allure que pour la Nyassia à Nyassia mais le minimum de salinité qui se produit au mois de septembre correspond à un seuil élevé (supérieur à 5 g/l) alors qu'à Nyassia le dessalement est presque total au mois de septembre.

Il est vraisemblable que les observations de l'année 1977-1978, à pluviométrie très déficitaire, mettront en évidence des seuils de salinités plus élevées et des durées de dessalement plus courtes.

.../...

2.24.2 Données sur les écoulements dans la Casamance et ses affluents

2.24.21 Rappel des bassins versants étudiés

Les premières mesures sur les écoulements en CASAMANCE datent de 1962, et se sont poursuivies pratiquement jusqu'à maintenant avec quelques interruptions. Les principaux bassins étudiés par ordre chronologique sont les suivants :

1°/ - Année 1962-1963, GERCA - Etude de bassins versants expérimentaux. Bassins du Goundaga et du Lébal (affluents de l'Anambé). Etude du régime et du tarissement de la KAYANGA à NIAPO et de la CASAMANCE à KOLDA. Etude du bassin du DIOULACOLON.

2°/ - 1963 - Rapport GERCA sur les vallées de Nyassia et Guidel (Casamance Maritime - Etudes complémentaires). 1965, ILACO (Rapport hydrologique sur les vallées de Nyassia et Guidel).

3°/ - 1967, ORSTOM (Etudes hydrologiques en Casamance). Observations de l'année hydrologique 1965-1966 sur les bassins suivants :

- Au Nord du SOUNGROUGROU, Bassin de DIANGO,
- Au Sud de la CASAMANCE, bassin de BOUNKILING.

1970, Etudes hydrologiques en CASAMANCE - Rapport définitif - Etude sur trois années 1967-1968-1969 de la Casamance Maritime et de l'hydrologie de surface de certains bassins du fleuve Casamance. Bassins du DIOULACOLON, du TIANGOL DIANGUINA de la KORINE ainsi que la CASAMANCE à FAFAKOUROU et à KOLDA. Etude du bassin de la KAYANGA (station de NIAPO sur la Kayanga et de KOUNKANE sur l'Anambé).

1975, Régime hydrologique de la CASAMANCE à KOLDA. Note provisoire présentant les résultats des observations de la station de KOLDA de juin 1970 à juin 1974 et une synthèse sommaire du régime de la CASAMANCE tel qu'on peut l'esquisser après sept années d'observation.

.../...



De juin 1974 à juin 1977, la station de KOLDA a été intégrée dans le réseau hydrologique permanent du SENEGAL (annuaires 1974-1975, 1975-1976 et 1976-1977).

## 2.24.22 Écoulements annuels, mensuels, étiages, crues

### a) Généralités

En dehors de la CASAMANCE à Kolda dont les apports sont connus depuis une dizaine d'années, on possède actuellement très peu de données sur les écoulements en Casamance. A partir de ces éléments nous essayerons cependant de dégager quelques généralités sur les écoulements.

La première constatation concerne les lames d'eau écoulées qui sont, d'une manière générale, très faibles pour un climat tropical soudano-guinéen recevant en moyenne de 1200 à 1500 mm de précipitation par an.

Comme on l'a déjà noté plus haut, ce phénomène peut être dû à diverses causes :

Importance de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin par rapport à la pluviométrie annuelle, non coïncidence des limites des bassins des eaux de surface et souterraines, capture des eaux d'infiltration par une nappe profonde ou plus simplement niveau de la nappe phréatique situé en dessous du fond du thalweg.

Examinons le tableau 1\* qui donne, pour les stations où on dispose d'un minimum de quatre années d'observation, la comparaison de la pluviométrie annuelle sur le bassin et de la lame d'eau écoulée. Ce tableau appelle un certain nombre de remarques :

Tout d'abord on observe que certaines rivières ont, à précipitation égale, des lames d'eau écoulées nettement inférieures aux autres. Il s'agit en général des parties hautes des bassins versant et des affluents de rive droite de la Casamance. L'examen des courbes isopièzes de la nappe phréatique

.../...

---

\* Les tableaux sont rassemblés en fin de texte à la suite des figures.

montre que ce sont des rivières mal drainées où le niveau de la nappe doit demeurer durant la majorité de l'année au-dessous du fond du thalweg. En revanche les lames d'eau plus importantes observées sur la Kayanga semblent provenir du fait que cette rivière est un drain plus profondément encaissé dans le continental terminal comme l'atteste le resserrement des lignes isopièzes qui suivent le cours du fleuve.

Une deuxième constatation concerne la diminution des écoulements, observée ces dernières années par rapport aux premières années de mesure ceci à égalité de hauteur de précipitation sur le bassin.

La Casamance à Kolda en est un exemple frappant. Il suffit de comparer les deux années sèches 1968-1969 et 1972-1973 où pour une égale hauteur de précipitation (750 mm) les lames d'eau écoulées sont respectivement de 16 et 9 mm. Il en est de même si on considère deux années relativement supérieures à la normale telles que les années 1967-1968 et 1975-1976 (précipitation annuelle sur le bassin : 1200 mm), les lames d'eau écoulées sont respectivement de 76 et 42 mm. Le même phénomène s'observe pour la Kayanga au pont de Niapo.

Année	Précipitation	Ecoulement
1968-1969	900 mm	63,2 mm
1976-1977	950 mm	29,6 mm

Cette diminution peut s'expliquer par l'influence sur les écoulements du stockage dans les formations du continental terminal. Les premières années d'observation correspondaient à la fin d'une séquence de précipitations supérieure à la normale où il y avait en magasinement de la nappe au cours du cycle hydrologique. L'augmentation de l'écoulement provenait en hivernage de l'augmentation de l'excédent pluviométrique et en saison sèche d'un bon drainage de la nappe. La série d'années déficitaires observées depuis 1968 a entraîné au contraire un destockage de la nappe et par suite, une diminution considérable des écoulements de saison sèche. Cette diminution est particulièrement sensible sur la Casamance et surtout sur le Soungrougrou où le thalweg est moins encaissé dans le continental terminal que la vallée de la Kayanga.



L'étude du régime de la Casamance à Kolda, station où les écoulements ont été observés pendant onze ans dont dix consécutifs va nous permettre, à partir d'une analyse plus poussée des données existantes, de préciser l'importance respective des divers facteurs évoqués ci-dessous.

b) Etude du régime de la Casamance à Kolda

Les écoulements journaliers de la Casamance à Kolda (surface du bassin : 3.700 km<sup>2</sup>) ont été observés depuis 1967 sans interruption, cependant on ne disposait pas encore à cette date des résultats de l'année hydrologique 1977-1978, l'annuaire hydrologique de la République du Sénégal n'étant pas encore paru \*. Les débits journaliers des années hydrologiques 1967-1968 sont donnés en annexe (voir annexes statistiques). Les apports mensuels correspondants sont donnés dans le tableau 2.

Par comparaison avec les tableaux donnant les précipitations journalières et mensuelles à la station de Kolda, les tableaux des écoulements journaliers et mensuels permettent de se faire une idée de la corrélation pluie-écoulement. La saison des pluies unique a évidemment pour conséquence un régime caractérisé par :

Une période de hautes eaux débutant en juillet avec un maximum situé généralement en septembre mais pouvant se produire exceptionnellement en août ou octobre, avec des débits de crue variables mais toujours très faibles eu égard à la surface du bassin.

Une période de tarissement régulière et lente débutant en novembre et se poursuivant jusqu'à la fin du mois de mai avec un étiage plus ou moins soutenu suivant le niveau de la nappe phréatique et pouvant aller jusqu'au tarissement total.

Les crues

Au mois de juin les précipitations sont absorbées par la reconstitution des réserves superficielles et par l'évapotranspiration de la végétation qui se développe à cette époque. C'est à partir du mois de juillet

.../...

---

\* Nous avons cependant pu obtenir officieusement les apports journaliers de l'année 1977-1978. Il n'y a malheureusement pas concordance avec les débits de l'année précédente, le débit passant brutalement de 100 l/s le 30 avril 1977 à 35 l/s le 1er mai ce qui semble indiquer une discordance entre les courbes de tarage des deux années.



que les précipitations deviennent efficaces mais en raison de la grande perméabilité des formations du Continental Terminal, l'excédent pluviométrique, une fois déduite l'évapotranspiration, (égale à l'ETP une fois reconstitue la R.F.U. des terrains) ne produit qu'un faible ruissellement; la majeure partie de cet excédent alimentant la nappe phréatique. C'est seulement en septembre lors de l'inondation des sols hydromorphes des fonds de vallées que le ruissellement est maximum.

Ainsi en 1975, 112,2 mm le 29 juillet à la station de Kolda donnent seulement un débit journalier de 18,2 m<sup>3</sup>/s le 30 juillet alors que 96,4 mm répartis du 16 au 20 septembre donnent un débit journalier de 48,4 m<sup>3</sup>/s le 21 septembre (pointe de crue 49,3/s).

La plus forte crue connue de "mémoire d'homme" semble s'être produite en 1958. Cette crue aurait atteint la cote 5,05 de l'échelle de crue actuelle, très peu au-dessus de la cote 4,96 atteinte en 1969. Or la crue de 1969 correspondait à une averse de fréquence plus que centennale. La figure 9 montre le limnigramme de la crue correspondant à cette averse exceptionnelle (219,2 mm le 2 septembre 1958 à la station de Kolda). La première pointe de crue est due à la crue du Dioulacolon, dont le marigot se jette dans la Casamance à 5 km à l'aval de la station de Kolda. Le remous provoqué à l'amont par la crue de cette rivière a produit une inversion du courant et une première montée du plan d'eau à la station de Kolda. La deuxième pointe le 5 septembre, est due à la crue du Tiangol-Dianguina dont la pointe atteignit 260 m<sup>3</sup>/s à Saré Sara le 3 septembre (débit journalier 160 m<sup>3</sup>/s). Cette onde de crue mit plus de soixante heures pour atteindre Kolda avec un écrêtement considérable puisque la pointe de crue à la station de Kolda fut seulement de 116 m<sup>3</sup>/s (débit journalier 113 m<sup>3</sup>/s).

Cet exemple met en évidence l'amortissement considérable qui se produit dans le plan alluvial en raison de la largeur du lit majeur et de la faiblesse de la pente. Le tableau 3 donne les pointes de crue annuelle depuis le début des observations ainsi que la date du maximum et le débit moyen de ce jour. On pourra constater que la pointe est à peine supérieure au débit journalier.

.../...

Décrue - Tarissement

Pendant l'hivernage le niveau de la nappe phréatique s'élève car une grande partie de l'excédent pluviométrique, après reconstitution des réserves du sol, s'infiltré dans le sol. Dès la fin des pluies c'est-à-dire au début du mois de novembre, la décrue s'amorce et les débits journaliers et mensuels vont en décroissant. A partir du début janvier on peut considérer que le débit provient uniquement du drainage de la nappe phréatique. La décroissance des débits suit alors une loi exponentielle ce qui se traduit par la relation suivante :

$$(1) \quad Q_n - Q_{n-1} + \alpha Q_n = 0$$

$Q_n$  et  $Q_{n-1}$  étant les apports mensuels de deux mois consécutifs (pris entre décembre et mai). Sur la figure 10 ont été portés sur un même graphique, en abscisse, l'apport mensuel d'un mois et, en ordonnée, l'apport mensuel du mois suivant, ceci pour tous les mois compris entre janvier et mai de la période 1967-1977. On vérifie que ces points sont disposés de par et d'autre d'une droite des moindres carrés passant par l'origine. La pente de cette droite est égale à 0,7 ; on en déduit une estimation du paramètre de la relation (1) :

$$Q_n = \frac{1}{1 + \alpha} Q_{n-1}$$

$$\frac{1}{1 + \alpha} = 0,7$$

$$\alpha = \frac{3}{7}$$

En annexe on a reporté sur un même graphique les apports mensuels de la Casamance à Kolda pendant les dix années d'observation (1967-1977). Ce graphique et le tableau des apports mensuels (voir tabl. 2) appellent les remarques suivantes :

.../...



1°/ - Extrême variabilité des apports, il suffit de comparer la lame d'eau de l'année 1972-1973 (9,2 mm) à celle de l'année (1967-1968) (75,7 mm). Cela est dû au fait qu'en année très déficitaire l'évapotranspiration réelle se rapproche de la précipitation de sorte qu'on observe une baisse sensible du coefficient d'écoulement \*.

2°/ - Même en année de précipitation normale, le coefficient d'écoulement garde une valeur faible. Par exemple en 1969-1970 la lame écoulée a été de 60,2 mm pour une précipitation estimée sur l'ensemble du bassin de 1100 mm pendant les cinq mois d'hivernage soit un coefficient d'écoulement inférieur à 6 %. De plus l'écoulement n'est qu'une faible fraction de l'excédent pluviométrique, celui-ci étant caractérisé par la différence :

$$P - ETR$$

où P est la pluviométrie et ETR l'évapotranspiration réelle définie de la façon suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} ETR = ETP \quad (\text{évapotranspiration potentielle}) \\ \text{si } P > ETP \\ \\ \text{si } P < ETP \\ ETR = P \end{array} \right.$$

Or pour une précipitation de 1100 mm, l'excédent pluviométrique est de l'ordre de 550 mm. L'écoulement de l'année 1969-1970 ne représente donc que le dixième environ de l'excédent pluviométrique. La raison doit en être recherchée dans les pertes que subit l'excédent pluviométrique au cours de son transfert à l'exutoire. En effet, une partie de l'excédent percole en profondeur et rejoint la nappe phréatique, donnant lieu à un écoulement retardé au cours des mois suivants écoulement qui correspond au drainage de la nappe. Cependant une partie de l'eau infiltrée est perdue, car les cultures à enracinement profond, les arbres en particulier, reprennent partiellement les réserves hydriques de la nappe.

.../...

---

\* La lame d'eau écoulée au cours de l'année hydrologique 1977-1978 aurait atteint seulement 4,4 mm pour une hauteur de précipitation sur le bassin de 640 mm.



Une deuxième partie de l'excédent pluviométrique ruisselle en surface mais une grande quantité se perd dans des bassins endoreiques avant de rejoindre le thalweg principal. Or ces pertes au cours du ruissellement superficiel doivent être particulièrement importantes dans le bassin de la Casamance, compte tenu de son relief peu accentué. La lame d'eau raiisselée s'écoule plus rapidement que celle qui résulte du drainage de la nappe mais le coefficient d'amortissement reste cependant élevé en raison de l'écrêtement de la crue dans le lit majeur.

Ces remarques seront utilisées ultérieurement pour calculer les bilans hydrologiques.

c) Régime de la Casamance à Fafakourou

La Casamance à Fafakourou contrôle un bassin versant de 700 km<sup>2</sup>. Ses apports sont observés depuis 1968 avec une interruption de 1970 à 1973.

L'examen du tableau **1** montre que la lame d'eau écoulée est plus faible que la lame d'eau écoulée de la Casamance à Kolda bien que la surface du bassin soit plus réduite (généralement sur une même rivière la lame d'eau écoulée est une fonction décroissante de la surface du bassin).

Cette particularité peut être due à diverses causes :

Tout d'abord les précipitations sur le haut bassin de la Casamance sont plus faibles que sur le bassin des affluents de rive gauche qui rejoignent le cours principal à l'amont de KOLDA, notamment le TIANGOL DIANGUINA qui contrôle à Saré-Sara un bassin de plus de 800 km<sup>2</sup>.

Ensuite il est possible que la ligne de partage des eaux souterraines ne coïncide pas avec celle des eaux de surface dans l'extrême nord du bassin ; dans ce cas une partie des eaux souterraines serait perdue au profit du bassin voisin de la Gambie.

.../...

Enfin, étant donné l'absence de relief, la nappe phréatique, même à son niveau maximum, n'est sans doute que très faiblement en charge au-dessus du fond du thalweg, si bien qu'une certaine partie de l'écoulement doit être un écoulement d'infero-flux. C'est ce qui explique d'ailleurs le tarissement rapide de la rivière (voir en annexe les tableaux des débits journaliers).

Par ailleurs le tableau donnant les lames d'eau écoulées observées et les précipitations correspondantes sur le bassin met en évidence un fait troublant. Pour les trois années d'observations de l'annuaire hydrologique, les lames écoulées sont plus faibles (surtout 1976-1977) que les lames observées en 1968-1969 et 1969-1970, et ceci en dépit de précipitations plus importantes.

Ce phénomène pourrait trouver son explication dans une baisse du niveau de la nappe phréatique. D'ailleurs le tarissement se produit maintenant dès la mi-décembre alors qu'il y a dix ans il se produisait seulement en avril ou mai.

Les débits spécifiques des crues de la Casamance à Fafakourou sont encore plus faibles qu'à Kolda bien que le bassin ait une superficie plus réduite. (débit spécifique maximum 10 l/s/km<sup>2</sup> à Fafakourou contre 33 l/s/km<sup>2</sup> à Kolda). Cela est dû au fait que les crues de la Casamance à Kolda sont dues, en grande partie, aux apports du Tiangol-Dianguina, émissaire important qui se jette dans le cours principal légèrement à l'amont de Kolda.

d) Etude du régime de la Kayanga au pont de NIAPO

La Kayanga au pont de Niapo contrôle un bassin versant de 1750 km<sup>2</sup> ; les apports journaliers sont observés depuis 1967 avec malheureusement une interruption de 1970 à 1975. Les tableaux des débits journaliers sont donnés en annexe. Les apports mensuels correspondants sont donnés dans le tableau 4.

La comparaison de ces tableaux avec ceux des précipitations journalières aux stations de Kolda et de Vélingara permet de se faire une idée de

la corrélation précipitation-écoulement. Le régime a les mêmes caractéristiques que celui de la Casamance à Kolda. Il comporte :

Une période de hautes eaux commençant en juillet avec un maximum situé en septembre et octobre. Les débits spécifiques de crue sont nettement plus forts que ceux de la Casamance à Kolda (77 l/s/km<sup>2</sup> pour la crue maximum observée contre 33 l/s/km<sup>2</sup> pour la Casamance à Kolda).

Une période de tarissement régulière et lente commençant en décembre et se poursuivant jusqu'à fin mai avec un étiage plus soutenu que sur la Casamance.

#### Les crues

Le relief plus accentué du bassin, la présence d'un socle imperméable à faible profondeur à l'amont de Vélingara-Pakane expliquent que le ruissellement soit plus précoce et plus intense sur la Kayanga que sur la Casamance.

Les pointes de crue annuelles ont été de 150 m<sup>3</sup>/s en 1962, 135 m<sup>3</sup>/s en 1967, 32 m<sup>3</sup>/s en 1968, 23 m<sup>3</sup>/s en 1969, 10 m<sup>3</sup>/s en 1976 et 6,3 m<sup>3</sup>/s en 1977 \*.

La plus grande crue connue se serait produite en 1958 et aurait dépassé 200 m<sup>3</sup>/s. On remarquera que comme pour la Casamance à Kolda, la valeur de la pointe est extrêmement variable et peut tomber à de faibles valeurs. Comme pour la Casamance également les crues sont très étalées, la pointe étant très peu supérieure au débit moyen journalier et la décrue se poursuivant sur plusieurs jours consécutifs. On en déduit l'existence d'un écoulement hypodermique important (ruissellement retardé).

#### Décrue - Tarissement

A l'amont de Vélingara-Pakane le tarissement de la Kayanga est rapide car la rivière coule sur son socle imperméable. Entre Vélingara-Pakane et

.../...

---

\* Les résultats de l'année 1977-1978 sont officieux, l'annuaire hydrologique du Sénégal n'étant pas encore paru.



Niapo au contraire la couche perméable du continental terminal exerce un puissant effet régulateur et le tarissement est fortement prolongé du fait de la grande capacité d'infiltration du bassin aval. Depuis le début des observations le débit spécifique d'étiage a été beaucoup plus fort que sur la Casamance à Kolda.

Comme pour cette dernière rivière on peut considérer qu'à partir du mois de janvier le débit provient uniquement du drainage de la nappe phréatique et que la décroissance du débit suit une loi exponentielle. Sur la figure (11) on a porté sur un même graphique, en abscisse, l'apport mensuel d'un mois et, en ordonnée, l'apport du mois suivant, ceci pour tous les mois compris entre janvier et mai durant les périodes d'observation. Comme pour la Casamance à Kolda on vérifie que ces points sont disposés de part et d'autre d'une droite des moindres carrés, passant par l'origine. La pente de cette droite est égale à 0,8 alors que pour la Casamance à Kolda nous avons trouvé une valeur de 0,7. Ceci montre que le tarissement de la Kayanga à Niapo est un peu moins rapide que celui de la Casamance à Kolda. Comme le débit de base (apport moyen du mois de janvier) est plus élevé on n'observe jamais un tarissement total en fin de saison sèche.

En résumé la Kayanga au pont de Niapo apparaît comme une rivière nettement plus abondante que la Casamance à Kolda. Elle reste cependant très irrégulière\* et, de plus, pour une pluviométrie annuelle donnée, la lame d'eau écoulee est susceptible de varier dans des proportions considérables.

Ces différents points seront précisés et explicités plus loin dans l'analyse des bilans hydrologiques.

#### e) Régime des affluents de la Casamance

Le relief du bassin de la Casamance est très plat ; les points culminants à l'est dépassent rarement 50 mètres. Le relief existant résulte de  
 l'  
 .../...

---

\* On notera la faiblesse des lames d'eau écoulees des deux dernières années d'observation 29,6 mm en 76-77 et 16,6 mm en 77-78, année de pluviométrie extrêmement déficitaire.

l'entaille du plateau du continental terminal par un réseau hydrographique relativement lâche qui ne définit pas une ligne de partage des eaux marquée.

De grandes étendues plates sont parsemées, après chaque forte pluie, de mares sans exutoires qui s'assèchent par infiltration et évaporation. Le ruissellement direct ne représente donc qu'une très faible partie des précipitations.

Ces bassins n'ont pas fait l'objet d'observations systématiques pendant plusieurs années consécutives, si on excepte quelques affluents de la Casamance continentale (Khorine à Madina-Omar, Tiangol-Dianguina à Saré Sara, Marigot de Saré Koutayel). Ils présentent des régimes légèrement différents suivant qu'ils sont situés au nord ou au sud de la Casamance.

Les cours d'eau des petites vallées situées au Sud de la Casamance (voir en annexe la carte des bassins versants étudiés) sont caractérisés par une orientation sud-nord (vallées du Balantakounda) ou sud-est  $\rightarrow$  nord-ouest (vallées de la strate 5-2).

Les vallées du Balantakounda (strate 4) et celles de la strate 2 descendent de la ligne de partage des eaux de la Casamance et du Rio Cacheu, ligne qui suit approximativement la frontière de Guinée-Bissau à une distance du cours du fleuve variant de 9 à 15 km. En raison de leur faible longueur le réseau hydrographique de ces vallées est relativement dense et creusé. Les rivières sont suffisamment encaissées pour drainer la nappe phréatique dans la partie aval de leur cours ce qui assure un écoulement prolongé en saison sèche et parfois même la pérennité de cet écoulement.

Le déficit d'écoulement annuel de ces bassins est de l'ordre de 900 à 1000 mm.

Les débits maximaux de crue sont mal connus et sous la dépendance directe de la proportion de superficie inondable superficie dont l'effet

.../...



d'amortissement est considérable. Cette proportion semble toujours croître avec la surface du bassin versant. Ceci explique que les débits spécifiques de pointe (exprimés en l/s/km<sup>2</sup>) décroissent très vite lorsque la surface du bassin augmente. Cette diminution rapide est également due au fait que les précipitations sont à la fois très localisées et de courte durée. Dans ces conditions les débits de crue diminuent, non seulement en valeur relative au km<sup>2</sup>, mais même en valeur absolue, lorsque la surface du bassin s'accroît, si la surface du lit majeur croît à un taux plus rapide que la surface du bassin.

Ainsi le Tiangol-Dianguina à Saré-Sara a eu une pointe de 160 m<sup>3</sup>/s le 3 septembre 1969 ; la pointe correspondante sur la Casamance à Kolda a été seulement de 116 m<sup>3</sup>/s le 5 septembre 1969.

Pendant toute la période d'observation le débit de pointe et le débit spécifique maximum observés sur le bassin de la Casamance se sont produits à Bantankountou sur le Dioulacolon le 3 septembre 1969 soit une pointe de 300 m<sup>3</sup>/s pour un bassin de 200 km<sup>2</sup>. Ceci correspond à une averse de probabilité nettement plus faible qu'une fois en 100 ans. Dans ces conditions on peut admettre comme débits de crue exceptionnels:

	300 m <sup>3</sup> /s	pour un bassin de 200 km <sup>2</sup>
	260 m <sup>3</sup> /s	pour un bassin de 800 km <sup>2</sup>
	200 m <sup>3</sup> /s	pour un bassin de 4000 km <sup>2</sup>

Les étiages des petites vallées situées au sud de la Casamance sont toujours assez maigres, même après une saison des pluies excédentaire. Seuls les bassins ayant un cours principal profondément creusé dans le plateau pour drainer la nappe phréatique peuvent avoir un écoulement pérenne. Encore ces rivières tarissent elles en année sèche. Pratiquement tous les affluents de la Casamance ont tari complètement après les saison des pluies très déficitaires de 1972 et 1977.

Les tableaux 5 et 6 résument ces observations. Le tableau 5 donne les caractéristiques des débits de crue, d'étiage ainsi que les modules



pour les périodes d'observation. Le tableau 6 permet de comparer la lame d'eau totale écoulée et la lame d'eau écoulée en saison sèche à la pluviométrie moyenne de l'année hydrologique correspondante. Les coefficients d'écoulement sont compris entre 3 % et 10 %.

Au nord de la Casamance le réseau hydrographique est moins dense et moins enfoncé qu'au sud, la pluviométrie annuelle est plus faible. Dans ces conditions les rivières ne sont jamais pérennes même en année excédentaire et le déficit d'écoulement est énorme. Le drainage de la nappe s'effectue toujours en direction de la Casamance ou du Soungrougrou.

Le tableau 7 résume les caractéristiques des débits de crue, et des modules annuels. Ces derniers sont particulièrement indigents. Le tableau 8 compare la lame d'eau totale écoulée et la lame d'eau écoulée de saison sèche à la pluviométrie moyenne de l'année hydrologique correspondante. Les coefficients d'écoulement, sauf exceptions rarissimes, sont inférieurs à 3 % même en année de pluviométrie excédentaire.

Les résultats de l'année hydrologique 1977-1978, année très déficitaire, ne nous sont pas encore parvenus mais on peut prévoir à l'avance qu'en matière d'écoulements tous les minima antérieurs seront battus.

X

X X

2.25

ESSAIS DE BILANS HYDROLOGIQUES MENSUELS

2.25.1

Schéma général du modèle précipitation-débit

Le schéma général d'un modèle de transformation précipitation-débit se rapporte aux différentes étapes du circuit de l'eau dans le cycle hydrologique à l'échelle d'un bassin versant.

Le modèle mis en oeuvre ici est une traduction mathématique des liaisons existant entre les éléments du schéma général. La suite de ces opérations peut se résumer de la façon suivante, un intervalle de temps égal au "pas de temps" étant pris comme unité d'opération :

- 1°/ - Opération de réduction de la précipitation et calcul de l'excédent pluviométrique ;
- 2°/ - Partage de cet excédent entre plusieurs réservoirs schématisant différents niveaux de stockage ;
- 3°/ - Transfert de chaque excédent à l'exutoire par un modèle de MUSKINGUM ;
- 4°/ - Sommation à l'exutoire des différents écoulements.

Le "pas de temps" adopté pour les calculs sera ici le mois, les écoulements mensuels seront exprimés en lame d'eau équivalente (apport mensuel divisé par la surface du bassin versant).

L'ordinogramme de la figure 12 schématise les opérations définies ci-dessus. Nous allons les commenter rapidement.

.../...

1°/ - Réduction de la précipitation

Soit  $P_n$  la précipitation moyenne sur le bassin du mois  $n$  (exprimée en mm) et  $ETP_n$  l'évapotranspiration potentielle correspondante :

si  $P_n \leq ETP_n$

l'évapotranspiration réelle immédiate du mois  $n$   $ETR_{1n}$  est égale à la précipitation et il n'y a pas d'excédent pluviométrique.

Par contre si  $P_n > ETP_n$

l'évapotranspiration réelle immédiate est égale à l'évapotranspiration potentielle :

$$ETR_{1n} = ETP_n$$

et il y a un excédent pluviométrique :

$$EX_n = P_n - ETP_n$$

2°/ - Partage de l'excédent pluviométrique

L'excédent pluviométrique du mois  $n$  calculé ci-dessus  $EX_n$  donne lieu à infiltration et à ruissellement, mais au cours de ces transferts se produisent de nouvelles pertes par évapotranspiration, que nous désignerons par  $ETR_{2n}$ .

En effet une grande partie de l'eau infiltrée est perdue car les cultures à enracinement profond, les arbres en particulier reprennent partiellement, les réserves hydriques de la nappe sans compter les infiltrations qui alimentent l'infero-flux. De même une partie du ruissellement de surface ne se retrouve pas à l'exutoire et se perd dans des bassins endoreiques.

Désignons respectivement par  $EX_{1n}$  et  $EX_{2n}$  les parties de l'excédent pluviométrique du mois  $n$   $EX_n$  qui correspondent au ruissellement et à l'infiltration vers la nappe phréatique. On a :

.../...



$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n$$

$$EX_{2n} = C_2 EX_n$$

où  $C_{1n}$  et  $C_2$  sont des coefficients d'écoulement.  $C_2$  est une constante caractéristique du bassin versant,  $C_{1n}$  est fonction à la fois de l'excédent pluviométrique  $EX_n$  et du mois considéré.

Si  $EX_n$  est inférieure à un certain seuil  $H_n$  appelé seuil de ruissellement (et dont la valeur dépend du mois considéré)  $C_{1n}$  est nul c'est-à-dire qu'il n'y a pas de lame d'eau ruisselée ; les ruissellements locaux se perdent dans des bassins endoreiques sans atteindre l'exutoire.

Par contre si  $EX_n$  est supérieur au seuil de ruissellement  $H_n$ , on a :

$$C_{1n} = K \left( \frac{EX_n}{H_n} - 1 \right)$$

### 3°/ - Transfert des excédents à l'exutoire

Les excédents pluviométriques  $EX_{1n}$  et  $EX_{2n}$  définis ci-dessus correspondent à deux niveaux de stockage.

X Le premier correspond au ruissellement direct et au ruissellement retardé appelé aussi "écoulement hypodermique". Il s'agit d'un écoulement se produisant dans les toutes premières couches du sol suivant une direction sensiblement parallèle à la pente de ce dernier. Cet écoulement est prépondérant dans les bassins étudiés ici en raison de la présence des couches latéritiques et de leur effet de drainage horizontal qui a été mis en évidence plus haut dans le rapport hydrogéologique. Sur les bassins de la Casamance et de la Kayanga la presque totalité du ruissellement correspond en fait, à un écoulement hypodermique, ce qui explique la lenteur de la montée et de la descente des eaux de crue.

.../...



Le deuxième niveau de stockage correspond à l'alimentation de la nappe phréatique. Ce réservoir "nappe souterraine" alimente le débit de base du réseau hydrographique et particulièrement les débits de tari-  
sement en fin de saison sèche.

Pour chacun de ces réservoirs il s'agit de définir la fonction de transfert permettant de passer de l'excédent pluviométrique du mois n, à la lame d'eau écoulee à l'exutoire au cours du même mois.

Soient respectivement  $EX_{2n}$  et  $L_{2n}$  la partie de l'excédent pluviométrique et de la lame d'eau écoulee qui correspond à l'infiltration. D'une manière générale on a :

$$EX_{2n} = \Delta S_{2n} + L_{2n} \quad (1)$$

où  $\Delta S_{2n} = S_{2n} - S_{2(n-1)}$

représente le stockage dans la nappe au cours du mois n.

Pour définir un modèle de transfert il convient d'établir une relation entre  $S_{2n}$  et  $L_{2n}$ . Un modèle de MUSKINGUM est caractérisé par la relation  $S_{2n} = \frac{L_{2n}}{\alpha_2}$  où  $\alpha_2$  est une constante sans dimension qui caractérise la capacité de stockage du réservoir (plus  $\alpha_2$  est faible plus la capacité de stockage est grande).

L'équation (1) s'écrit alors :

$$EX_{2n} = \frac{L_{2n} - L_{2(n-1)}}{\alpha_2} + L_{2n} \quad (2)$$

Considérons un mois de la fin de saison sèche,  $EX_{2n}$  est nul et la lame écoulee correspondant au ruissellement est nulle  $L_{2n}$  représente donc la totalité de la lame écoulee :  $L_{2n} = L_n$

.../...

L'équation (2) s'écrit alors :

$$\frac{L_n - L_{(n-1)}}{\alpha_2} + L_n = 0$$

$$L_n = \frac{1}{1 + \alpha_2} L_{(n-1)} \quad (3)$$

La lame d'eau écoulée du mois étant égale à un facteur multiplicatif près, au débit moyen mensuel, le coefficient  $\alpha_2$  est équivalent au coefficient de tarissement défini plus haut et calculé pour la Casamance à Kolda et la Kayanga au pont de Niapo.

Dans le cas général la relation (2) s'écrit :

$$L_{2n} = \frac{1}{1 + \alpha_2} L_{2(n-1)} + \frac{\alpha_2}{1 + \alpha_2} EX_{2n} \quad (4)$$

La lame d'eau écoulée du mois n est égale à une fraction de l'excédent pluviométrique du mois n augmenté d'une fraction de la lame écoulée du mois précédent. Cette équation "aux différences partielles" permet de calculer  $L_{2n}$  de proche en proche.

La lame d'eau écoulée du mois n correspondant au ruissellement suit une loi de transfert du même type qui s'écrit :

$$L_{1n} = \frac{1}{1 + \alpha_1} L_{1(n-1)} + \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} EX_{1n} \quad (5)$$

où  $\alpha_1$  caractérisé la capacité de stockage du réservoir superficiel. Cette capacité de stockage est beaucoup plus faible que celle de la nappe ; on a donc  $\alpha_1 > \alpha_2$ . La lame ruisselée dépend peu du débit du mois précédent et est une fraction importante de l'excédent pluviométrique du mois correspondant.

.../...



A l'exutoire en additionnant les lames d'eau écoulées correspondant au ruissellement de surface et au drainage de la nappe on obtient l'écoulement total.

$$L_n = L_{1n} + L_{2n}$$

$L_{2n}$  représente le débit de base.

Les paramètres du modèle sont déterminés par le calage de celui-ci en comparant, pour un certain nombre d'années d'observation, la distribution des précipitations mensuelles et la distribution des écoulements mensuels correspondants.

Un essai de calage a été tenté à partir des données disponibles, pour la Casamance à Kolda et la Kayanga au pont de Niapo.

#### 2.25.2

#### Bilan hydrologique de la Casamance à Kolda

Le coefficient  $\alpha_2$  a été calculé plus haut dans l'étude du tarissement (voir fig.10). On trouve  $\frac{1}{1 + \alpha_2} = 0,7$

Le modèle a été calé à partir des écoulements mensuels observés de l'année 1967-1968 (lame d'eau écoulee 75,7 mm; Précipitation 1200 mm) et en recherchant une distribution mensuelle des précipitations telles que les lames d'eau mensuelles calculées par le modèle soient égales à celles observées.

Les apports des trois derniers mois de saison sèche (février, mars, avril) ne dépendent que du drainage de la nappe phréatique. Seule intervient donc la fraction de l'excédent pluviométrique correspondant aux infiltrations. Le coefficient  $C_2$  est donc déterminé de façon à ce que l'écoulement global calculé pour les trois derniers mois de saison sèche coïncide avec l'écoulement observé.

.../...

Le tableau 9 donne les paramètres de calage du modèle et résume le calcul des lames d'eau écoulées mensuellement.

La lame d'eau calculée (73,1 mm) coïncide à peu près avec la lame d'eau observée (75,7 mm). Les coefficients d'écoulement sont extrêmement faibles. Le modèle permet de faire une analyse plus poussée de l'influence de divers facteurs sur le bilan hydrologique.

Examinons tout d'abord la correspondance entre la précipitation et l'écoulement annuel. Le modèle permet d'expliquer pourquoi une même précipitation annuelle peut donner des lames d'eau écoulées très différentes. La lame d'eau écoulée peut être influencée par le stockage ou le destockage de la nappe. Ce stockage a pour valeur la différence des lames d'eau écoulées du mois d'avril de l'année hydrologique et du mois d'avril de l'année précédente divisée par le coefficient  $\alpha$ . Si cette différence est positive il y a stockage et la lame d'eau écoulée est diminuée, par contre si la différence est négative il y a destockage et la lame d'eau écoulée est augmentée. Le modèle montre que pour la Casamance à Kolda l'influence du stockage sur l'écoulement annuel est négligeable.

Par contre, la répartition mensuelle des précipitations exerce une influence notable sur le montant de l'écoulement annuel. Une répartition uniforme des précipitations réduit à la fois l'excédent pluviométrique et les coefficients de ruissellement, ces deux facteurs contribuant à la diminution de l'écoulement annuel. Par contre des précipitations concentrées sur peu de mois et en particulier sur les mois de septembre ; octobre (mois pour lesquels le seuil de ruissellement est le plus faible) entraînent une augmentation de l'écoulement, pour une valeur fixée de la précipitation annuelle. Ainsi l'année 1967-1968, à partir de laquelle a été calé le modèle a un écoulement majoré car 55 % des 1200 mm de précipitation sont concentrés sur les mois de septembre et octobre.

.../...



Dans ces conditions il n'y a pas une correspondance bi-univoque entre la précipitation et l'écoulement annuels.

Si on porte en abscisse les précipitations annuelles et en ordonnée les écoulements annuels correspondants on obtient un nuage de points définissant une corrélation entre les deux variables.

Le modèle permet de définir l'écoulement annuel le plus probable correspondant à une précipitation annuelle donnée. Pour cela on adopte pour répartition mensuelle des précipitations celle qui correspond à la fréquence 0,5 (répartition la plus probable)\* et on calcule l'écoulement correspondant à partir du modèle. Le calcul a été fait pour trois précipitations annuelles (une faible, une moyenne et une forte). Les calculs sont résumés dans les tableaux 10 à 12.

Sur la fig.13 on a porté en abscisse les précipitations annuelles et en ordonnée les lames d'eau écoulées. Les lames d'eau les plus probables données par le calcul sont représentées par des croix, les lames d'eau observées par des points et la lame d'eau correspondant au calage du modèle par une croix entourée d'un rond. La courbe reliant les croix représente donc l'écoulement annuel le plus probable correspondant à une précipitation annuelle déterminée.

On voit que les points correspondants aux écoulements observés forment un nuage de part et d'autre de cette courbe.

En considérant une précipitation annuelle de fréquence déterminée on peut en déduire l'écoulement le plus probable correspondant à cette fréquence. On obtient ainsi :

.../...

---

\* On utilise les courbes de fréquence des précipitations mensuelles données dans le rapport climatologique. On admet que la précipitation sur le bassin était une moyenne entre les précipitations de Kolda et Vélingara.



Année décennale sèche (fréquence au non dépassement 0,1)

P = 835 mm                      L = 22 mm (valeur la plus probable)

Année normale (fréquence au non dépassement 0,5)

P = 1130 mm                      L = 54 mm (valeur la plus probable)

Année décennale humide (fréquence au non dépassement 0,9)

P = 1500 mm                      L = 130 mm (valeur la plus probable)

Le régime est très irrégulier puisque le rapport des écoulements de la décennale sèche et de la décennale humide est de 1 à 6. Les précipitations des dix dernières années ayant été le plus souvent inférieures à la normale et quelquefois plus faibles que la centennale sèche, il ne faut pas s'étonner des faibles lames d'eau observées.

Par contre en cas de précipitations largement supérieures à la normale comme en 1957 (2152 mm à la station de Kolda dont 990 mm en août) il faut s'attendre à des lames d'eau écoulées beaucoup plus fortes que celles observées actuellement.

Le modèle précipitation-écoulement défini ci-dessus permet d'établir une séquence des écoulements mensuels à partir de la série chronologique des précipitations observées mensuellement aux stations de Kolda et Vélingara. Une telle séquence est indispensable pour le dimensionnement et la gestion des retenues de barrage éventuelles. Le problème devra être traité sur ordinateur dans le cadre d'un programme de gestion.

X

X X

2.25.3

Bilan hydrologique de la Kayanga au pont de Niapo

Le coefficient  $\alpha_2$  qui caractérise le stockage dans la nappe a été calculé plus haut dans l'étude du tarissement (voir fig.11).

On trouve  $\frac{1}{1 + \alpha_2} = 0,8$  contre  $9,7$  pour la Casamance à Kolda. Le tarissement est donc moins rapide.

Le modèle a été calé à partir des écoulements mensuels observés de l'année 1967-1968 (lame d'eau écoulée 242 mm, précipitation 1200 mm) et en recherchant une distribution mensuelle des précipitations telle que les lames d'eau mensuelles calculées par le modèle soient égales à celles observées.

Le tableau 13 donne les paramètres de calage du modèle et résume le calcul des lames d'eau écoulées mensuellement.

La lame d'eau calculée (236,3 mm) coïncide à peu près avec la lame d'eau observée (242 mm). Le coefficient d'écoulement est trois fois plus fort que celui de la Casamance à Kolda.

Comme pour celle-ci l'influence du stockage sur l'écoulement annuel est négligeable et la valeur de cet écoulement dépend largement de la répartition mensuelle de la pluviométrie. Sur la fig.14, comme pour la Casamance, on a porté en abscisse les hauteurs de précipitation annuelle et en ordonnée les lames d'eau écoulées. Sur le graphe les lames d'eau les plus probables calculées par le modèle sont représentées par des croix. Le calcul a été fait pour trois précipitations (une faible, une moyenne et une forte). Les calculs sont résumés dans les tableaux 14 à 16. Sur ce même graphe les lames d'eau observées sont représentées par des points et la lame d'eau correspondant au calage du modèle par une croix entourée d'un rond. La courbe reliant les croix représente l'écoulement annuel le plus

.../...





ment et d'infiltration. Pour un même excédent pluviométrique l'infiltration est trois fois et demi plus forte et le ruissellement deux fois et demi plus fort sur la Kayanga que sur la Casamance.

L'importance relative de cet écoulement est probablement due au relief plus accentué de la Kayanga et à l'encaissement plus profond de la vallée dans le plateau du continental terminal.

X  
X X

2.25.4 Premières conclusions sur le régime des rivières de Casamance

Les bilans hydrologiques donnés ci-dessus pour la Casamance à KOLDA et la Kayanga au pont de NIAPO permettent de faire une analyse plus poussée du régime de ces cours d'eau et d'extrapoler les observations faites sur ces derniers depuis une dizaine d'années.

Les écoulements relativement abondants des premières années d'observation n'avaient pas mis en évidence l'irrégularité du régime que l'on constate depuis 1974.

Même en année normale, les lames d'eau écoulées sont faibles, une grande partie des précipitations étant absorbées par l'évapotranspiration et l'écoulement d'inféro-flux. En année normale la lame d'eau écoulée de la KAYANGA est trois fois \* supérieure à la lame d'eau écoulée de la Casamance à KOLDA.

En année de précipitation déficitaire les pertes deviennent presque égales aux précipitations et le faible écoulement observé provient presque uniquement du drainage de la nappe phréatique. Par suite d'un meilleur drainage, la Kayanga a une lame d'eau écoulée, en année déficitaire, quatre fois supérieure à la lame d'eau écoulée de la Casamance.

L'année 1977 constitue un record pour la faiblesse des précipitations sur les bassins de la Casamance et de la Kayanga (648 mm à la station de Kolda soit 100 mm de moins que la fréquence centennale). La lame d'eau écoulée est tombée à 4,4 mm sur la Casamance et 16,6 mm sur la Kayanga soit des coefficients d'écoulement respectifs de 0,55 ‰ et 2,2 ‰.

.../...

---

\* Le volume de l'écoulement s'obtient en multipliant la lame d'eau écoulée par la surface du bassin versant. La surface du bassin de la Casamance à Kolda étant deux fois celle de la Kayanga à Niapo le débit moyen de la Casamance est inférieur de 30 ‰ à celui de la Kayanga.

Sur le SOUNGROUGROU et les affluents Nord de la Casamance l'écoulement a été pratiquement nul pendant l'année hydrologique 1977-1978.

Par contre l'étude des bilans hydrologiques montre qu'en année excédentaire les coefficients d'écoulement augmentent fortement ce qui pose des problèmes délicats de maîtrise de l'eau. Bien qu'on n'ait pas eu d'année à forte pluviométrie depuis le début des observations de débit il est certain que, dans une telle éventualité, les apports annuels seraient sans comparaison avec ceux observés jusqu'à présent.

En ce qui concerne les crues, les rivières de Casamance possèdent une particularité ; non seulement les débits spécifiques des pointes de crues décroissent lorsque la surface du bassin augmente, mais il en est de même du débit absolu, lorsque la surface des champs d'inondation s'accroît à un taux plus rapide que la surface du bassin.

Ce phénomène est dû aux caractéristiques des précipitations qui sont intenses mais courtes et localisées. Il semble que les pointes de crues les plus importantes apparaissent dans les vallées des affluents Sud de la Casamance possédant un bassin de l'ordre de 200 km<sup>2</sup>, car la crue est alors provoquée par une grosse tornade localisée sur le bassin (exemple crue de 260 m<sup>3</sup>/s du Dioulacolon du 3 septembre 1969).

Par contre sur les rivières dont le bassin dépasse 1000 km<sup>2</sup> et qui possèdent de larges vallées inondables (Casamance à Kolda, Kayanga à Niapo) les crues importantes sont dues à des précipitations journalières fortes pendant plusieurs jours consécutifs. Ces crues sont caractérisées par une montée et une descente très lentes, donc des pointes très écrêtées mais des volumes d'apport très grands.

Cette particularité aura son importance pour l'étude de la maîtrise de l'eau dans les vallées de la Casamance et de la Kayanga. Ces vallées

.../...



sont en effet régulièrement inondées du début août à fin octobre ce qui interdit d'y pratiquer la riziculture d'hivernage alors que ces sols hydromorphes de fond de vallée s'y prêtent admirablement et n'auraient besoin d'irrigation que durant le mois d'octobre.

En ce qui concerne l'étude statistique du régime il ne peut être fait à partir de la série chronologique des apports, cette série étant trop courte même pour la Casamance à Kolda. On pourrait tenter une corrélation avec un bassin voisin (la Gambie à Simenti où le Sénégal à Bakel) où les apports annuels sont connus sur une séquence plus longue mais cette méthode n'est pas très satisfaisante car elle ne donne que la série des apports annuels et cette série est lissée puisque le calcul donne la valeur moyenne de la variable corrélée pour une valeur donnée de l'autre variable.

La connaissance des précipitations mensuelles sur une longue période dépassant quarante ans permet en revanche, à partir du modèle précipitation écoulement, de calculer les lames d'eau écoulées mensuellement à partir des précipitations mensuelles observées. Cette méthode est préférable car elle permet d'obtenir les écoulements mensuels et un apport annuel plus voisin de la réalité puisqu'il tient compte de la répartition mensuelle des précipitations.

En raison de la longueur des calculs ces derniers devraient faire l'objet d'un programme sur ordinateur. Les séries ainsi obtenues seront indispensables pour le dimensionnement des ouvrages de retenue.

Après avoir étudié les différents ressourcés en eau, il est possible de dresser un diagnostic des potentialités de la Casamance ; nous examinerons successivement les cultures en sec, les irrigations par gravité et les irrigations par pompage.

.../...

### Cultures en sec

Etant donné l'importance des précipitations d'hivernage les potentialités en culture en sec sont énormes. Elles concernent l'arachide et certaines cultures vivrières telles que le mil et le maïs. Les cycles de ces cultures sont calés dans le temps (voir rapport agronomique) en tenant compte des courbes de précipitations décadaires de fréquence 0,8.

### Irrigation par gravité

L'irrégularité et la faiblesse des écoulements ne permettent les irrigations par gravité que lorsque les bassins versants sont suffisamment importants et à condition que le relief et l'abondance des précipitations moyennes assurent une lame d'eau écoulee suffisante. Les débits d'étiage ne permettent pas d'assurer des irrigations au fil de l'eau et il est nécessaire de prévoir des barrages de régularisation.

En raison de l'irrégularité du régime la régularisation inter annuelle ne permet pas l'irrigation de surfaces importantes car le volume de retenue à prévoir doit être plusieurs fois le volume de l'apport annuel. De plus par suite de la configuration des vallées les surfaces de retenues sont grandes et il en résulte des pertes par évaporation considérables dans le cas d'une séquence d'apports annuels déficitaires.

La régularisation ne peut donc être que saisonnière et, dans cette optique, il semble préférable de développer les irrigations complémentaires d'hivernage plutôt que les irrigations de contre-saison pour les plantes qui comme le riz peuvent être cultivées en double cycle.

### Irrigation par pompage

Les potentialités en eau souterraine de la Casamance sont considérables sauf dans l'extrême est ou affleure le socle paléozoïque. La bonne perméabilité d'ensemble du Continental Terminal et la présence d'une nappe phréatique à assez faible profondeur sont des caractéristiques favorables

Cependant les frais d'exploitation importants limitent l'utilisation du pompage aux cultures à forte valeur ajoutée.

x  
x x



Fig 1 - MARÉE ANNUELLE

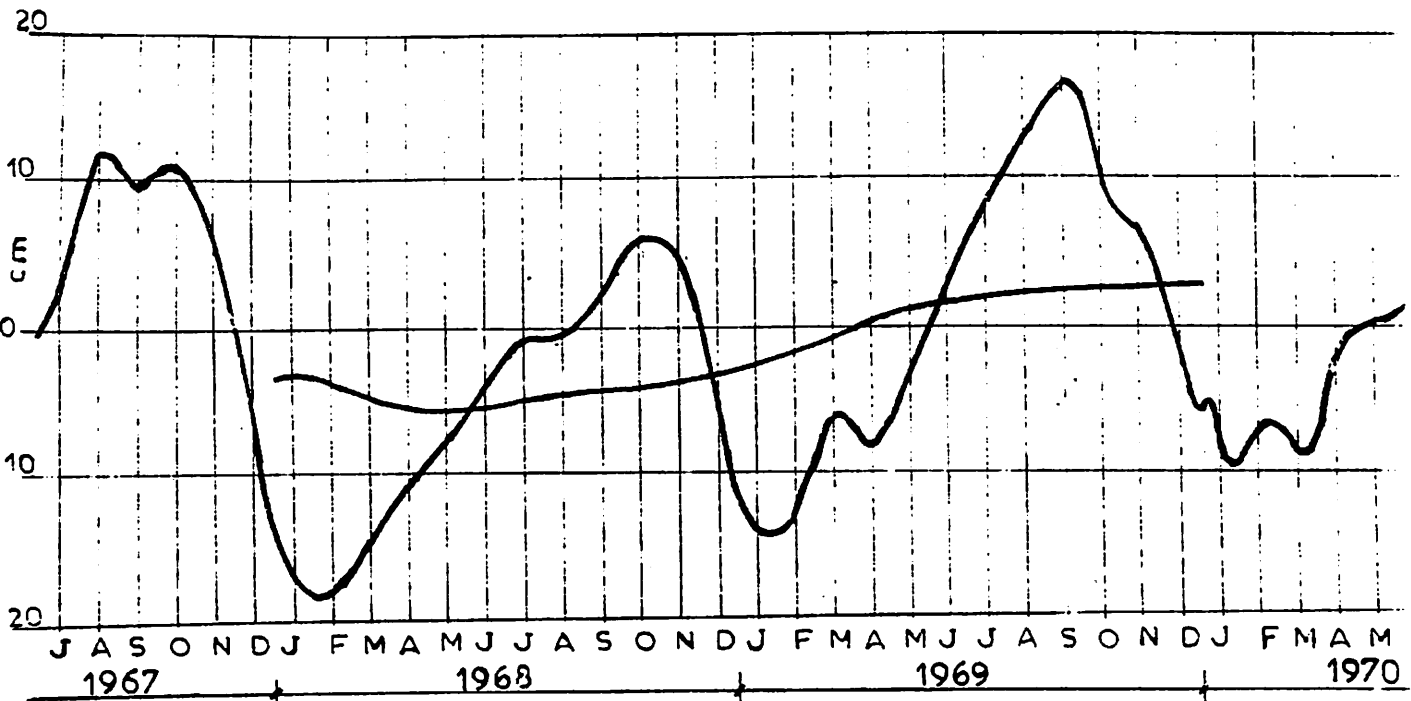
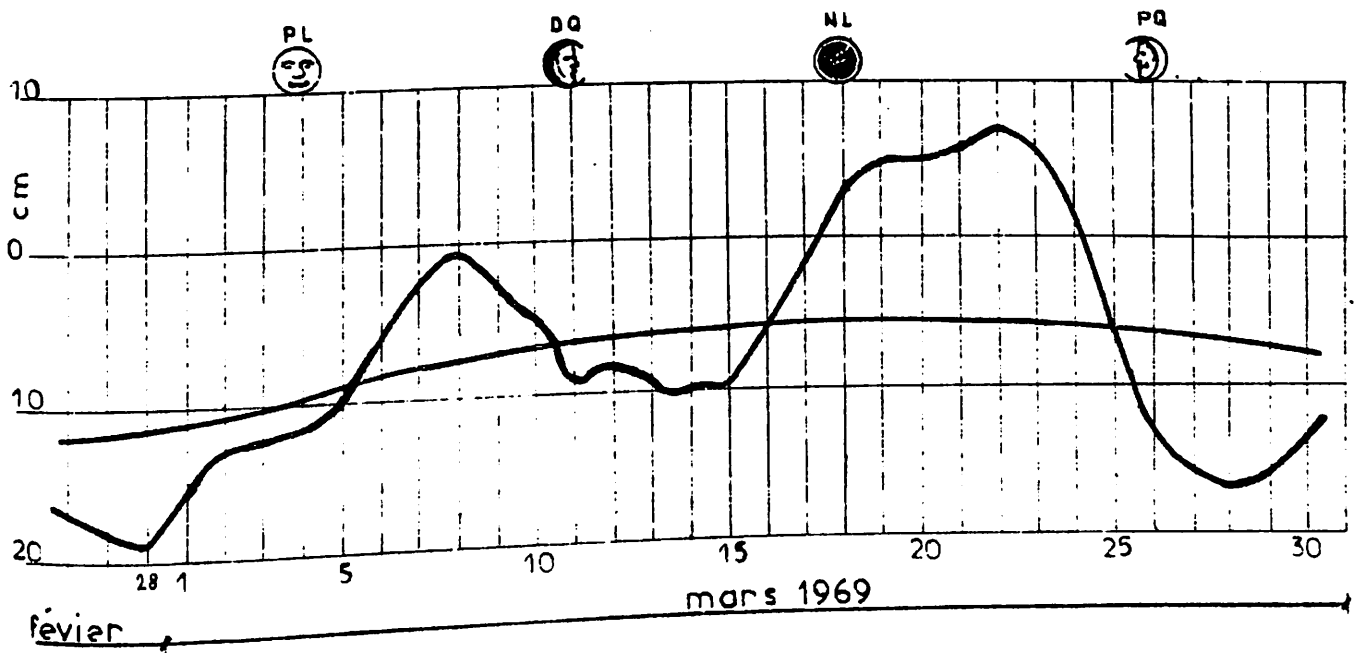


fig 2 - MARÉE SEMI-MENSUELLE

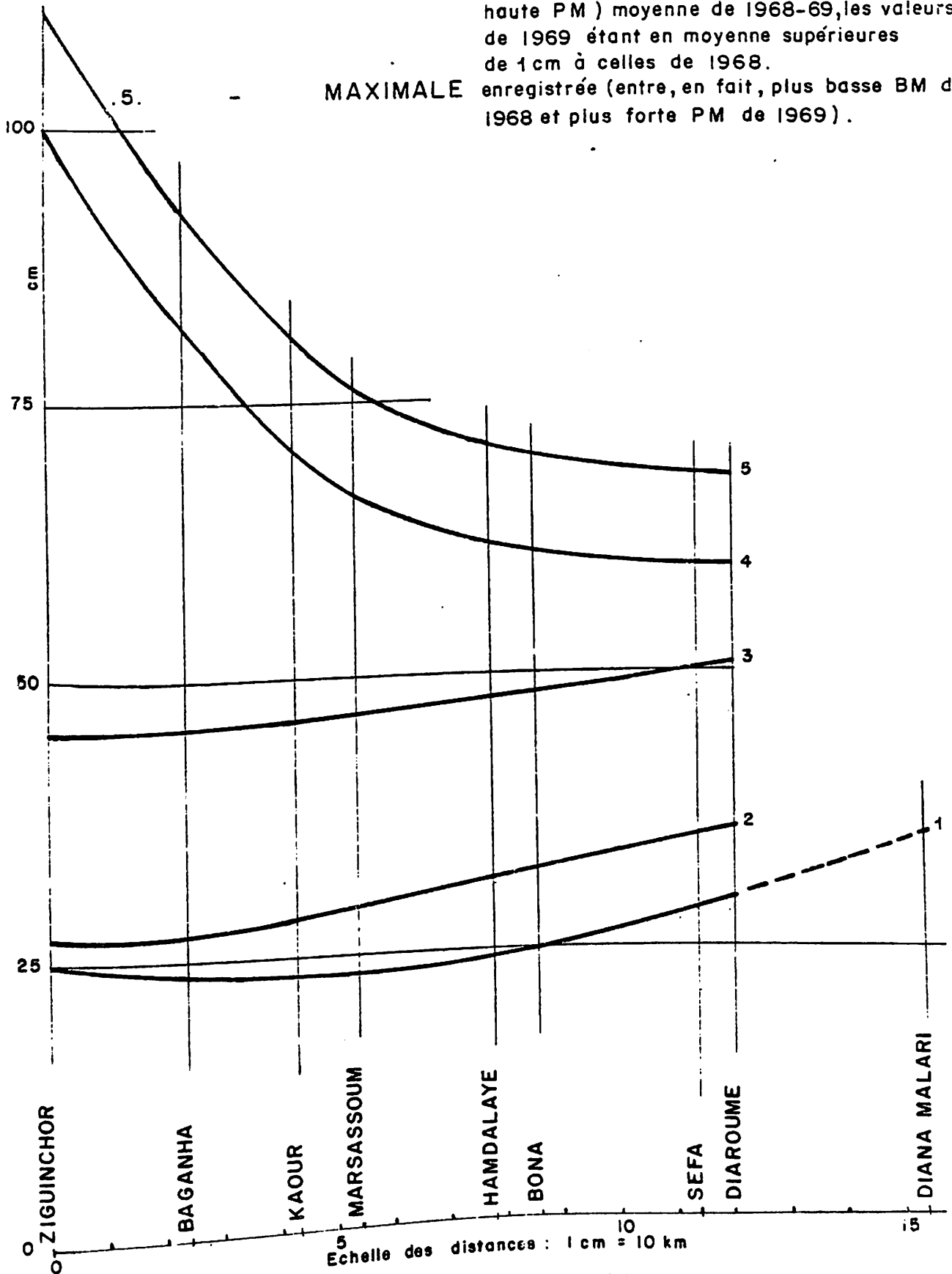


Sources : O.R.S.T.O.M... Service... Hydrologique...

Observations

Date : 19... Juillet... 1978

- 1- AMPLITUDE ANNUELLE des moyennes mensuelles en 1968
- .2. - - - - - 1969
- .3. - - - - - journalières (moyenne 1968-69
- .4. - - - - - les valeurs de 1969 étant en moyenne supérieures de 3cm à celles de 1968).
- .5. - - - - - maximale (entre plus basse BM et plus haute PM) moyenne de 1968-69, les valeurs de 1969 étant en moyenne supérieures de 1cm à celles de 1968.
- .5. - - - - - MAXIMALE enregistrée (entre, en fait, plus basse BM de 1968 et plus forte PM de 1969).

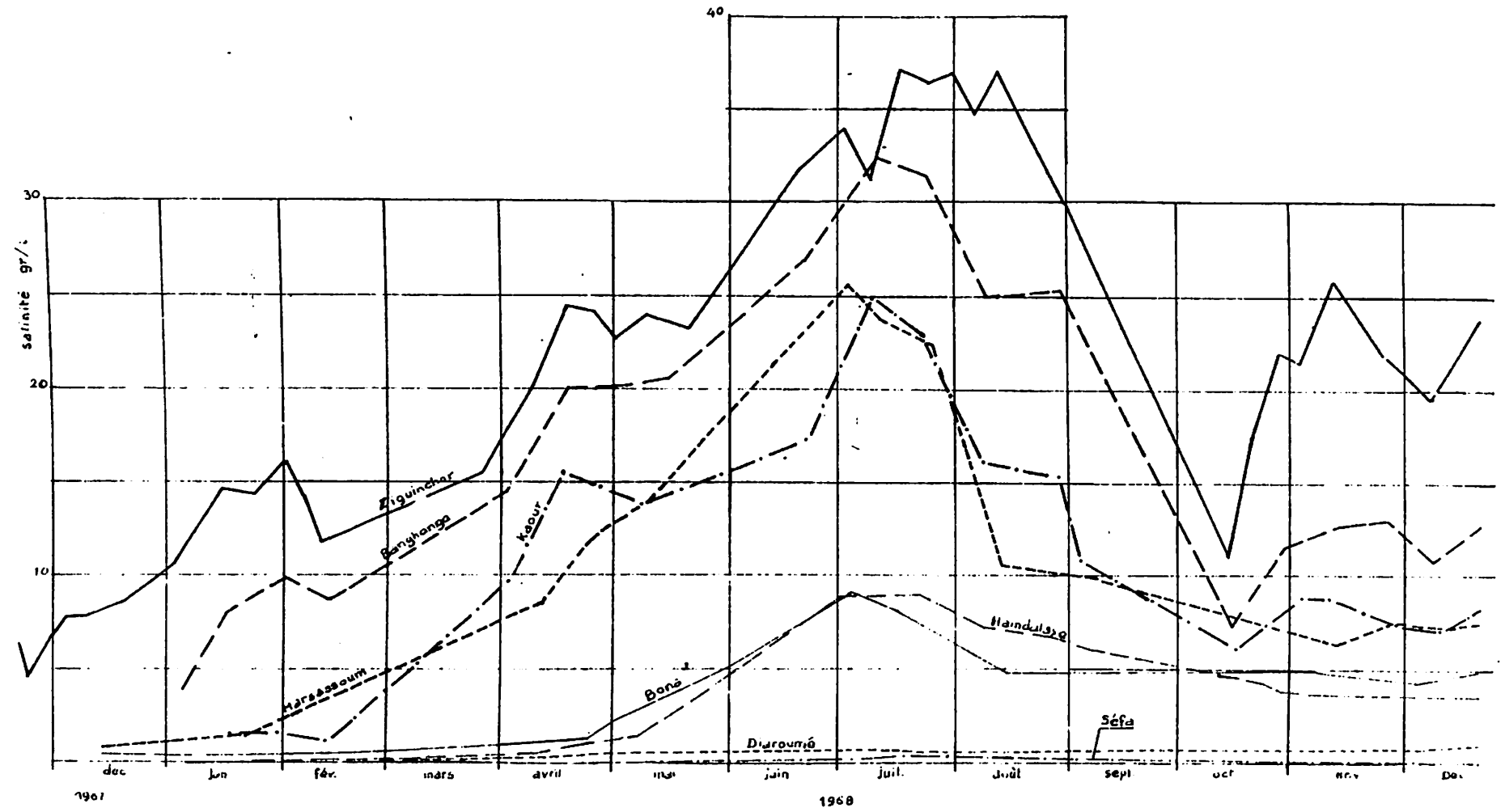


Sources : O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

Observations :

Date : 19 Juillet 1978

### EVOLUTION DES SALINITÉS



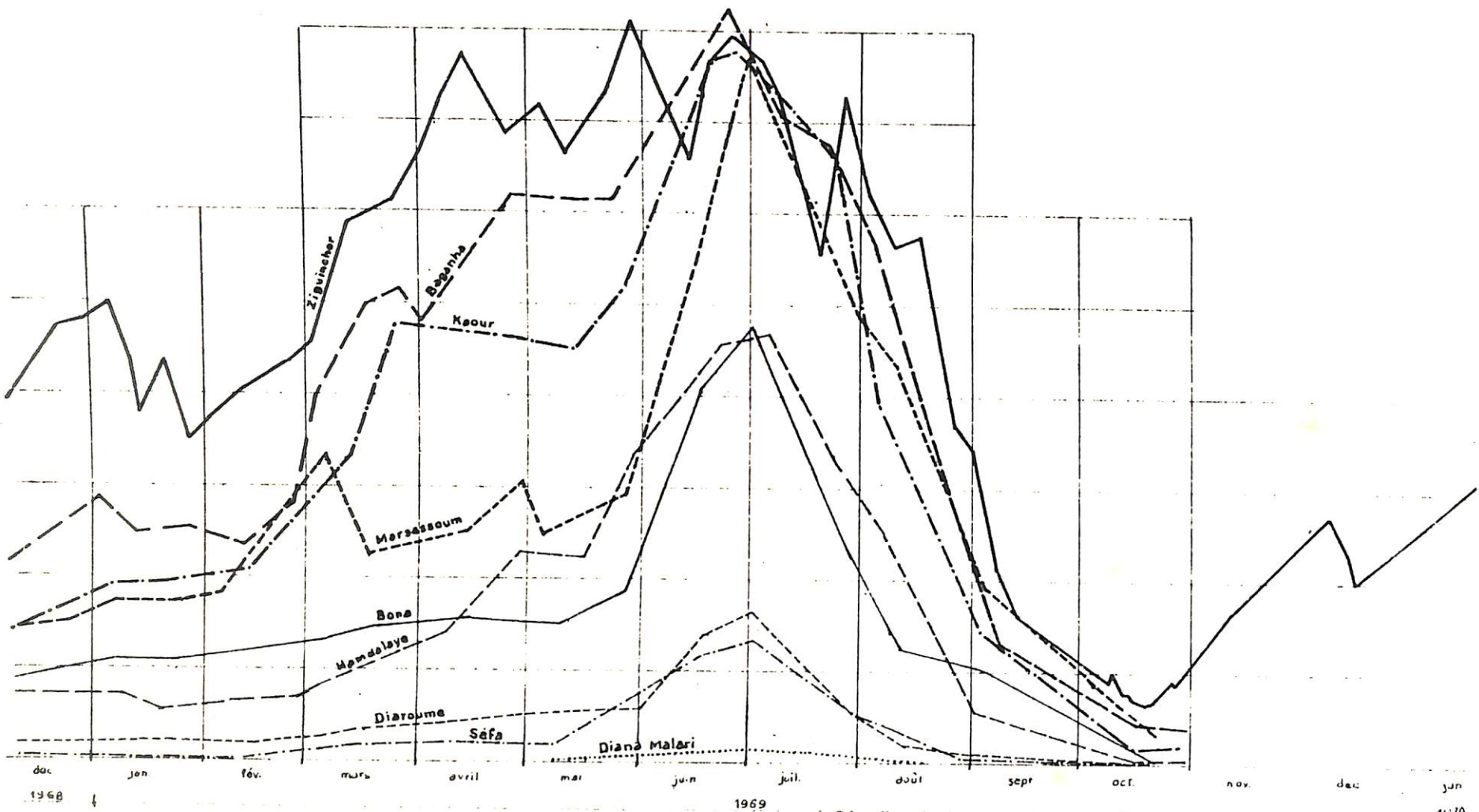
Observations

Sources : O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

Date : 19 Juillet 1978



### EVOLUTION DES SALINITÉS

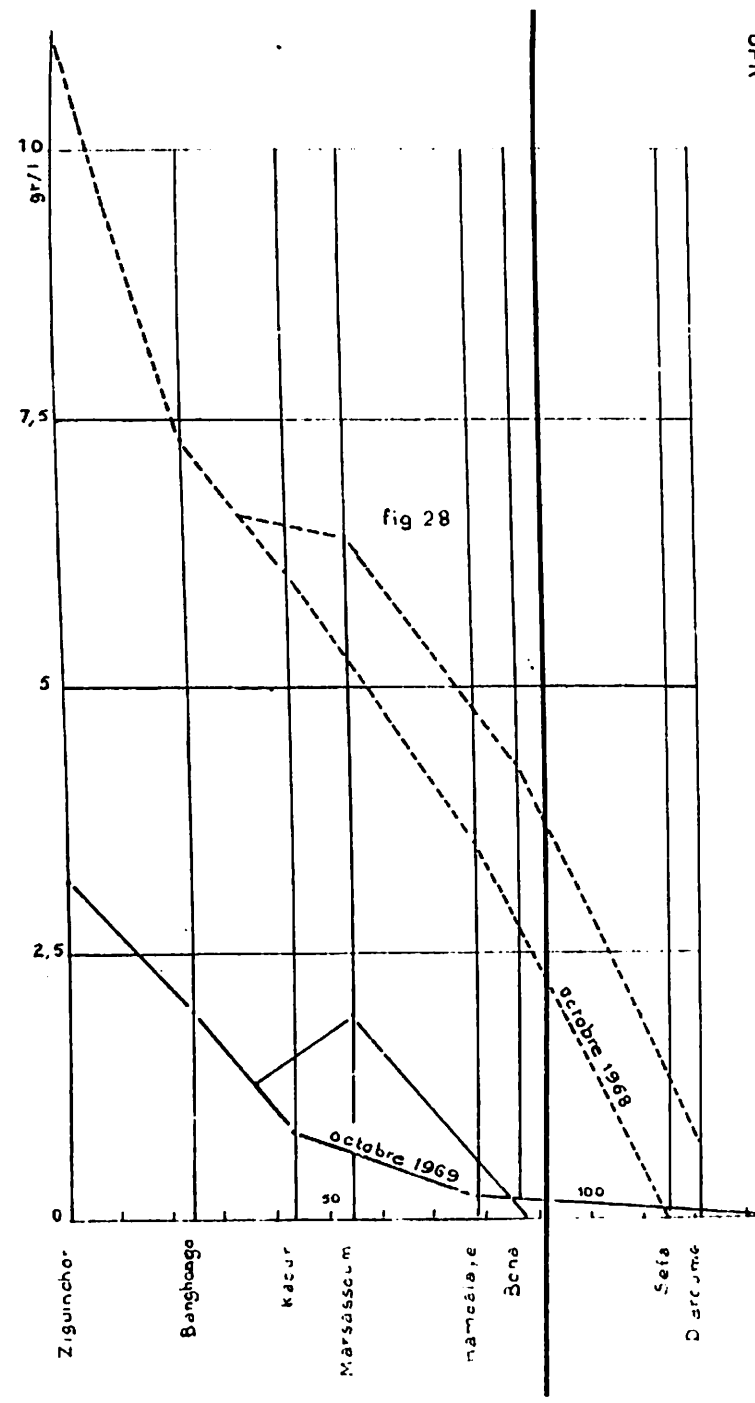
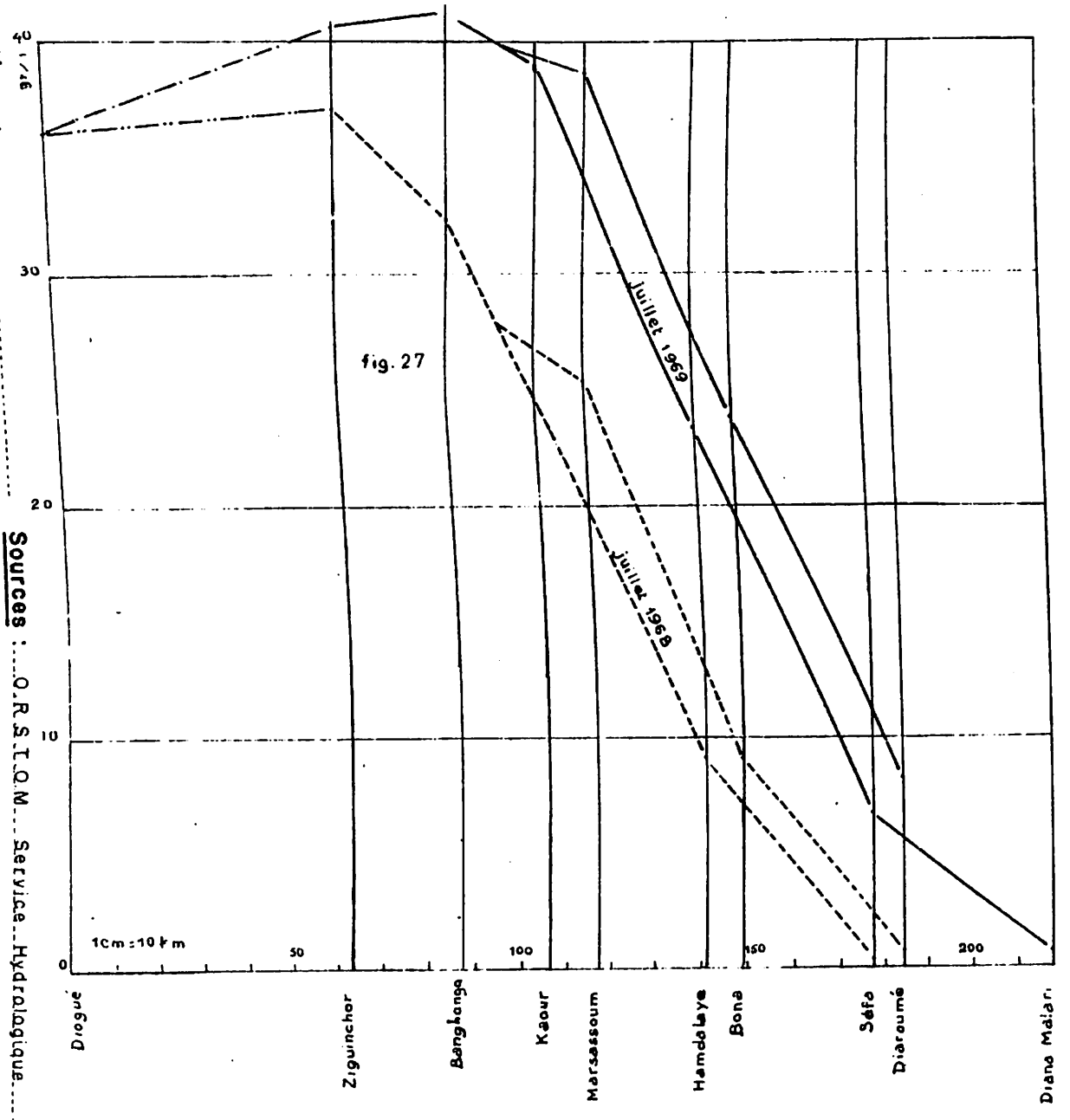


Observations

Sources : O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

Date : 19 Juillet 1978

EVOLUTION DE MAXIMUMS ET DES MINIMUMS  
DE SALINITES SUIVANT LES DISTANCES



Observations

Sources : O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique.

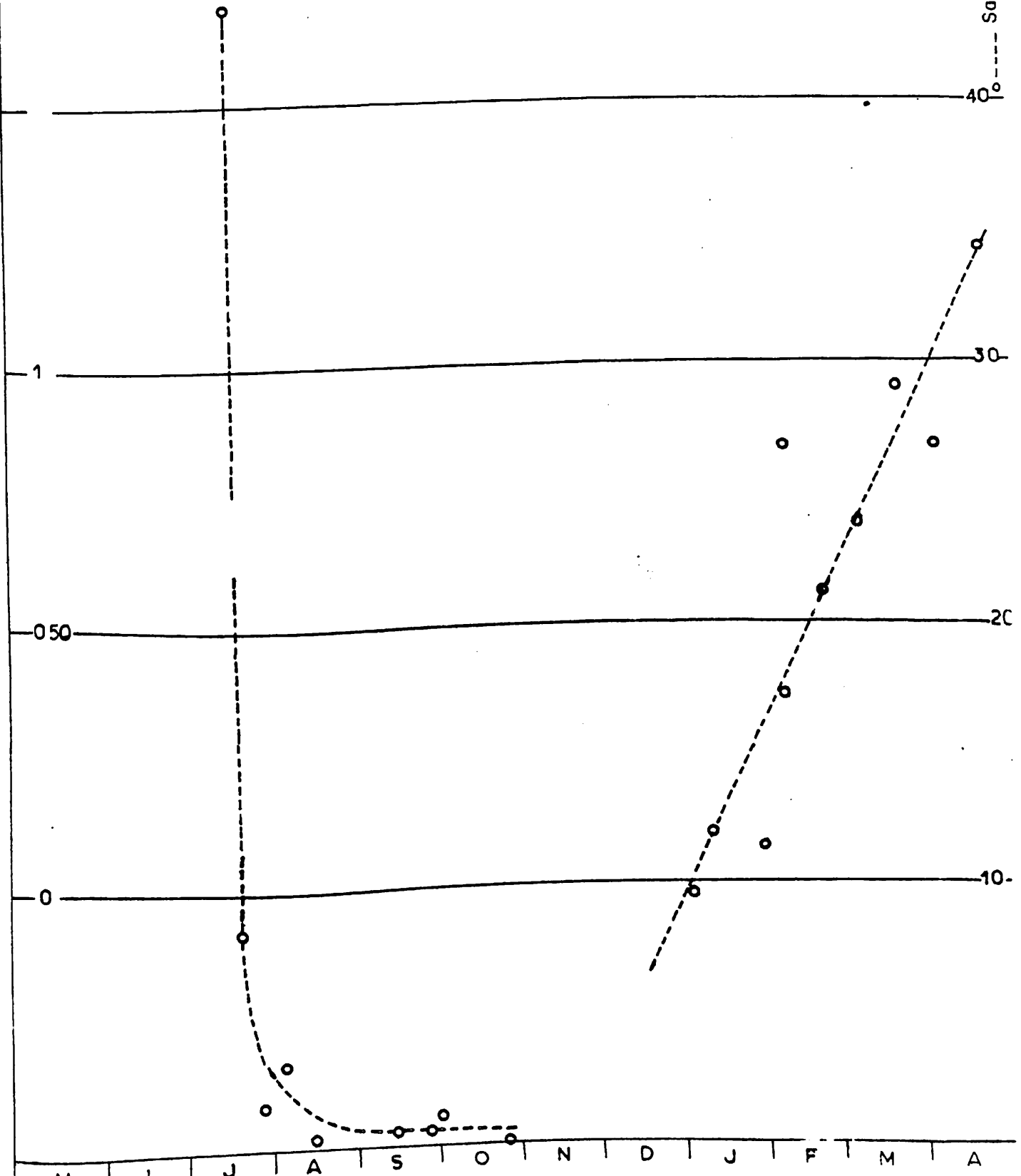
Date : 19 Juillet 1978

# Marigot de NYASSIA à DJIBONKER

Variations de la salinométrie  
de l'année hydrologique 1976 - 1977

H en m

Salinométrie g/l



Observations :

Sources : O.R.S.T.O.M. Section Hydrologie

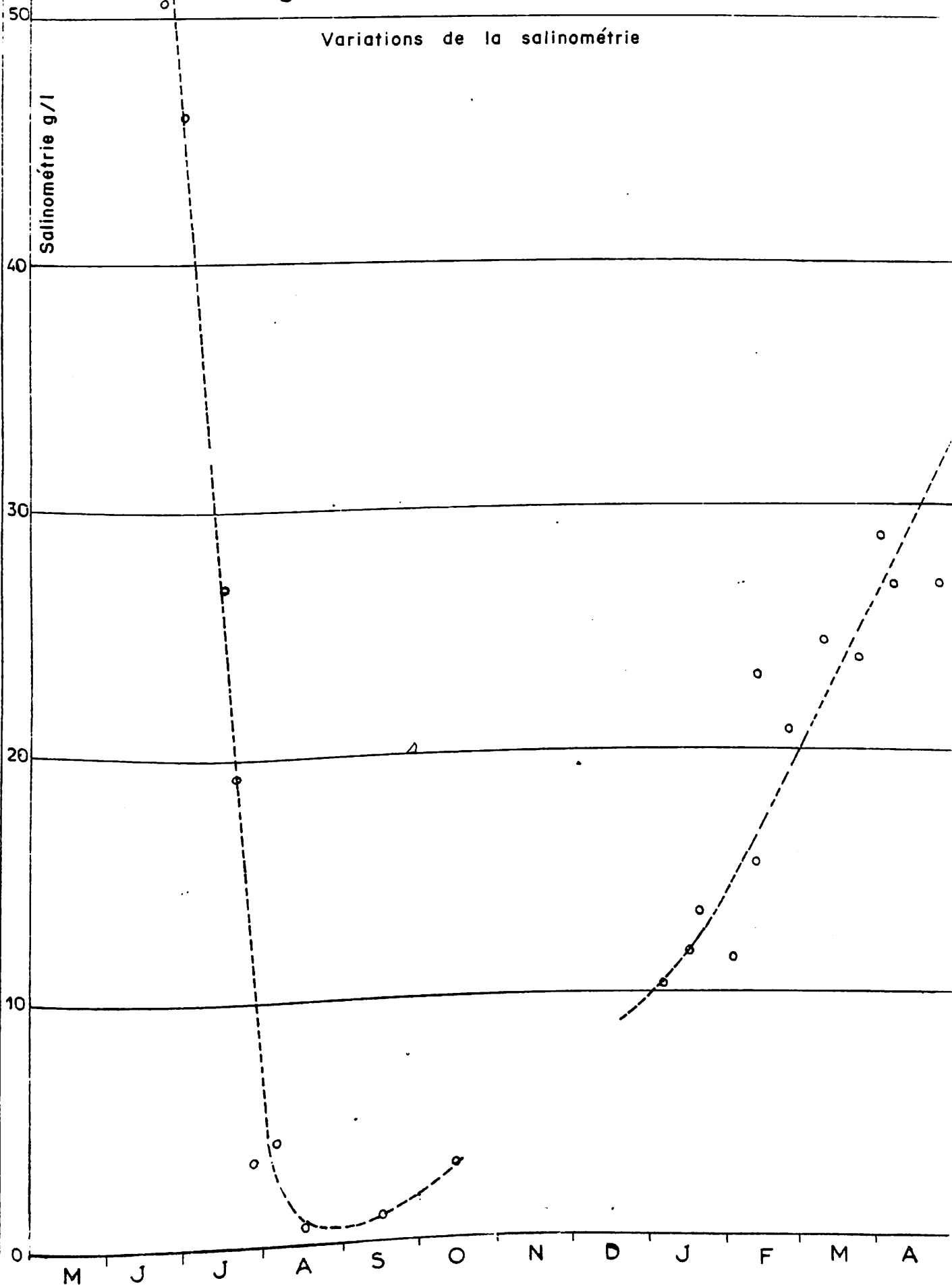
Date : 19 Juillet 1978



# Marigot de NYASSIA à NYASSIA

Variations de la salinométrie

Salinométrie g/l



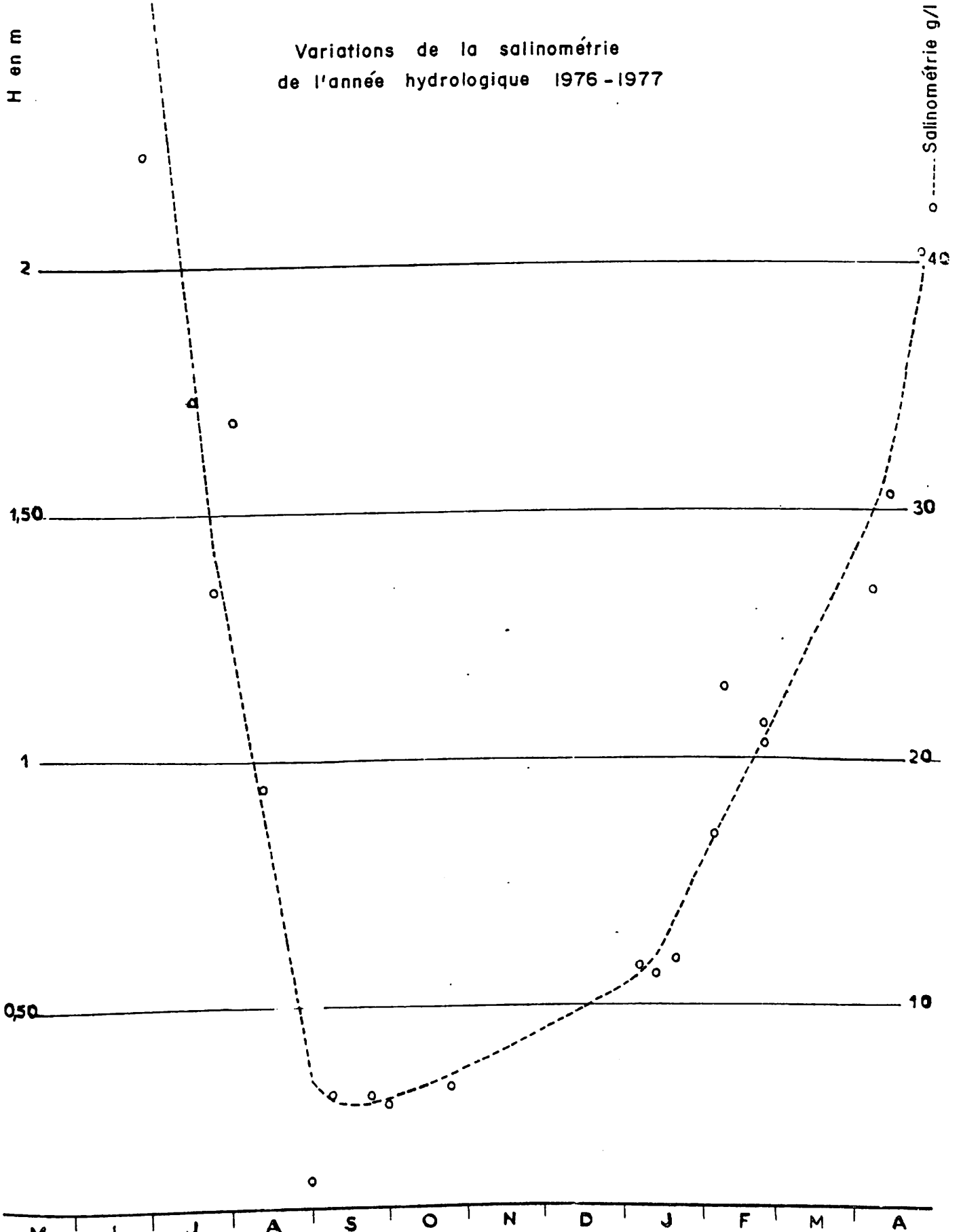
Observations :

Sources : O.R.S.T.O.M. Section Hydrologie

Date : 19 Juillet 1978

# Marigot de GUIDEL

Variations de la salinométrie  
de l'année hydrologique 1976-1977

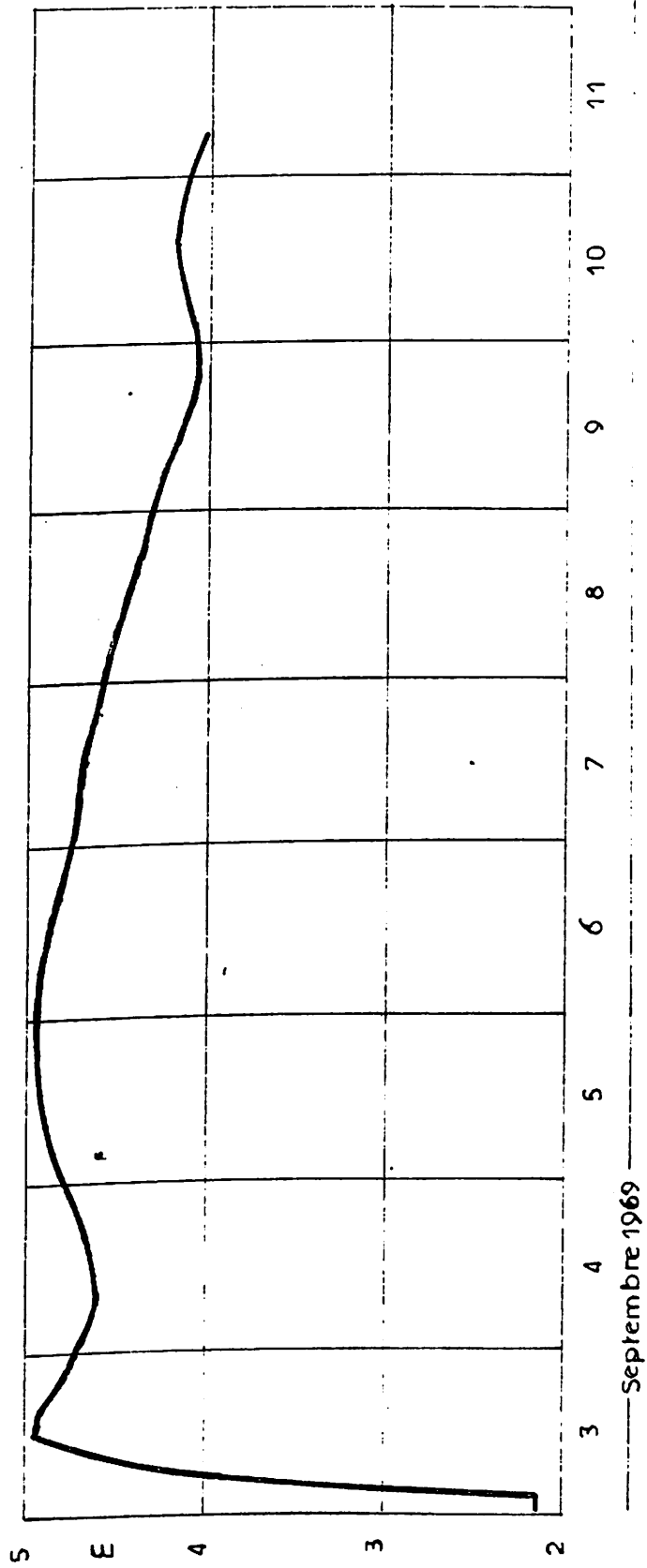


Observations : .....

Sources : ..... O.R.S.T.O.M. .... Section Hydrologie .....

Date : ..... 19 ..... Juillet ..... 1976 .....

LIMNIGRAMME DE LA CRUE DE SEPTEMBRE 1969 A KOLDA



Observations : .....

Sources : ..... O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique .....

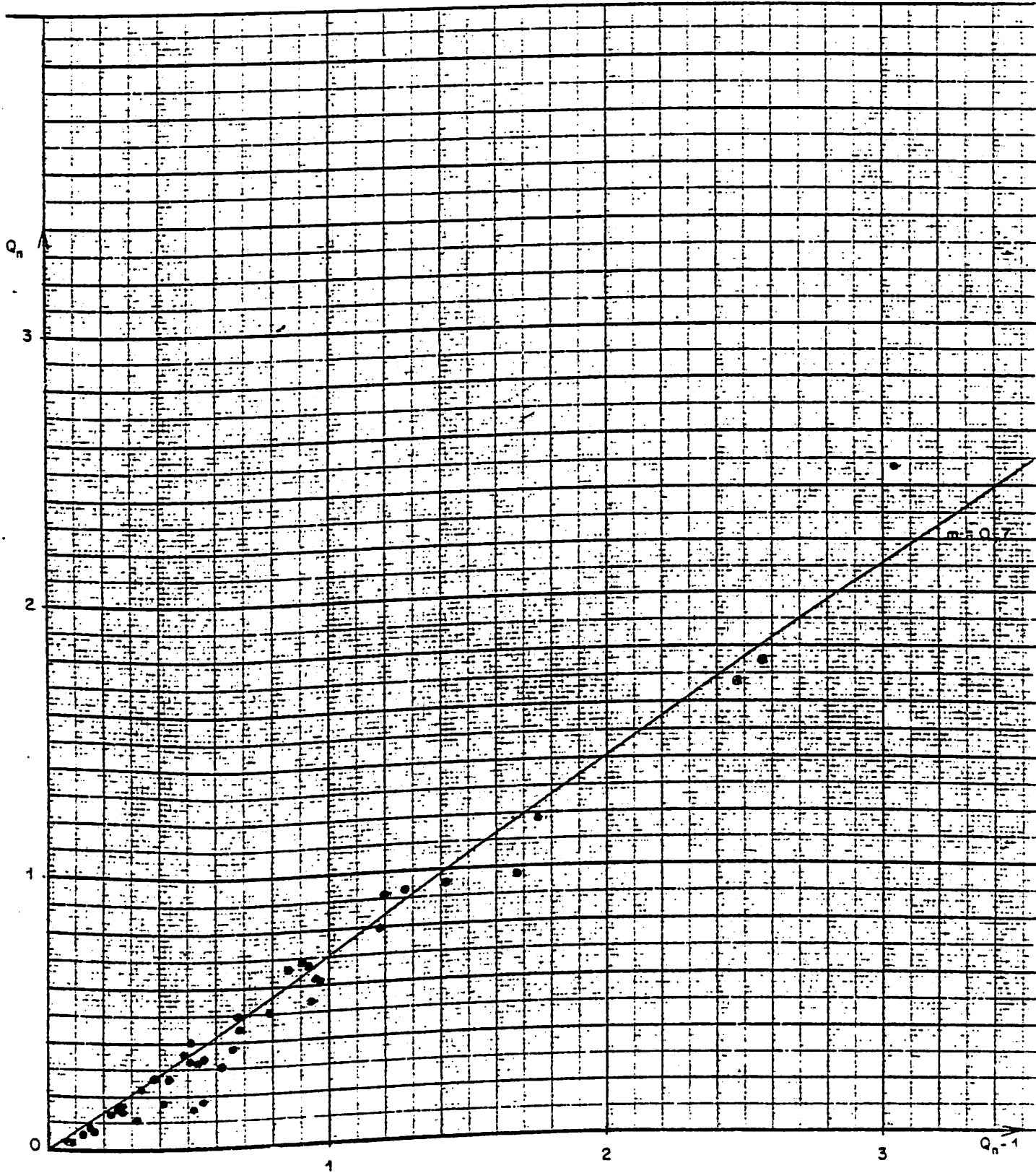
Date : ..... 19 ..... Juillet ..... 1978 .....



CASAMANCE à Kolda

COURBE DE TARISSEMENT

Corrélation entre les débits des mois  $n$  et  $(n-1)$



Observations

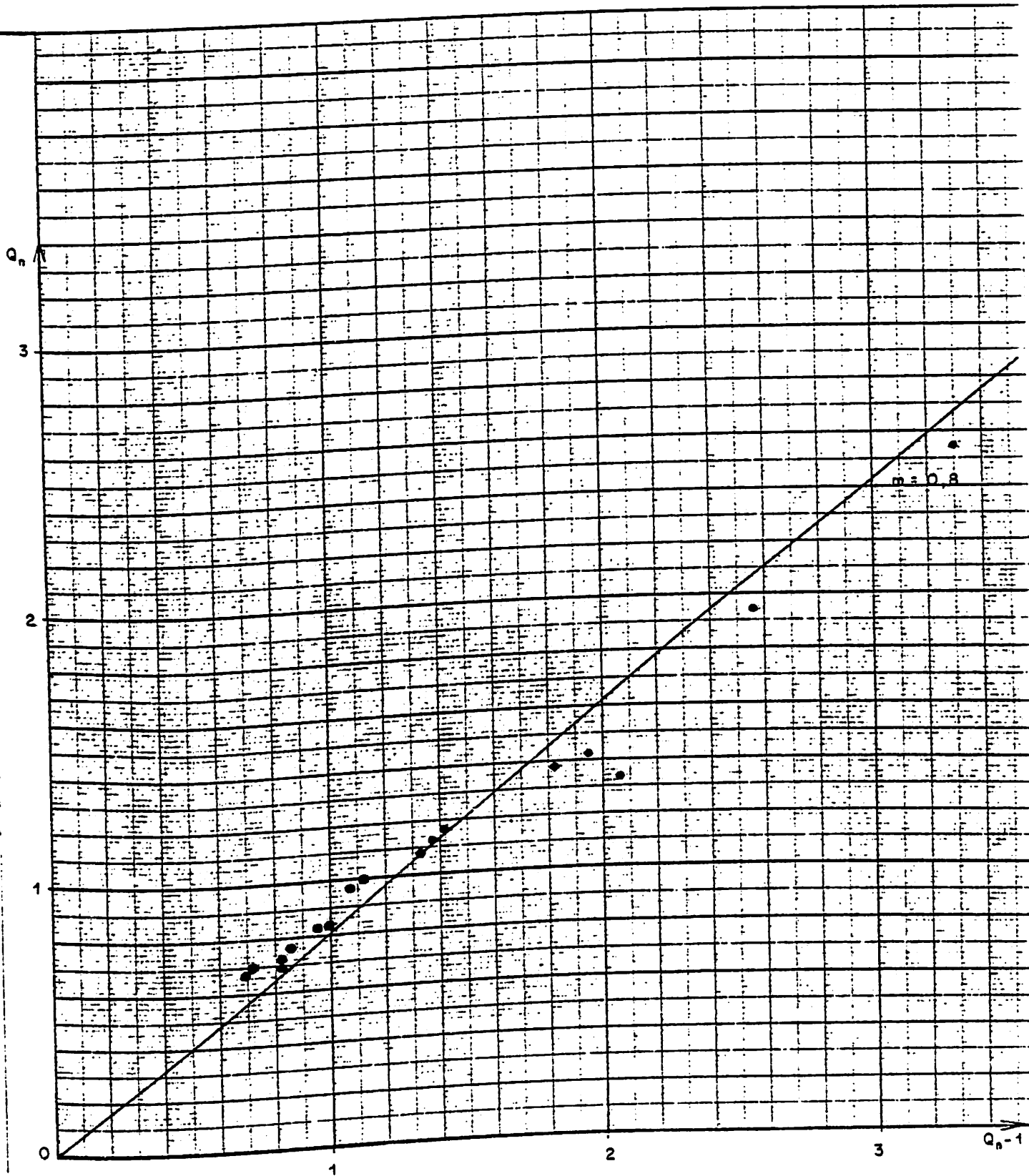
Sources : U. P. R

Date : 23 Juin 1978

KAYANGA à Niapo

COURBE DE TARISSEMENT

Corrélation entre les débits des mois  $n$  et  $(n - 1)$

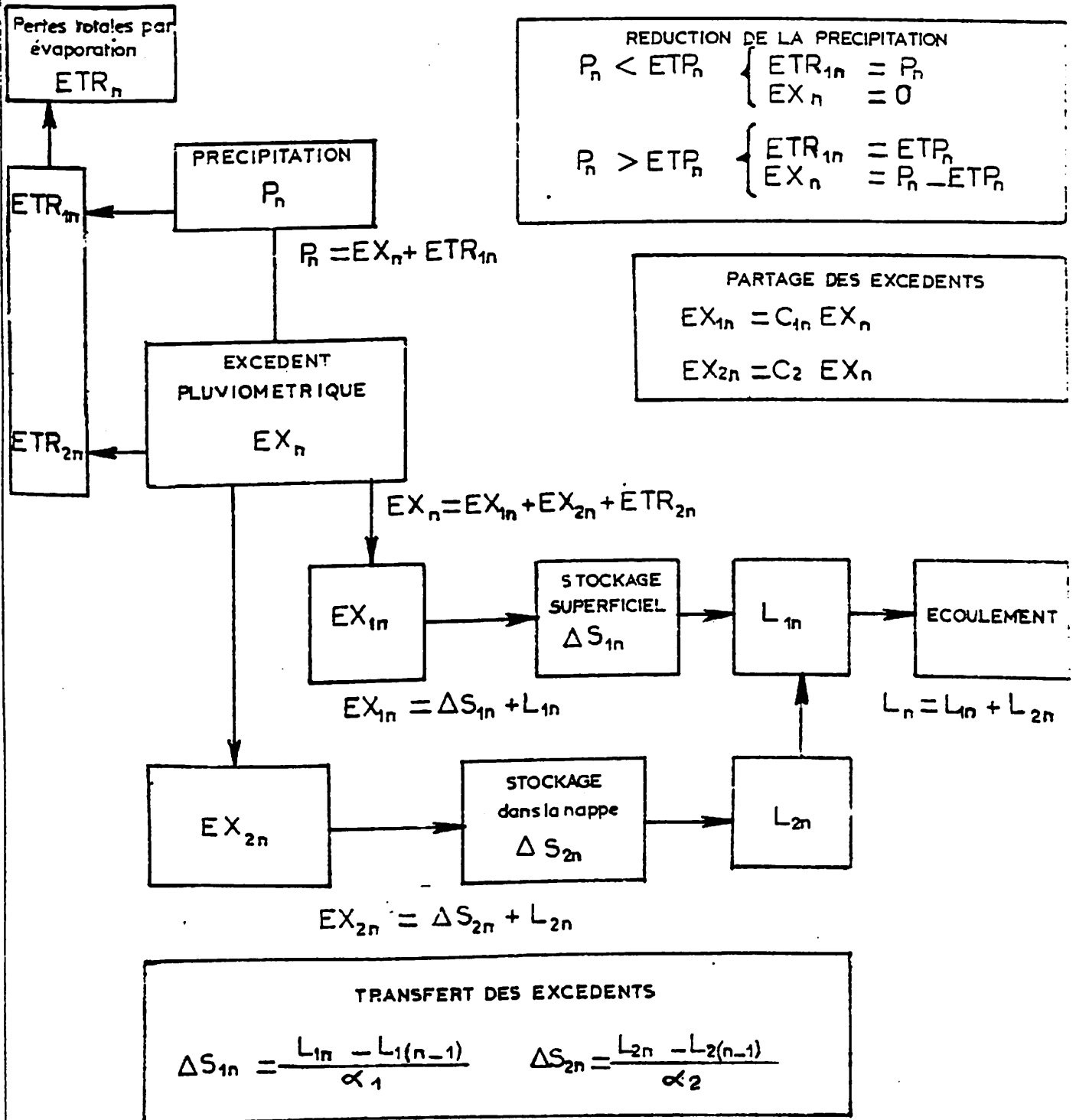


Sources : LPR

Observations : .....

Date : 23 Jun 1978

ORDINOGRAMME \_PRECIPITATION\_ \_ECOULEMENT



Observations : .....

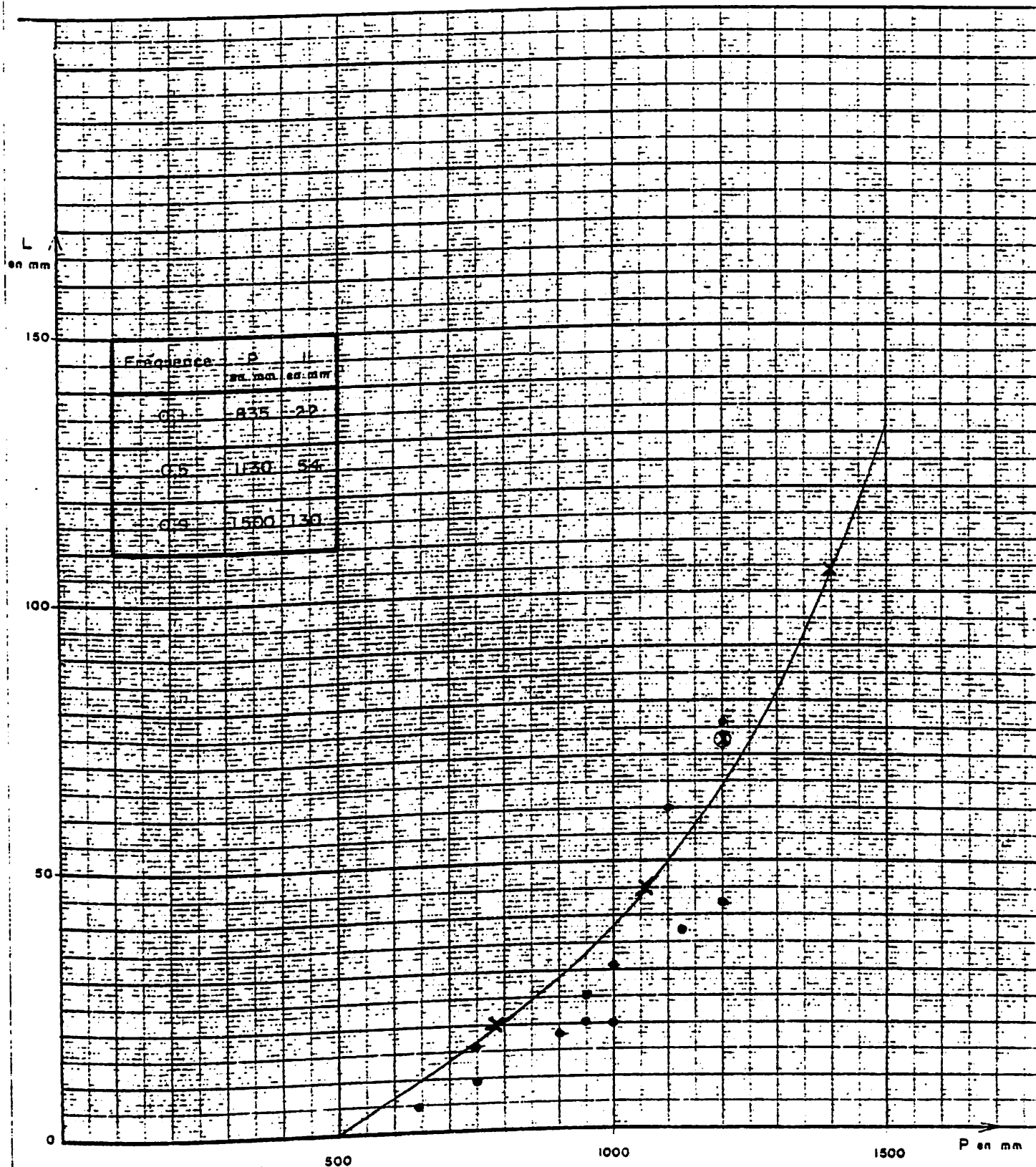
Sources : .....

Date : 19 ..... Juillet ..... 1978



KOLDA

L : lame d'eau écoulée en mm  
P : Précipitation annuelle sur le bassin



Observations : X : Lame d'eau calculée avec la répartition la plus probable des précipitations mensuelles.

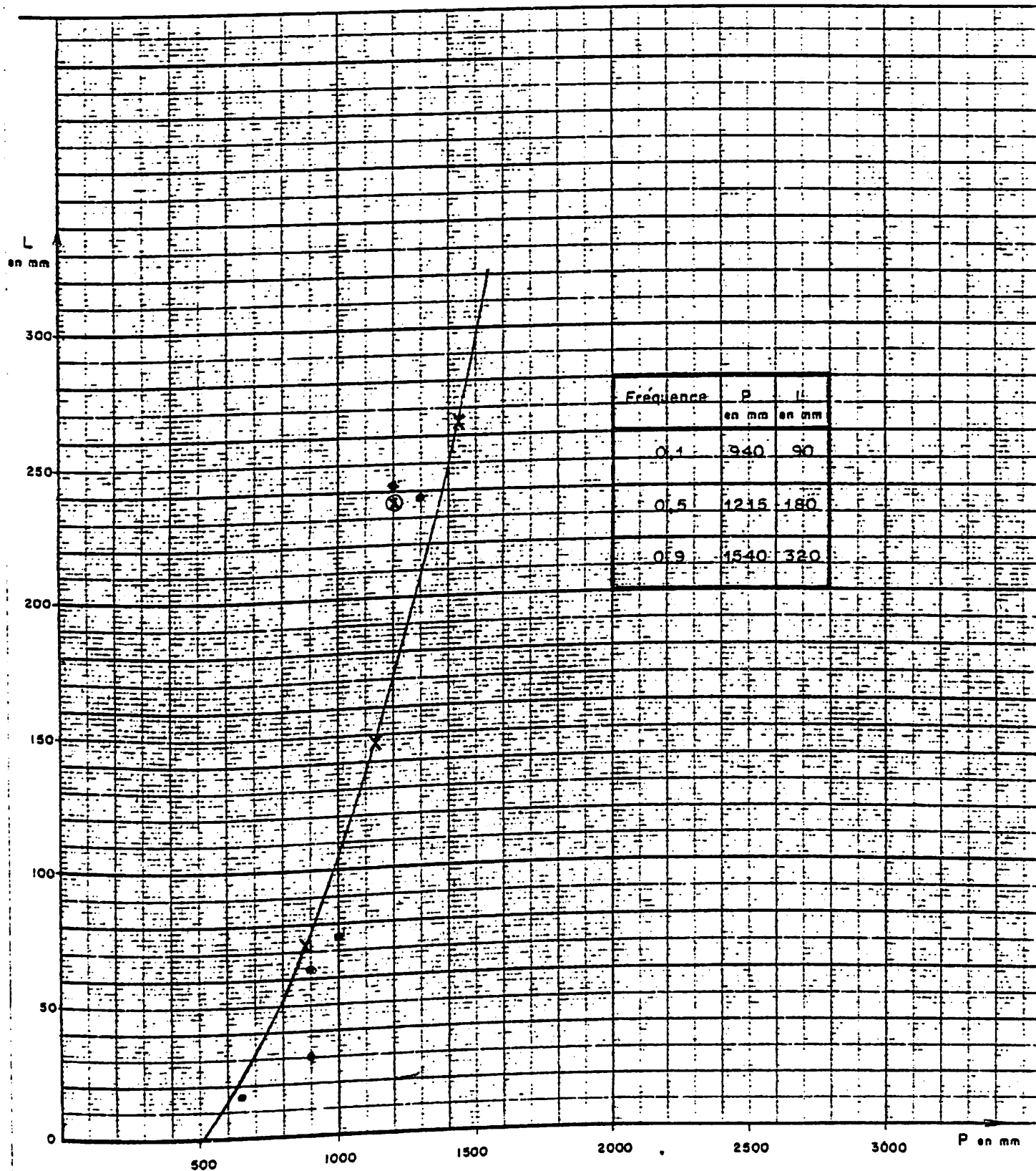
● : Lame d'eau observée  
⊗ : Lame d'eau de l'année 67-68 utilisée pour le calage du modèle.

Sources : Rapport Gerca - Etude hydrologique - Campagne 1962 - Etudes hydrologiques en Casamance rapport définitif (1970) - O.B.S.T.O.M  
Annuaire hydrologique de la Rép. du Sénégal.

Date : 20 Juin 1978

KAYANGA (Niapo)

L : lame d'eau écoulee en mm  
P : Précipitation annuelle sur le bassin



Observations : X : Lame d'eau calculée avec la répartition la plus probable des précipitations mensuelles

● : Lame d'eau observée

⊗ : Lame d'eau de l'année 67-68 utilisée pour le calage du modèle

Sources : Rapport Gerca - Etude hydrologique - Campagne 1962 - Etudes hydrologiques en Casamance - rapport définitif (1970) - O.R.S.T.O.M  
Annuaire hydrologique de la Rép. du Sénégal

Date : 20 Juin 1978

P : Précipitations annuelles en mm

L : Lame d'eau écoulée en mm

ANNEES	Casam. (Kolda)		Kayanga (Niapo)		Gambie à Simenti	Casam. (Fafak.)		Tiangol - Dianguina à Saré-Sara		Khorine à Médina-Omar		Marigot de Saré-Koutayel	
	P mm	L mm	P mm	L mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm
62 - 63	1.125	36,5	1.300	238									
67 - 68	1.200	75,7	1.200	242				1.250	105,5	1.250	72,8		
68 - 69	750	16,2	900	63,2		750	23,7	800	25,8	780	25		
69 - 70	1.100	60,3	1.000	74,2		750	16,7	1.400	108,0	1.000	53,3	1.200	21,4
70 - 71	950	25,4			248								
71 - 72	1.000	31,1			182								
72 - 73	750	9,2			145								
73 - 74	900	17,8			212								
74 - 75	1.000	19,4			319	900	7,2					950	6,8
75 - 76	1.200	41,8	1.300		227	1.150	17,3	1.250	67,9	1.250	62,6	1.150	11,6
76 - 77	950	20,3	950	29,6	162	900	4,3	1.000	36,3	1.000	28,6	900	3,3
77 - 78	648	4,4	648	16,6									



CASAMANCE à KOLDA (Apports mensuels)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL
62 - 63	-	1,4	4,4	8,6	13,9	9,4	4,6	2,3	1,9	1,5	1,0	0,7
67 - 68	-	0,66	2,42	12,54	33,49	33,03	10,62	4,47	3,03	2,47	1,67	0,97
68 - 69	0,61	0,49	1,63	2,51	4,82	7,74	2,16	1,19	0,91	0,68	0,44	0,26
69 - 70	0,15	0,16	2,74	9,59	46,58	13,72	5,15	2,56	1,74	1,18	0,79	0,51
70 - 71	0,32	1,25	3,0	13,7	10,1	3,36	1,47	0,93	0,67	0,49	0,35	0,17
71 - 72	0,07	0,48	6,90	12,0	12,4	6,21	2,25	1,27	0,93	0,54	0,32	0,14
72 - 73	0,12	0,15	0,97	4,05	3,80	1,92	0,89	0,43	0,26	0,16	0,08	0,03
73 - 74	0,00	0,32	3,04	8,78	8,27	3,12	1,13	0,56	0,34	0,22	0,13	0,06
74 - 75	0,00	0,19	8,65	5,02	8,15	2,96	1,04	0,51	0,41	0,17	0,07	0,03
75 - 76	0,02	0,04	1,76	4,53	34,2	12,3	2,66	1,41	0,95	0,62	0,31	0,11
76 - 77	0,03	0,09	2,15	5,87	7,59	7,84	2,50	0,85	0,66	0,38	0,26	0,14
Moyenne	0,15	0,38	3,33	7,86	16,94	9,22	2,99	1,42	0,99	0,69	0,44	0,24
%	0,34	0,85	7,46	17,60	37,94	20,65	6,70	3,18	2,22	1,54	0,99	0,53

Sources :

- Année 62-63 Rapport GERCA Etude hydrologique campagne 1962  
 Années 67-68 à 69-70 Etudes hydrologiques en Casamance (ORSTOM) Rapport définitif BRUNET-Moret (1970).  
 Années 70-71 à 73-74 Note provisoire sur le régime hydrologique de la Casamance à Kolda - P. CHAPERON 1975.  
 Années 74-75 à 76-77 Annuaire hydrologique de la République du Sénégal.

POINTES DE CRUE ANNUELLE

ANNEE	POINTE DE CRUE EN M <sup>3</sup> /S	DATE DU MAXIMUM	DEBIT JOURNALIER
1967	46	5 octobre	45,8
1968	14	6 octobre	13,90
1969	116	5 septembre	113
1970	45	21 août	32
1971	19	12 août	18,8
1972	8,5	25 septembre	5,5
1973	20	30 juillet	16
1974	17,8	7 juillet	16,8
1975	49,3	21 septembre	48,4
1976	17,8	28 septembre	17,6

KAYANGA AU PONT DE NIAPO (Apports mensuels)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEV.	MARS	AVRIL
62 - 63	0,7	1,3	5,2	17,8	50	51,5	17,7	5,6	3,7	2,7	1,8	1,00
67 - 68	—	2,88	5,71	6,26	30,64	86,03	14,84	5,24	3,30	2,55	1,94	1,42
68 - 69	1,17	2,29	3,60	4,52	12,54	9,21	3,15	1,81	1,38	1,12	0,99	0,82
69 - 70	0,69	2,30	5,97	4,50	13,44	10,38	5,88	2,05	1,33	1,07	0,96	0,82
76 - 77	0,64	0,70	2,11	1,68	4,08	5,52	1,31	0,85	0,76	0,71	0,69	0,67
Moyenne	0,80	1,89	4,52	6,95	22,14	32,53	8,58	3,11	2,09	1,63	1,28	0,95
%	0,92	2,19	5,23	8,04	25,60	37,62	9,92	3,60	2,42	1,88	1,48	1,10

Sources :

Année 62-63 - Rapport GERCA Etude hydrologique campagne 1962

Années 67-68 Etudes hydrologiques en Casamance (ORSTOM) Rapport définitif  
à 69-70 Y. BRUNET - Moret (1970)

Année 76-77 - Annuaire hydrologique de la République du Sénégal.



ZONE SUD DE LA CASAMANCE

CRUES - MODULES - ETIAGES

BASSIN VERSANT	Surface du bas- sin ver- sant, km <sup>2</sup>	CRUE			ETIAGES			MODULE		
		Date	Q m <sup>3</sup> /s	q l/s/km <sup>2</sup>	Date	Q m <sup>3</sup> /s	q l/s/km <sup>2</sup>	Année Hydrol logique	M m <sup>3</sup> /s	
DIOULACOLON										
Station de Darsalam	93	6-8-63	2,3	24,7	10-12-63	0	2,15	5-63 4-64	0,20	
Station de Saré Keita	186	2-10-63	6,23	33,5		0,1	3,33	5-63 4-64	0,62	
Station de Saré Omar	33	3-9-63	1,26	38,2			4,85	5-63 4-64	0,16	
Station de Batankountou	200	2-10-68	6,000	30,0	17-6-68	0,008				
		3-9-69	300	1.500	30-4-69	0	1,55	5-68 4-69	0,31	
					28-5-70	0,016				
KHORINE A MEDINA OMAR	385	2-9-67	7,380	19,2			2,31	5-67 4-68	0,39	
		28-9-68	3,950	10,3	7-6-68	0	0,81	5-68 4-69	0,31	
					6-4-69	0				
		5-9-69	(5,6)?	(14,6)	12-5-70	0	1,69	5-69 4-70	0,65	
		4-9-75	15,3	39,7	18-4-76	0	1,98	5-75 4-76	0,762	
		29-9-76	4,39	11,4	26-4-76	0	0,91	5-76 4-77	0,350	
TIANGOL DIANGUINA A SARE SARA	815	2-9-67	20,20	24,8			3,33	5-67 4-68	2,71	
		4-10-68	7,67	9,41	31-5-68	0,15	0,82	5-68 4-69	0,67	
		3-9-69	160,00	196,2	10-5-69	0,08	3,73	5-69 4-70	3,04	
					21-5-70	0,15				
		4-9-75	17,7	21,7	15-4-76	0,04	2,15	5-75 4-76	1,75	
		18-8-76	7,95	9,75	19-4-77	0,04	1,15	5-76 4-77	0,937	
LEBAL										
Station de PIARBA	24	15-10-63	0,79	32,9	15-12-63	0	2,08	5-63 4-64	0,05	
Station de KOUNKANE	47	15-10-63	0,91	19,4	12-12-63	0	1,28	5-63 4-64	0,06	

Abréviations :

Q = débit en m<sup>3</sup>/s

q = débit spécifique en litre/seconde/km<sup>2</sup>

AFFLUENTS SUD DE LA CASAMANCE

ZONE SUD ANAMBE

	ANNEE	P	C	S	L	IS
<b>DIOULACOLON</b>						
Dar Salam	63-64	1181	6,02 %	93		
Saré Omar	63-64	1370	10,2 %	33		
Saré Keita	63-64	1247	8,26 %	186	103,2	30,0
Bantankountou	68-69	(750)	6,5 %	200	48,5	6,8
<b>MADINA OMAR (KHORINE)</b>						
	67-68	1250	5,8 %	385	72,8	15,0
	68-69	780	3,2 %		25,0	2,9
	69-70	1000	5,3 %		53,3	5,3
	75-76	1100	5,7 %			
	76-77	850	3,4 %			
<b>SARE SARA (Tiangol Dianguina)</b>						
	67-68	1250	8,4 %	815	105,5	19,1
	68-69	800	3,2 %		25,8	5,3
	69-70	1400	8,4 %		108	13,9
	75-76	1200	5,7 %			
	76-77	950	3,8 %			
<b>LEBAL</b>						
PIARBA	63-64	1019	6,7 %	24	68,6	
KOUNKANE	63-64	1035	3,9 %	47	40,50	

Note : Coefficient d'écoulement : 3 % < 0 < 10 %

Abréviations : P : Pluviométrie moyenne de l'année en millimètres  
 IS: Lame équivalente écoulée en saison sèche de début novembre à fin mai  
 C : Coefficient d'écoulement

L : Lame équivalente écoulée dans l'année hydrologique en millimètres  
 S : Surface du bassin versant en km<sup>2</sup>

ZONE NORD DE LA CASAMANCE

CRUES - MODULES - ETIAGES

BASSIN VERSANT	SBV km <sup>2</sup>	CRUE			ETIAGE			MODULE ANNUEL		
		Date	Q m <sup>3</sup> /s	q l/s/km <sup>2</sup>	Date	Q m <sup>3</sup> /s	q l/s/km <sup>2</sup>	Année hydrologique	M m <sup>3</sup> /s	
BOUNKILING	200	13-10-66	3,80	19	16-4-67	0	0,90	5-66 4-67	0,18	
SIMA	495	26-7-74	11,1	22,4	24-2-75	0,01	0,56	5-74 4-75	0,276	
					29-5-75	0,005				
		20-9-75	7,3	14,7	28-4-76	0,02	1,09	5-75 4-76	0,541	
					11-6-68	0,001				
CASAMANCE A FAFAKOUROU	700	29-9-68	5,500	7,9	30-4-69	0	0,74	5-68 4-69	0,52	
		12-8-69	4,445	6,4	26-3-70	0	0,51	5-69 4-70	0,36	
		6-7-74	4,54	6,5	8-11-75	0	0,23	5-74 4-75	0,162	
		4-9-75	5,89	8,4	13-2-76	0	0,55	5-75 4-76	0,382	
		29-9-76	1,72	2,5	16-12-77	0	0,14	5-76 4-77	0,096	
SARE KOUTAYEL	640	3-9-69	7,500	11,7	1-4-70	0	0,67	5-69 4-70	0,43	
		7-7-74	3,69	5,8	11-12-74	0	0,22	5-74 4-75	0,14	
		21-9-75	3,31	5,2	13-1-76	0	0,37	5-75 4-76	0,234	
		29-9-76	2,07	3,2	15-12-76	0	0,10	5-76 4-77	0,067	

Abréviations :

SBV : surface du bassin versant en kilomètres carrés.

Q : débit en m<sup>3</sup>/s

q : débit spécifique en litre/seconde/km<sup>2</sup>



AFFLUENTS NORD DE LA CASAMANCE

ZONE NORD

	Année	P	C	S	L	LS
BOUNKILING	66-67	1340	2,16 %	200	29	5
SIMA	74-75	700	2,5 %	495	17,5	
	75-76	1100	3,5 %		34,5	
	76-77	800	2,7 %		21,9	
CASAMANCE A FAPAKOUROU	68-69	750	3,1 %	700	23,5	3,9
	69-70	750	2,2 %		16,7	2,0
	74-75	700	1,0 %		7,2	
	75-76	1150	1,5 %		17,3	
	76-77	800	0,5 %		4,3	
MARIGOT DE SARE KOUTAYEL	69-70	1200	1,8 %	640	21,4	2,6
	74-75	880	0,8 %		6,8	
	75-76	1100	1,1 %		11,6	
	76-77	850	0,4 %		3,3	

Abbréviations :

P : Pluviométrie moyenne de l'année en millimètres  
 LS : Lamé équivalente écoulée en saison sèche de début novembre à fin mai  
 C : Coefficient d'écoulement

L : Lamé équivalente écoulée dans l'année hydrologique en millimètres  
 S : Surface du bassin versant en km<sup>2</sup>

CASAMANCE A KOLDA  
BILAN HYDROLOGIQUE

Année : 1967-1968

(Calage du modèle)  
Précipitation annuelle

P = 1200mm

Lame écoulee calculée: 73,1  
Lame écoulee observée: 75,7

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		130	140	270	340	320						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$X_n$	0	0	35	180	245	295	0	0	0	0	0	0
$F_n$		60	60	60	40	40						
$C'_{1n}$			0	0,04	0,103	0,088						
$EX_{1n}$				7,20	25,24	18,92						
$EX_{2n}$			1,12	5,76	1,84	6,88						
$L_{1n}$	0,00	0,00	0,00	5,04	19,18	18,99	5,70	1,71	0,51	0,15	0,05	0,02
$L_{2n}$	0,43	0,30	0,55	2,12	3,83	4,74	3,32	2,32	1,62	1,13	0,79	0,55
$L_n$	0,43	0,30	0,55	7,16	23,01	23,73	9,02	4,03	2,13	1,28	0,84	0,57

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n$$

$$EX_{2n} = 0,032 EX_n$$

$$C_{1n} = 0,02 \left( \frac{EX_n}{H_n} - 1 \right)$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n}$$

$$L_{2n} = 0,7 L_{2(n-1)} + 0,3 EX_{2n}$$

$$\Sigma L_{1n} = 51,4$$

$$\Sigma L_{2n} = 21,7$$

$$\Sigma L_n = 73,1$$

ObservationsSources :Date : 19 Juillet 1978

CASAMANCE A KOLDA  
BILAN HYDROLOGIQUEAnnée déficitaire  
Précipitation annuelle  
P = 784 mm

Répartition mensuelle des précipitations la plus probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		87	173	251	202	71						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	0	68	161	107	0	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C'_{1n}$		0	0,003	0,034	0,034	0						
$EX_{1n}$		0	0,20	5,47	3,64	0						
$EX_{2n}$		0	1,18	5,15	3,42	0						
$L_{1n}$	0,00	0,00	0,14	3,87	3,71	1,11	0,33	0,10	0,03	0,01	0	0
$L_{2n}$	0,43	0,30	0,56	1,94	2,39	1,67	1,17	0,82	0,57	0,40	0,28	0,20
$L_n$	0,43	0,30	0,70	5,81	6,10	2,78	1,50	0,92	0,60	0,41	0,28	0,20

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n$$

$$C_{1n} = 0,02 \left( \frac{EX_n - 1}{H_n} \right)$$

$$\Sigma L_{1n} = 9,3 \text{ mm}$$

$$EX_{2n} = 0,032 EX_n$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n}$$

$$\Sigma L_{2n} = 10,7 \text{ mm}$$

$$L_{2n} = 0,7 L_{2(n-1)} + 0,3 EX_{2n}$$

$$\Sigma L_n = 20,0 \text{ mm}$$

ObservationsSources :

Date : 19 Juillet 1978



CASAMANCE A KOLDA  
BILAN HYDROLOGIQUE

Année moyenne

Précipitation annuelle

P = 1058 mm

Répartition mensuelle des précipitation la plus probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		117	233	339	273	96						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	0	128	249	178	0	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C'_{1n}$			0,02	0,06	0,06							
$EX_{1n}$			2,56	14,94	10,68							
$EX_{2n}$			4,10	7,97	5,70							
$L_{1n}$	0,00	0,00	0,54	10,62	10,66	3,20	0,96	0,28	0,08	0,02	0,01	0
$L_{2n}$	0,43	0,30	1,44	3,40	4,09	2,86	2,00	1,40	0,98	0,69	0,48	0,34
$L_n$	0,43	0,30	1,98	14,02	14,75	6,06	2,96	1,68	1,06	0,71	0,49	0,34

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n$$

$$EX_{2n} = 0,032 EX_n$$

$$C_{1n} = 0,02 \left( \frac{EX_n}{H_n} - 1 \right)$$

$$L_{1n} = 0,3L_{1(n-1)} + 0,7EX_{1n}$$

$$L_{2n} = 0,7L_{2(n-1)} + 0,3EX_{2n}$$

$$\Sigma L_{1n} = 44,9$$

$$\Sigma L_{2n} = 26,5$$

$$\Sigma L_n = 18,4$$

ObservationsSources :

Date : 19 Juillet 1978

CASAMANCE A KOLDA  
BILAN HYDROLOGIQUEAnnée excédentaire  
précipitation annuelle

P = 1407 mm

Répartition mensuelle des précipitations la plus  
probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$	0	156	310	451	363	127						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	11	205	361	268	22	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C'_{1n}$		0	0,048	0,100	0,114	0						
$EX_{1n}$		0	9,84	36,10	30,55	0						
$EX_{2n}$		0	6,56	11,55	8,58	0						
$L_{1n}$	0,00	0,00	6,89	27,34	29,59	8,88	2,66	0,80	0,24	0,07	0,02	0,01
$L_{2n}$	0,43	0,30	2,18	5,0	6,07	4,25	2,98	2,09	1,46	1,02	0,71	0,50
$L_n$	0,43	0,30	9,07	32,34	35,66	13,13	5,64	2,89	1,70	1,09	0,73	0,51

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n$$

$$C_{1n} = 0,02 \left( \frac{EX_n - 1}{H_n} \right)$$

$$\Sigma L_{1n} = 76,5$$

$$EX_{2n} = 0,032 EX_n$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n}$$

$$\Sigma L_{2n} = 27,0$$

$$L_{2n} = 0,7 L_{2(n-1)} + 0,3 EX_{2n}$$

$$\Sigma L_n = 103,5$$

ObservationsSources :

Date : 19 Juillet 1978

KAYANGA A NIAPO  
BILAN HYDROLOGIQUE

Année 1967-1968  
(calage du modèle)  
précipitation annuelle :  
P = 1200 mm  
Lame d'eau calculée = 236,3  
Lame d'eau observée = 242

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		100	140	200	300	460						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	0	35	110	205	355	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C_{1n}$		0	0	0,042	0,207	0,394						
$EX_{1n}$		0	0	4,62	42,44	139,87						
$EX_{2n}$			2,49	7,81	14,56	25,21						
$L_{1n}$	0,00	0,00	0,00	3,23	30,68	107,11	32,13	9,64	2,89	0,87	0,26	0,08
$L_{2n}$	1,80	1,44	1,65	2,88	5,21	9,21	7,37	5,90	4,72	3,78	3,02	2,42
$L_n$	1,80	1,44	1,65	6,11	35,89	116,32	39,50	15,54	7,61	4,65	3,28	2,50

$$EX_m = C_{1n} EX_n$$

$$C_{1n} = 0,05 \left( \frac{EX_n}{H_n} - 1 \right)$$

$$\Sigma L_{1n} = 186,9$$

$$EX_{2n} = 0,071 EX_n$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n}$$

$$\Sigma L_{2n} = 49,4$$

$$L_{2n} = 0,8 L_{2(n-1)} + 0,2 EX_{2n}$$

$$\Sigma L_n = 236,3$$

Observations :

Sources :

Date : 19 Juillet 1978



KAYANGA A NIAPO  
BILAN HYDROLOGIQUEAnnée déficitaire  
Précipitation annuelle

P = 880 mm

Répartition mensuelle des précipitations la plus probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		97	194	282	227	80						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	0	89	192	132	0	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C_{1n}$			0,025	0,110	0,115							
$EX_{1n}$	0	0	2,225	21,120	15,18	0	0	0	0	0	0	0
$EX_{2n}$	0	0	6,319	13,632	9,372	0	0	0	0	0	0	0
$L_{1n}$	0,00	0,00	1,558	15,251	15,201	4,560	1,368	0,410	0,123	0,037	0,011	0,003
$L_{2n}$	1,80	1,440	2,416	4,659	5,601	4,481	3,585	2,868	2,294	1,835	1,468	1,174
$L_n$	1,80	1,440	3,974	19,910	20,802	9,041	4,953	3,378	2,417	1,873	1,479	1,177

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n \quad C_{1n} = 0,05 \left( \frac{EX_n}{H_n} - 1 \right) \quad \Sigma L_{1n} = 38,6 \text{ mm}$$

$$EX_{2n} = 0,071 EX_n \quad L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n} \quad \Sigma L_{2n} = 33,6 \text{ mm}$$

$$L_{2n} = 0,8 L_{2(n-1)} + 0,2 EX_{2n} \quad \Sigma L_n = 72,2 \text{ mm}$$

ObservationsSources :

Date : 19 Juillet 1978

KAYANGA A NIAPO  
BILAN HYDROLOGIQUEAnnée moyenne  
Précipitation annuelle  
P = 1129mm

Répartition mensuelle des précipitations la plus probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		126	251	365	294	103						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	0	146	275	199	0	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C_{1n}$		0	0,07	0,18	0,20	0						
$EX_{1n}$			10,22	49,50	39,80							
$EX_{2n}$			10,36	19,52	14,12							
$L_{1n}$	0,00	0,00	7,15	36,80	39,90	11,97	3,59	1,08	0,32	0,10	0,03	0,01
$L_{2n}$	1,80	1,44	3,22	6,48	8,00	6,40	5,12	4,10	3,28	2,62	2,10	1,68
$L_n$	1,80	1,44	10,37	43,28	47,90	18,37	8,71	5,18	3,60	2,72	2,13	1,69

$$EX_{1n} = C_{1n} EX_n \quad C_{1n} = 0,05 \left( \frac{EX_{n-1}}{H_n} - 1 \right) \quad C_{1n} = 0 \text{ si } EX_n < H_n$$

$$EX_{2n} = 0,071 EX_n$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n}$$

$$\Sigma L_{1n} = 101,0 \text{ mm}$$

$$L_{2n} = 0,8 L_{2(n-1)} + 0,2 EX_{2n}$$

$$\Sigma L_{2n} = 46,2 \text{ mm}$$

$$\Sigma L_n = 147,2 \text{ mm}$$

ObservationsSources :

Date : 19 Juillet 1978



## KAYANGA A NIAPO

### BILAN HYDROLOGIQUE

Année excédentaire  
Précipitation annuelle

P = 1443 mm

Répartition mensuelle des précipitations la plus probable

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
$P_n$		160	318	462	372	131						
$ETP_n$		145	105	90	95	105						
$EX_n$	0	15	213	372	277	26	0	0	0	0	0	0
$H_n$		60	60	60	40	40						
$C_{1n}$		0	0,128	0,260	0,296	0						
$EX_{1n}$		0	27,264	96,720	81,992							
$EX_{2n}$		10,65	15,123	26,412	19,667	1,846						
$L_{1n}$	0,00	0,00	19,085	73,430	79,423	23,827	7,148	2,144	0,643	0,193	0,058	0,017
$L_{2n}$	1,80	1,653	4,347	8,760	9,941	8,322	6,658	5,326	4,261	3,409	2,727	2,182
$L_n$	1,80	1,653	23,432	82,190	89,364	32,149	13,806	7,470	4,904	3,602	2,79	2,20

$$EX_{1n} = C_{1n} \cdot EX_n \quad C_{1n} = 0,05 \left( \frac{EX}{H_n} - 1 \right) \quad \Sigma L_{1n} = 206,0$$

$$EX_{2n} = 0,071 EX_n$$

$$L_{1n} = 0,3 L_{1(n-1)} + 0,7 EX_{1n} \quad \Sigma L_{2n} = 59,4$$

$$L_{2n} = 0,8 L_{2(n-1)} + 0,2 EX_{2n} \quad \Sigma L_n = 265,4$$

Observations :

Sources :

Date : 19 Juillet 1978.



**INFRASTRUCTURES**





2.3

I N F R A S T R U C T U R E S

2.31

I N T R O D U C T I O N

Dans le cadre du schéma de Plan Directeur il est apparu nécessaire de faire l'inventaire de ce qui existait en matière d'infrastructures. Le Plan prévoit en effet les grandes masses d'équipement qu'il conviendra ensuite de ventiler dans les diverses strates au niveau de l'arrondissement, cette ventilation devant avoir pour base la situation actuelle. Par suite des délais impartis et de l'existence de renseignements imprécis ou contradictoires les informations qui sont présentées ici doivent surtout servir à réaliser à partir de divers ratios un échancier en vue de l'équipement des arrondissements.

Afin de mesurer le degré d'équipement de chaque arrondissement, il est utile, en effet de comparer les utilisateurs potentiels au nombre d'installations en service dans l'arrondissement. Les rapports ainsi obtenus permettent de comparer les arrondissements entre eux et d'en tirer un planning des équipements à prévoir, planning qui constitue un des aspects de la réalisation du plan de mise en valeur.

Les ratios calculés pour chacun des arrondissements sont les suivants :

.../...



1°/ - Centres d'Etat-Civil

Population totale 1976/Nombre de centres

2°/ - Centre de stockage des produits agricoles

Imposables 1976/Nombre de coopératives

Adhérents/Nombre de coopératives

Imposables/Nombre de seccos

Coopératives/nombre de seccos

3°/ - Equipements scolaires

Enfants scolarisables 1976 (6 à 14 ans)/Nombre de classes

Enfants scolarisés 1976/Nombre de classes

Taux de scolarisation 1976.  $\frac{\text{Enfants scolarisés} \times 100}{\text{Enfants scolarisables}}$ 

Un tableau des ratios sera donné pour chaque arrondissement (tableaux 1 à 18) ainsi qu'une carte sommaire (fig.1 à 18), (ces cartes se trouvent également en annexe cartographique carte n° 1.2.01 à 1.2.18), précisant sa position géographique ainsi qu'un certain nombre d'informations. La source de ces cartes est la carte I. G. N. au 1/200.000 réduite ou agrandie au pantographe pour tenir le format 21/29,7.

Ces cartes sont volontairement dépouillées et ne comportent que les villages possédant des équipements ; elles ont pour but de localiser, les uns par rapport aux autres, tous les villages partiellement équipés.

.../...

Les forêts classées ont été mises en évidence, non pour elles-mêmes, car d'autres cartes plus précises existent à cet effet, mais pour éviter la présence de grandes taches blanches, vides de routes et de villages qui auraient pu troubler le lecteur.

L'arrondissement présent sur chaque planche est laissé en blanc afin que les noms des villages prennent du relief ; par contre les arrondissements voisins sont recouverts d'une trame grise tandis que les territoires étrangers apparaissent plus foncés.

x

x x





Les routes bitumées sont la N4, pénétrante Nord ou trans-gambienne, dont la bande de roulement ne permet le passage que d'un seul véhicule de grande largeur sur une grande partie de son parcours. Cette route a un goulot d'étranglement au bac de Gambie.

La N6 est bitumée en double voie de Ziguinchor à Kolda soit sur 180 kilomètres. Les tronçons Kolda - Vélingara (120 kilomètres) et Vélingara - Tambacounda (102 kilomètres) sont des pistes difficilement praticables en hivernage.

Cette situation laisse d'autant plus à désirer que la N6 constitue la seule voie de communication avec le Nord du pays, qui soit située entièrement en territoire Sénégalais.

Enfin un tronçon de la R21 Kolda - Diana-Malari est bitumé sur une bande de roulement.

Les piste praticables en toute saison sont :  
(Certaines d'entre elles, notamment la N5 et la R20, sont parfois inutilisables en hivernage en raison du manque d'entretien) :

- La N5 Bignona - Diouloulou - Séléty à la (frontière de Gambie)
- La R20 Ziguinchor - Oussouye,
- La N6 de Kolda à Vélingara,
- La R21 de Diana-Malari à la N4,
- La R22 transversale Nord-Sud reliant la R21 et la N4,
- La N4 bis transversale Nord-Sud de Ziguinchor à la frontière de Guinée-Bissau.
- La P218 Sédhiou - Bambali - Singher (Exécutée de 1974 à 1977 par le P.R.S.).

Les autres voies de communication sont des pistes praticables seulement en saison sèche ; ces pistes permettent d'accéder aux villages les plus importants. Certaines sont des pistes de production agricole liées à l'exécution de certains projets comme la piste Kounkané-Wassadou.

Cette situation du réseau routier a pour conséquence l'isolement partiel ou total de certaines régions surtout en Casamance Maritime dès le début de l'hivernage pour les petites pistes et pour les routes principales dans la deuxième moitié (routes d'Oussouye et de Diouloulou).

La distribution des facteurs de production qui intervient traditionnellement au début de l'hivernage, ne peut, dans ces conditions, pas être assurée. Tant qu'on n'aura pas remédié à cette situation, il sera préférable d'assurer la distribution des facteurs de production avant la fin de la saison sèche. De plus il importe de garantir un entretien minimum des routes importantes pendant la saison des pluies (projet Anambé) ou des pistes de pêche telles que les pistes Oussouye-MLomp, Oussouye-Elinkine, Diouloulou-Kafountine.

L'équipement routier est très rudimentaire et ne comportait jusqu'à une date récente aucun ouvrage important de traversée des rivières. Le pont de Ziguinchor sur la Casamance est terminé mais n'a pas encore été mis en service en raison du tassement du remblai dans la traversée de l'île. Un pont sur la Kayanga a été construit pour la piste de production Kounkané-Wassadou.

.../...

Les larges bolons de la Casamance Maritime ne permettent souvent la communication d'une rive à l'autre qu'au moyen de pirogues. Il existe actuellement seulement quatre bacs équipés pour le passage des véhicules routiers. Ce sont :

- Le bac de Ziguinchor sur la Casamance qui constitue un goulot d'étranglement sur la N6,
- Le bac de Niambalang sur le Kamobeul seul moyen d'accès à Oussouye,
- Le bac d'Essoukoudiak sur le bolon du même nom sur la route Oussouye-Kabrousse,
- Le bac de Marsassoum sur le Soungrougrou (route de Sédhiou).

b) Equipements routiers prévus dans le cadre du Vè Plan

Information du service régional TP de Ziguinchor

Dans le cadre du Vè Plan sont prévus les équipements routiers suivants :

Comme construction de routes goudronnées :

- Tronçon Kolda-Vélingara de la N6 : élargissement des ponts et bitumage ; les travaux doivent commencer en décembre 1978.
- Tronçon Vélingara-Tambacounda de la N6 : un préfinancement est proposé par la Société COLAS.

La construction de ces deux tronçons permettra le désenclavement de la Casamance. En effet, la route Transgambienne actuelle ne permet pas un bon écoulement du trafic en perpétuel accroissement en raison du goulot d'étranglement du bac de Gambie. La bonne solution consiste à remplacer par un pont le bac de Gambie. Mais les retards prévisibles pour la construction de ce dernier rendent impérative la recherche d'une solution de remplacement.

.../...



• Goudronnage de la N5 de Bignona à Séléty. Une première tranche Bignona-Baïla est en cours d'exécution. Le tronçon Baïla-Diouloulou est préfinancé par les Entreprises LEFEVRE.

Le tableau 1 donne par département, les tronçons de route dont les préfets réclament le bitumage ou l'amélioration.

Le financement d'un certain nombre de pistes de production est assuré par la B. I. R. D., dans le cadre d'un projet national en cours d'exécution :

- Le circuit des Djougout qui ceinture le plateau délimité au nord par le marigot de Baïla, au sud par la Casamance à l'est par le marigot de Bignona et à l'ouest par la zone de mangrove du marigot de Diouloulou.
- Le circuit des Kalounayes limité à l'est par le Soungrougrou au sud par la Casamance, au nord et à l'ouest par la route transgambienne.
- Quelques pistes permettent l'écoulement vers Kolda de la production de coton comme la piste Kolda-Pata.
- Enfin quelques pistes d'écoulement des produits de la pêche, Oussouye-MLomp ; Kagnout-Soutiaba ; Oussouye-Elinkine (financement KOWEIT); Diouloulou-Kafountine.

D'une façon générale des pistes de production supplémentaires devront être prévues en fonction des aménagements hydro-agricoles qui seront définis dans le plan de mise en valeur en particulier sur les deux rives des vallées de la Casamance et de la Kayanga.

.../...

Le tableau 2 donne par département la liste des pistes dont la réalisation doit être retenue en priorité compte tenu des critères suivants :

- Désenclavement économique
- Désenclavement administratif.

Cette liste a été établie par la Gouvernance de Ziguinchor sur proposition des préfets.

En ce qui concerne les aérodromes la région en possède actuellement trois exploités par les lignes régulières d'Air-Sénégal, ce sont ceux de Ziguinchor, Cap-Skiring et Kolda. L'aérodrome de Kolda est une piste en terre desservie une fois par semaine. La construction d'un nouvel aérodrome est prévu à Vélingara ainsi que le déplacement à Tabi de celui de Ziguinchor de façon à permettre la réalisation d'une piste accessible aux avions à réaction.

#### 2.32.2 Usines de transformation

La région possède un certain nombre d'usines de transformation huileries, usines de décorticage, usines d'égrenage de coton.

Il existe en Casamance une seule huilerie installée à Ziguinchor : c'est la SOCIETE ELECTRIQUE INDUSTRIELLE DE CASAMANCE (S. E. I. C.). Cette usine traite les arachides pour la fabrication de l'huile brute. Sa capacité de production correspond au traitement de 65.000 tonnes d'arachide en coque soit sensiblement la moitié de la production totale de la Casamance.

.../...

Le tableau ci-dessous donne en tonnes la production d'huile brute des huit dernières années :

!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!						
!	1970	!	1971	!	1972	!	1973	!	1974	!	1975	!	1976	!	1977	!
!	16,360	!	10,600	!	20,775	!	10,440	!	12,200	!	21,200	!	22,600	!	22,350	!

Le reste de la production d'arachide est traité dans le Nord du pays principalement par la S.O.D.E.C. ; les frais de transport augmentent sensiblement les coûts de production. C'est pourquoi on envisage de doubler la capacité de production de l'usine. Ceci pourrait être réalisé en doublant l'atelier d'extraction, le décorticage et la presse-rie pouvant sans modification produire deux fois plus qu'actuellement.

L'usine marche avec le gaz produit par le traitement des coques, une centrale au fuel assurant par ailleurs la fourniture de courant à la ville.

Toute la production d'huile brute de l'usine est exportée par bateau vers l'Europe.

En outre l'usine traite annuellement 4.500 tonnes de noix de palmiste, travail à façon pour les savonnerie de Dakar.

L'ONCAD possède une usine de décorticage d'arachide à Kolda d'une capacité de 12.000 tonnes et une usine de décorticage de paddy d'une capacité de 3.000 tonnes à SEFA. Cette capacité est très faible mais correspond en réalité au tonnage commercialisable lequel représente une faible partie de la production totale.

.../...



Pour le traitement du coton il existe dans la région deux usines d'égrenage qui possèdent chacune : deux égreneuses, cent vingt et huit scies, une presse haute densité et une centrale, ce sont les usines de Kolda et Vélingara.

L'usine de Vélingara égrène le coton graine de la région de Vélingara (à l'exception d'une partie du secteur de Linkéring) et une partie du coton graine de la région de Kolda.

### 2.32.3 Equipements collectifs

Nous examinerons successivement les équipements collectifs en matière de santé et d'enseignement.

#### 2.32.31 Equipements hospitaliers

La Casamance est une région médicale qui comporte au niveau de la région un Hôpital régional et au niveau du département une circonscription médicale (CM) composée d'un médecin et d'une sage-femme.

De plus un certain nombre de postes de santé sont répartis dans chaque arrondissement mais ils se composent uniquement d'un infirmier chargé de distribuer les médicaments et faisant office d'agent des grandes endémies. On observe une grande disparité des postes de santé beaucoup moins nombreux à l'Est de la région comme on peut le voir dans les tableaux des équipements par arrondissement.

La région comprend en outre deux secteurs de grandes endémies un à Bignona et l'autre à Kolda.

Les faiblesses actuelles des structures médicales sont essentiellement la disparité de la répartition des postes de santé et la mauvaise répartition des médicaments suivant les postes de santé.

.../...

Le premier objectif à réaliser consisterait à doter chaque chef lieu de communauté rurale d'un dispensaire, la répartition des postes de santé étant déterminée à partir des critères suivants :

- . Population à desservir,
- . Rayon de desserte.

En ce qui concerne les centres de grandes endémies, ils manquent d'agents et de moyens de déplacement si bien que la périodicité des visites de village est insuffisante (deux fois par an). Au demeurant ces visites ne permettent pas de dépister les maladies endémiques car elles sont entreprises pour une action bien précise (par exemple vaccination, soins aux lépreux) et seuls s'y rendent les gens concernés.

Les centres de grandes endémies font théoriquement un rapport annuel au service régional de santé sur le nombre de cas observés et soignés mais la valeur de ces statistiques est douteuse.

Les maladies endémiques qui sévissent dans la région sont par ordre d'importance : le paludisme, la bilharziose et diverses parasitoses.

Le paludisme sévit avec la même intensité dans toute la région pratiquement tous les enfants sont atteints.

Une campagne prophylactique a été entreprise depuis quinze ans ; c'est une campagne curative financée par l'OMS qui a pour objectif de couper la chaîne épidémiologique. La distribution de médicaments est faite par le truchement des (CM). Cependant cette politique a échoué en raison du défaut d'information et d'une logistique insuffisante. Au demeurant l'apparition de souches résistantes à la chloroquine constitue une nouvelle cause des progrès de la maladie.

La bilharziose est une maladie parasitaire surtout répandue en Basse Casamance quant à l'Onchocercose son influence ne semble s'exercer qu'à l'est de la Koulountou et aucun cas n'a été signalé en Casamance. Il conviendra cependant d'examiner dans quelle mesure ces maladies parasitaires seraient susceptibles d'apparaître à la suite des aménagements prévus dans le plan de mise en valeur.

### 2.32.32 Equipements scolaires

Le plan de mise en valeur étant essentiellement rural l'analyse porte exclusivement sur la comparaison de la population scolarisable et du nombre de classes d'enseignement primaire.

Le tableau 3 donne par arrondissement et pour les trois dernières années scolaires le nombre d'enfants scolarisés et le nombre de classes d'enseignement primaire.

La population scolarisable a été obtenue à partir des résultats du recensement de 1976.

L'examen du ratio, population scolarisable sur nombre de classes d'enseignement primaire fait apparaître une très grosse disparité de l'équipement scolaire entre l'ouest et l'est de la région.

Ce ratio est donné par arrondissement dans les tableaux (10.11) à (10.62) ; l'examen de ce même ratio, par département est révélateur de la croissance de la population scolarisable par nombre de classe lorsqu'on va d'ouest en est.

DEPARTEMENT	Bignona	Oussouye	Ziguinchor	Kolda	Sédhiou	Vélingara
Pop.scolarisable	127	136	140	272	209	372
Nbre de classes						



La population scolarisable par classe croît de 127 dans le département de Bignona à 372 dans celui de Vélingara. Ceci ne correspond pas à un sous équipement scolaire de l'est de la région mais est une conséquence de la diminution du taux de scolarisation entre l'ouest et l'est, taux de scolarisation qui est de 38,56 % pour le département de Bignona (record du Sénégal) contre 7,79 % dans le département de Vélingara.

En réalité le nombre d'élèves par classe est plus faible dans le département de Vélingara que dans celui de Bignona.

Cette diminution du taux de scolarité en Casamance Orientale tient au fait que dans cette région d'élevage, les enfants sont utilisés à la garde des troupeaux.

#### 2.32.4 Centres de stockage des produits agricoles

Les centres des produits agricoles sont gérés par l'ONCAD le tableau (4) donne par arrondissement le nombre de seccos ONCAD, le nombre de Coopératives et le nombre de villages, ainsi que les ratios permettant la comparaison de la population active agricole avec respectivement le nombre de coopératives et de seccos.

L'examen de ce tableau montre que les coopératives sont à peu près uniformément réparties dans chaque arrondissement par rapport à la population active sauf en ce qui concerne Ziguinchor et Oussouye où les coopératives sont sensiblement deux fois moins nombreuses que dans le reste de la région par rapport à la population active agricole.

.../...

Pour le département de Ziguinchor cela est dû à la proximité de la capitale (Ziguinchor offre des possibilités d'écoulement sur le marché parallèle) régionale et pour le département d'Oussouye au fait que la production, presque uniquement rizicole, est consommée sur place.

En ce qui concerne les seccos ils sont sensiblement trois fois plus nombreux par rapport à la population active agricole en Haute et Moyenne Casamance qu'en Basse Casamance. Cela est dû au fait que les seccos de l'ONCAD stockent presque uniquement la production d'arachide et seulement une faible quantité de la production céréalière qui est consommée sur place.

Avant son transport aux huileries la production d'arachide est regroupée par les soins de l'ONCAD dans des centres de groupage dont la capacité de stockage est variable.

CENTRE DE GROUPAGE	Ziguinchor	Bignona	Marsas-soum	Diana-Malary	Kolda	Vélingara
CAPACITE DE STOCKAGE EN TONNES	3.000	15.000	6.000	12.000	18.000	6.000

Quant à la production de coton graine elle est entièrement commercialisée par la SODEFITEX qui achète la production dans des centres de collecte et la transporte par camion dans ses diverses usines d'égrenage.

.../...

### 2.32.5 Infrastructures d'élevage

Les infrastructures d'élevage sont essentiellement les puits pour l'alimentation du bétail, les parcs de vaccination et centres de rassemblement du bétail, les abattoirs.

#### 2.32.51 Puits pour l'alimentation du bétail

En dehors des rivières et mares utilisables pour l'alimentation en eau du bétail en hivernage et pendant une partie de la saison sèche, il existe en Casamance un grand nombre de puits.

Ils sont malheureusement difficiles à inventorier car leur fonçage a été réalisé soit par des organismes techniques gouvernementaux (Service de l'Hydraulique ou de l'Équipement Rural), soit par les services de la Préfecture soit enfin directement par les villageois eux-mêmes.

Les seuls puits existants dont la localisation puisse être précisée sont ceux construits depuis 1975 dans le cadre du Programme U. N. I. C. E. F. et ceux exécutés en 1978 par le Service de l'Hydraulique et dénommés "puits de fonctionnement".

Le Programme U. N. I. C. E. F. prévoyait pour la période 1975-1977 la réalisation de quatre vingt onze puits. Cinquante quatre ont été réalisés dont quatre sont en cours de réparation. Le tableau (5) donne la localisation et le coût de ces puits.

Au cours de l'année 1978 le Service de l'Hydraulique a exécuté six puits dans les départements de Bignona et Sédhiou. Ce sont les "puits de fonctionnement" de Baïla, Djimakacor, Silik, Mahmouda (département de Bignona), Sédina et Diama-Kouta (département Sédhiou).

.../...



Le Service de l'Hydraulique de la région a proposé la construction de cinquante sept nouveaux puits dans les départements de Kolda, Bignona et Vélingara. Ce sont précisément les départements où le manque de puits se fait le plus cruellement sentir en raison du développement du cheptel et des conditions climatiques qui ont entraîné le tarissement de cours d'eau considérés jusqu'à présent comme pérennes.

Enfin dans le cadre du programme d'hydraulique pastorale réalisé en 1976 à partir de la taxe rurale la réfection de quarante neuf puits et l'exécution de cent quatre puits nouveaux ont été réalisées (voir tableau (6)).

A l'heure actuelle l'insuffisance des points d'eau pour l'alimentation humaine et celle du bétail reste manifeste, en dépit des efforts entrepris récemment.

#### 2.32.52 Parcs de vaccination et centres de rassemblement du bétail

Il existe en Casamance quelques parcs de vaccination du bétail mais ils ne sont pas utilisés car les couloirs des parcs sont trop larges pour le cheptel ce qui permet à celui-ci de faire demi-tour, bloquant ainsi la circulation.

La vaccination des troupeaux s'effectue donc dans des centres de rassemblement. Ce système est généralisé à l'ensemble de la région à l'exception du département de Ziguinchor où s'est instauré le système du porte à porte. Au lieu que les troupeaux se rassemblent dans un même centre ce sont les agents chargés de la vaccination qui se déplacent d'exploitation en exploitation.

.../...

Cependant cette solution n'est pas satisfaisante car les troupeaux sont souvent partis pâturer dans les champs lorsque se présentent les agents chargés de la vaccination.

Le tableau (7) donne pour chaque arrondissement et pour les deux dernières années le nombre de bêtes vaccinées et le nombre de centres de rassemblement ainsi que la valeur du ratio :

Nombre de bêtes vaccinées / Nombre de centres

L'examen de ce tableau appelle les remarques suivantes :

Le nombre de bêtes vaccinées par centre de vaccination croît de l'ouest à l'est ce qui laisse supposer qu'en Casamance Orientale le nombre de centres de vaccination est insuffisant.

La baisse spectaculaire (de moitié) du nombre de bêtes vaccinées dans le département de Sédhiou provient du fait qu'en 1978 les marabouts ont refusé la vaccination de leur troupeau. Par ailleurs le vaccin du charbon ayant été supprimé certains propriétaires n'ont pas jugé utile de faire vacciner leur troupeau.

### 2.32.53 Abattoirs

Il y a en principe un abattoir au niveau de chaque chef lieu de département et une aire d'abattage au niveau de chaque chef lieu d'arrondissement. Cependant le département d'Oussouye ne possède pas d'aires d'abattage et dans le département de Sédhiou il en existe deux dans chacun des arrondissements de Bounkiling (un supplémentaire à Sénoba) de Diattacounda (un supplémentaire à Goudomp) et de Tanaff (un supplémentaire à Samine-Escale).

.../...

### 2.32.6 Infrastructures de pêche

En matière de pêche la Casamance possède d'énormes potentialités malheureusement fort peu et fort mal exploitées.

Dans la zone maritime, la pêche au chalutier est peu pratiquée, les bateaux n'ayant pas la possibilité d'écouler leur capture à Ziguinchor.

Dans la zone fluviale où s'exerce presque exclusivement l'activité des pêcheurs de la région l'armement se compose essentiellement de pirogues à moteur (qui ont progressivement remplacé les pirogues à voile). En dehors des pêcheurs de la région, une importante équipe de pêcheurs saisonniers venus de Saint-Louis s'est installée à Kafountine avec, comme objectif, la transformation de leur capture en salé-séché.

Le tableau (8) donne l'évolution des différents produits de la pêche de 1963 à 1975. Ce tableau appelle les remarques suivantes :

Entre 1963 et 1975 la pêche de poisson a été multipliée par sept, celle de crustacés (principalement des crevettes) par quatre alors que la récolte d'huîtres baissait de moitié.

Cependant de 1972 à 1975 on observe un plafonnement de la production de crustacés sans doute due aux mauvaises conditions climatiques.

Le manque de routes d'accès aux centres de production et l'absence de dépôts de glace permettant une meilleure conservation du produit constituent des freins à l'augmentation de la production.

../...



Cependant il s'est créé une infrastructure industrielle convenable pour le traitement et l'exportation des crevettes. Quatre usines sont installées à Ziguinchor soit par ordre d'importance :

AMERGER : capacité de production : 10 T/j  
 SOSECHAL : capacité de production : 3 T/j  
 PROPECSEN : capacité de production : 2 T/j  
 CRUSTAVIF : capacité de production : 2 T/j

L'évolution de la production de l'ensemble de ces usines depuis 1969 a été la suivante :

! ANNEE !	! 1969 !	! 1970 !	! 1971 !	! 1972 !	! 1973 !	! 1974 !	! 1975 !	! 1976 !	! 1977 !
! PRODUCT!	! 1.250 !	! 822 !	! 800 !	! 1.239 !	! 1.452 !	! 1.500 !	! !	! 880 !	! 1.234 !
! ANNUEL!	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !
! EN TONNE!	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !

Ce tableau montre que la capacité de production est loin d'être atteinte. Cette limitation de la production est due à diverses causes :

Tout d'abord les mauvaises conditions climatiques des dernières années ont entraîné une augmentation de la salure du fleuve en particulier dans la partie maritime amont des bolons dont les eaux saumâtres et de faible profondeur constituent des "nursey" naturelles.

.../...

Par ailleurs une pêche clandestine s'est instaurée depuis quelques années avec exportation vers Dakar. Cette pêche clandestine s'effectue en dehors de la zone de pêche qui s'étend sur 40 kilomètres à l'amont de Ziguinchor jusqu'à Tambacoumba. Cette pêche de crevettes immatures à la carapace molle est un obstacle majeur à la reproduction du crustacé. Il ne semble pas, en dépit des avertissements prodigués par les usines, que des mesures efficaces aient été prises par le service de pêches pour réduire cette contrebande. Il est vrai que ce service peut exciper du manque de moyens.

Devant cette baisse de la production les usines ont été amenées à grouper la production dans une seule usine.

Le maintien de la situation actuelle jointe aux effets possibles des aménagements hydro-agricoles prévus sur la Casamance et ses affluents de zone maritime risquent de poser à brève échéance le problème de la surexploitation (overfishing). Il semble qu'en Asie, dans certains cas semblables, le problème ait pu être réglé par l'élevage artificiel de larves de crevettes dans les eaux lagunaires. Il serait bon que cette question et celle plus générale de la pêche soit examinée par un spécialiste dans la deuxième phase du plan de mise en valeur, comme cela est prévu pour l'élevage.

On peut cependant dire dès maintenant que le développement de la pêche dépendra de la façon dont seront réglés certains problèmes :

- pêche clandestine de crevettes immatures ;
- routes d'accès aux centres de production ;

.../...

- implantation de chaînes de froid ;
- équipement en flotte de pêche ;
- construction de ports de pêche.

Le Vè Plan prévoit effectivement la construction de deux ports de pêche à Elinkine et Kafountine et envisage l'introduction de nouvelles techniques de culture des crevettes.

Les usines de Ziguinchor ont un programme d'investissement important pour la congélation et l'exportation de soles et de capitaines.

x

x x



2.33

EQUIPEMENTS PREVUS OU EN COURS DE REALISATION

2.33.1

Situation actuelle de la riziculture en Casamance  
Maritime et Continentale

Avant de faire une étude critique des aménagements actuellement prévus (ou en cours de réalisation) pour étendre les superficies rizicultivables et accroître leur rendement, nous allons examiner la situation actuelle de la riziculture en Casamance Maritime et Continentale.

Le tableau ci-dessous donne les superficies des rizières cultivées respectivement en 1969 et en 1976 en Basse Casamance (strate 1, 2 et 3.1) et en Moyenne et Haute Casamance (strates 3.2, 4 et 5).

STRATES	SURFACE DES STRATES EN KM2	SURFACES DES RIZIERES EN HA	
		1969	1976
1, 2, 3.1	7.339	42.003	36.650
3.2, 4, 5	20.980	42.581	28.148

Ce tableau montre que, proportionnellement à sa surface, la Basse Casamance comporte trois fois plus de rizières que la Moyenne et Haute Casamance et qu'en 1976 la superficie des rizières était plus faible qu'en 1969 la baisse étant plus sensible à l'est qu'à l'ouest de la région.

.../...

Cette diminution montre que les mesures prises depuis une dizaine d'années pour le développement de la riziculture en Casamance n'ont pas été suivies d'effets. Les deux années considérées ont eu, en effet, une pluviométrie voisine de la normale si bien que la proportion de rizières non mise en culture a été du même ordre de grandeur.

Par ailleurs le rendement moyen de ces deux années est identique (1,4 t/ha).

D'une façon générale les rizières de Basse Casamance peuvent être classées en rizières douces ou rizières salées suivant que leur submersion est assurée par des eaux douces ou par les eaux saumâtres de la partie maritime des bolons. Les rizières salées se trouvent exclusivement en Basse Casamance et selon ILACO elles représenteraient le quart des rizières de cette partie de la région. Etablies au niveau de la mer, le long des marigots et défluent de l'estuaire, ces rizières sont conquises sur la mangrove après destruction de celle-ci. Leur établissement dans le domaine des palétuviers n'implique pas seulement la destruction de la végétation naturelle mais exige des modifications de la topographie et de la composition du sol par une action volontaire et méthodique. La protection contre les eaux salées est assurée par une puissante digue extérieure qui sépare la rizière du marigot et est destinée à interdire ou éventuellement, à contrôler l'invasion du flot marin.

Cette digue est arasée à une côte supérieure d'une vingtaine de centimètres au niveau des plus fortes marées. Si la digue est directement au contact d'un marigot parcouru par les courants,

.../...

elle est protégée par une digue plus large que si elle est établie au sein de la mangrove là où l'action des marées est amortie par la végétation. La digue principale est traversée par des drains constitués par des troncs évidés de rôniers, noyés dans la terre au moment de la construction de la digue. Ces drains qui mettent en communication rivières et marigots permettent tantôt l'évacuation à marée basse de l'eau retenue dans la rizière, tantôt l'entrée, à marée montante, de l'eau du marigot à l'intérieur du périmètre endigué.

A l'abri de la digue de protection le terrain est quadrillé par un réseau de diguettes séparant des parcelles labourées. Ce labour \* ne s'effectue pas à plat mais sous forme de larges banquettes (les billons) séparées entre elles par d'étroits et profonds fossés. Le sol des billons est labouré en saison sèche, de février à mai, époque où l'absence de pluie permet d'y travailler, le terrain restant en général suffisamment humide pour permettre le labour. Si la terre est trop desséchée à la suite d'un hivernage déficitaire on inonde momentanément la rizière pour humecter le sol. Lorsque, après quelques marées, le sol est jugé suffisamment humide, on évacue l'eau et on referme la digue extérieure.

Dès le début de l'hivernage les eaux de pluie inondent les rizières et sont emmagasinées dans le réseau de diguettes. Ces eaux douces se chargent de sel et s'accumulent dans les fossés et canaux de drainage. C'est naturellement la couche superficielle des billons qui, grâce à sa situation privilégiée, est la première dessalée, tandis que les chlorures s'accumulent dans les couches pro-

.../...

---

\* Le labour est exécuté au "Kayendo" instrument aratoire caractéristique de la technique de riziculture "Diola".



fondes et sur les parois des fossés. Lorsque le niveau de l'eau dans la rizière est jugé suffisant et menace de submerger les billons, les drains sont ouverts à marée basse et l'eau chargée des sels dissous est évacuée.

On peut alors procéder au repiquage du riz.

En remontant vers l'amont de la partie maritime des bolons, la salinité des marigots diminue et les courants de marée deviennent plus faibles si bien que le système de protection par digue extérieur disparaît progressivement. L'eau des bolons en année de pluviométrie normale se trouve suffisamment dessalée de début août à fin novembre pour que la digue extérieure de protection perde son utilité.

Le système de riziculture qui vient d'être décrit est très sensible aux aléas climatiques particulièrement dans une région qui, comme la Basse Casamance, ne reçoit en moyenne et, suivant les lieux, que 1400 à 1700 mm de précipitation annuelle.

En année déficitaire le sel entraîné en profondeur par l'eau filtrant du sommet des banquettes reste un danger pour les rizières dès lors qu'il n'est pas convenablement lessivé par suite d'une pluviométrie insuffisante. En saison sèche, le sel envahit à nouveau l'horizon superficiel sous l'effet de l'évaporation qui provoque des remontées par capillarité. Si apparaît une série d'années déficitaires les pluies d'hivernage ne parviennent pas à lessiver le sel accumulé et, par ailleurs, l'augmentation de la salinité des bolons ne permet plus l'inondation de la rizière avant labourage sans risquer un accroissement de la salure des terrains.

.../...

C'est là qu'il faut chercher la raison principale de l'abandon de cette forme de riziculture, observé depuis une dizaine d'années. La situation est évidemment totalement différente dans les régions où la pluviométrie moyenne annuelle dépasse 2500 mm comme la Guinée-Bissau et la Sierra-Léone ou dans les estuaires des fleuves au débit important comme la Gambie dont les eaux se trouvent dessalées plus de sept mois par an (voir Hydrologie : 2.24.13 : Variations spatio-temporelles de la salinité de la Casamance).

Un autre danger menace d'ailleurs la riziculture salée en Casamance c'est le risque d'acidification des terrains. La présence en profondeur des racines de palétuviers rend en effet ces sols potentiellement acides. Cette question est longuement traitée dans le rapport agronomique.

Nous nous contenterons ici de rappeler que les terres de mangrove ont in situ un ph de l'ordre de 6 ; cependant si on dessèche un échantillon prélevé en place il y a abaissement du ph qui devient franchement acide et le processus est irréversible. Or l'expérience a prouvé que le drainage profond des terres de mangrove (drainage destiné au lessivage) aboutissait au même résultat et rendait les terres irrécupérables pour la culture.

Un essai de classification des types de rizières ne peut tenir uniquement compte de la distinction entre rizières douces aménagées sur les sols non salés et les rizières profondes conquises sur la mangrove. Si les secondes constituent un type homogène de culture il n'en est pas de même des premières de beaucoup les plus étendues en Casamance Maritime et les seules existantes en Casamance Continentale.

Parmi les rizières non salées les distinctions naissent d'abord de leur position topographique ; certaines, surtout en Basse Casamance, sont établies sur les versants des petites vallées en "doigt de gant" qui s'enfoncent au sein du plateau du Continental Terminal ; un exemple typique est constitué par les vallées des "Djougoutt" à l'ouest de Bignona.

Dans la zone maritime, le long des vallées principales, les rizières occupent d'immenses surfaces homogènes sur les versants constitués par les sols gris compris entre rizières salées et le plateau du Continental Terminal. Ces rizières qui ont, en général, les sols les plus perméables sont les moins bien alimentées puisqu'elles ne disposent que des eaux de pluie reçues directement.

En revanche les rizières établies sur les sols hydro-morphes de fond, dans les larges vallées du Balantacounda ou le long des plus importants affluents de rive gauche de la Casamance (Dioulacolon, Tiangol-Dianguina) bénéficient d'une inondation importante et prolongée grâce à l'imperméabilité relative des sols et à la concentration des eaux de ruissellement qui filtrent des plateaux drainés horizontalement par les cuirasses latéritiques.

Quant aux larges vallées de la Casamance entre Kolda et Diana-Malari et de la Kayanga, du confluent de l'Anambé à la frontière de Guinée-Bissau elles ne portent pas de rizières, bien que leurs sols soient parfaitement adaptés à cette culture, ceci en raison des inondations importantes qui submergent ces vallées durant l'hivernage.

.../...



Les rizières douces se distinguent encore entre elles par la date de commencement et la durée de leur cycle. On distingue les rizières d'hivernage et les rizières de contre-saison.

Les rizières d'hivernage ne sont alimentées que par les eaux de pluie et de ruissellement de l'hivernage. Le repiquage du riz a lieu lorsque le sol est suffisamment ameubli par les premières pluies. Les meilleures rizières sont situées dans les zones de bas-fonds bien pourvues en eau, plaines en pente insensible et vallées en berceau. Les moins bonnes sont les rizières plus sablonneuses des terres de versant situées à proximité des plateaux. Dans la presque totalité des rizières douces il n'existe aucun système de canalisation destiné au drainage de l'eau ; elles ne sont alimentées que par les pluies reçues directement et par l'eau d'infiltration venue des parcelles situées à l'amont ou en provenance du plateau.

Les rizières de versant ont comme les rizières salées un rendement étroitement dépendant des conditions climatiques. Le rendement de ces rizières est lié, en effet, à une répartition régulière des pluies car elles s'assèchent rapidement et, même après de fortes pluies, il est impossible de retenir plus de trois jours une lame d'eau d'une dizaine de centimètres.

C'est pourquoi contre la sécheresse consécutive à un déficit pluviométrique et/ou à des averses irrégulièrement espacées, il n'y a dans ce type de rizière, aucun remède sauf à prévoir des irrigations complémentaires.

.../...

Les rizières de bas-fonds cultivées en hivernage sont beaucoup moins éprouvées en année déficitaire mais en revanche elles courent de gros risques lorsque des précipitations abondantes entraînent de fortes inondations. Ainsi la totalité des rizières de bas-fond du Dioulacolon et du Tiangol-Dianguina ont été perdues lors de la crue de septembre 1969. Là encore se trouve posé le problème de la maîtrise de l'eau.

Quant aux rizières de contre-saison qui ne constituent qu'une infime proportion des surfaces de rizières elles sont implantées dans certaines vallées en forme d'auge fortement encaissées dans le plateau du Continental Terminal, ce qui leur assure, en saison sèche, le maintien d'une nappe d'eau au voisinage de la surface alors que la hauteur de submersion, de juillet à novembre, interdit d'y pratiquer la riziculture d'hivernage. C'est le cas de certaines vallées du Balantacounda.

Le rendement de ces rizières est satisfaisant sauf en année exceptionnellement déficitaire (1977 par exemple), cependant s'il était possible d'assurer la maîtrise de l'eau dans ce type de vallée il serait possible d'y pratiquer la riziculture en double cycle.

x

x x

2.33.2

Aménagements de petits périmètres rizicoles

L'examen de la situation actuelle de la riziculture en Casamance a mis en évidence les contraintes techniques auxquelles cette culture est assujettie du fait des aléas climatiques et de l'absence de maîtrise de l'eau.

Nous allons examiner dans quelle mesure ces contraintes ont été levées par les aménagements actuellement en cours de réalisation.

Les divers aménagements en cours de réalisation actuellement concernent les projets du P. I. D. A. C., du P. R. S. II. et de la Mission Agricole Chinoise, projets qui sont tous coiffés par la SOMIVAC. Les résultats obtenus par ces projets sur le plan financier sont examinés par ailleurs (voir II.4.5 : Organismes de Développement Rural en Casamance).

Nous nous bornerons ici au plan technique.

Le Projet Intérimaire de Développement Agricole  
en Casamance (PIDAC)

Le PIDAC a succédé en 1974 aux projets ILACO et OPR-SATEC avec les objectifs suivants :

- Accroissement des rendements par la vulgarisation de nouvelles méthodes culturales et la culture de variétés à cycle végétatif mieux échelonné dans le temps.

.../...



. Formation et mise en place d'un dispositif d'encadrement des paysans.

. Sur le plan technique le PIDAC a pris en charge l'entretien d'un certain nombre d'ouvrages réalisés en Basse Casamance par ILACO avant 1974.

Ces ouvrages sont essentiellement des petits barrages anti-sel établis à l'amont de la partie maritime des dépressions en doigt de gant qui échancrent le plateau des Djougoutt (voir en annexe la carte des zones du PIDAC en Basse Casamance n°10.2.1). Ces ouvrages se composent :

- D'une digue \* barrant le cours du marigot,
- D'un déversoir en béton arasé à une cote supérieure à celle atteinte par les plus hautes marées,
- D'une passe munie de vannes droites en bois dont l'ouverture permet de régler le niveau du plan d'eau amont.

Certains de ces ouvrages comme le barrage de Kartiak, ont été restaurés dernièrement, les autres ont été détruits, la plupart du temps par la formation de renards sous la fondation.

L'objet de ces petits ouvrages anti-sel conçus par ILACO était d'éviter les remontées salines à l'amont et d'y assurer pendant l'hivernage et une partie de la saison sèche une certaine maîtrise des eaux douces venant de l'amont.

.../....

---

\* Cette digue est souvent réalisée par by-pass d'une piste existante.

Le bilan hydrologique de ce type d'ouvrage sera analysé plus loin à propos des barrages anti-sel. Nous nous contenterons pour le moment de noter qu'il y a nécessairement baisse du plan d'eau à l'amont durant la saison sèche, même en année de pluviométrie normale, et que cette baisse est d'autant plus marquée que la surface de retenue est importante vis à vis de celle du bassin versant.

Or les bassins des dépressions en doigt-de-gant du plateau des Djougoutt ont des surfaces très faibles et leur relief peu marqué ne permet pas un bon drainage de la nappe phréatique. Dans ces conditions ces ouvrages ne permettent pas d'accroître les superficies cultivées et les rendements. Les mauvaises conditions climatiques de ces dernières années ont même entraîné une chute notable de la production du riz du PIDAC.

ILACO avait préconisé un autre type d'aménagement rizicole dit "aménagement ouvert". Il consiste en un réseau de drains primaires d'un mètre de profondeur équidistants de cent mètres, perpendiculaires au lit du marigot et débouchant librement dans celui-ci. Dans ces drains débouchent des drains secondaires d'une profondeur de vingt centimètres.

Ce système était sensé permettre en hivernage un lessivage plus efficace des sels que le système classique avec digue extérieure de protection contre les eaux salines. A la suite de divers essais ILACO pensait en effet que le lessivage produit par l'eau du marigot qui envahit deux fois par jour la rizière a une action beaucoup plus sensible sur la dessalinisation que les eaux pluviales qui ne participent au processus qu'en quantités beaucoup plus faibles.

Cependant un impératif pour l'application de ce système de rizière en communication avec le marigot est le dessalement suffisant de l'eau de celui-ci pendant la saison des pluies.

Or nous avons vu (Hydrologie II.2.24.13) qu'en année normale c'est seulement à l'amont de la partie maritime des bolons que se produit un dessalement suffisant d'août à novembre. De plus les conditions climatiques défavorables de ces dernières années ont entraîné une remontée du front salin si bien que les expériences "d'aménagement ouvert" tentées par ILACO se sont traduites par des résultats catastrophiques et ont entraîné une acidification des terrains.

#### Le Projet Rural de Sédhiou (PRS II)

Les aménagements hydro-agricoles prévus par le P. R. S. II pour être exécutés de 1976 à 1979 étaient de quatre types :

Type A - Construction de polders pour regagner les plaines alluviales le long de la Casamance et utiliser l'écoulement de surface à des fins d'irrigation.

Type B - Construction d'un système d'irrigation gravitaire par dérivation en amont des vallées affluentes de la Casamance.

Type C - Ouvrages de drainage dans les vallées gorgées d'eau durant la saison des pluies et dérivation des écoulements de surface à des fins d'irrigation.

Type D - Développement des sites de pompage dans la vallée de la Casamance, à l'amont de la zone maritime là où l'on dispose d'un débit pérenne.

(voir en annexe la carte des aménagements prévus, n° 10.2.2).

.../...



L'aménagement type A est tout à fait analogue, dans son principe, aux polders classiques de Basse Casamance avec digue extérieure de protection. La réalisation de ce type d'aménagement supposait la résolution préalable de plusieurs problèmes (contrôle de la remontée des eaux salées par capillarité, variations de la salinité du fleuve, détermination des meilleurs moyens de dessalinisation du sol) ce qui nécessitait une étude pédo-hydrologique préalable. C'est seulement si cette étude donnait des résultats favorables qu'on devait entreprendre l'aménagement de 50 hectares de polder expérimental.

D'après l'échancier des travaux le casier expérimental de type A devait être réalisé en 1978 si les études pédo-hydrologiques donnaient des résultats favorables. En réalité ces études n'ont pas été entreprises faute de moyens adéquats si bien que l'exécution du casier est reportée.

Compte tenu de l'analyse faite dans ce rapport des données pédologiques et hydrologiques existantes (voir II.1.1, II.2.1 et II.2.2) il apparaît que ce type d'aménagement est très sensible aux aléas climatiques et comporte des risques de salinification ou d'acidification suivant les conditions de drainage du terrain.

En particulier la pluviométrie moyenne annuelle est plus faible qu'en Basse Casamance (1300 mm contre 1500 à 1700 ) si bien qu'il ne faut pas s'attendre à des rendements supérieurs à ceux obtenus dans les aménagements fermés actuels de type diola, aménagements qui, nous l'avons vu plus haut se trouvent progressivement abandonnés par les populations diola en raison :

.../...

- des aléas climatiques,
- de la complexité des façons culturales,
- de l'introduction de cultures de rente plus rémunératrices et exigeant moins de travail.

Si, en plus, on tient compte du coût élevé de l'investissement à l'hectare (plus de 500.000 F.CFA) on voit que le succès des aménagements type A se trouve lourdement compromis.

Les aménagements type B consistent en l'irrigation des rizières par gravité, sans stockage d'eau par l'intermédiaire de barrages, mais simplement par dérivation des eaux de surface dans les conditions suivantes :

On barre le marigot par une digue en terre munie d'un ouvrage régulateur en béton, destiné à dériver l'eau dans des canaux latéraux d'irrigation suivant sensiblement les courbes de niveau. Ces canaux collectent les eaux de ruissellement pendant les grandes averses et les restituent dans le drain naturel aménagé. Ils servent aussi à répartir l'eau d'irrigation dans les rizières aménagées en terrasses suivant les courbes de niveau, le ruissellement étant contrôlé par des diguettes.

Ce type d'aménagement présente un intérêt certain car il permet d'augmenter à la fois les superficies rizicultivables et les rendements par un meilleur contrôle de l'irrigation, à condition toutefois que la maîtrise de l'eau soit assurée grâce à la connaissance des bilans hydrologiques mensuels de la vallée et ceci dans les trois hypothèses d'une année sèche, d'une année normale et d'une année humide.

.../...

On ne dispose pas actuellement des données nécessaires à l'établissement de ces bilans sauf pour les grands émissaires comme la Kayanga et la Casamance et encore à certaines stations seulement (voir hydrologie II.2.25). Le recueil de ces données pour les petites vallées nécessitera des mesures sur plusieurs années consécutives si bien que l'intérêt présenté par chaque aménagement ne peut pour le moment être examiné qu'en étudiant une corrélation avec les grands émissaires.

Ce problème d'hydraulique ne semble pas avoir été abordé dans les divers projets du type B étudiés par le P. R. S. (vallée de Bakoum et Diendé).

Au demeurant seuls deux appels d'offres ont été lancés pour la réalisation d'aménagement type B alors que l'échéancier des travaux prévoyait l'exécution d'un périmètre de 100 hectares en 1977 et en 1978.

Dans le cadre de la première phase du schéma de plan directeur le problème des bilans hydrologiques des petites vallées (notamment celles du Balantacounda) n'a pas été abordé \*. Il est certain cependant, par analogie avec les projets d'aménagement de la Kayanga et de la Casamance qui seront exposés plus loin, que le régime extrêmement irrégulier des apports obligera à prévoir en tête de vallée un barrage de régularisation saisonnière (et non pas comme actuellement prévu un simple ouvrage de dérivation) si l'on désire assurer la maîtrise de l'eau même en année sèche. Or cette maîtrise est absolument indispensable si on désire augmenter les rendements de façon spectaculaire. Sans cette hausse des rendements les paysans n'accepteront pas ce type d'aménagement qui exige un remembrement des rizières actuelles aux formes irrégulières.

.../...

---

\* Cette étude sera faite dans le cadre de la deuxième phase du schéma de plan directeur.



Les aménagements du type C consistent en un simple drainage de certains affluents de la Casamance Continentale au voisinage de leur confluent. La partie aval de ces vallées est souvent inondée en hivernage, soit par les eaux de ruissellement venant de l'amont, soit par les crues du fleuve. Il s'agit de maîtriser l'inondation (qu'elle vienne d'amont ou d'aval) pour empêcher que les eaux excédentaires ne viennent endommager la riziculture.

On conçoit mal comment un pareil résultat peut être obtenu à l'aide d'un simple drainage. Il semble qu'il faille nécessairement prévoir des ouvrages de retenue à l'amont et à l'aval associés à des stations de pompage.

On peut alors légitimement se demander si les résultats à attendre de ce type d'aménagement sont à la hauteur des moyens mis en oeuvre.

Les aménagements type D constituent une expérience intéressante de riziculture de contre-saison dans la vallée de la Casamance à l'amont immédiat de la partie maritime. Le lit majeur de la rivière, formé de terrasses alluviales est particulièrement bien adapté à la riziculture mais celle-ci ne peut être pratiquée en hivernage en raison des crues qui inondent la vallée sous une lame d'eau de deux à quatre mètres. En revanche des irrigations de contre-saison sont possibles par pompage dans le fleuve au débit supposé pérenne.

Le premier projet rizicole de Sédhiou (PRS I) avait effectivement mis en valeur 35 hectares de périmètres de contre-saison et obtenu sur ces derniers des rendements excellents (dépassant 3,5 t/ha).

.../...

L'objectif du PRS II était de faire passer les périmètres de contre-saison de 35 hectares à 100 hectares, dont 50 hectares supplémentaires de 1976 à 1978. En réalité l'extension a porté sur 15 hectares seulement et, en raison notamment des mauvaises conditions climatiques de 1977, les rendements de la campagne 1977-1978 sont tombés au-dessous de 1 tonne par hectare.

Ceci montre que les sites de pompage n'ont pas résolu le problème de la maîtrise de l'eau ; la Casamance ayant tari complètement durant la saison sèche 1977-1978, les périmètres amont (Toubakouta) ont souffert du manque d'eau et le périmètre aval de Dianabah a été irrigué avec de l'eau salée en raison de la remontée du front salin.

Dans ces conditions le coût du pompage s'est révélé prohibitif. Comme nous le verrons plus loin en abordant le problème général de la maîtrise de l'eau en Casamance, il n'est d'ailleurs pas rationnel de pratiquer des irrigations de contre-saison pour les spéculations dont la culture est possible en hivernage après aménagement. Etant donné la faiblesse des écoulements, l'irrigation en contre-saison devrait être réservée aux spéculations à forte valeur ajoutée dont la culture n'est possible qu'en saison sèche (maraîchage) ou dont le cycle cultural s'étend sur l'année entière (fourrage, canne à sucre).

Les conditions climatiques ne sont pas la seule cause de la baisse des rendements ; il y a eu, comme autres raisons, les grands retards de la mise en place du riz et la mauvaise exécution des opérations par les paysans.

.../...

La Mission Agricole Chinoise (MAC)

La Mission Agricole Chinoise qui a succédé à la Mission Formosane et travaille en Casamance depuis 1964/1965 a pour objectif le développement de la riziculture par la vulgarisation de techniques modernes et l'amélioration de la maîtrise de l'eau des aménagements hydro-agricoles.

A ce titre elle a entrepris la construction de deux ouvrages anti-sel dans deux vallées du Balantacounda affluents de la Casamance. Ce sont les barrages de Diagon et de Simbandi-Balante.

Ces deux ouvrages sont établis à proximité de la RN6 qu'ils courtcircuient. Chacun des barrages muni de vannes plates métalliques est placé immédiatement à l'aval du pont de la RN6 qui franchit à cet endroit le marigot et l'ouvrage se trouve raccordé à la route par une digue en terre. On fait ainsi l'économie de l'ouvrage de franchissement du lit majeur dont la largeur atteint plusieurs centaines de mètres.

Le lit mineur du marigot comporte d'ailleurs deux bras distincts séparés par une distance de deux cents mètres environ. Le deuxième bras est obturé par une passe déversante arasée à un niveau inférieur à celui atteint par les plus fortes marées. Pour éviter la remontée de la marée le déversoir est muni d'un batardeau constitué par deux parois parallèles d'éléments de bois empilables. L'espace compris entre ces deux parois est bourré avec de l'argile pour assurer l'étanchéité du batardeau.

Bien que la Mission Chinoise n'ait fourni aucun rapport sur le mode de fonctionnement de l'ouvrage il semble que le déversoir ait pour objet d'assurer la maîtrise de l'eau, dans l'hypothèse d'une forte crue du marigot, lorsque le niveau amont ne peut plus être contrôlé par l'ouverture des vannes du barrage.

.../...



Le but recherché par ce type d'aménagement est d'allonger la période pendant laquelle la salinité du marigot reste acceptable. A cet effet les vannes du barrage sont abaissées à chaque marée haute, dès le début de l'hivernage, de façon à éviter les remontées salines. Par contre, à marée basse, les vannes sont partiellement ouvertes pour évacuer les eaux douces venues de l'amont. L'ouverture des vannes doit être réglée de façon à éviter la baisse du plan d'eau amont.

La Mission Chinoise espère ainsi récupérer 70 hectares de terres rizicultivables à l'amont du barrage de Diagon et 100 hectares à l'amont du barrage de Simbandi-Balante.

Par ailleurs une station de pompage installée à l'amont immédiat du barrage de Simbandi-Balante doit permettre l'irrigation de 50 hectares de rizière en double-cycle en rive gauche aval ; les irrigations de saison sèche étant assurées par pompage dans la retenue.

Cependant la Mission ne semble pas être préoccupée de l'évaluation des bilans hydrologiques de chaque vallée, particulièrement en saison sèche, ni des risques d'acidification des terres que peut entraîner la baisse du plan d'eau dans la retenue.

Ces problèmes seront examinés plus loin à propos des barrages anti-sel.

Dans ces conditions il n'est pas certain que puissent être tenus les objectifs de production et de rendement.

x

x x

### 2.33.3 Récupération des terres de mangrove : Barrages anti-sel

L'extension de la riziculture par récupération des terres de mangrove pose, nous l'avons vu, un problème difficile à résoudre en Casamance Maritime, parce que les marigots, sauf à l'amont de leur partie maritime, n'ont en général une salinité acceptable que durant une fraction faible, voire nulle, de l'hivernage.

C'est pourquoi, les rizières conquises sur la mangrove doivent être protégées à l'action nuisible des eaux salines par une digue de protection extérieure.

Ces digues n'existent \* ni en Gambie ni en Guinée-Bissau, régions où les apports d'eaux douces venant, soit de l'amont, soit des abondantes précipitations sur le plan d'eau, assurent le dessalement des fleuves durant tout l'hivernage et une partie de la saison sèche.

S'il est impossible dans notre cas d'augmenter les apports d'eau douce \*\* arrivant de l'amont on peut, par contre, essayer d'empêcher l'intrusion des eaux salines provenant de l'aval pendant la durée du flot. D'où l'idée des barrages anti-sel, idée lancée dès 1962 par ILACO.

Un barrage anti-sel se compose schématiquement des éléments suivants :

.../...

---

\* En dehors de leur rôle de protection contre les eaux salines ces digues sont plus nuisibles qu'utiles car elles réduisent le marnage bi-journalier dû aux marées ; or c'est ce marnage qui assure un bon drainage des billons traditionnels dominant sur une grande hauteur les fossés de collature.

\*\* Il est cependant possible, comme nous le verrons plus loin, de modifier par un stockage approprié la répartition de ces apports, trop importants en hivernage et trop faibles en saison sèche.

1°/ - Une digue en terre barrant la vallée et arasée à une cote supérieure au niveau des plus hautes marées de vives-eaux ;

2°/ - Un barrage-écluse à portes automatiques. Ces portes s'ouvrent, à marée basse, lorsque le plan d'eau amont est supérieur au plan d'eau aval et se referment automatiquement sous la poussée de l'eau à marée haute, dès que le plan d'eau aval est supérieur au plan d'eau amont. Ainsi se trouve empêchée l'intrusion des eaux salines pendant la durée du flot.

3°/ - Une passe déversante, munie de vannes, de façon à maintenir le plan d'eau dans la retenue à un niveau déterminé. Ce plan d'eau est légèrement variable pendant la durée du cycle végétatif. Une cote précise doit être assurée pendant la période de repiquage, un niveau plus faible d'une dizaine de centimètres est favorable pour le labour et la récolte, un niveau supérieur d'une vingtaine de centimètres, au maximum, semble acceptable durant la montaison.

A partir de ces éléments on peut imaginer un mode de gestion remplissant les conditions suivantes :

a) Eviter à tout prix l'intrusion dans la retenue d'eau salée venant de l'aval,

b) Maintenir le plan d'eau dans la retenue à une cote sensiblement constante pendant toute la durée du cycle végétal.

Le calcul de la gestion du barrage anti-sel mois par mois doit être fait à partir des données suivantes :

.../...



- Bilan hydrologique mensuel du bassin amont de surface S (en kilomètres carrés),

- Précipitations et évaporation mensuelles sur la surface de la retenue de surface s (en kilomètres carrés).

Adoptons comme pas de temps le mois et désignons par :

L : la lame d'eau écoulée en provenance du bassin amont

P : les précipitations sur la retenue

E : l'évaporation dans la retenue.

L'apport mensuel en provenance du bassin amont a pour expression :  $S \times L$ .

Définissons une hauteur d'eau dans la retenue équivalente à l'apport mensuel, c'est une hauteur  $h_E$  telle que :

$$h_E s = L \times S \qquad h_E = L \times \frac{S}{s} \qquad (1)$$

Désignons par  $h_A$  la hauteur d'eau équivalente au volume V d'eau lâché à l'aval au cours du mois \* ( $h_A = \frac{V}{s}$ )

L'équation du bilan hydrologique de la retenue s'écrit :

$$\Delta H = P + h_E - E - h_A \qquad (2)$$

où  $\Delta H$  est la variation du plan d'eau dans la retenue.

.../...

---

\* Pour satisfaire à la condition a) la gestion est telle qu'il n'y a jamais introduction d'eau venant de l'aval.  $h_A$  est donc toujours positif ou nul.

Pour économiser l'eau douce accumulée à l'amont en hivernage il y a intérêt à éviter les lâchures qui se produiront nécessairement si on maintient le mode de fonctionnement automatique.

Pendant la saison sèche les portes de l'écluse seront donc maintenues en position fermée.  $h_A$  est nul et comme les précipitations sont nulles également, (2) devient :

$$\Delta H = h_E - E = L \times \frac{S}{s} - E \quad (2a)$$

équation qui met en évidence une baisse du plan d'eau en saison sèche si le rapport  $\frac{S}{s}$  est trop faible.

Au début de la saison des pluies les portes d'écluse sont toujours maintenues fermées de façon à assurer une montée plus rapide du plan d'eau.

$h_A = 0$  et (2) s'écrit :

$$\Delta H = P + h_E - E \quad (2b)$$

Le second membre de cette expression est en général positif dès le mois de juin (premier mois d'hivernage) exceptionnellement en juillet et le plan d'eau s'élève dans la retenue jusqu'au moment où se trouve atteinte la cote de réglage  $H_R$ .

L'équation (2b) reste valable tant que :

$$H < H_R$$

.../...

Lorsque  $H = H_R$  le plan d'eau doit être maintenu à cette cote et la lame d'eau lâchée à l'aval doit avoir pour expression :

$$h_A = P + h_E - E \quad (2c)$$

Ce réglage peut être obtenu :

- En débloquant les portes de façon à ce qu'elles reprennent leur fonctionnement automatique,
- En munissant la passe déversante de vannes à niveau amont constant.

Un déversoir de sécurité doit en outre être prévu pour évacuer les crues importantes.

Ce réservoir est arasé à la cote de réglage  $H_R$ . Cependant cette cote étant inférieure au niveau de marée haute, le déversoir doit être surmonté d'une passe fusible de façon à éviter l'invasion saline dans la retenue. Cette passe fusible peut être réalisée très facilement en prévoyant sur les piles du déversoir deux rainures espacées d'une trentaine de centimètres dans lesquelles peuvent être placés des éléments de batardeau en bois. L'espace compris entre les deux batardeaux est ensuite rempli d'argile pour assurer l'étanchéité.

Ce schéma général de fonctionnement des barrages anti-sel peut être appliqué au bassin versant de la Casamance pour lequel le bilan hydrologique a été étudié (voir Hydrologie II.2.25.2).

.../...



Nous examinerons le cas d'un barrage anti-sel situé sur la Casamance à l'amont immédiat de Ziguinchor.

Les données sont les suivantes :

- . Surface du bassin versant :  $S = 13.000 \text{ km}^2$
- . Surface de la retenue \* :  $s = 400 \text{ km}^2$

Lames d'eau écoulées mensuellement : on a pris la lame d'eau écoulée à la station de Kolda (seule station où l'on connaisse le bilan hydrologique). Cette hypothèse est peut-être optimiste puisqu'en général la lame d'eau écoulée (proportionnelle au débit spécifique) décroît lorsqu'augmente la surface du bassin versant, or la surface du bassin à Kolda est seulement de  $3.700 \text{ km}^2$ . Il est vrai que la Casamance entre Kolda et Ziguinchor est un drain relativement bien encaissé, et qu'elle reçoit en rive gauche les apports des vallées du Balantacounda, plus nourris que ceux des affluents de Haute Casamance. On a d'ailleurs noté qu'entre Fafakourou (surface du bassin  $700 \text{ km}^2$ ) et Kolda la lame d'eau écoulée augmentait.

La précipitation et l'évaporation sur le plan d'eau libre seront prises égales à celles de Sédhiou, ce qui constitue une moyenne entre Kolda et Ziguinchor.

Pour faire un calcul de gestion complet, il aurait fallu partir d'une séquence des précipitations observées ce qui aurait nécessité un passage sur ordinateur. Nous nous sommes contenté d'examiner les trois cas d'une année humide, d'une année normale et d'une année

.../...

---

\* On a pris comme surface de retenue la surface du plan d'eau libre à l'amont de Ziguinchor (voir Hydrologie II.2.22) par la cote de réglage doit correspondre à la limite du lit mineur du fleuve. Cette surface peut être considérée comme constante dans la limite du marnage du plan d'eau.

sèche en reprenant pour les lames d'eau écoulées les données des tableaux 10, 11 et 12 (voir Hydrologie II.2.25.2). Evidemment les précipitations sur le plan d'eau libre seront supérieures à celles des tableaux \* (10 à 12) ; on a appliqué un coefficient de majoration constant égal au rapport des précipitations Sédhiou sur Kolda.

Chacune des années considérées est supposée faire suite à une année normale année pour laquelle le niveau de basses eaux atteint à la fin du mois de mai, est considéré comme le niveau moyen des basses eaux dans la retenue.

Les cotes du plan d'eau dans la retenue sont comptées par rapport à ce niveau moyen de basses eaux. Les tableaux ci-après donnent l'évolution du plan d'eau, dans les trois cas d'une année humide, d'une année sèche et d'une année normale.

Evidemment dans le cas de l'année normale on retrouve le niveau moyen de basses eaux à la fin du mois de mai.

L'examen de ces tableaux permet de faire un certain nombre de remarques.

En année sèche le niveau de réglage ne peut pas être maintenu pendant la durée du cycle végétatif et il n'est atteint que dans les premiers jours du mois de septembre. Il doit en résulter une baisse considérable des rendements.

En année normale le niveau de réglage peut être maintenu pendant plus de trois mois mais il n'est atteint que vers le milieu du mois d'août ce qui conduit à un repiquage tardif.

.../...

---

\* Il s'agit des tableaux 10 à 12 de l'Etude Hydrologique, T.II, Liv.2

## BARRAGE ANTI-SEL

Variation du plan d'eau dans la retenue

Année humide P = 1698 mm

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
P	188	374	545	438	153							
E	127	81	67	78	87	95	92	110	117	147	155	151
L	0,30	2,18	5,0	6,07	4,25	2,98	2,09	1,46	1,02	0,71	0,50	0,36
$h_E$	10	71	163	197	138	97	68	47	30	23	16	12
$\Delta H$	71	364	641	557	204	2	-24	-63	-87	-124	-139	-139
H	71	435	670	670	670	670	646	583	496	372	233	94
$h_A$	0	0	406	557	204	2	0	0	0	0	0	0

P: précipitation sur retenue (en mm)

E: Evaporation sur retenue (en mm)

L: Lame d'eau écoulee sur bassin amont (en mm)

 $h_E$ : hauteur sur retenue équivalente à la lame d'eau écoulee (en mm) $\Delta H = P + h_E - L - h_A$ : variation de niveau de la retenue (en mm)

H: cote du plan d'eau dans la retenue en mm à partir du niveau moyen de basses eaux

 $h_A$ : hauteur d'eau équivalente au volume lâché à l'aval (en mm)

Observations : .....

Sources : .....

Date : .....



## BARRAGE ANTI-SEL

Année sèche P = 954mm

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
P	106	210	306	246	86							
E	127	81	67	78	87	95	92	110	117	147	155	151
L	0,30	0,70	5,81	6,10	2,78	1,50	0,92	0,60	0,41	0,28	0,20	0,14
$h_E$	10	23	189	198	90	49	30	20	13	9	7	5
$\Delta H$	-11	+152	+428	+366	+89	-46	-62	-90	-104	-138	-142	-146
H	-11	+141	+569	+670	+670	+624	+562	+472	+368	+230	+88	-58
$h_A$	0	0	0	265	89	0	0	0	0	0	0	0

Année normale P = 1279mm

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
P	141	282	410	330	116							
E	127	81	67	78	87	95	92	110	117	147	155	151
L	0,30	1,44	3,40	4,09	2,86	2,00	1,40	0,98	0,69	0,48	0,34	0,25
$h_E$	9	46	110	132	92	65	45	31	22	15	11	8
$\Delta H$	23	247	453	384	121	-30	-47	-79	-95	-132	-144	-143
H	23	270	670	670	670	640	593	514	419	287	143	0
$h_A$	0	0	53	384	121	0	0	0	0	0	0	0

Observations :

Sources :

Date :

Dans tous les cas, que l'année soit sèche ou humide on observe une baisse sensible du plan d'eau au cours de la saison sèche.

Une telle baisse ne peut être admise sans risque majeur de tassement et d'acidification des terrains (voir Agronomie) phénomène irréversible qui rend les terres impropres à la culture.

Ce problème de la baisse du plan d'eau ne semble pas avoir été soupçonné dans les premières études du GERCA ; l'étude hydrologique faite très rapidement à partir des résultats de deux années de mesure a été axée sur les problèmes de maîtrise de l'eau en hivernage ; le côté écoulement des eaux douces en provenance de l'amont durant la saison sèche a été laissé de côté.

C'est seulement en 1975 dans son rapport de recollement qu'ILACO aborde le problème de la baisse du plan d'eau en saison sèche pour les barrages de Nyassia et Guidel, mais les bilans hydrologiques qu'il donne en année moyenne, sont délibérément optimistes.

ILACO estime que la baisse du plan d'eau est susceptible de se produire au mois de mars en année normale et dans la première quinzaine de février en année de pluviométrie minimale. Le seul remède proposé par ILACO consiste à laisser entrer l'eau de mer à l'intérieur de la retenue durant la saison sèche.

Une telle solution peut être considérée comme acceptable si elle se produit exceptionnellement mais il est illusoire de chercher à obtenir une dessalinisation si l'eau de mer doit être admise dans la retenue, tous les ans de début novembre à fin mai.

.../...



*cf. l'évacuation*

Il existe cependant d'autres moyens d'éviter la baisse du plan d'eau que la réintroduction de l'eau de mer. En effet l'analyse faite ci-dessus montre que la lame d'eau représentant les apports d'eau douce en provenance de l'amont est égale à la lame d'eau écoulee sur le bassin versant multipliée par le rapport de la surface de ce bassin à la surface de retenue. Or ce rapport augmente lorsqu'on repousse l'emplacement du barrage anti-sel vers l'amont de la partie maritime.

Ce rapport est également plus favorable pour les cours d'eau qui possèdent une partie importante de leur bassin dans les formations du Continental Terminal que pour les marigots de Basse Casamance dont le bassin est presque totalement maritime.

Enfin on peut remarquer qu'il y a toujours même en année sèche, des apports excédentaires en hivernage apports qui doivent être évacués à l'aval. Ces apports pourraient être stockés dans un barrage situé à l'amont et relâchés durant la saison sèche, pour compenser la baisse du plan d'eau. *ellusion*

En ce qui concerne les barrages anti-sel actuellement exécutés (barrages chinois de Diagon et Simbandi-Balante) et ceux dont la construction est prévue (barrage de Guidel) le manque de données hydrologiques ne permet pas de déterminer quelle sera l'importance de la baisse du plan d'eau durant la saison sèche.

Cependant l'étude de remplissage du barrage de Diagon constituerait un test intéressant. A cet effet des échelles limnimétriques devraient être placées au droit du barrage et des passes déversantes et faire l'objet d'observations journalières. Il faudrait également mettre

.../...



des pluviomètres en certains points convenablement choisis du bassin de façon à faire une analyse détaillée du bilan hydrologique de la vallée.

Ces mesures devraient être associées aux analyses pédologiques qui sont réclamées par ailleurs de façon à déterminer l'acidité potentielle des terres.

Les barrages anti-sel posent également des problèmes sur le plan du Génie-Civil (stabilité et tassement des fondations) et de l'Ecologie (effets sur la pêche et la santé publique) dont le moins qu'on puisse dire est qu'ils sont loin d'être résolus. Les ouvrages de ce type réalisés dans des régions où les conditions hydrologiques s'avèrent plus favorables qu'en Casamance ont posé ce genre de problème, en particulier il semble que la suppression du marnage dû à la marée semi-diurne ait des conséquences néfastes sur le plan de l'Ecologie et de la Santé Publique.

En raison du manque de données de base nombreuses et précises sur le plan Pêdo-Hydrologique il est difficile de se prononcer de manière définitive sur la problématique "Barrages anti-sel". Les résultats qui seront donnés par les ouvrages déjà réalisés (barrages chinois) où dont construction est prévue (Guidel) permettront, il faut l'espérer, une meilleure approche du problème.

x

x x

#### 2.33. 4 Analyse critique du Projet de l'Anambé

Les bilans hydrologiques établis dans le rapport hydrologique pour la Casamance à Kolda et la Kayanga au pont de Niapo (voir Hydrologie II.2.25.2 et 2.25.3) montrent que cette rivière est, de loin, la plus intéressante de toute la Casamance du point de vue de l'abondance et de la régularité des apports.

En effet la lame d'eau écoulée de la Kayanga au pont de Niapo est trois fois supérieure à celle de la Casamance à Kolda en année normale et quatre fois plus grande en année sèche.

La vallée de la Kayanga est par ailleurs beaucoup plus encisée que celle de la Casamance de sorte que les sites de barrages y sont plus intéressants.

Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche d'un aménagement hydro-agricole sur ce cours d'eau.

C'est pourquoi la SODAGRI a proposé l'irrigation du bassin de l'Anambé à partir d'un barrage situé sur la Kayanga, à l'amont de son confluent avec l'Anambé ; l'emplacement est à deux kilomètres au sud-est de Niandouba.

Le projet prévoit la production de 142.000 tonnes de céréales sur une superficie de 55.000 hectares dont 25.000 hectares de périmètre agro-industriel à l'intérieur duquel 15.000 hectares doivent être équipés en rizière de double-culture, avec complète maîtrise de l'eau.

.../...

L'irrigation de ces 15.000 hectares est assurée par pompage dans la retenue créée par le barrage sur la Kayanga. Cette solution nécessite un refoulement par pompage en conduites forcées sur une longueur de trois kilomètres.

Ce projet appelle un certain nombre d'observations en ce qui concerne l'hydrologie. Ces observations portent à la fois sur les données de base et sur l'aspect technique du projet.

#### 2.33.41 Données de base

Pour l'estimation des apports, le projeteur disposait seulement de quatre années d'observation, l'année hydrologique 1962-1963 et la série 1967-1968 à 1969-1970. Les données récentes reproduites dans l'inventaire (voir Hydrologie tableau 1) montrent que les écoulements des dernières années ont été beaucoup plus faibles.

Le tableau 1 \* permet de comparer les lames d'eau annuelles écoulées sur différents bassins de la Casamance, au cours d'une série d'années hydrologiques. L'examen de ce tableau montre que la Kayanga au pont de Niapo est nettement plus abondante que la Casamance à Kolda. Les deux dernières années de mesures (1976-1977 et 1977-1978) donnent des lames d'eau écoulées très inférieures à celles de la séquence 1967-1970. De 1970 à 1976 il y a malheureusement une interruption des observations mais par corrélation avec le bassin voisin de la Casamance, on peut estimer que depuis 1970 les écoulements ont été beaucoup plus faibles que pendant la séquence 1967-1970 sur laquelle est basée l'étude hydrologique de la SODAGRI.

.../...

---

\* Il s'agit du tableau 1 de l'Etude Hydrologique (T.II. Liv.2), ici reproduit dans le texte.



Plan Directeur de développement Rural pour la Casamance

Tableau 1

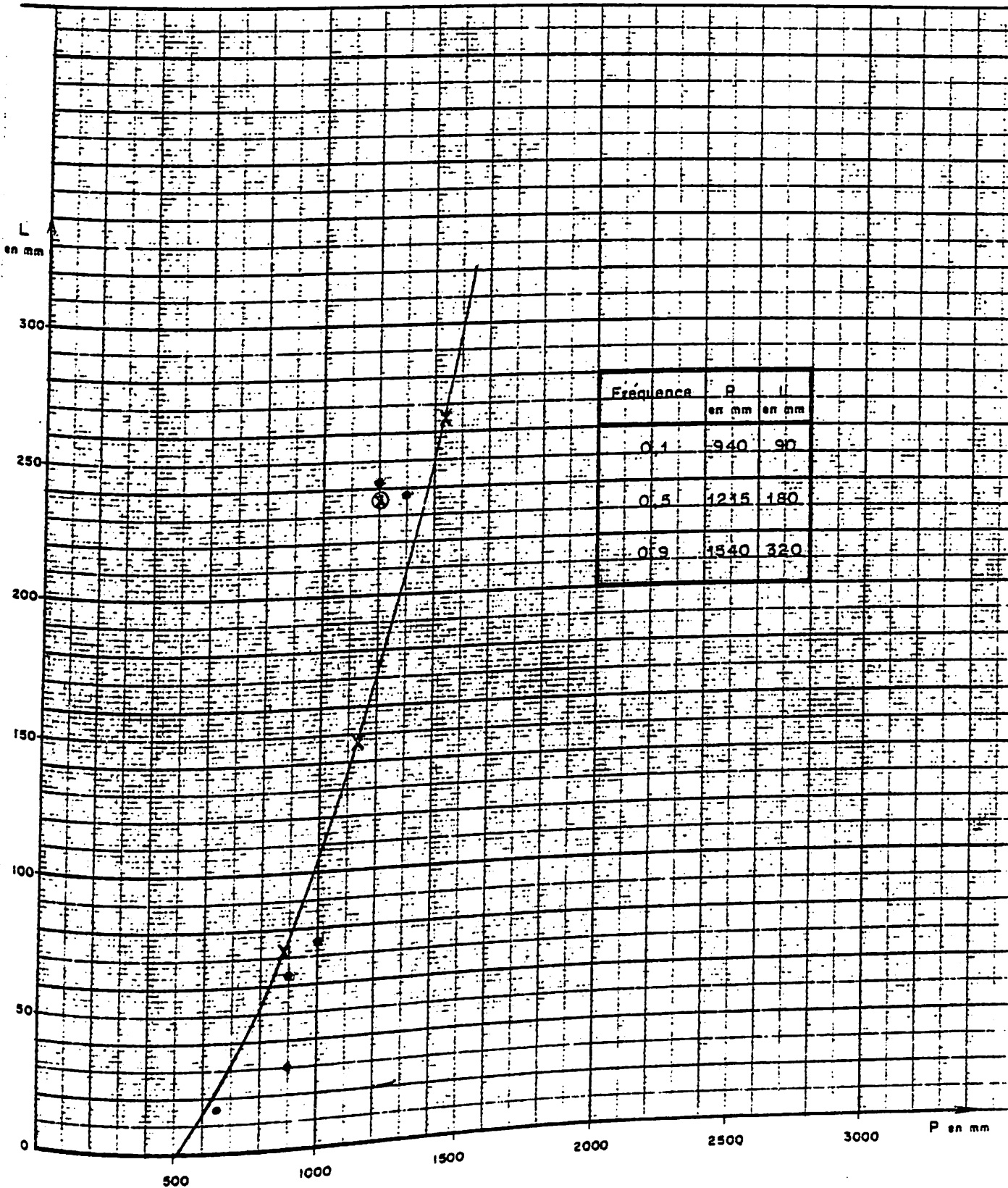
P : Précipitations annuelles en mm

L : Lame d'eau écoulee en mm

ANNEES	Casam. (Kolda)		Kayanga (Niapo)		Gambie à Simenti	Casam. (Fafak.)		Tiangol - Dianguina à Saré-Sara		Khorine à Médina-Omar		Marigot de Saré-Koutayel	
	P mm	L mm	P mm	L mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm	P mm	L mm
62 - 63	1.125	36,5	1.300	238									
67 - 68	1.200	75,7	1.200	242				1.250	105,5	1.250	72,8		
68 - 69	750	16,2	900	63,2		750	23,7	800	25,8	780	25		
69 - 70	1.100	60,3	1.000	74,2		750	16,7	1.400	108,0	1.000	53,3	1.200	21,4
70 - 71	950	25,4			248								
71 - 72	1.000	31,1			182								
72 - 73	750	9,2			145								
73 - 74	900	17,8			212								
74 - 75	1.000	19,4			319	900	7,2					950	6,8
75 - 76	1.200	41,8	1.300		227	1.150	17,3	1.250	67,9	1.250	62,6	1.150	11,6
76 - 77	950	20,3	950	29,6	162	900	4,3	1.000	36,3	1.000	28,6	900	3,3
77 - 78	648	4,4	648	16,6									

KAYANGA ( Niapo )

L : lame d'eau écoulee en mm  
P : Précipitation annuelle sur le bassin



Observations : X... lame d'eau calculée avec la répartition la plus probable des précipitations manuelles  
 e... lame d'eau observée  
 ⊗... lame d'eau de l'année 67-68 utilisée pour le calage du modèle

Sources : Rapport Gerca - Etude hydrologique - Campagne 1962 - Etudes hydrologiques en Casamance rapport définitif (1970) - O.R.S.T.O.M.  
 Annuaire hydrologique de la Rép. du Sénégal

Date : 20 Juin 1978

Ainsi en 1977-1978 la lame d'eau écoulée de 16,6 mm correspond à un apport de  $27 \times 10^6 \text{ m}^3$  dix fois inférieur au volume d'eau nécessaire pour irriguer 15.000 hectares de riz en double culture.

On peut évidemment admettre que l'éventualité d'un tel apport est extrêmement faible. Sur le graphique de la fig.14 du rapport hydrologique on a représenté le nuage de points représentant les lames d'eau écoulées en fonction des précipitations annuelles.

On voit sur ce graphique que la lame écoulée annuelle dépend non seulement du total de la pluviométrie de l'année considérée, mais aussi de la répartition mensuelle de cette pluviométrie. La courbe en trait plein de la fig.14 représente la lame d'eau annuelle écoulée calculée par le modèle précipitation-écoulement en adoptant la répartition mensuelle des pluies la plus probable, telle qu'elle résulte des courbes de fréquence mensuelles.

Dans le projet de l'Anambé on a admis que l'écoulement moyen annuel de la Kayanga au pont de Niapo correspondait à l'écoulement de l'année 1967-1968 (précipitation  $P = 1.200 \text{ mm}$  ; lame d'eau écoulée  $L = 242 \text{ mm}$ ) en se basant sur le fait que la pluviométrie de l'année considérée était de fréquence 0,5.

Sur la figure 14 le point correspondant à cette observation est situé très en dessus de la courbe en trait plein donnant l'écoulement le plus probable correspondant à une hauteur donnée de précipitation annuelle. Il en est de même du point calculé par le modèle précipitation-écoulement.

.../...



Cette majoration de l'écoulement est due à une répartition favorable des pluies de l'hivernage 1967 avec une concentration inhabituelle des pluies en septembre-octobre, ce qui favorise le ruissellement.

Il s'ensuit que la lame d'eau écoulée de l'année hydrologique 1967-1968 (242 mm) a une valeur anormalement élevée pour la hauteur de pluie observée (1200 mm). Sur la fig.14 on voit que la lame écoulée la plus probable pour une précipitation annuelle de 1200 mm est seulement de 175 mm.

La conclusion est que le rapport hydrologique SODAGRI a surestimé l'apport moyen de la Kayanga (242 mm au lieu de 180) et n'a pas pris en compte l'extrême irrégularité des apports annuels.

#### 2.33.42 Aspect technique du projet

Non seulement le dimensionnement de la retenue est fait à partir de données hydrologiques surestimées, mais le principe même de ce dimensionnement ne permet pas d'atteindre l'objectif recherché à savoir, l'irrigation de 15.000 hectares de riz en double cycle avec une parfaite maîtrise de l'eau.

En effet le dimensionnement du réservoir a été calculé dans l'hypothèse d'une année normale ; la lame d'eau moyenne de 242 mm sur les 1600 km<sup>2</sup> de bassin versant donne un écoulement de  $388 \times 10^6$  m<sup>3</sup>.

.../...

Le projet prévoit un stockage supplémentaire de  $52 \times 10^6$  m<sup>3</sup> pour l'écrêtement des crues ce qui donne un volume de retenue normale de 440 millions de mètres cubes.

La réserve utile s'obtient en déduisant des  $388 \times 10^6$  m<sup>3</sup> d'apport les pertes par évaporation et infiltration dans la retenue ainsi que la réserve d'envasement, ce qui conduit à un volume disponible de 240 millions de mètres cubes permettant effectivement l'irrigation de 15.000 hectares de riz en contre-saison.

Mais d'après la façon même dont il a été calculé, un tel volume n'est disponible qu'environ une année sur deux ce qui n'assure pas une maîtrise de l'eau satisfaisante.

Pour estimer le volume régularisé par une retenue de 440 millions de mètres cubes, il faudrait étudier la gestion du barrage à partir de la séquence observée des précipitations mensuelles, séquence de laquelle on déduirait les rapports mensuels à l'aide du modèle précipitation-écoulement défini dans l'étude hydrologique (voir II.2.25.1). Le volume régularisé serait celui dont on pourrait disposer au moins neuf années sur dix. Un tel calcul sort du cadre du schéma de plan directeur.

Il est évident cependant que ce volume régularisé est très nettement inférieur à 240 millions de mètres cubes en raison, à la fois, de l'irrégularité du régime et de la surestimation de l'écoulement moyen (lame d'eau écoulée de fréquence 0,5 égale à 180 mm au lieu de 242 mm).

.../...

Le barrage de la Kayanga ne pourra donc pas, avec les dimensions actuellement prévues, irriguer 15.000 hectares de riz en double cycle. Il s'ensuivra obligatoirement une baisse sensible du taux de rentabilité interne du projet, lequel est déjà faible (7,53 %) avec les hypothèses de base admises par la SODAGRI.

Notons enfin que la capacité de stockage supplémentaire de 52 millions de mètres cubes pour l'écrêtement des crues est très insuffisante.

Le rapport SODAGRI suppose que la crue centennale est provoquée par une précipitation moyenne de 300 mm en 24 heures sur les 1.600 km<sup>2</sup> du bassin avec un coefficient d'écoulement de 40 %.

Avec l'hypothèse supplémentaire que 60 % de l'écoulement se produit pendant le deuxième jour de la crue l'écoulement journalier serait de 115 millions de mètres cubes soit un débit moyen journalier de 1.300 m<sup>3</sup>/s.

Avec la capacité de stockage de 52 millions de mètres cubes il faut prévoir un déversoir de 700 m<sup>3</sup>/s. Un tel débit entraînerait une inondation catastrophique de la vallée de la Kayanga et le refoulement des eaux dans le bassin de l'Anambé.

En réalité une pareille crue est parfaitement invraisemblable pour un bassin de ce type car si une précipitation journalière de 300 mm est possible, elle est toujours très localisée de sorte que les crues exceptionnelles, sur un bassin de 1.600 km<sup>2</sup>, sont dues à des

.../...



précipitations journalières nettement supérieures à la normale pendant plusieurs jours consécutifs. Si on tient compte de l'énormité des champs d'inondation on obtient une crue très étalée dont la pointe ne dépasse pas 300 m<sup>3</sup>/s mais dont le volume est très supérieur à celui admis par le projet SODAGRI. Une telle crue s'étend sur un mois entier avec un débit moyen mensuel de 100 m<sup>3</sup>/s. En raison du manque de capacité du lit, un tel débit entraînerait déjà une inondation très importante de la vallée de la Kayanga et le refoulement des eaux dans le bassin de l'Anambé.

Pour assurer la maîtrise de l'eau à l'aval il convient donc de prévoir une capacité d'écrêtement beaucoup plus grande que les 52 millions de mètres cubes prévus, ce qui réduit, pour un barrage de hauteur fixée, le volume régularisable.

En conclusion il paraît évident qu'en raison des conditions hydrologiques défavorables la rentabilité du projet de l'Anambé est très incertaine.

--- Plan Directeur du Développement Rural ---  
 pour la Casamance

Routes dont la Réfection est Prévüe

Noms des Routes	KM	Travaux
- Nationale 5: Bignona-Diouloulou Seleki.		en cours depuis décembre 1977.
- Pont de Ziguinchor	-	en cours depuis 1975, fin des travaux prévue pour Mars-Avril 1979
- Ponts sur Oussouye-Djembering a) pont de Niambalan	-	Terminé à 90% fin des trav.   juin-Juillet 1979
b) Ponts Diabène et Katakoulou		début des trav. en juin 1979
- Route : Kolda - Vélingara		début des trav. en novembre 1978.
- Tambacounda- Vélingara		Travaux en cours

SOURCES:

Inspection des Travaux publics de Ziguinchor

DATE : 08/1978

Nombre de pistes dont la réalisation doit être retenue en priorité

DEPARTEMENTS	REMARQUES	Nombre de Pistes	KM	Nombre de Ponts	Nombre de Buses
VELINGARA	1ere Priorité	5	241	15	7
	2eme Priorité	8	144	4	2
	TOTAL	13	385	19	9
BIGNONA		12	488	-	-
K O L D A	A - Route à améliorer	4	222	3	
	B - Pistes	6	349	-	
	TOTAL	10	571	3	
SEDHION		9	463	12 Ponceaux	-
OUSSOUYE	A - Pistes à créer	1	6	-	-
	B - Pistes à améliorer	6	75	-	-
	TOTAL	7	81		
ZIGUINCHOR	Pistes à réparer	5	114	7	-
	Pistes dont la création est souhaitée	3	24	-	-
	TOTAL	8	138	7	-

SOURCE : Préfecture de Ziguinchor

DATE: 08/78



MINISTRE DU DEVELOPPEMENT RURAL

## -- Plan Directeur du Développement Rural pour la Casamance --

UNITE DE PLANIFICATION REGIONALE

Effectifs, nombre de classes, ratios, et taux de Scolarisation.

S O M I V A C

DEPARTEMENTS	1975 / 1976					1976/1977			1977 / 1978		
	Effectif	Nbre de classes	Ratios	Scolaris.	Taux de Scolaris.	Effect.	Nbre de Classes	Ratios	Effectif	nombre classes	Ratios
Bignona	15.247	344	47	36.308	44,75	16.310	358	46	18.232	361	50
Oussouye	3.530	78	45	6.785	52,03	3.608	79	46	3.783	80	47
Kolda	4.807	120	40	30.491	15,76	5.006	121	41	5.135	120	43
Sédhiou	10.085	265	38	49.910	20,21	11.000	261	42	11.464	255	45
Vélingara	2.158	71	30	22.317	9,67	2.565	73	35	2.533	63	40
Ziguinchor	15.191	270	56	26.670	56,96	15.965	287	56	15.948	286	56
<b>T O T A L</b>	<b>52.018</b>	<b>1.146</b>	<b>45</b>	<b>172.481</b>	<b>30,16</b>	<b>54.454</b>	<b>1.179</b>	<b>46</b>	<b>57.095</b>	<b>1.165</b>	<b>49</b>

SOURCE : Inspection de l'Enseignement Primaire de ZiguinchorDATE: 08/ 1978

-Répartition des Coopératives, Villages, et Seccos Onoad -  
par Arrondissements année 1977/78

DEPT.	ARRONDISSEMENTS	Nombre de Seccos ONCAD	Nombre de Coopératives	Nombre de Village	Population Active Agric.	Ratio	Ratio
						Population	Population
						Nombre Seccos	Nom de Coop.
SIGNONA	Diouloulou	4	22	86	11.336	2.834	515,3
	Sindian	14	45	137	14.668	1.047,7	325,9
	Tendouk	3	16	21	15.550	5.133,3	971,9
	Total SIGNONA	27	113	432	50.465	2.239,4	535
OUSSOUYE	Kabroussé	2	4	20	4.152	2.031	1.040,5
	Loudia O.	2	6	18	7.608	3.804	1.268
	Total OUSSOUYE	4	10	38	11.770	2.942,5	1.177
ZIGUINCHOR	Niaguia	8	22	45	20.785	2.593,1	944,8
	Nyassia	2	4	46	6.902	3.451	1.725,5
	Total ZIGUINCHOR	10	27	91	27.687	2.768,7	1.025,4
SEDHIU	Boukiling	32	47	255	21.498	671,8	457,4
	Diattacounda	12	23	159	16.659	1.388,2	724,3
	Djendé	24	33	172	18.834	784,7	570,7
	Marsassoum	11	20	48	14.218	1.292,5	710,9
	Tanaff	22	32	128	21.294	967,9	665,4
	Total SEDHIU	101	155	762	92.503	916	597
KOLDA	Dabo	26	34	331	19.709	703,9	579,7
	Dioulacolon	21	28	305	13.430	639,5	479,6
	Médina Y.Foula	21	28	322	17.216	819,8	614,8
	Total KOLDA	70	90	758	50.355	719	559
VELINGARA	Bonconto	8	17	130	13.131	1.641,4	772,4
	Koukandé	15	37	339	26.114	1.740,9	705,8
	Total VELINGARA	23	54	469	39.245	1.705	727
REGION	CASAMANCE	235	449	2.550	-	1	-

SOURCE : ONCAD de Ziguinchor

MINISTRE DU DEVELOPPEMENT RURAL

UNITE DE PLANIFICATION REGIONALE

S O M I V A C

-- Plan Directeur du Développement Rural pour la Casamance --

- NOMBRE DE PUIITS PAR ARRONDISSEMENTS DES DIFFERENTS ORGANISMES -

ORGANISMES	PREFECTU- RE	P.E.D	SERVICE DE L'ELE- VAGE (Par- total)	HYDRAULI- QUE	Puit LOCAL	BAHANE- RAIE ET AUTRES	GENIE	UNICEF	U.S.A.I.D.	TOTAL
ARRONDIS- SEMENTS										
Diouloulou	-	3	6	-	-	-	-	2	7	18
SINDIAN	26	4	10	2	-	-	-	6	-	48
TENGHORY	22	3	5	-	2	-	-	4	-	36
FENJOUC	-	-	4	-	-	-	-	4	5	13
BIGNONA	48	10	25	2	2	-	-	16	12	115
KABROUSSE	9	3	3	-	-	-	-	2	-	17
L. OULOLOFF	22	10	7	-	-	-	-	3	4	46
OUSSOUYE	31	13	10	-	-	-	-	5	4	63
NIAGUIS	-	12	4	-	-	2	39	9	10	76
NYASSIA	-	7	3	-	-	-	-	9	4	23
ZIGUINCHOR	-	18	7	-	-	2	39	18	14	99
BOUNKILING	6	7	2	-	3	-	-	2	-	20
DIATTACOUNDA	-	1	-	-	-	6	-	3	-	10
DIENDE	3	4	3	-	3	-	-	1	-	14
MARSASSOM	4	3	-	-	-	-	-	2	-	9
TANAFF	-	1	1	-	1	-	-	2	-	5
SEDHIOU	13	16	6	-	7	6	-	10	-	58
DABO	7	9	8	-	-	-	-	3	-	27
DIOULACOLON	19	4	8	-	-	-	-	3	-	34
M.TORO. FOULAH	10	7	10	2	-	-	-	3	-	32
KOLDA	36	20	26	2	-	-	-	9	-	93
BOMCONTO	21	13	3	-	-	-	-	8	-	45
KOUNKANE	35	5	7	-	-	-	-	11	-	58
VELINGARA	56	18	10	-	-	-	-	19	-	103
REGION	184	96	84	4	9	8	39	77	30	531

SOURCE : Service Régional de l'Elevage

- Genie-Rural

- Service de l'Hydraulique de Ziguinchor

DATE : 08/ 1978



MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

UNITE DE PLANIFICATION REGIONALE

S O M I V A C

-- Plan Directeur du Développement Rural pour la Casamance --

Hydraulique pastorale, réalisations en 1976 sur taxe Rurale

DEPARTEMENTS	REFECTION PUIITS		FONÇAGE PUIITS		FONÇAGE PUIITS SIMPLES		CONSTRUCTION ABREU- VOIRS		V A L E U R
	Nbre	Valeur	Nbre	Valeur	Nbre	Valeur	Nbre	Valeur	T O T A L E
ZIGUINCHOR		225.000	8	800.000	-	-	-	-	1.025.000
OUSSOUYE		200.000	8	800.000	-	-	-	-	1.000.000
BIGNONA	9	400.000	8(1)	960.000(1)	20	2.000.000	-	-	3.360.000
SEDHIOU	20	600.000	15 (1)	2.250.000(2)	20	2.400.000	-	-	5.250.000
KOLDA	20	1.000.000	15	4.450.000	-	-	-	-	5.450.000
VELINGARA		400.000	10	3.000.000	-	-	10	300.000	3.700.000
R E G I O N		12.825.000	64	112.260.000	40	14.400.000	10	300.000	19.785.000

OBSERVATIONS: ( 1 ) Puits avec abreuvoirsSOURCE: Elevage Ziguinchor 1976.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT RURAL  
UNITE DE PLANIFICATION REGIONALE

--- Plan Directeur pour le Développement Rural de la Casamance ---

S O M I V A C

- LES CENTRES DE RASSEMBLEMENT DES BOVINS DE LA CASAMANCE -

	1977		1978		Ratio E/C	Ratio E/C
	Nombre de centres	Estimation du Cheptel	nombre de centres	Estimation du Cheptel		
NIAGUIS	Adopt. du 45 système de 47 portes à porte	5.020	Adoption du système de portes à porte	6.400		
NTASSIA	" "	5.080	" "	4.700		
TOTAL	" "	10.100	" "	11.100	-	-
LOUDIA.OUOLOFF	8	5.200	8	5.300	650	663
KABROUSSE	7	2.450	7	2.500	350	357
TOTAL	15	7.650	15	7.800	510	520
DILOULOU	38	36.200	28	25.800	953	921
SINDIAN	38	27.500	47	40.500	724	862
TENDOUCK	21	25.900	16	22.100	1.233	1.381
TENGHOBY	21	22.600	26	29.700	1.076	1.142
TOTAL	118	112.200	117	118.100	951	1.009
BOUKILING	42	40.820	45	23.000	972	511
DIENDE	34	35.620	36	21.000	1.048	583
TANAFF	25	19.190	24	12.000	768	500
MARSASSOUM	23	21.820	21	12.000	914	571
DIATTACOUNDA	13	8.150	18	4.000	627	222
TOTAL	137	124.800 (1)	144	72.000	911	500
M.YORO FOULAH	40	44.000	40	46.800	1.100	1.170
DABO	47	46.000	48	48.000	979	1.000
DILOULACOLON	36	37.000	36	33.000	1.028	917
TOTAL	123	127.000	124	127.8000	1.033	1.031
KOUNKANE	63	63.500	64	63.500	1.040	992
BONCOFFO	31	35.500	32	33.300	1.145	1.041
TOTAL	94	101.200	96	96.800	1.074	1.008
REGION	487	482.750	496	453.600	991	874

OBSERVATIONS:

C = Centres

E = Estimation du Cheptel

SOURCE : Service Régional de l'Elevage de Ziguinchor

DATE: 08/ 1978

Plan Directeur du Développement Rural pour la  
Casamance

-PRODUCTION COMPAREE ET POURCENTAGE DES PRODUITS -  
DE PECHEES ( UNITE :KG )

ANNEES	Poissons	%	Crustacées	%	Mollusques (Huitres)	%	T O T A L
1963	4.312.001	84,6	375.547	7,4	409.693	8,0	5.097.241
64	4.272.014	82,4	616.500	11,9	293.980	5,7	5.182.494
65	5.062.680	80,6	759.462	12,1	461.280	7,3	6.283.422
66	6.761.610	88,0	665.992	8,7	254.369	3,3	7.681.971
67	5.050.231	85,4	569.630	9,6	296.570	5,0	5.916.431
68	3.559.193	82,8	690.065	16,1	46.700	1,1	4.295.958
69	5.397.115	80,5	1.225.978	18,3	77.618	1,2	6.700.711
70	3.727.036	80,5	827.027	17,9	75.785	1,6	4.629.848
71	8.149.498	89,8	828.833	9,1	101.670	1,1	9.080.001
72	17.878.416	92,4	1.287.120	6,6	186.130	1	19.351.666
73	23.161.250	93,3	1.519.045	6,1	148.286	0,6	24.828.581
74	25.131.800	92	2.050.400	7,5	148.200	0,5	27.330.400
75	29.571.300	95,1	1.315.300	4,2	200.500	0,6	31.087.100
76							
77							

OBSERVATIONS :

Crustacées : Poissons de fond, P. de Filet, Requins

Poissons : Langoustes, crabes, crevettes

Mollusques : Huitres

SOURCES /: S.O.P.M.

D A T E : 07/ 1978







