

LE MARIGOT DE BAILA

(BASSE CASAMANCE)

BILAN DES APPORTS HYDRIQUES

ET

EVOLUTION DE LA SALINITE

(RÉSULTATS DES CAMPAGNES 1980-1981, 1981-1982, 1982-1983)

JEAN-CLAUDE OLIVRY

HONORÉ DACOSTA

JUIN 1984.

AVANT-PROPOS

-o-o-o-

Sous ce titre nous avons voulu réunir l'ensemble des campagnes de mesures effectuées sur le marigot de Baïla depuis l'année 1979-1980, qui avait fait l'objet d'un précédent rapport dans le cadre d'une Convention d'études passée avec la Société LOUIS BERGER INTERNATIONAL. Le présent rapport comprend deux parties. La première partie est la reprise pratiquement in extenso du mémoire de maîtrise qu'Honoré DACOSTA a effectué sous notre direction et celle de M. M. SALL du Département de Géographie de l'Université de Dakar. La seconde partie est une mise à jour des données collectées depuis la saison des pluies 1982.

Ce rapport constitue donc un document intérimaire dans lequel on trouvera l'ensemble des données de base sur les années étudiées tant sur le plan des volumes des apports hydriques (pluie, ruissellement) et de leurs mouvements que des variations de la salinité. Les études de chimie des eaux et des rapports entre nappe et marigot feront l'objet d'une autre étude plus détaillée.

1ÈRE PARTIE

ETUDE HYDROLOGIQUE DU MARIGOT DE BAILA :
TRAITEMENT DES DONNEES RECUEILLIES
ENTRE JUIN 1980 ET JUIN 1982

MÉMOIRE DE MAITRISE

PRÉSENTÉ EN 1983 À

L'UNIVERSITÉ DE DAKAR

PAR

HONORÉ DACOSTA

INTRODUCTION

La décennie 1970-1980 a été caractérisée, pour les pays du Sahel dont le Sénégal fait partie, par un grave déficit pluviométrique qui a amené les gouvernants à chercher à s'affranchir des caprices du climat pour préserver leurs économies largement tributaires des activités agricoles qui reposent sur les cultures pluviales. Il en est résulté d'importants projets de construction de barrages pour une meilleure maîtrise des ressources en eau tant sur les grands organismes fluviaux que sur les rivières et marigots.

Cette nouvelle politique, devenue le fer de lance dans la lutte pour le développement, a donné lieu au Sénégal à une série d'études hydrologiques, souvent ponctuelles, faites d'estimations à partir des données de bassins voisins pour permettre une évaluation des ouvrages à réaliser alors que la compréhension des phénomènes hydrologiques, à l'instar du climat dont ils dépendent, nécessite un suivi à long terme des observations et études pour arriver à des certitudes. C'est dans cette optique qu'après l'étude hydrologique du marigot de Baïla par les hydrologues du service hydrologique de l'ORSTOM, pour le compte de la Société américaine LOUIS BERGER INTERNATIONAL et de la SOMIVAC, ceux-ci ont poursuivi les observations tant pluviométriques que hydrologiques sur l'ensemble du bassin versant pour en suivre l'évolution et vérifier les estimations proposées en 1979 dans le rapport de R. GALLAIRE.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude que nous avons entreprise et dont l'objectif a été d'analyser les données hydropluviométriques dans leurs aspects les plus mouvants, à savoir la pluviométrie, l'écoulement de base, les crues et l'influence maritime à travers la salinité.

Pour cela, il nous a fallu consulter :

- les relevés pluviométriques journaliers des stations du BV, à l'ORSTOM, et des postes pluviométriques environnants, à la Météorologie Nationale à Dakar-Yoff ;

- les pluviogrammes des stations de Toukara et Baila pour déterminer les intensités des averses ;
- les limnigrammes des stations de contrôle (Toukara, Djibidione, Balandine, Baila et Kartiak) et les résultats de leurs dépouillements ;
- les carnets de jaugeages ;
- les analyses, au Laboratoire du Centre ORSTOM de Dakar, des prélèvements effectués au niveau de chaque station.

Mais il nous est apparu nécessaire d'accorder une attention au complexe physique du BV qui explique, dans une large mesure, le comportement d'un réseau hydrographique mais aussi, aux conditions climatiques générales et aux données hydrologiques antérieures afin de mieux situer la période qui nous concerne.

Il en est résulté une documentation bibliographique dont nous indiquerons les références à la fin.

A l'issue de tout ce travail, nous avons adopté le plan suivant :

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DU BASSIN VERSANT

- A. LE MILIEU PHYSIQUE
- B. LES CONDITIONS CLIMATIQUES
- C. HYDROLOGIE DE LA REGION ET INFLUENCE MARITIME.

DEUXIEME PARTIE : MESURES EFFECTUEES SUR LE BAILA DE JUIN 1980 A JUIN 82

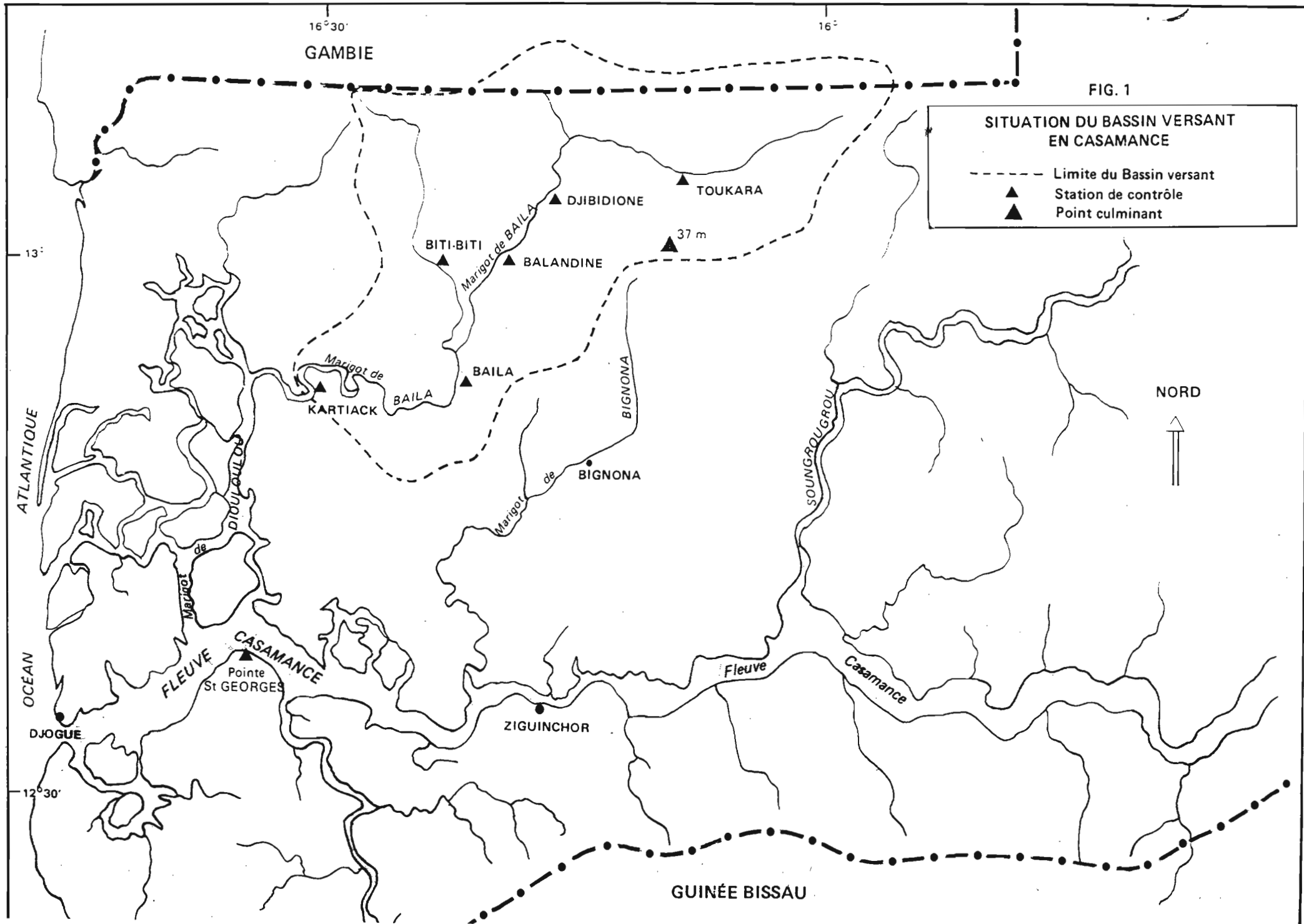
- A. LA PLUVIOMETRIE
- B. LES DONNEES HYDROLOGIQUES
- C. INFLUENCE MARITIME.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU BASSIN

A. LE MILIEU PHYSIQUE

B. CONDITIONS CLIMATIQUES

C. HYDROLOGIE DE LA REGION ET INFLUENCE MARITIME



A. LE MILIEU PHYSIQUE

A₁ LOCALISATION ET DESCRIPTION DU B.V.

1. LOCALISATION

Le bassin versant du marigot de Baïla est compris entre 12°47 et 13°13 de latitude nord et entre 15°55 et 16°32 de longitude ouest. Il est approximativement limité par la frontière gambienne au nord, les bassins versants du Soungrougrou et du marigot de Bignona à l'est et au sud, et par celui du marigot de Diouloulou à l'ouest (fig. 1). Il couvre une superficie de 1 634 km² et par sa situation le marigot de Baïla appartient donc à la zone tropicale sèche qui connaît une saison des pluies du 15 juin au 15 octobre, la période du 15 octobre à la mi-juin correspondant à la saison sèche.

Au nord, la rivière Koulimba coule dans le sens E-W et le bassin versant (fig. 2) empiète légèrement sur le territoire gambien dont la frontière, rectiligne, est de même orientation. Là où l'influence maritime se fait sentir, cette rivière devient le marigot de Baïla qui change alors de direction pour s'écouler du nord vers le sud-ouest. Il multiplie ses circonvolutions et au-delà du pont de Baïla, dans sa partie aval, le marigot gagne en importance tout en retrouvant l'orientation E-W initiale de la Koulimba pour se jeter, à la hauteur du village de Tiobon, dans le marigot de Diouloulou. Ainsi, de sa source à sa confluence avec le Diouloulou, le Baïla s'étire sur plus de 110 km alors que le bassin versant, dans ses plus grandes dimensions, n'atteint que 70 km du nord-est au sud-ouest et 35 km du nord-ouest au sud-est.

2. DESCRIPTION DU BV

Cet allongement du bassin versant apparaît encore à travers ses paramètres de forme :



BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

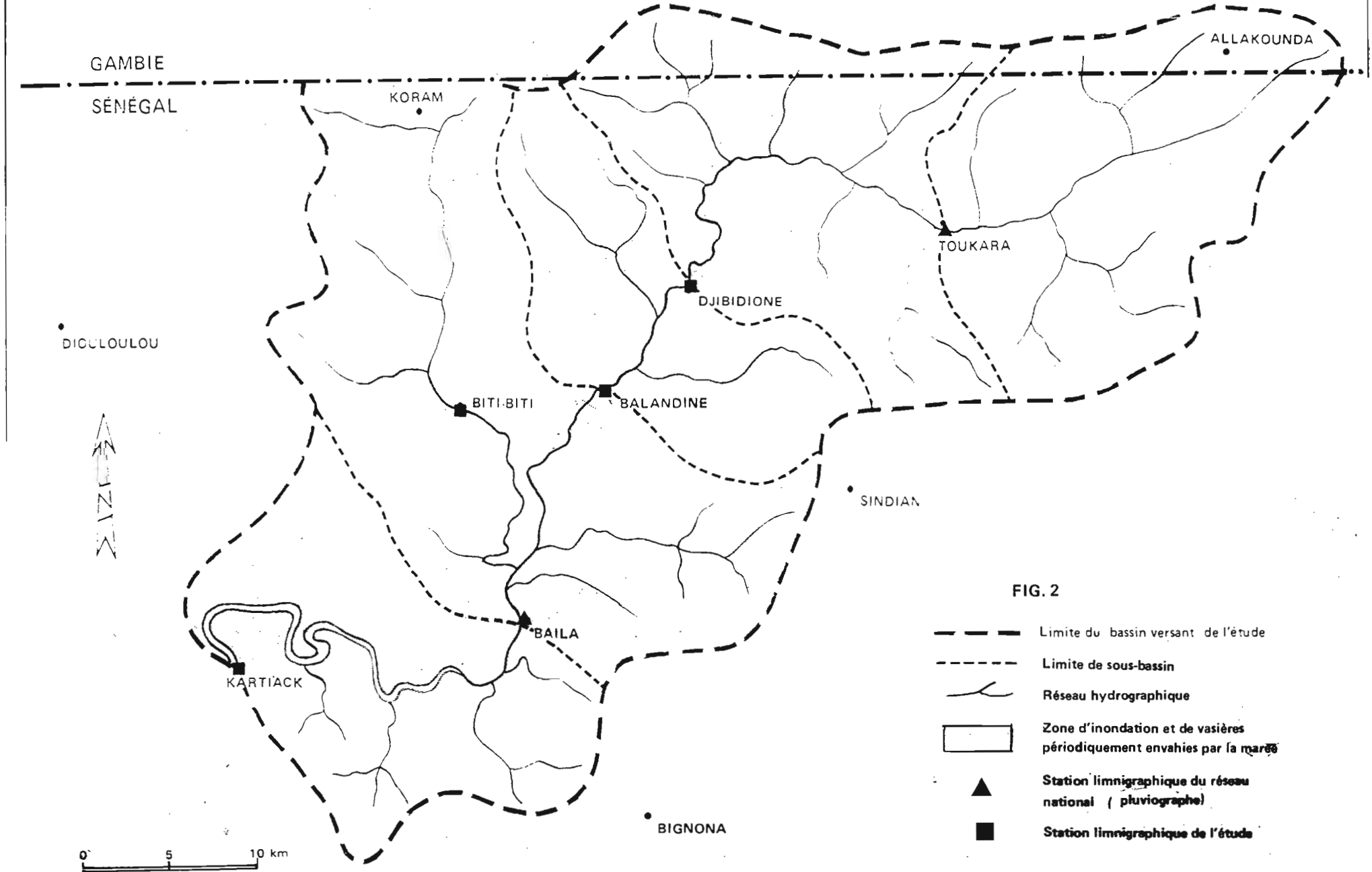


FIG. 2

- — — — — Limite du bassin versant de l'étude
- - - - - Limite de sous-bassin
- ~~~~~ Réseau hydrographique
- ▭ Zone d'inondation et de vasières périodiquement envahies par la marée
- ▲ Station limnigraphique du réseau national (pluviographe)
- Station limnigraphique de l'étude

Surface du BV : 1 634 km² à Kartiak

Périmètre : 200 km

Coefficient de compacité : 1,39

Dimensions du rectangle équivalent : L = 80 km ; l = 20 km.

Le relief est ici assez mou et le point le plus élevé du bassin est à 37 m près de Tandine, au sud-est de Djibidione (fig. 1). La pente moyenne transversale est faible et évolue peu de l'aval vers l'amont :

à Baïla : 1,2 %

à Balandine : 1,47 %

à Djibidione : 1,51 % .

En amont de Djibidione, la pente moyenne décroît de nouveau pour atteindre la valeur de 1,2 % . Par contre en aval de Kartiak, elle n'est plus que de 0,5 % .

La profonde pénétration des eaux marines de faible marnage et les nombreuses circonvolutions du lit du marigot indiquent que la pente longitudinale est négligeable sur toute la partie en aval de Balandine et un léger relèvement en amont de cette station. On a ainsi d'amont en aval : Toukara-Djidione (24 km), p = 0,0125 %

Djibidione-Balandine (8,5 km), p = 0,0027 %

Balandine-Baïla (18 km), p = 0,0009 %

et Baïla-Kartiak, p = 0,0002 % .

A₂ GEOLOGIE

1. EVOLUTION

La Basse-Casamance est la partie méridionale du vaste bassin sédimentaire sénégal-mauritanien occupé par les formations sédimentaires du Secondaire et qui a connu sa plus grande extension au Lutétien (P. MICHEL, 1971). A partir de l'Eocène se produit un fort mouvement de subsidence à l'ouest d'une ligne de flexure continentale Sédhiou-Dagana.

Il y a eu dépôt de sédiments Secondaire-Tertiaire de plusieurs milliers de mètres en Basse-Casamance et de quelques 400-600 m en Haute-Casamance. Le Miocène s'est caractérisé par des mouvements tectoniques responsables des coudes brusques affectant les cours de la Casamance et de ses affluents. La mer s'est manifestée par une série de transgressions et de régressions suivies de dépôts de sédiments. Les derniers, déposés principalement en milieu continental, consolidés en grès argileux bariolés, interstratifiés de couches d'argile à dominance kaolinique, forment le Continental Terminal de faciès sidérolithique. Ce matériau a été déposé sous l'action d'un climat tropical à tendance subaride, à pluviométrie irrégulière, en période de rhéostasie. Ces dépôts datent du fini Tertiaire (Miocène-Pliocène).

En Basse-Casamance, le Continental Terminal a été modelé en bas-plateaux mollement ondulés. Dans la partie sud de l'estuaire (région d'Oussouye), ils sont très morcelés et ceinturés d'alluvions de différentes époques du Quaternaire. Par contre dans la partie nord (région de Bignona), le plateau est tranché au-dessous des sédiments récents par un système de failles mettant en évidence, à travers les entailles des réseaux hydrographiques, plusieurs niveaux cuirassés.

Sous l'impulsion de la houle du nord-ouest s'est mis en place un système de flèches et de cordons littoraux qui ont fermé le vaste golfe déblayé lors de la grande régression préholocène (15 000 - 20 000 B.P.) responsable du creusement des vallées, plus ou moins colmatées lors du Nouakchottien, qui dissèquent le plateau du Continental Terminal dont notamment les vallées de Bignona et de Bafla.

La transgression nouakchottienne (5 000 B.P.) entraîne le comblement général de l'estuaire et des basses vallées et la construction de terrasses étagées, sableuses fréquentes dans l'estuaire et ourlant parfois le plateau du C.T.

Entre les cordons littoraux, les terrasses et les plateaux, s'est produite une sédimentation récente qui est à l'origine des vasières à mangrove, sillonnées de chenaux profonds.

2. FORAGES PETROLIERS ET STRATIGRAPHIE

L'étude géologique repose ici sur l'analyse des coupes des forages pétroliers qui ont permis d'établir un schéma stratigraphique de la région de Baïla (fig. 3).

Si l'on arrête le Quaternaire sur le niveau latéritique à la base des plateaux (fig. 5), les argiles jaunes (30-40 m) réunies dans le Continental Terminal appartiendraient au Mio-Pliocène. A ce niveau le faciès argileux noté à Diouloulou devient de plus en plus limoneux puis sableux vers Bignona au S-W.

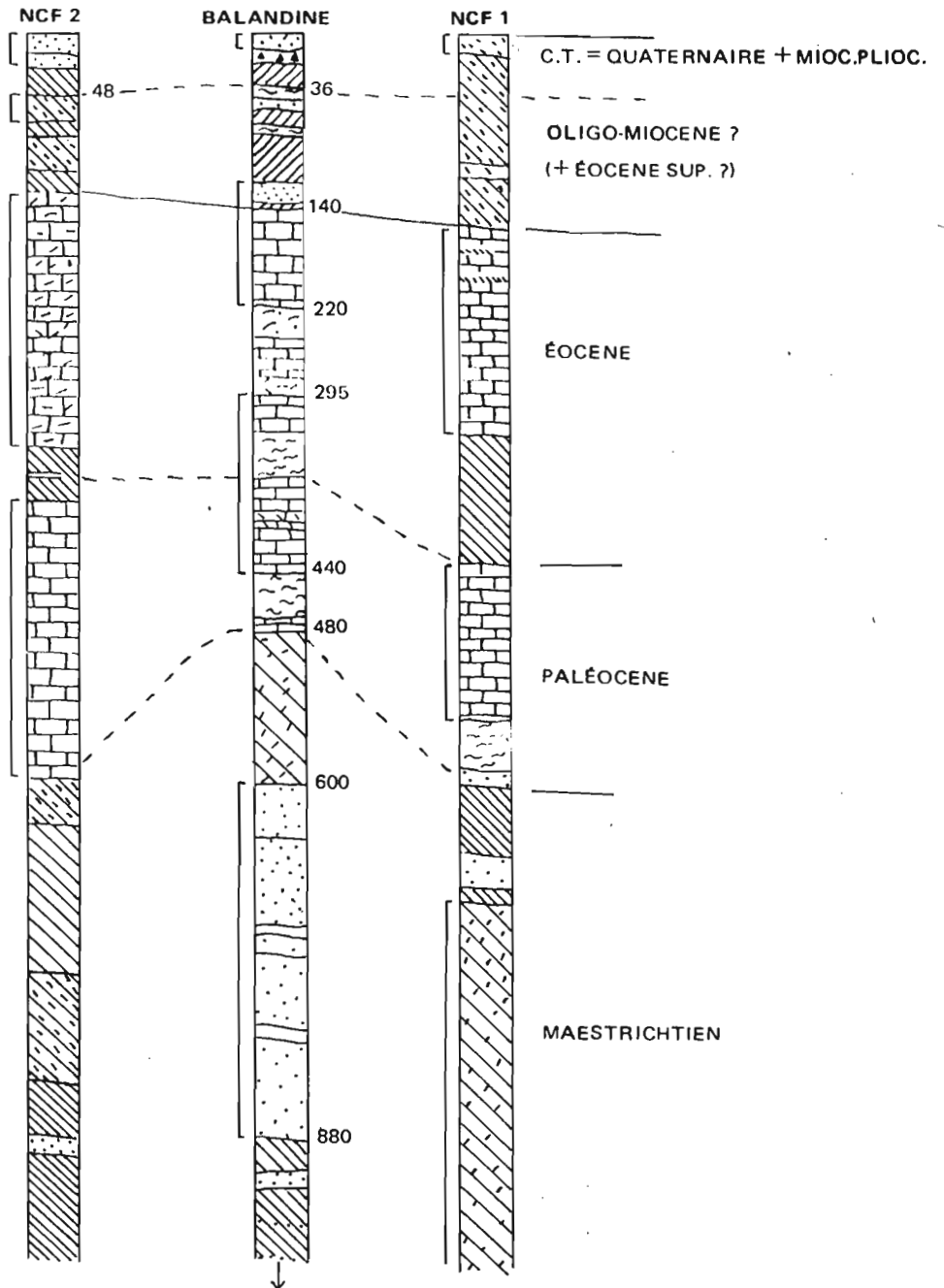
En dessous, on a des argiles grises, sableuses puis des sables argileux sur 100 m d'épaisseur datés de l'Eocène supérieur à l'Oligo-Miocène.

Un horizon sableux, absent au N-O (Diouloulou), se développe en direction du S-E pour atteindre 30 m d'épaisseur à partir de Baïla. Elle se situe à 100 m de profondeur et repose sur des argiles ou des argiles sableuses de l'Eocène Supérieur.

Sous la série argilo-sableuse grise, on trouve des calcaires du Lutétien de -140 à -350 m à Balandine, avec des intercalations de marnes de -220 à 240 m, de -280 à 295 m. Les faciès sont nettement calcaires à l'amont du bassin (NCF1 à Kandiadiou) alors qu'au nord de Balandine, en direction de la Gambie (NCF2), c'est des calcaires marneux. Ces calcaires reposent sur des argiles ou des marnes formant la base de l'Eocène et isolant une nouvelle série calcaire du Paléocène dont l'épaisseur varie de 90 m (Balandine de -350 à -440 m) à 220 m du NCF2.

Sous les calcaires du Paléocène, débutent les sables argileux du Maestrichien (-480 m à Balandine, -600 m à Kandiadiou : NCF1) qui passent à des sables aquifères à Balandine de -600 à -880 m. L'ensemble du Maestrichien a près de 1 200 m d'épaisseur avec un faciès plus argileux au nord.

FIG. 3 COUPES GÉOLOGIQUES DES FORAGES PÉTROLIERS



ÉCHELLE : 1/5 800

[ZONE AQUIFÈRE

Il résulte de ce qui précède que cette région connaît un lent mouvement de subsidence qui explique la densité des fractures dans un matériau aussi meuble que le sable, mais dont l'épaisseur de la couverture plastique est faible en regard des roches compétentes sous-jacentes. Et ce sont ces fractures qui conditionnent l'orientation du réseau hydrographique. Le schéma structural (fig. 4) montre le parallélisme qui existe entre l'orientation des fractures et celle des biefs successifs des marigots, notamment le Baïla dont les méandres sont tracés dans les couloirs de fractures.

3. LES FORMATIONS DE SURFACE (fig. 5)

Elles ont une morphologie tabulaire et dans le bassin on trouve :

- une zone de bas-fonds,
- une zone de versants composés,
- une zone de plateaux.

a) Les bas-fonds

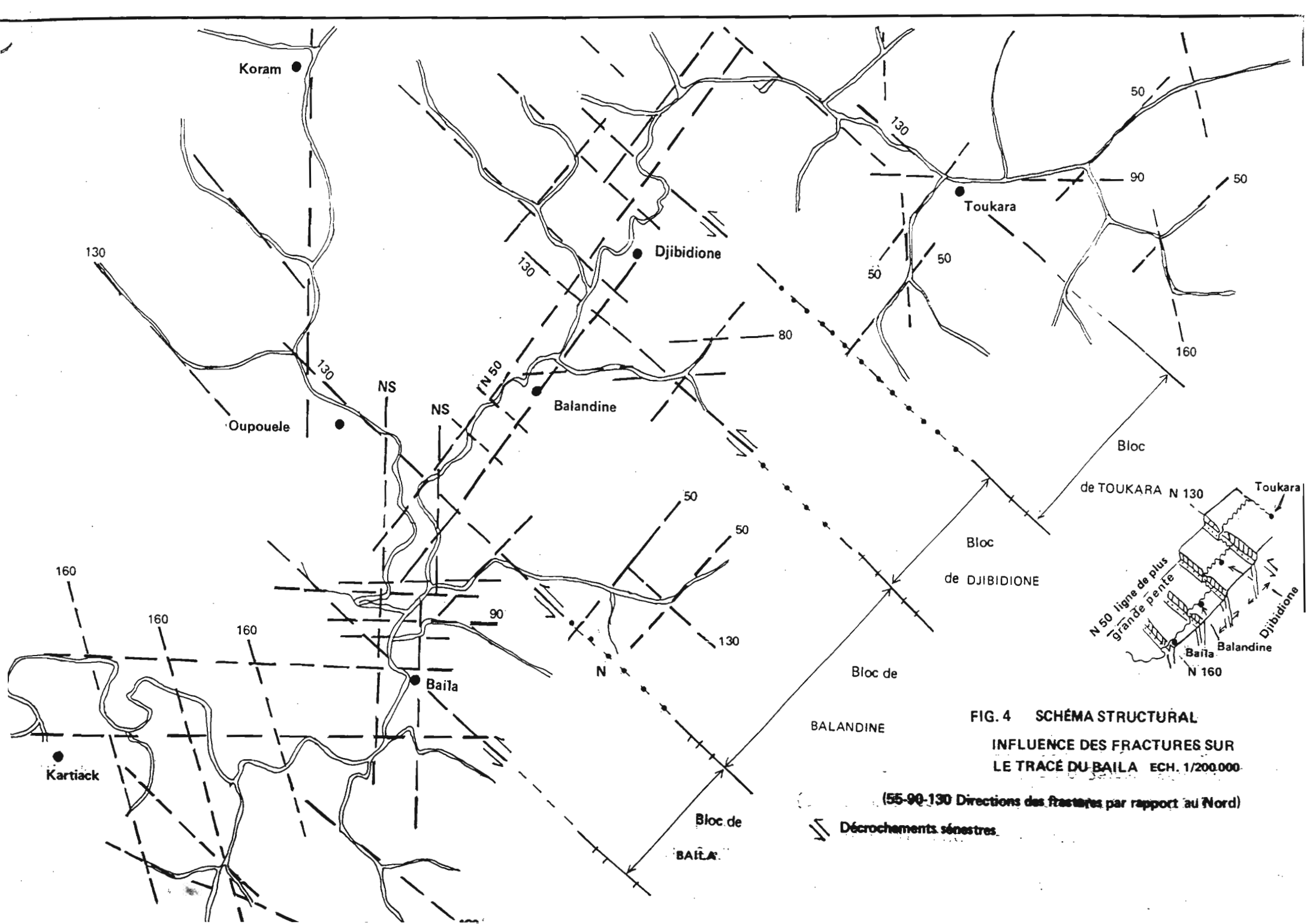
C'est le domaine intéressé par le réseau hydrographique et les marées. On distingue ainsi un bas-fond aquatique soumis à la marée dont l'influence s'étend jusqu'à Djiginone-Katounor et un bas-fond non soumis à cette influence.

La largeur du bas-fond aquatique est de :

Kartiak :	5 km	Balandine :	1 km
Baïla :	2 km	Djibidione :	0,3 km.

Il occupe les vallées principales et adjacentes. La marée remonte les affluents sur des distances relativement courtes (3 à 4 km), sauf pour le marigot d'Oupouel où elle atteint 13 km jusqu'à l'amont d'Essom.

Dans l'ensemble, les bas-fonds sont recouverts de vases noirâtres, argileuses reposant parfois sur une assise de vase finement sableuse (20 cm). Le fond vaseux du Baïla est emboîté. Par contre, dans le bas-fond non aquatique, les lits sont tapissés de sable blanc.



La partie supérieure des marigots connaît localement un ennoyage des têtes de thalwegs par des colluvions sableuses ou argileuses et le marigot laisse la place à une morphologie d'oued avec un lit en V.

Les bas-fonds sont à la fois une surface d'accumulation et une surface d'érosion, la marée et l'écoulement nivellant constamment les sédiments vaseux et sableux.

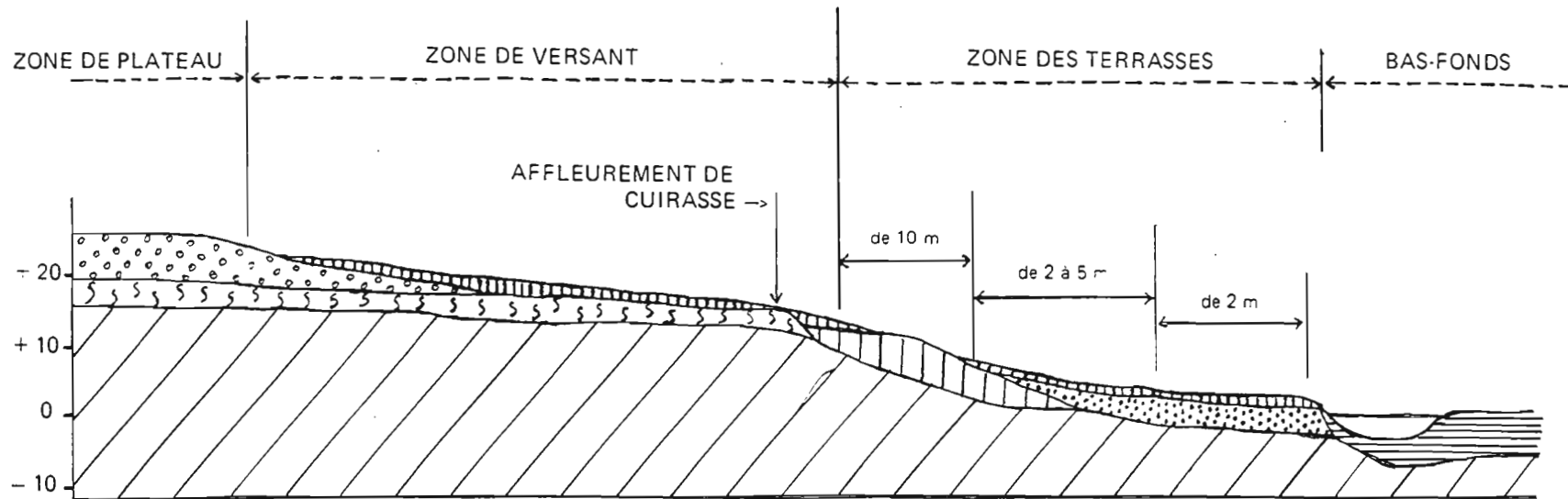
b) Les versants et terrasses

C'est la zone de transition, peu marquée dans la topographie, entre les bas-fonds et la surface du plateau. Elle se compose de replats et de raccords entre les surfaces planes donnant ainsi des terrasses au nombre de deux. La morphologie est cependant très atténuée.

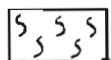
- . La terrasse marine de 2 à 5 m : elle cerne le pourtour des bas-fonds du marigot et de ses affluents. Le paysage est fait de sables très clairs, gris blancs, situés au-dessus des surfaces inondables, à une altitude variable de 2 à 5 m. L'épaisseur approximative de cette terrasse est de 12 à 15 m, et le creusement actuel des lits des marigots atteint la base de la terrasse. En surface, elle se dégrade morphologiquement à l'approche du marigot pour se raccorder avec la surface aquatique.
- . La terrasse de 10 m : elle se situe en bordure du plateau et à la limite du niveau précédent. Il s'agit d'une terrasse sableuse d'origine marine. Son altitude relative varie entre 7 et 12 m, décroissante en direction des bas-fonds et croissante vers le plateau. Toutes ces terrasses sont des surfaces d'accumulation recevant les colluvions provenant des parties supérieures. Elles sont séparées par des zones de raccordement de très faible pente, pauvres en végétation et recouvertes de colluvions sableuses quasi-stériles.

c) Le plateau

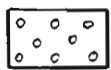
Il comprend : la partie haute des versants (zone de versant sur la figure 5), qui est un glacis d'érosion recouvert de sables rouges colluvionnés, surmontant un niveau latéritique induré mais relativement fragile, de couleur rouille et cuirassé lorsqu'il affleure, d'une part,



Argiles jaunes limoneuses



Cuirasse latéritique



Formations de plateau
sables et grès



Formations colluvionnaires



Terrasse de 10 m (sols beiges)



Terrasses de 2 et 5 mètres argilo-sableuses



Vasières



Lit du marigot

FIG. 5 ESQUISSE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA MOYENNE VALLÉE DU BAILA

(EXTRAIT. EXT. DE R. GALLAIRE A. AUBRUN et M. ANGALENG)

et d'autre part la zone de plateaux, partie culminante du relief, couverts de sables rouges à aspect gréseux, peu colluvionnés.

A₃ SOLS ET VEGETATION

1. APERÇU SUR LA PEDOGENESE

Il faut distinguer deux domaines : la zone de mangroves soumise à l'influence maritime et le domaine des versants et le plateau.

Dans la zone de mangroves, le facteur dominant de la pédogenèse est le soufre auquel s'ajoutent les sels solubles. En effet tous les sédiments marins de cette zone se caractérisent par l'accumulation en leur sein, et plus particulièrement au niveau des racines des palétuviers *Rhizophora*, des pyrites (sulfures de fer) qui proviennent de la réduction des sulfates de l'eau de mer en milieu anaérobie sous l'influence des bactéries sulfato-réductrices. Les ions S^{-2} formés réagissent avec le fer apporté par les sédiments et dont sont très riches les bassins versants. Et c'est l'oxydation des composés réduits du soufre et notamment de la pyrite qui est à l'origine de l'acidification de ces sols et ce fait constitue le facteur-clé de l'évolution des sols de mangroves.

L'accumulation de la pyrite est très élevée sous *Rhizophora* (jusqu'à 10 %) à cause de la profondeur et de la densité de son système racinaire, alors que sous *Avicennia* elle est secondaire. C'est donc un matériau très organique, fibreux, riche en pyrites et en eau, qui va évoluer par suite des modifications progressives du régime hydrique, de l'aération et de la salinité.

La submersion fréquente des berges, à laquelle s'ajoute une forte rétention d'eau grâce à la présence de grandes quantités de matières organiques, met en place le processus de salinisation. Et tous ces sols subissent une salinisation directe soit par les marées, soit par les nappes qui sont elles-mêmes alimentées par les marées en saison sèche. Dans la nappe phréatique de ces sols, la salure passe de 15 à 50 g/l. Ce processus détermine, dans une certaine mesure, les caractères des sols et la répartition des formations végétales dans cette zone.

Par contre, au niveau des versants et du plateau, la pédogénèse est liée aux phases érosives ayant affecté les formations grésos-argileuses du Continental Terminal et dont les produits se retrouvent sur les versants.

2. REPARTITION DES SOLS ET DE LA VEGETATION

Précisons que l'influence édaphique est ici primordiale pour la répartition des formations végétales. En fonction de la nature du sol, du régime hydrique et de la qualité des eaux, divers groupements seront distingués. Signalons aussi qu'il ne s'agit pas d'une étude exhaustive des sols et de la végétation (pour de plus amples informations, voir J. VIEILLEFON et le rapport final du Programme de Développement de la Vallée de Baïla).

a) Les sols de mangroves

Ces sols s'étendent des berges du marigot jusqu'à la limite du tanne. Ce sont des sols très riches en matières organiques, formées de fibres, radicelles qui donnent à l'ensemble une structure spongieuse. Le profil, uniformément gris, devient de plus en plus clair en s'approchant du tanne à cause de la diminution de la matière organique, tandis que l'acidité du sol évolue en sens inverse. La végétation connaît une certaine zonation (fig. 6). En partant de la berge, on a successivement :

- Rhizophora mangle associés à Sesuvium portulacastrum (profils I et II) ;
- Avicennia nitida avec quelques Rhizophora rabougris, plus des Scirpus littoralis à l'écart des palétuviers (profils III et IV).

On note l'existence d'un sol de mangrove hydromorphe à coquilles d'huîtres et racines fossiles d'Avicennia à Badiana, et cela au niveau d'un tanne herbu colonisé par les Heleocharis et les Fragmites. On y observe des baobabs (Adansonia digitata) très souvent en relation avec les horizons à coquilles d'huîtres dans la mangrove. Ce profil est à rapprocher de certaines îles du Saloum. Ces sols de mangroves ont une capacité de rétention d'eau allant de 300 % à 150 % par rapport au sol séché (VIEILLEFON, 1977).

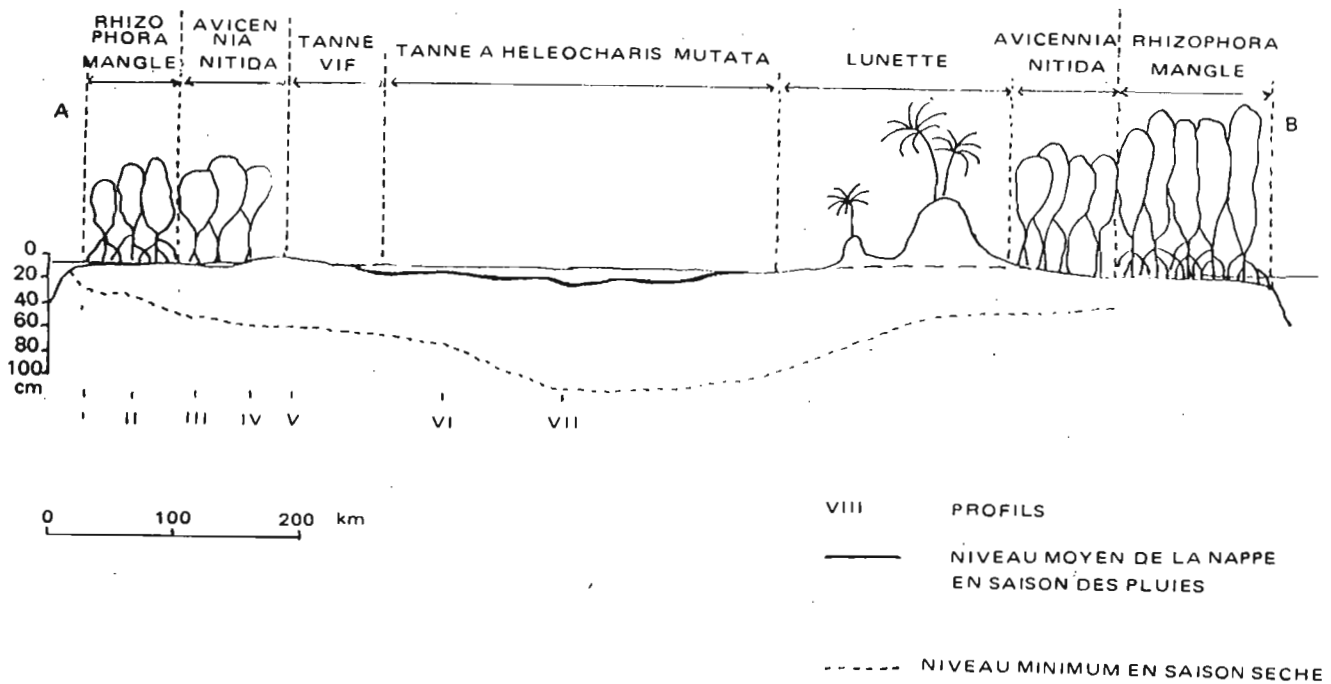


FIG. 6 COUPE TOPOGRAPHIQUE DE LA SEQUENCE DE BALINGORE

D'après J. VIEILLEFON

b) Les sols de tannes

Ils font suite aux précédents et se caractérisent par une salinité excessive. Ils résultent de l'évolution des sols de mangrove, d'où l'existence, en profondeur, de la vase grisè, réduit riche en racines et fibres des *Rhizophora*. Ces sols occupent les basse et moyenne terrasses. Au niveau du tanne vif (profil V), l'excès de sel ne permet pas le développement de la végétation. Par contre dans les zones dépressionnaires, déssalées par les eaux de pluies, on a une végétation herbacée composée d'*Heleocharis carribea* et *mutata* -espèces halophiles- associés à *Sesuvium portulacastrum*, *Philoxerus vermicularis*, *Paspalum vaginatum*, *Scirpus littoralis* (profils VI et VII). Leur capacité de rétention d'eau est de l'ordre de 40 % .

c) Sols de pentes et des terrasses

Ce sont des sols sablo-argileux, l'importance de la fraction sableuse provenant sans doute de la dégradation de l'argile par ferrolyse. Au niveau de la terrasse supérieure, on a un sol minéral brut. Ce domaine est colonisé par les rôniers, les palmiers (*Elaeis guineensis*), les mampatan (*Parinari excelsa*), formant une forêt claire.

d) Les sols de plateaux

Ce sont des sols rouges et beiges. Au niveau des glacis-pentes, ils ont un un faciès ferrugineux avec des concrétions ferrugineuses. Par contre, sur le plateau proprement dit, ce sont des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux lessivés, avec une accumulation sensible de fer vers 120 cm. Dans l'ensemble, ce sont des sols très sableux, sur lesquels on trouve une forêt relicte où dominant les palmiers et d'autres espèces comme le santan (*Daniellia oliveri*), le mampatan, le caïlcédrat (*Khaya senegalensis*), les rôniers (*Borassus flabellifer*). Ces espèces sont importantes entre Allakounda-Djibidione et Balandine-Diououlou.

A, TRANSFORMATION DU MILIEU PAR L'HOMME

Les populations riveraines du Baïla sont des agriculteurs, et les terroirs du bassin versant sont consacrés à l'activité agricole.

- Sur la terrasse dite "de 2 m" se trouvent les rizières consacrées à la riziculture inondée.
- Au niveau de la terrasse supérieure ou "terrasse marine de 10 m" sont pratiquées les cultures du riz pluvial, du mil et de l'arachide, les deux dernières s'étendent sur la partie haute des versants.
- Par contre sur les plateaux se pratiquent les cultures sèches.

B. LES CONDITIONS CLIMATIQUES

B₁ INTRODUCTION

a) Les conditions générales

Les traits majeurs du climat résultent conjointement de facteurs géographiques et aérologiques. Les premiers s'expriment à travers la latitude qui donne au bassin versant des caractères tropicaux atténués dans une certaine mesure par la proximité de la côte. Les seconds se manifestent par l'alternance au niveau du bassin versant -et du pays- de trois masses d'air principales :

- L'alizé maritime : issu de l'anticyclone des Açores, de direction nord à nord-ouest, humide, frais et parfois froid en hiver avec une faible amplitude diurne. Inapte à engendrer des pluies, il est responsable de l'humidité, déposée la nuit, sous forme de rosée. Cet alizé concerne le sud-ouest du bassin versant en hiver.
- L'Harmattan : de direction Est dominante, c'est l'expression terminale de l'alizé continental saharien. Il se caractérise par une grande sécheresse, des amplitudes thermiques très accusées -frais ou froid la nuit, chaud ou torride le jour- et la "brume sèche". Sa sécheresse s'accompagne d'une très forte capacité d'évaporation. Ce flux intéresse la quasi-totalité du bassin versant du Baïla et en surmontant l'alizé maritime, au niveau de la discontinuité d'alizé, il renforce la sécheresse supérieure.
- Et enfin la Mousson : elle résulte de l'alizé issu de l'anticyclone de Ste Hélène. Son parcours maritime l'a chargé d'un grand potentiel d'eau précipitable. De direction sud-ouest, elle n'intéresse réellement le bassin qu'à partir du mois de juin et cela jusqu'en octobre. Dès novembre, les alizés rétablissent leur domination.

b) Les données disponibles

Les données climatiques proviennent de la Direction de la Météorologie Nationale de Dakar-Yoff et concernent les stations du Réseau National. Parmi celles-ci, on note la position encadrante, par rapport au bassin versant, de trois stations régionales qui présentent une période d'observation assez longue pour permettre le traitement statistique des données pluviométriques :

- Bignona	(18 m)	:	pluviomètre	(1954)
- Diouloulou	(12 m)	:	"	(1937)
- Ziguinchor	(19,3 m)	:	-pluviographe	(1921)
			-psychromètre - héliographe - Piche -	
			températures :	1951.

A partir de 1979, a été installé un réseau d'observation météorologique dense sur le bassin versant.

A Djibidione existe une station météorologique simplifiée depuis août 1979. La figure 7 indique la localisation des diverses stations et postes climatologiques.

B₂ LES CARACTERES GENERAUX DU CLIMAT

Nous avons retenu les caractères dont l'influence sur le comportement hydrologique est certaine ; il s'agit des températures, de l'humidité, de l'insolation et des vents ; la pluviométrie et l'évapotranspiration seront examinées à part.

a) Les températures

Les premiers relevés de températures sur le bassin versant datent de 1979 à la station de Djibidione. Une comparaison des températures relevées à cette station avec celles de Djibélor permet de se faire une idée précise de cette donnée sur le bassin versant (tableau 1) :

BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

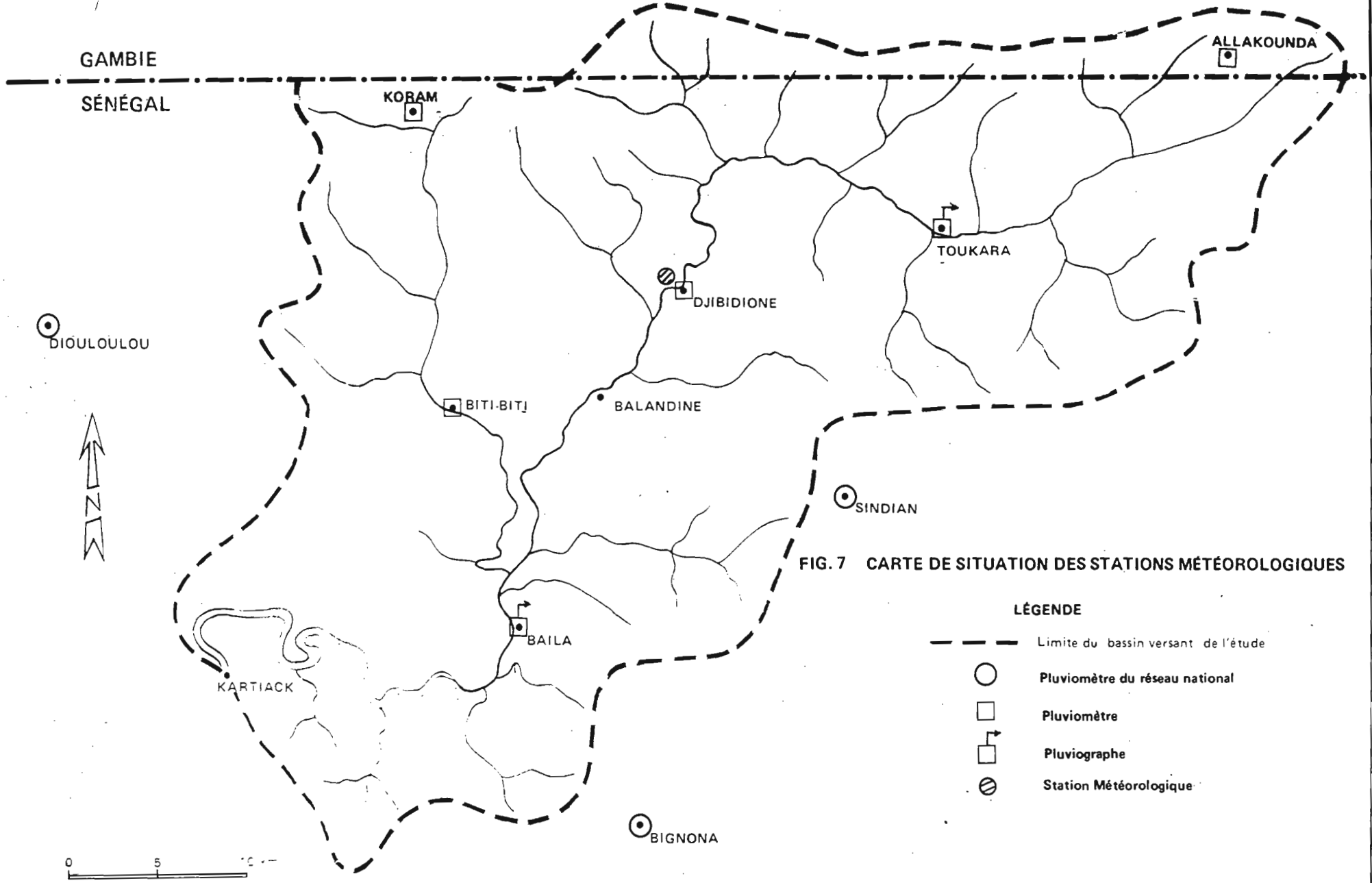


FIG. 7 CARTE DE SITUATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

LÉGENDE






-  Limite du bassin versant de l'étude
-  Pluviomètre du réseau national
-  Pluviomètre
-  Pluviographe
-  Station Météorologique

Tableau 1

	A (79)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J (80)
<u>Djibélor (ISRA)</u>											
Moy. T°S Min	23° 5	23° 9	23° 5	21° 0	17° 5	16° 2	16° 8	18° 4	21° 1	21° 4	24° 0
Moy. T°S Max	31° 6	31° 9	32° 8	33° 1	33° 2	33° 6	34° 7	37° 2	37° 5	36° 5	34° 6
T°S Moy. mens.	27° 5	27° 9	28° 1	27° 0	25° 3	24° 9	25° 7	27° 8	29° 3	28° 9	29° 3
<u>Djibidione</u>											
Moy. T°S Min	22° 3	22° 3	21° 7	17° 6	13° 6	12° 5	14° 1	17° 0	18° 5	19° 2	22° 8
Moy. T°S Max	33° 6	34° 4	34° 5	35° 8	35° 0	36° 3	38° 1	39° 5	41° 7	40° 9	27° 7
T°S Moy. mens.	27° 6	28° 3	28° 1	26° 7	24° 3	24° 4	26° 1	28° 2	30° 1	30° 1	30° 2

Ces données montrent que les températures au niveau des deux stations sont sensiblement les mêmes avec cependant une amplitude thermique plus grande à Djibidione (5° 9 C) qu'à Djibélor (4° 4 C). Mais un nouveau rapprochement avec la normale climatique de Ziguinchor (1951-78, tabl. 2) permettrait de déterminer une température moyenne annuelle pour le bassin versant du Baïla.

Tableau 2

Températures à Ziguinchor (1951-78) en °C

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moy. des Max mensuels	32.8	35.0	36.7	37.0	35.5	33.4	31.0	30.2	31.0	32.3	33.1	31.8
Moy. des Min mensuels	15.4	16.4	17.4	18.7	20.9	23.0	22.9	22.7	22.5	22.6	20.5	16.6
Températures moyennes	24.1	25.7	27.0	27.8	28.2	28.2	26.9	26.4	26.7	27.4	26.8	24.2

On peut considérer que la température moyenne annuelle est de 26,6° C. Le minimum mensuel se situe en janvier et le maximum en mai-juin juste avant les pluies. On note aussi un minimum relatif en août et un maximum relatif en octobre.

b) L'humidité relative

Ce paramètre n'a pas fait l'objet d'observations dans le bassin du Baïla. Mais l'homogénéité climatique relative de la Basse-Casamance peut permettre une généralisation des observations faites à Ziguinchor au bassin du Baïla. Le tableau 3 donne les humidités relatives maximale, minimale et relative en pourcentage pour la période 1951-1978.

Tableau 3

Humidité relative à Ziguinchor (1951-1978)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moy. Mens Humid Max %	87.2	87.7	89.5	90.0	92.3	94.2	97.7	89.6	98.7	98.3	97.0	92.3
Moy. Mens Humid Min %	27.3	24.8	23.5	26.3	37.2	50.4	50.0	69.4	66.4	59.0	44.1	33.6
Moy. Mens Humid relative moyenne %	57.2	56.2	56.5	58.1	64.7	72.3	81.3	84.0	82.5	78.6	70.5	62.9

On note que l'humidité relative moyenne est basse durant la saison sèche avec un grand écart entre le maximum et le minimum à cause des nuits claires et fraîches qui favorisent la condensation au matin. Par contre, en saison des pluies, elle dépasse 70 % avec une faible amplitude entre le maximum et le minimum et ceci du fait de la permanence du couvert nuageux de jour comme de nuit. C'est ainsi que l'amplitude moyenne de mars est de 66 % et celle de septembre de 32,3 % .

c) L'insolation

Les résultats obtenus à Ziguinchor de 1951 à 1978 (tabl. 4) et les mesures réalisées en 1979 (tabl. 5) indiquent une uniformité relative de la durée de l'insolation qui est importante toute l'année avec une légère baisse en hivernage due au couvert nuageux.

Tableau 4

Insolation à Ziguinchor (1951-1978)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Insolation moy. mens journ. en H et 1/10e H	8.0	8.7	9.5	10.0	9.5	6.9	5.4	4.6	5.5	7.1	8.3	7.3	2 757.9

Tableau 5

Insolation sur le bassin versant en 1979

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Insol. moy. journ. en H et 1/10e H	7.9	9.7	9	9.9	10	7.7	7.4	6.7	7.2	7.5	8.9	8	3 034.1

d) Les vents

Nous avons déterminé ci-dessus, dans les conditions générales du climat, les grands courants aériens qui intéressent le bassin versant du Baïla. Les vents s'inscrivent dans cette mouvance. De novembre à avril, les vents du nord-est dominant, alors qu'à partir de mai s'installe la circulation du sud-ouest, vecteur des vents humides avec un important potentiel d'eau précipitable.

Les vitesses sont variables ; elles peuvent dépasser 4 m/s en fin de saison sèche et se situer en hivernage à 1 m/s. Mais il faut tenir compte aussi des coups de vents lors du passage des lignes de grains dont la vitesse peut dépasser 20 m/s.

B₃ L'EVAPOTRANSPIRATION

Le calcul de l'évapotranspiration découlant du traitement des données de l'évaporation, nous allons considérer en premier celle-ci.

a) Evaporation

Nous prenons en considération les mesures de l'évaporation sur Bac faites à l'ISRA de Djibélor depuis juin 1973 et à Djibidione depuis 1979, l'observation étant quotidienne au niveau des deux stations. Le tableau 6 présente les données de ces deux stations.

Tableau 6

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot
<u>Djibélor 74-80</u>													
Evap moy. journ. mm/j	4.3	5.4	6.5	7.2	7.2	5.7	4.0	3.6	3.6	4.1	3.8	3.5	
Evap moy. mens	133	152	203	215	224	170	125	113	109	126	115	110	179
Ev. moy/J	3.25	5.28	6.38	6.55	6.42	4.47	4.02	3.29	3.43	3.61	3.97	3.51	
79-80													
Evap mens	100.8	148.1	198.0	196.6	199.2	134.2	124.8	102.2	102.9	112.1	119.1	108.7	164
<u>Djibidione 1979-80</u>													
Evap moy. journ. mm/j	4.29	5.26	6.85	7.16	7.07	6.26	4.63	3.75	3.55	4.27	3.98	4.28	
Evap mens	132.9	152.5	212.3	219.2	219.2	187.8	143.4	116.3	106.6	132.4	119.5	132.8	187

Mais ces valeurs obtenues dans des conditions artificielles ne peuvent correspondre à la réalité. Aussi le calcul de l'évapotranspiration potentielle est-elle nécessaire.

b) L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'ETP est la quantité d'eau évaporée par l'air et la végétation lorsque le sol est à sa capacité de rétention. Les formules classiques ne répondant pas tout à fait aux conditions du Baïla, la relation suivante, acceptée par les agronomes pour les régions comparables au bassin du Baïla, a été retenue :

$$ETP = \text{Evaporation sur Bac} \times 0,8.$$

Tableau 7

ETP à Djibélor et Djibidione

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<u>Djibélor</u> 74-80 ETP	106.4	121.6	163	172	179	136	100	90	87	101	92	88	1436
<u>Djibidione</u> 79-80 ETP	106	122	170	172	175	150	114	93	86	106	96	106	1496

Il en résulte une évapotranspiration importante de l'ordre de 1 500 mm qui aura des incidences non négligeables sur l'écoulement du Baïla.

B₄ PLUVIOMETRIE

L'étude de la pluviométrie sur le bassin du Baïla s'avère délicate car les installations de mesures sont très récentes. Seules les stations de Ziguinchor, Bignona et Diouloulou ont une période d'observation assez longue susceptible de permettre une étude correcte de la pluviométrie sur le Baïla.

a) Pluviométrie annuelle

Les périodes d'observation pour les trois stations sont indiquées en introduction de l'étude des conditions climatiques et nous les rappelons :

Bignona : depuis 1954
 Diouloulou : " 1937
 Ziguinchor : " 1921

Mais compte tenu de certains résultats à l'évidence inexacts, seules les années sûres sont conservées : soit pour Ziguinchor : 54 ans
 Diouloulou : 30 ans
 Bignona : 24 ans.

A partir de ces séries, on obtient les moyennes pluviométriques suivantes :

Ziguinchor : 1 514 mm (tableau 8)
Diouloulou : 1 339 mm (" ")
Bignona : 1 292 mm. (" ")

Une analyse des isohyètes interannuelles 1954-1979, 1964-1979 (période sèche) et 1954-1970 (période humide) de la figure 8 et les isohyètes de 1968 (ORSTOM) et 1978 (SOMIVAC) de la figure 9, laisse voir une nette tendance à la baisse de la pluviométrie annuelle. En effet si jusqu'en 1963 les variations interannuelles sont restées faibles, à partir de cette date, malgré quelques remontées en 1967, 1969 et surtout 1978, la diminution de la pluviométrie est très marquée, notamment en 1979, année sur laquelle nous reviendrons.

Ce déficit se trouve au niveau de la pluviométrie moyenne annuelle par décennie comme le montre le tableau 9 dans lequel sont indiqués pour les deux dernières décennies :

- la moyenne annuelle par décennie,
- le pourcentage de la moyenne pour toute la durée des observations.

Tableau 9

Pluviométrie moyenne annuelle par décennie

Stations	Moy. annuelle par déc (mm)	% de la moy/ normale
Bignona	1978-1969	1 103
	1968-1959 (-1961)	1 287.8
Diouloulou	1978-1969	1 215.3
	1968-1959 (5 ans)	1 277.8
Ziguinchor	1978-1969	1 387.5
	1968-1959	1 444.2

Ce tableau confirme les observations indiquées dans la figure 8 concernant les isohyètes des tendances sèches et humides. Ce tableau montre aussi le caractère déficitaire des deux dernières décennies même si la première accuse un déficit relatif.

Tableau 8 : Pluviométrie annuelle à Ziguinchor,
Diouloulou et Bignona.

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A ZIGUINCHOR

Année	P (mm)	Année	P (mm)	Année	P (mm)
1921	1378	1944	1098	1962	1568
1922	1908	1945	1511	1963	1429
1924	2183	1946	1202	1964	1223
1925	1426	1947	1657	1965	1757
1930	1386	1948	1653	1966	1604
1931	1192	1949	1451	1967	2007
1932	1969	1950	1824	1968	883
1933	1825	1951	1414	1969	1461
1934	1445	1952	1632	1970	1398
1935	1607	1953	1395	1971	1099
1936	2030	1954	1538	1972	952
1937	1411	1955	1940	1973	1289
1938	1799	1956	1764	1974	1240
1939	1528	1957	1549	1975	1417
1940	1542	1958	1882	1976	1297
1941	968	1959	1145	1977	1903
1942	1426	1960	2275	1978	1819
1943	1683	1961	543	1979	1200

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A DIOULOLOU

Année	P (mm)	Année	P (mm)
1937	1530	1965	1419
1941	685	1966	1540
1942	1167	1967	1658
1943	1523	1968	596
1944	1125	1969	1407
1945	1305	1970	1321
1946	1329	1971	1051
1949	1357	1972	616
1950	2537	1973	1069
1951	1598	1974	1117
1954	1554	1975	1624
1955	1460	1976	1680
1956	1817	1977	1129
1957	1609	1978	1139
1964	1176	1979	1041

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A BIGNONA

Année	P (mm)	Année	P (mm)
1954	1806	1968	827
1955	1633	1969	1465
1956	1585	1970	1163
1957	1391	1971	903
1958	2189	1972	452
1959	1176	1973	1054
1962	1274	1974	1084
1963	1100	1975	1352
1964	1118	1976	1209
1965	1766	1977	848
1966	1247	1978	1499
1967	1795	1979	873

BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

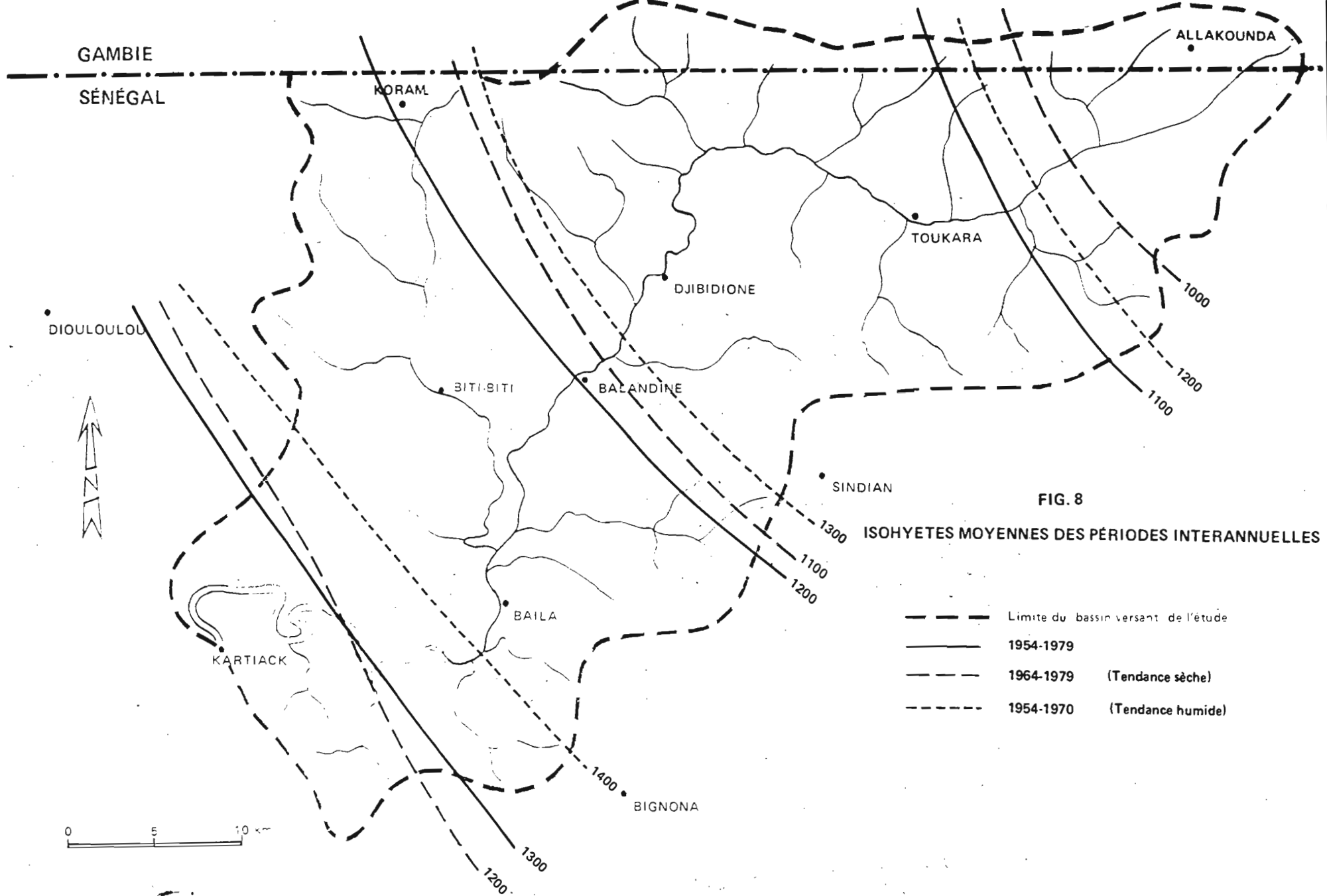


FIG. 8

ISOHYETES MOYENNES DES PÉRIODES INTERANNUELLES

- — — — — Limite du bassin versant de l'étude
- 1954-1979
- - - - - 1964-1979 (Tendance sèche)
- · · · · 1954-1970 (Tendance humide)

FIG. 9 CASAMANCE – ISOHYETES MOYENNES ANNUELLES

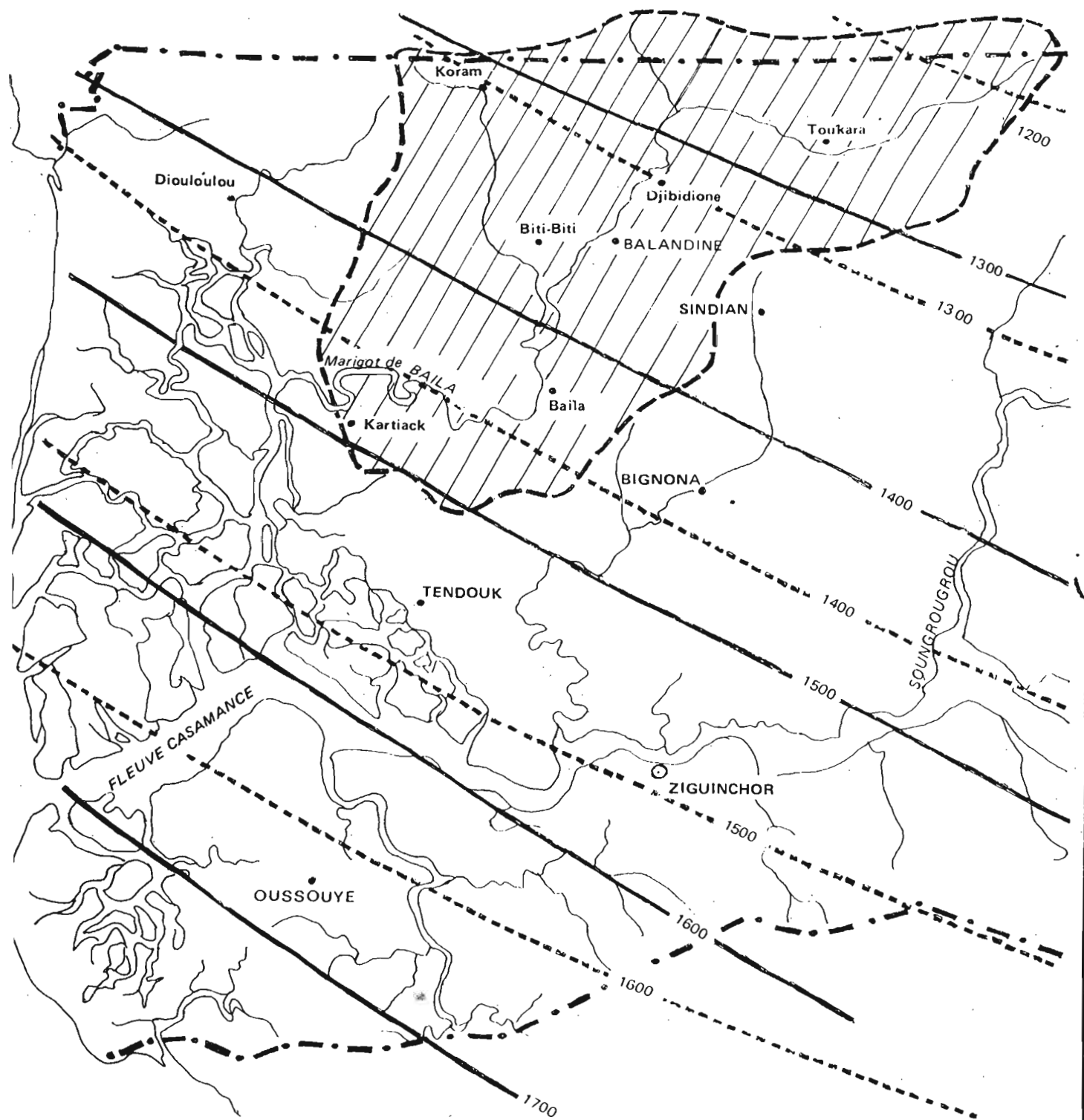
----- Isohyète (1978 SOMIVAC)

———— Isohyète (1968 ORSTOM)



Bassin versant du marigot de BAILA

Échelle 1/500 000



b) Interprétation des données pluviométriques

Cette analyse est nécessaire pour une meilleure compréhension des observations hydrologiques. Si l'on considère qu'une section du bassin versant est la partie de bassin comprise entre deux stations de contrôle, on détermine 5 sections numérotées de 1 à 5 de l'amont vers l'aval (voir fig. 2).

R. GALLAIRE a réalisé une étude pondérée de la pluviométrie pour chaque bassin contrôlé et dont nous reprenons les résultats dans le tableau 10 pour 1979.

Tableau 10 :

Station de contrôle	Pluviométrie pondérée (mm)
Toukara	707
Djibidione	685
Balandine	699
Baïla	750
Kartiak	768

L'extension de l'étude de cette pluviométrie moyenne à l'ensemble du bassin nécessite la prise en considération de la position relative des isohyètes interannuelles parallèles à l'axe Bignona-Diouloulou. La pluviométrie moyenne de ces deux stations, par leur position encadrante pour la partie aval du bassin, peut servir de base pour déterminer la pluviométrie pouvant affecter, de manière approximative, les autres sections du bassin.

Une telle étude, réalisée dans le cadre du Programme de Développement de la Vallée de Baïla (Rapport final, Vol. 2) a donné les résultats du tableau 11 ci-après.

Section	Pluviométrie moyenne (mm)
5. (Kartiak - Baïla)	1 315
4. (Baïla - Balandine)	1 275
3. (Balandine - Djibidione)	1 255
2. (Djibidione - Toukara)	1 205
1. (Toukara - Tête du BV)	1 175

A partir de ces données, il est possible d'établir la pluviométrie moyenne à chaque niveau de contrôle du bassin versant. Le tableau 12 donne :

- la superficie contrôlée par chacune de ces stations,
- la pluviométrie moyenne à chaque station.

Bassin versant contrôlé par	Superficie (km ²)	Pluviométrie moy. (mm)
Toukara	324	1 175
Djibidione	644	1 190
Balandine	852	1 205
Baïla	1 342	1 230
Kartiak	1 634	1 245

Dès lors, en prenant en considération les valeurs moyennes de ces deux tableaux, on peut déterminer les principales récurrences de la pluviométrie susceptible d'affecter le bassin versant à ces différents niveaux de contrôle. Le tableau 13 donne ces différentes récurrences sèches et humides pour les sous-bassins contrôlés par ces stations.

	Déficitaire					Moyenne 1/2	Excédentaire				
	1/100	1/50	1/20	1/10	1/5		1/5	1/10	1/20	1/50	1/100
Toukara (324 km ²)	290	390	545	685	855	1175	1500	1670	1805	1960	2060
Djibidione (644 km ²)	305	405	560	700	870	1190	1515	1685	1820	1975	2060
Balandine (852 km ²)	320	420	575	715	885	1205	1530	1700	1835	2000	2100
Baïla (1342 km ²)	345	445	600	740	910	1230	1555	1725	1860	2025	2125
Kartiak (1634 km ²)	360	460	615	755	925	1245	1570	1740	1875	2040	2140

C. HYDROLOGIE DE LA REGION ET INFLUENCE MARITIME

C₁ DONNEES DISPONIBLES

Les études et observations hydrologiques sont rares, fragmentaires, et manquent souvent de suivi dans le temps.

a) Sur la Casamance en général, mises à part les études d'hydrogéologie faites en 1961 par R. GOUZES et en 1967 par Y. NAPIAS, toutes sous l'égide du B.R.G.M de Dakar, les études hydrologiques proprement dites datent des années 70 :

- BRUNET-MORET (Y.), 1970 : Etudes hydrologiques en Casamance, 52 p., ORSTOM ;
- SOMIVAC, Ziguinchor, 1978 : Plan directeur du développement rural de la Casamance dont une partie est consacrée à l'hydrologie.

Au point de vue observations hydrologiques, seule la station de Kolda jouit d'une dizaine d'années d'observations fiables. Il s'y ajoute les données recueillies sur le haut-bassin de Bignona et récemment traitées par J.C. OLIVRY.

b) Sur le marigot de Baïla, les observations remontent à 1972 à la station de la Pointe Saint-Georges, en face du point de confluence Casamance-Diouloulou dont le Baïla est un affluent.

Au pont de Baïla les enregistrements limnigraphiques de bonne qualité existent depuis 1977. Par contre à Toukara, le limnigraphe a été installé en juin 1978, bien que des jaugeages aient été faits à cette station en 1971.

La seule étude hydrologique complète réalisée sur le marigot de Baïla date de 1979. Elle entre dans le cadre du Programme de Développement de la Vallée de Baïla dont l'objectif est, grâce à une meilleure connaissance des ressources en eau, dans un premier temps l'intensification de la riziculture dans les zones inondées, et dans un second temps

la poldérisation des zones de tannes et la construction d'un barrage de retenue des eaux pluviales à Baïla, eaux qui serviront à l'irrigation de ces zones de tannes.

Cette étude, confiée à LOUIS BERGER INTERNATIONAL et réalisée sur le terrain par l'ORSTOM, a permis la multiplication des stations hydrologiques qui sont passées de 2 à 6 sur le Baïla (fig. 10).

Les résultats de cette campagne de 1979 ont retenu notre attention pour trois raisons principales :

- d'abord parce que c'est la seule étude complète sur le marigot de Baïla,
- ensuite, ils servent de base à un programme de développement à long terme,
- enfin le travail que nous nous sommes proposé consiste à étudier l'évolution des données hydrologiques pendant la période 1980-82 par référence à l'année hydrologique 1979-80.

C₂ ÉCOULEMENT DE SURFACE ET DÉBITS

Le cours du Baïla peut être divisé en deux parties :

- une partie basse, en permanence en eau : le bas-fond, les mares et les marigots,
- et les zones périphériques : versants, terrasses, plateaux.

L'écoulement de surface et son importance sera soumis aux contraintes de chacun de ces milieux.

a) Données de base de l'écoulement

A la station de Toukara ont été effectués neuf jaugeages au micro-moulinet, entre le 22 juillet et le 31 octobre. Les résultats de ces mesures ont permis la construction d'une courbe de tarage pour 1979 (fig. 11).

BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

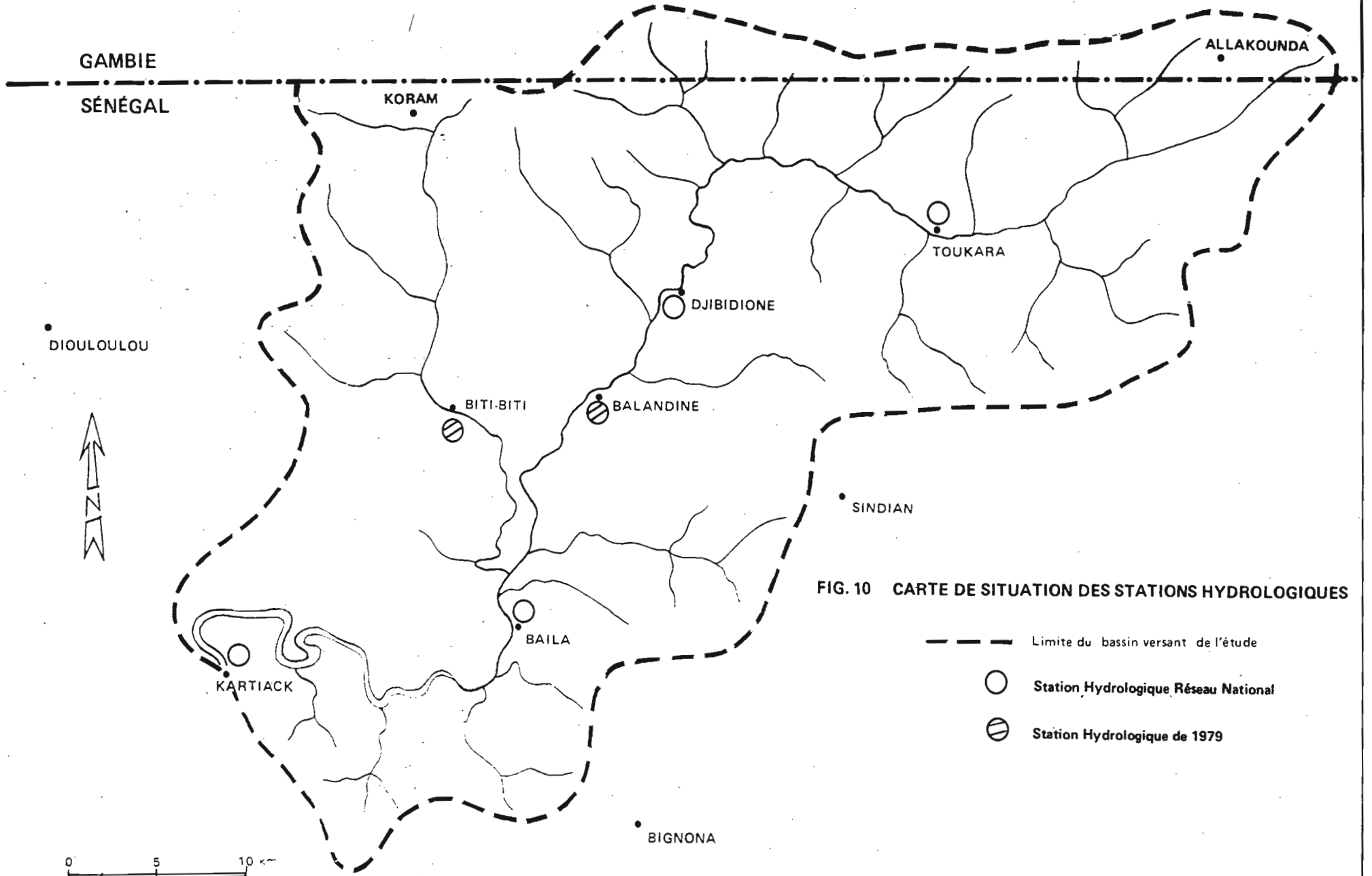


FIG. 10 CARTE DE SITUATION DES STATIONS HYDROLOGIQUES

- Limite du bassin versant de l'étude
- Station Hydrologique Réseau National
- ◐ Station Hydrologique de 1979

En prenant, en considération les relevés limnigraphiques de la station durant la même période et cette courbe de tarage, il a été possible d'établir un barème hauteurs-débits. Le tableau 14 donne cette relation et montre que :

- pour une hauteur inférieure à 22,5 cm, le débit est inférieur à l'unité,
- et à partir de 23 cm de hauteur, le débit croît rapidement.

Tableau 14 :

Relation Hauteurs-Débits

H (cm)	Q l/s	H (cm)	Q l/s
22.5	0	32	20
23	1	33	26
24	1.5	34	34
25	2	35	41
26	3	36	50
27	4	37	61
28	6	38	72
29	8	39	78
30	12	40	86
31	16	41	98
		42	112

Cette relation a permis de déterminer l'apport global de la saison des pluies 79 qui est estimé à 400 000 m³ pour 324 km² et une hauteur de pluie de 707 mm. Il en résulte un coefficient d'écoulement (Ke) très faible : 0,17 %.

Compte tenu de la position du sous-bassin de Toukara, ce coefficient d'écoulement peut être étendu à l'ensemble du second domaine énoncé ci-dessus et qui occupe une partie importante des surfaces à l'amont du bassin.

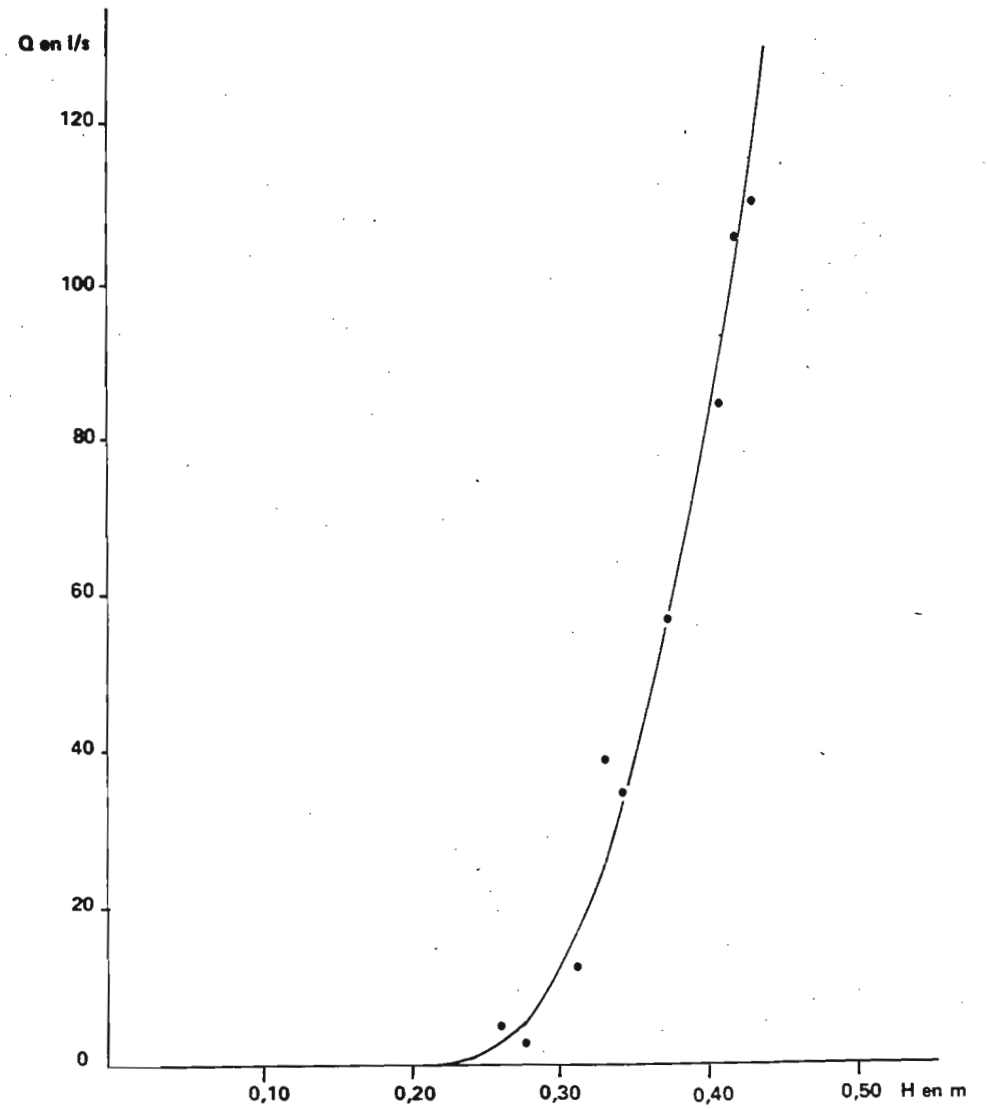
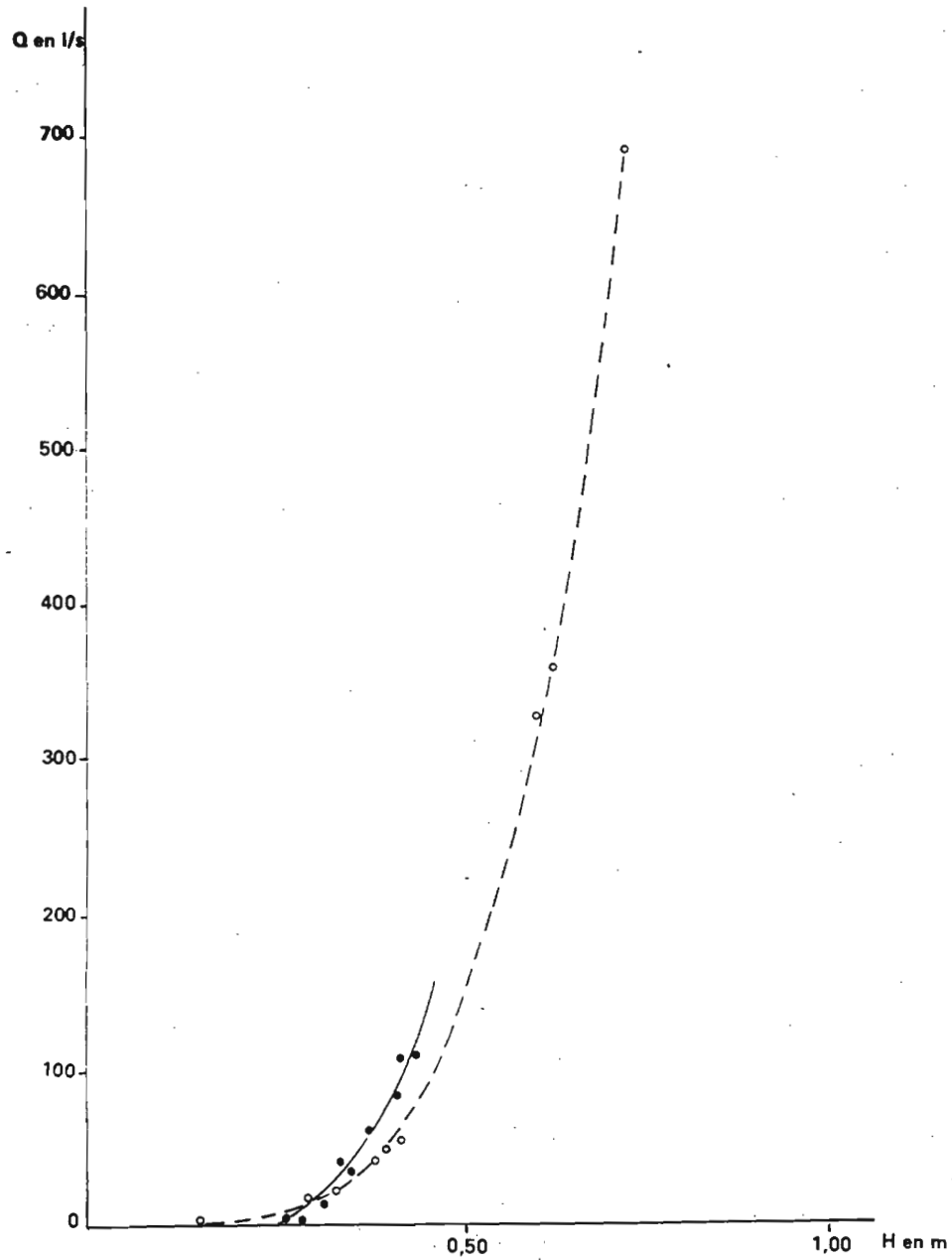
Par contre pour les zones basses, constituant le premier domaine, leur morphologie particulière et la quasi permanence de la submersion leur confèrent un coefficient d'écoulement différent.

Au niveau de ces zones, on distingue :

FIG. 11 COURBE DE TARAGE A TOUKARA

○ 1971

● 1979



- les Slikkes : qui représentent 12 % des zones basses avec un coefficient d'écoulement voisin de 100 % ;
- les Schorres : 88 % du total, englobant la partie terminale du domaine des Avicennia nitida et les tannes. Le coefficient d'écoulement est ici de 75 % .

Il en résulte un coefficient d'écoulement moyen des zones basses de l'ordre de 80 % . Le tableau 15 donne la répartition de ces surfaces selon les coefficients d'écoulement et le coefficient d'écoulement moyen. On note :

- la diminution d'amont en aval des surfaces à K_e égal à 0,17 % ,
- l'augmentation de celles à $K_e = 80$ % ,
- et la croissance du K_e moyen d'amont en aval.

b) Les débits

Les débits observés sont faibles et varient en fonction de la lame d'eau écoulée qui est elle-même fonction du coefficient d'écoulement. En tenant compte de coefficients d'écoulement moyens du tableau 15, il est possible de déterminer les débits spécifiques Q_s ($l/s.km^2$) propres à chaque sous-bassin, calculés suivant la formule :

$$Q_s = Q/S$$

Q_s : débit spécifique en $l/s.km^2$

Q : débit brut en l/s ; S : surface en km^2 .

Les lames écoulées (P' mm) pour les différents sous-bassins sont tirées du débit spécifique suivant la formule :

$$P' \text{ (mm)} = Q_s \times 31,577.$$

Le tableau 16 récapitule tous ces résultats en précisant l'apport de la saison des pluies 1979 pour chaque sous-bassin.

c) Le bilan hydrologique

Il se limite à la détermination du déficit d'écoulement établi selon la formule : $D \text{ (mm)} = P \text{ (mm)} - P' \text{ (mm)}$, et celle du volume d'eau écoulé à chaque sous-bassin.

Tableau 15

Surfaces et coefficients d'écoulement

Caractères des zones d'écoul. Stations	Surf. totales des BV (km ²)	Surfaces à K = 0.17 % (km ²)	Surfaces à Kc = 80 % (km ²)	Kc moyen en %
Toukara	324	324	0	0.17
Djibidione	644	632	12	1.66
Balandine	852	816	36	3.54
Baïla	1342	1241	101	6.10
Kartiak	1634	1438	196	9.75

Tableau 16

Lames écoulées (P' mm) - Volumes - Débits spécifiques (Qs)

Caractères BV de	Surf. BV km ²	P. moy. (mm)	Réurrence 79 (sèche)	Ke	P' (mm)	Volume 10 ⁶ . m ³	Qs l/s.km ²
Toukara	324	707	1/9	0.17	1.26	0.395	0.04
Djibidione	644	685	1/10	1.66	11.4	7.34	0.36
Balandine	852	699	1/10	3.54	24.7	21	0.78
Baïla	1342	750	1/10	6.18	45.13	62.3	1.43
Kartiak	1634	768	1/10	9.75	75.9	122.4	2.4

Le tableau 17 donne :

- la valeur du déficit d'écoulement pour chaque bassin,
- le volume d'eau écoulé à chaque niveau de contrôle.

Caractères Stations	Déficit d'écoulement $D = P - P'$ (mm)	Volume 10^6 m^3
Toukara	705.74	0.395
Djibidione	673.6	7.34
Balandine	674.3	21
Baïla	704.87	62.3
Kartiak	692.10	122.4

C₃ ESTIMATION DE LA CRUE

a) Eléments de base

L'insuffisance des données sur le Baïla nous oblige à utiliser les résultats du marigot de Bignona voisin du Baïla. L'étude des crues décennales, faite par J.C. OLIVRY selon la méthode RODIER-AUVRAY, donne les résultats suivants pour les stations de :

Sindian, 12 km² : 640 l/s.km²,

Sandougou, 85 km² : 100 l/s.km².

Par contre le bassin de Kolda, de 3 700 km², après neuf années d'observations hydrologiques de 1970 à 1979, donne les résultats que voici :

- Débits maximums annuels (M) : 24 m³/s
- Débits spécifiques : 16 l/s.km².

Mais quand on sait que cette période de neuf années n'est qu'une partie déficitaire dans une série beaucoup plus longue, il est tout à fait logique d'affecter à cet échantillon de nouvelles valeurs de fréquences. Ainsi par extrapolation, on aboutit à un débit maximal décennal de 85 m³/s et un débit spécifique de l'ordre de 23 l/s.km².

b) Les débits de pointe

Les débits caractéristiques de Sindian, Sandougou et Kolda permettent d'établir graphiquement une relation entre les débits spécifiques maximums décennaux et les surfaces de bassin, et en partant de celle-ci déterminer les débits maximums de crue, d'une part pour l'ensemble du bassin non soumis à l'influence maritime et sur le reste du bassin, d'autre part (voir tableau 20).

c) Volumes ruisselés de la crue décennale

L'estimation des volumes ruisselés de la crue décennale est axée ici sur l'hypothèse -un peu simpliste pour les grands bassins comme Baïla et Kartiak- que la crue décennale est provoquée par une averse

journalière décennale, faute d'éléments statistiques suffisants.

La classification des bassins de "RODIER - AUVRAY" en fonction du Relief (R) et de la Perméabilité (P) situe ceux du Baïla dans les classes R2 - P4 et R2 - P5 pour lesquelles on note une relative stabilité du coefficient de ruissellement, indépendant des dimensions du bassin. Cette méthode utilisée dans le cas de Bignona donne pour le bassin de Sandougou (85 km²) un coefficient de 8 % qui peut être utilisé pour les bassins du Baïla non soumis à l'action de la marée. Le ruissellement de l'averse étant, logiquement, plus important dans les zones basses, R. GALLAIRE a déterminé des coefficients de ruissellement moyens de 8 % à Toukara et de 15 % à Kartiak.

A partir des abaques de Y. BRUNET-MORET pour la Casamance a été déterminée l'averse journalière en fonction des précipitations moyennes annuelles (fig. 12 et 13).

De ces deux valeurs -averse moyenne et coefficient de ruissellement- on déduit la lame écoulée (mm) et le volume ruisselé en m³.

Le tableau 18 donne :

- la pluviométrie moyenne annuelle,
- l'averse ponctuelle,
- le coefficient de ruissellement (Kr) en %,
- la lame écoulée (P' mm),
- le volume ruisselé en millions m³ (vol. R. \bar{M} m³),
- et les débits de pointe.

Stations	Pluv. moy. ann. (mm)	Averse 1/10 ponct. (mm)	Kr %	Lame écoul. (mm)	Vol. ruiss. \bar{M} m ³	Débit de pointe	
						Qs l/s.km ²	Q m ³ /s
Toukara 324 km ²	1 175	134	8	7.7	2.5	52	16.8
Djibidione 644 km ²	1 190	135	9	8.4	5.4	42	27
Balandine 852 km ²	1 205	136	11	10	8.5	38	32.4
Baïla 1342 km ²	1 230	137	13	11.6	15.5	38	42.9
Kartiak 1634 km ²	1 245	138	15	12.1	19.9	30	49

FIG. 12 HAUTEURS PONCTUELLES JOURNALIÈRES DE DIVERSES RÉCURRENCES (Y.B.-MORET)

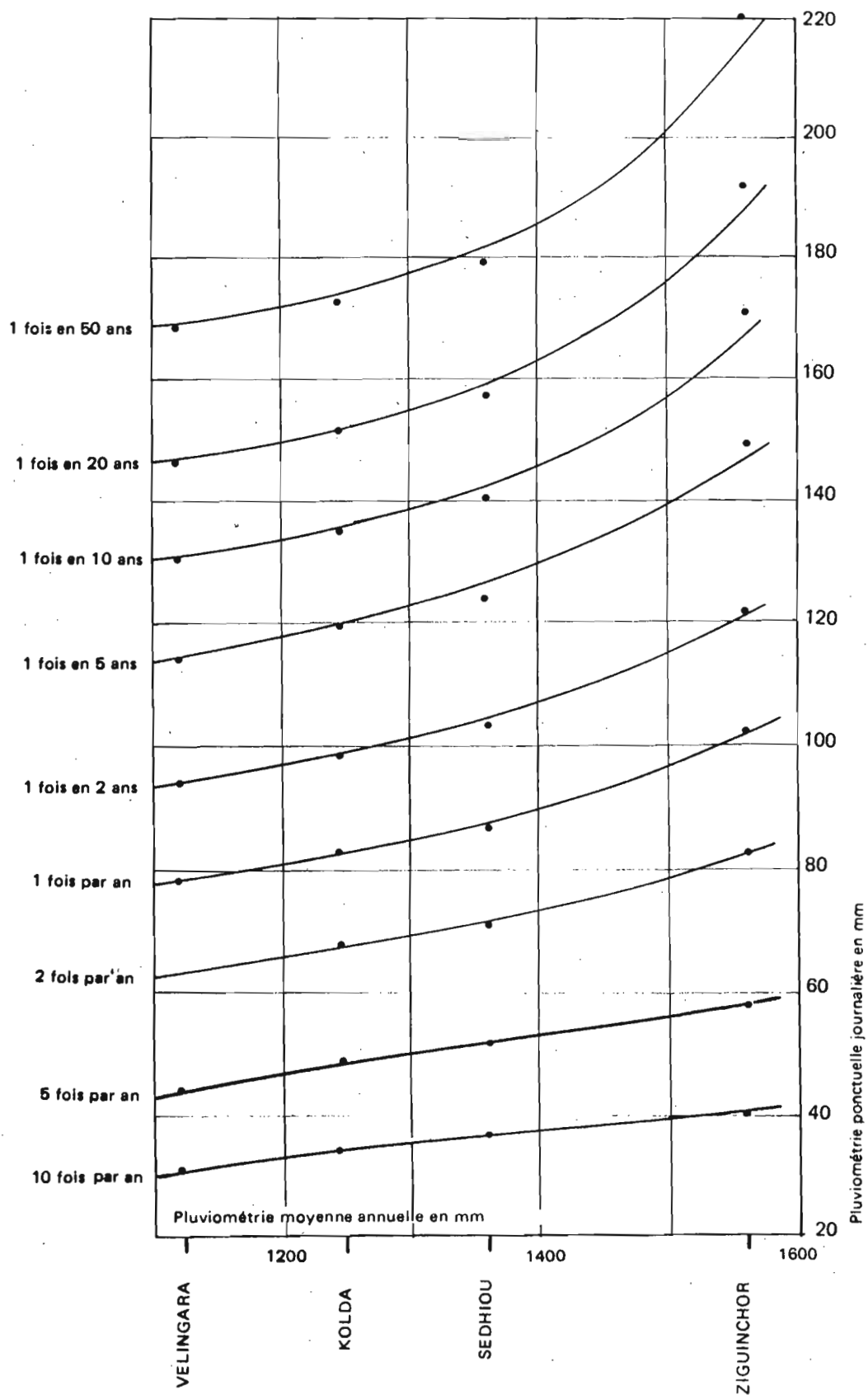
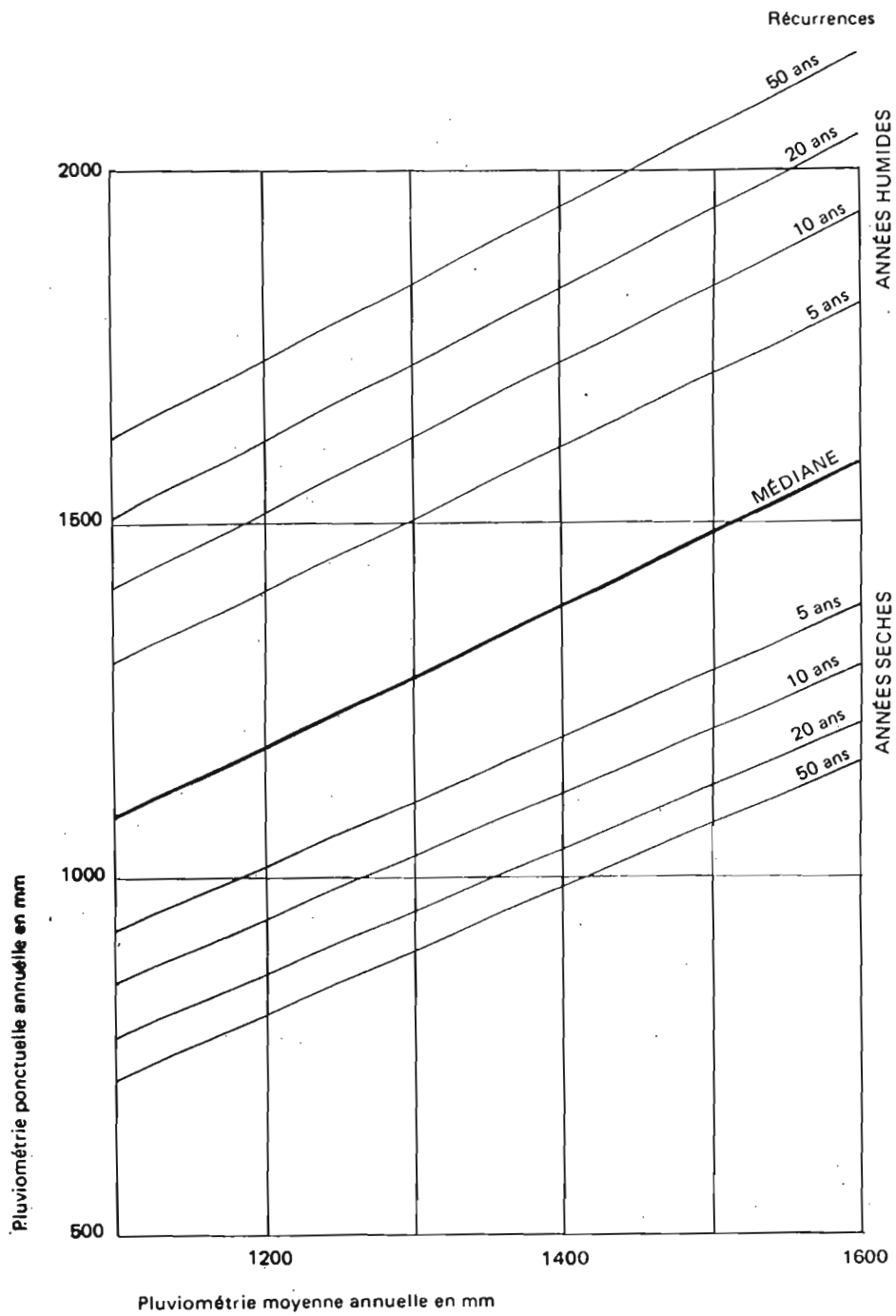


FIG. 13 HAUTEURS PONCTUELLES ANNUELLES DE DIVERSES RÉCURRENCES (Y.B.-MORET)



Ces résultats, bien que sujets à critique du fait même de leur mode de détermination, semblent être confirmés par le caractère homogène des temps de base des crues observées d'une part à Toukara en 1978 et d'autre part au marigot de Bignona et dans le bassin de Kolda.

d) Les temps de base des crues

Marigot de Bignona :

- Bassin de Sandougou (85 km²) : Temps de Base : 2,5 à 3 jours
Coefficient de pointe (K) : $Q/M = Q_{Max}/Q_{Moyen}$: de 2,7 à 2,9.
- Bignona (320 km²) : crue du 6/8/70
Temps de base : 4 jours
 Q_{Max} : 16 m³/s - Volume écoulé : 2,9 M m³.
K = 2.
- Toukara (324 km²) : les hydrogrammes de 1978 indiquent des crues de 1,75 m à 2,15 m de hauteur avec un temps de base de 3,5 jours.
- Kolda (3 700 km²) : crue exceptionnelle de septembre 1969.
 Q_{Max} : 116 m³/s - Q_{Moyen} : 78 m³/s
K = 1,5 et temps de base : 10 jours.

Dès lors, en tenant compte du tableau 18, les temps de base des crues décennales du marigot de Bafla s'établissent comme suit (tabl. 19).

Tableau 19

Temps de base

Stations	Q_{Max} m ³ /s	Q_{Moyen} m ³ /s	$K = \frac{Q_{Max}}{Q_{Moyen}}$	Temps de base en jours
Toukara (324 km ²)	16.8	8.4	2	3.4
Djibidione (644 km ²)	27	14.2	1.9	4.4
Balandine (852 km ²)	32.4	18	1.8	5.5
Bafla (1 342 km ²)	42.9	25.2	1.7	7.1
Kartiak (1 634 km ²)	49	28.8	1.7	8

C₄ LA MAREE

A noter au passage que ce sous-titre est présenté à titre indicatif.

Ce sont les marégrammes enregistrés à chacune des stations soumises à l'influence maritime qui ont permis cette étude qui révèle d'une part l'existence d'une onde avec ses diverses caractéristiques et d'autre part l'amplitude de l'onde et ses variations.

a) L'onde

La figure 14 présente l'évolution comparée de l'onde de marée à chaque station sur 24 heures. L'examen de cette figure montre la présence de deux maximums et deux minimums journaliers qui indiquent l'existence d'onde diurne -d'amplitude plus marquée- et d'onde semi-diurne. Cette figure met en évidence :

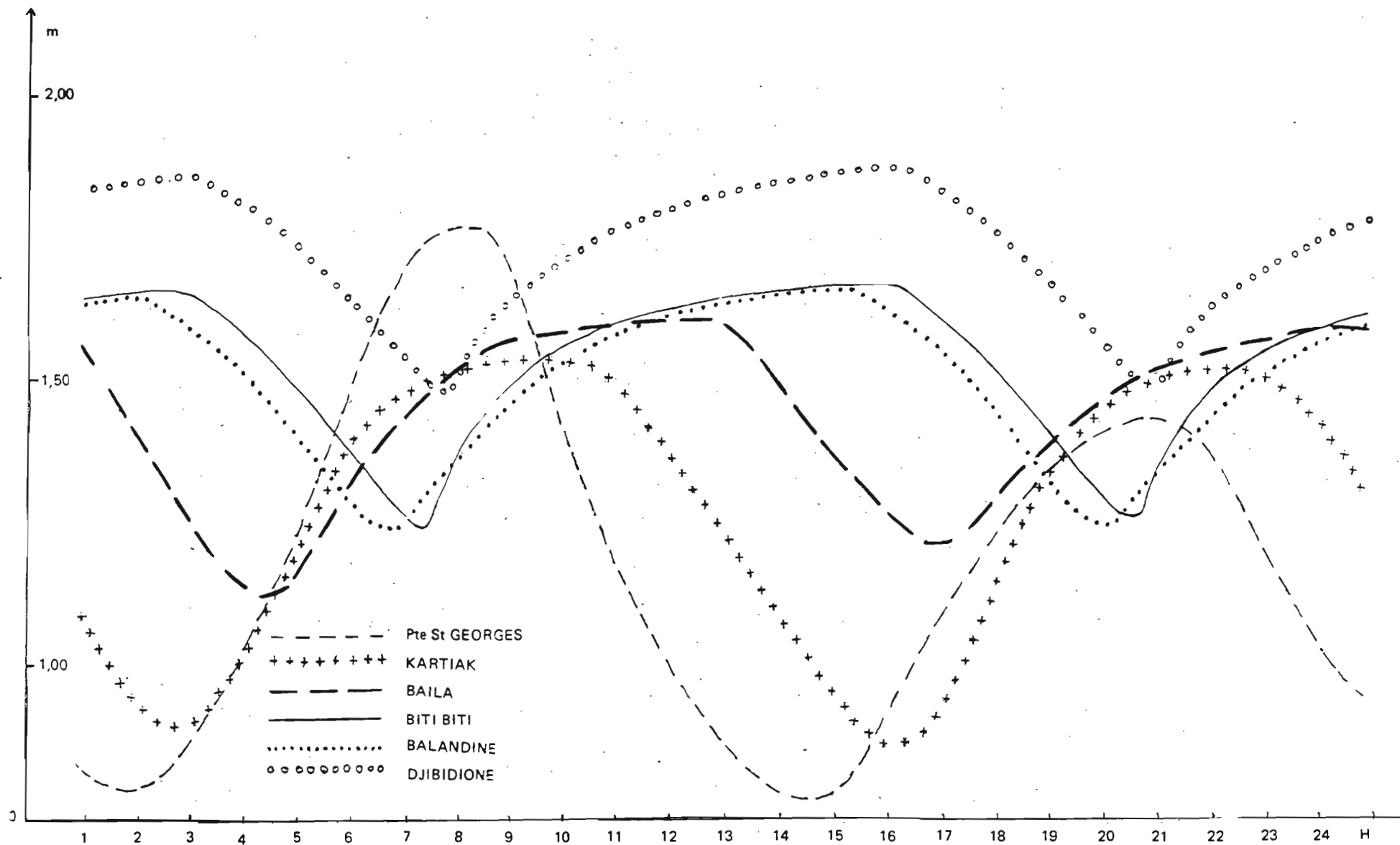
- La dissymétrie de l'onde semi-diurne. Le rapport du temps de montée sur le temps de descente augmente vers l'amont ; de 1 à la Pointe Saint-Georges il passe à 1,6 à Djibidione.
- L'amplitude s'amortit de l'aval vers l'amont, ceci étant dû à sa faiblesse au départ.
- La propagation de l'onde : les temps moyens de propagation en partant de la Pointe Saint-Georges sont plus élevés en marée haute qu'en marée basse.

Le tableau 20 donne :

- les temps moyens de propagation de Saint-Georges en heure et mm pour l'Etale Marée Haute (EMH) et l'Etale Marée Basse (EMB) ,
- la vitesse moyenne de propagation en m/s.

On note que les temps moyens de propagation sont plus élevés en marée haute alors que la vitesse moyenne de propagation évolue en sens inverse.

FIG. 14 MARÉGRAMME DU 15.10.1979



Ondes de moyenne et longue durée

Révélées par l'étude de Y.B. MORET, les ondes de moyennes et longues durées ont été établies grâce au calcul des moyennes mobiles des hauteurs moyennes journalières en partant des maxima et minima quotidiens :

- le calcul des moyennes mobiles sur 5 jours et leur représentation graphique font apparaître une forte marée semi-mensuelle dont l'inégalité sur une lunaison souligne l'existence de l'onde mensuelle. Ces deux ondes sont visibles dans le cas de Balandine (fig. 15).
- Le calcul des moyennes mobiles sur 29 jours met en évidence une onde de plus longue période encore et qui correspond ici à la marée annuelle qui se compose de deux maximums rapprochés (début septembre et fin octobre), séparés par un minimum secondaire -le minimum étant de saison sèche (janvier - mars)-. La fig. 16 montre cette marée pour toutes les stations.

b) Les amplitudes

Les amplitudes maximales des différentes ondes connaissent une bonne répartition pour l'ensemble des stations, à l'exception de Baïla et de la Pointe Saint-Georges où celle-ci apparaît favorable au maximum, comme le montre le tableau 21.

Un examen attentif des figures 14, 15 et 16, et notamment la courbe de Balandine, montre que :

- l'amplitude de l'onde annuelle augmente de l'aval vers l'amont (cf. tabl. 21),
- l'onde annuelle a l'amplitude la plus faible,
- l'amplitude de l'onde semi-mensuelle, supérieure à la précédente, croît jusqu'à Balandine avec une accentuation du maximum,
- l'amplitude de l'onde semi-diurne est la plus importante, avec une baisse des maximums et minimums vers l'amont, sauf à Balandine où le maximum se relève.

FIG. 15 ÉVOLUTION DE L'ONDE DE MARÉE SEMI-MENSUELLE A BALANDINE

Moyenne mobile sur 5 jours de hauteurs moyennes journalières

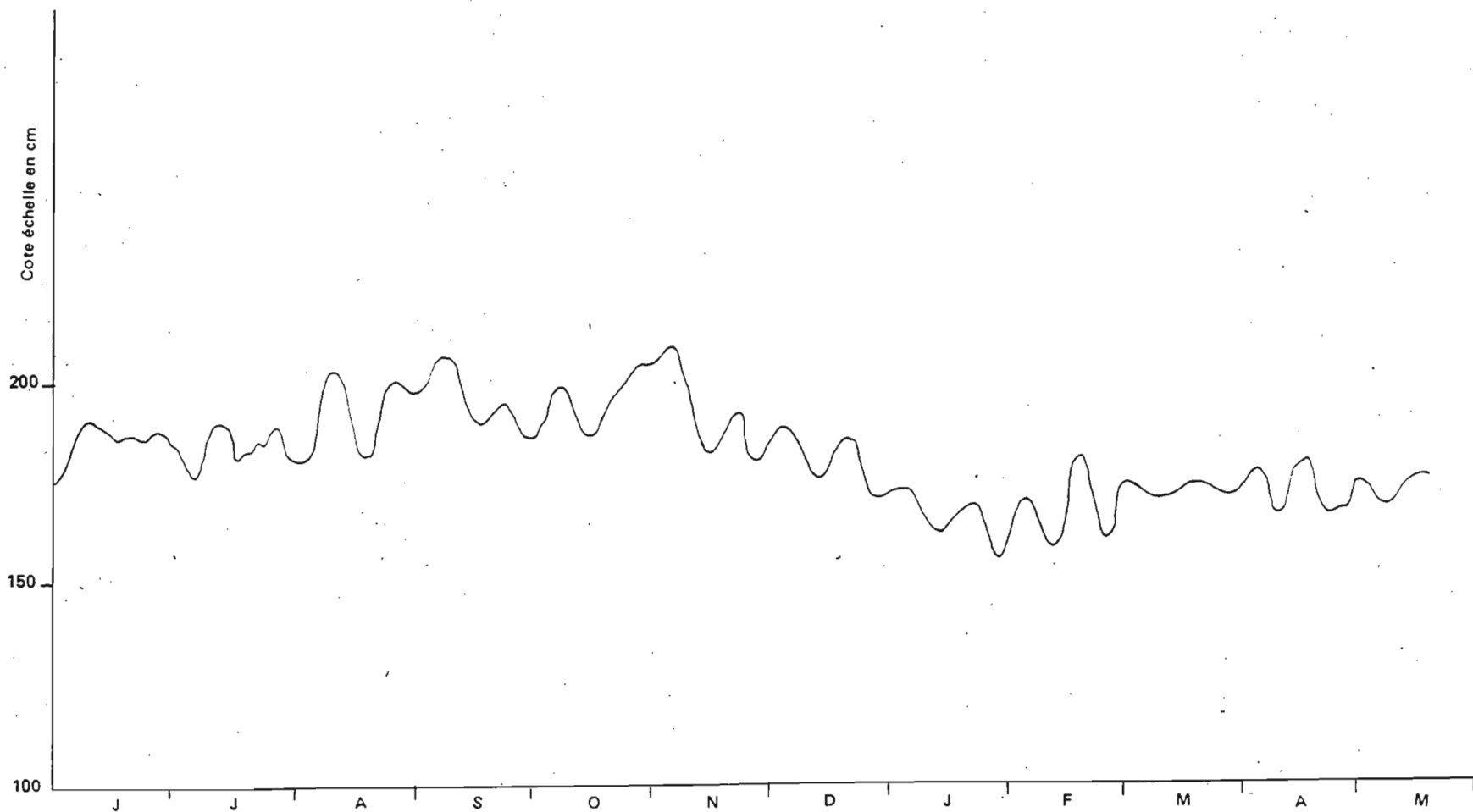


Tableau 20

Caractéristiques de la propagation de l'onde de marée

Stations	Marée	Distance depuis St Georges en km	Temps moyen de propagation de St Georges en H et mn	Vitesse moyenne de propagation en m/s
Kartiak	$\frac{EMB}{EMH}$	70	1 H	19.4
			1 H 40	11.6
Baïla	-	106	2 H 40	11
			4 H 20	6.8
Balandine	$\frac{EMB}{EMH}$	124	4 H 50	7.1
			6 H 30	5.3
Djibidione	$\frac{EMB}{EMH}$	133	6 H 50	5.4
			7 H 40	4.8

EMB : Etale Marée Basse - EMH : Etale Marée Haute

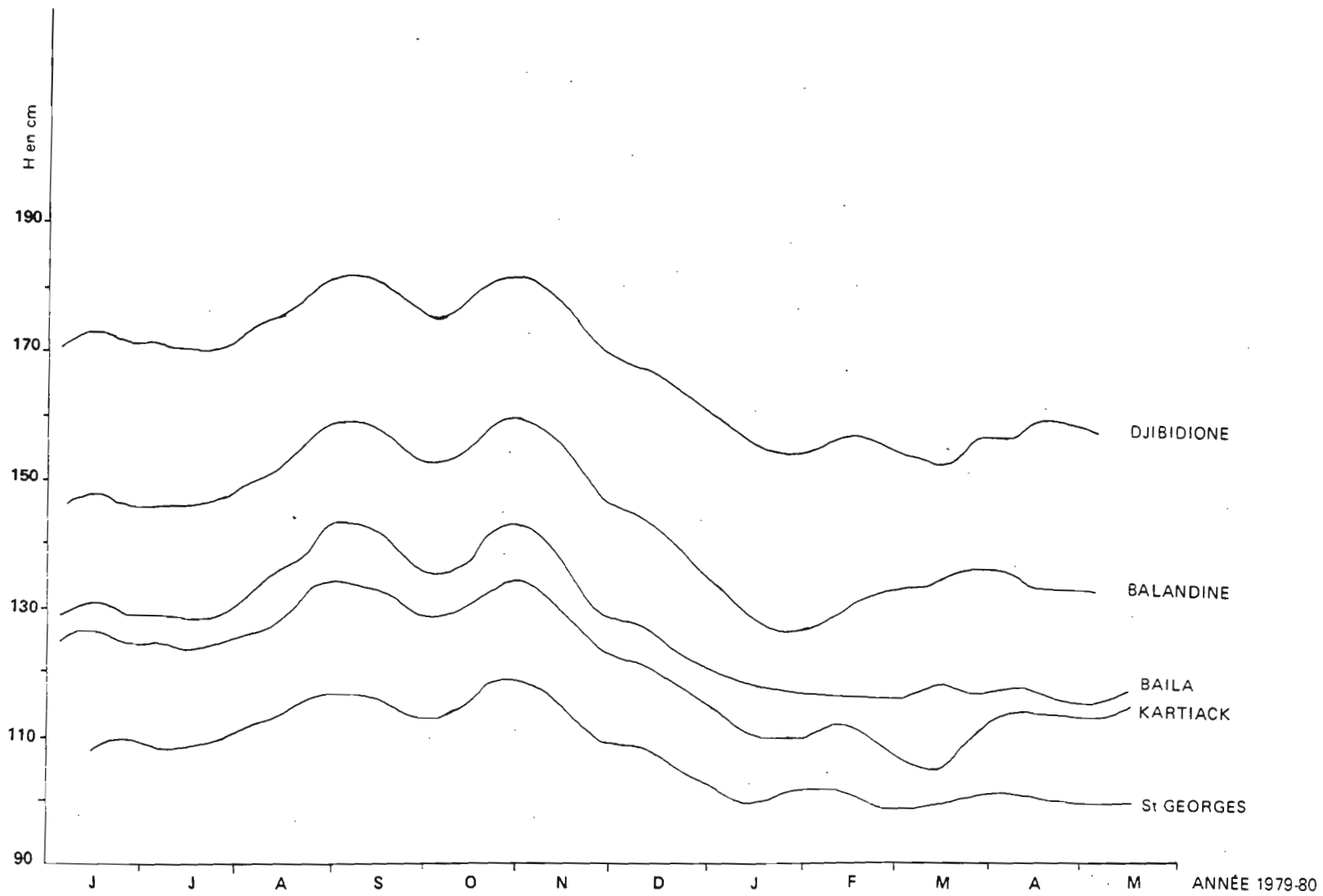
Tableau 21

Amplitude de l'onde annuelle

Stations	Niveau moyen en cm	Variation du max en cm	Variation du mini en cm
Baïla	$\bar{H} = 127$	+ 16.5	- 13
Balandine	$\bar{H} = 143$	+ 16.5	- 16.5
Djibidione	$\bar{H} = 167$	+ 15	- 15
Kartiak	$\bar{H} = 120$	+ 14.5	- 14.5
St Georges	$\bar{H} = 107$	+ 12	- 8.5

FIG. 16 MARÉE ANNUELLE À CHAQUE STATION

Moyenne mobile sur 29 jours des hauteurs moyennes journalières



L'évolution des amplitudes obéit aux contraintes liées à la morphologie du marigot qui se manifeste de deux manières :

- le rétrécissement du lit majeur qui entraîne une augmentation de l'amplitude, c'est le cas dans le bief Baïla-Balandine, et qui explique le relèvement du maximum à cette station de Balandine ;
- l'éloignement du lieu générateur. C'est le cas entre Kartiak et Baïla et au-delà de Balandine.

CHAPITRE II : TRAITEMENT DES DONNEES

A. EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE

B. LES DONNEES HYDROLOGIQUES

C. INFLUENCE MARITIME

Cette deuxième grande partie de notre travail -de loin la plus importante- est consacrée au traitement des données recueillies sur le bassin du marigot de Baïla de juin 1980 à juin 1982. Son but est, à travers l'analyse des informations collectées durant cette période, de montrer l'évolution des données hydrologiques pendant ces deux années hydrologiques. Mais l'hydrologie étant étroitement liée aux conditions pluviométriques, cette analyse ne peut être faite sans une étude préalable de la pluviométrie de 1980 et 1981. C'est pour cette raison que nous avons subdivisé cette partie en trois chapitres :

- Une première partie consacrée à l'analyse des données pluviométriques dans laquelle nous avons cherché à montrer l'évolution de la pluviométrie de 1980 à 1981, suivie de la détermination des lames précipitées sur chaque sous-bassin et une comparaison avec les données antérieures.
- Dans la deuxième partie, réservée au traitement des mesures effectuées durant la même période dans le domaine hydrologique afin d'établir les débits, l'écoulement de surface, le bilan hydrologique, ainsi qu'une analyse des crues.
- Et enfin la troisième partie consacrée à l'influence maritime qui se manifeste par la marée dont l'une des conséquences les plus perceptibles est la salinité dont nous tenterons d'étudier l'évolution et les variations spatiales.

A. LA PLUVIOMETRIE DE 1980 ET 1981

Les données pluviométriques qui ont servi à cette étude sont fournies par l'ORSTOM, pour les stations situées sur le bassin versant, et la Direction de la Météorologie Nationale pour les stations en dehors du bassin et qui font partie du Réseau National. Contrairement à la campagne de 1979 pendant laquelle le bassin du Baïla a été équipé d'un réseau de pluviographes et pluviomètres qui ont fait l'objet d'un suivi quasi permanent, celles de 1980 et 1981 ont été très allégées, la durée des observations et le nombre des stations ayant été réduits.

En 1980, le mois de juin n'a pas été relevé ; les valeurs affectées aux différentes stations du bassin sont des estimations tenant compte des précipitations enregistrées à Bignona, Diouloulou et Sindian.

En 1981, il n'y a eu que trois stations pluviométriques observées sur le Baïla. Mais du fait de leur bonne répartition sur le bassin versant ainsi que celle des stations extérieures au bassin, les résultats obtenus restent fiables.

A₁ EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE DE 1980 ET 1981

Les années 1980 et 1981 s'inscrivent toutes dans une série d'années pluviométriques déficitaires, notamment dans le bassin versant du marigot de Baïla. Dans cette étude de l'évolution de la pluviométrie, nous procéderons à une analyse séparée des deux années.

1. LA PLUVIOMETRIE 1980

Les données recueillies au niveau du bassin et dans ses alentours, de juin à novembre, sont consignées dans le tableau 22 qui laisse apparaître un déficit général pour l'ensemble du BV, déficit d'ailleurs plus marqué pour les stations continentales comme Allakounda et Toukara.

Tableau 22

Pluviométrie de 1980 sur le bassin versant

Mois Stations	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Total
Alla Kunda	30	160	84.5	173.6	10.3		458.4
Koram	20	100	154.3	265.5	75		614.8
Toukara	30	170	126.0	154.0	71.4		551.4
Djibidione	45	186.1	200.2	264.7	47.0		743.0
Biti Biti	50	170	182.9	233.6	5.6		642.1
Baïla	60	190	135.3	326.0	4.5		715.8
Bignona	76.6	144.2	148.0	243.7	5.8	0.4	618.7
Diouloulou	21.7	114.1	166.9	408	70.7	3.2	784.6
Sindian	37.5	173.1	177.2	284.3	1.5		673.6
Tendouck	46.6	165.5	97.7	397.3	9.0		716.1

La saison des pluies s'étale sur 5 mois -la pluviométrie de novembre étant ici insignifiante et relevée seulement à Bignona et Diouloulou- avec une répartition équilibrée des pluies. Le tableau 24 indique aussi que le maximum, qui se situe d'ordinaire en août, est en 1980 décalé en septembre alors que le mois d'octobre accuse un déficit relatif par rapport au même mois de l'année précédente.

La figure 17 indique la disposition des isohyètes de 1980 qui, malgré quelques ondulations vers le centre du BV entre Djibidione et Baïla restent conformes au schéma général des isohyètes interannuelles.

Les plus fortes pluviométries ont été enregistrées à Djibidione (743 mm) et Baïla (715,8 mm) qui sont des stations centrales sur le bassin versant.

Le maximum des précipitations journalières, 87,5 mm, a été enregistré le 25 juillet à Djibidione au centre du bassin. Des valeurs approchées ont été relevées au niveau d'autres stations : 82,0 mm le 7 septembre à Baïla ; 78,0 mm le 9 août à Toukara et 70,3 mm le 9 septembre à Djibidione.

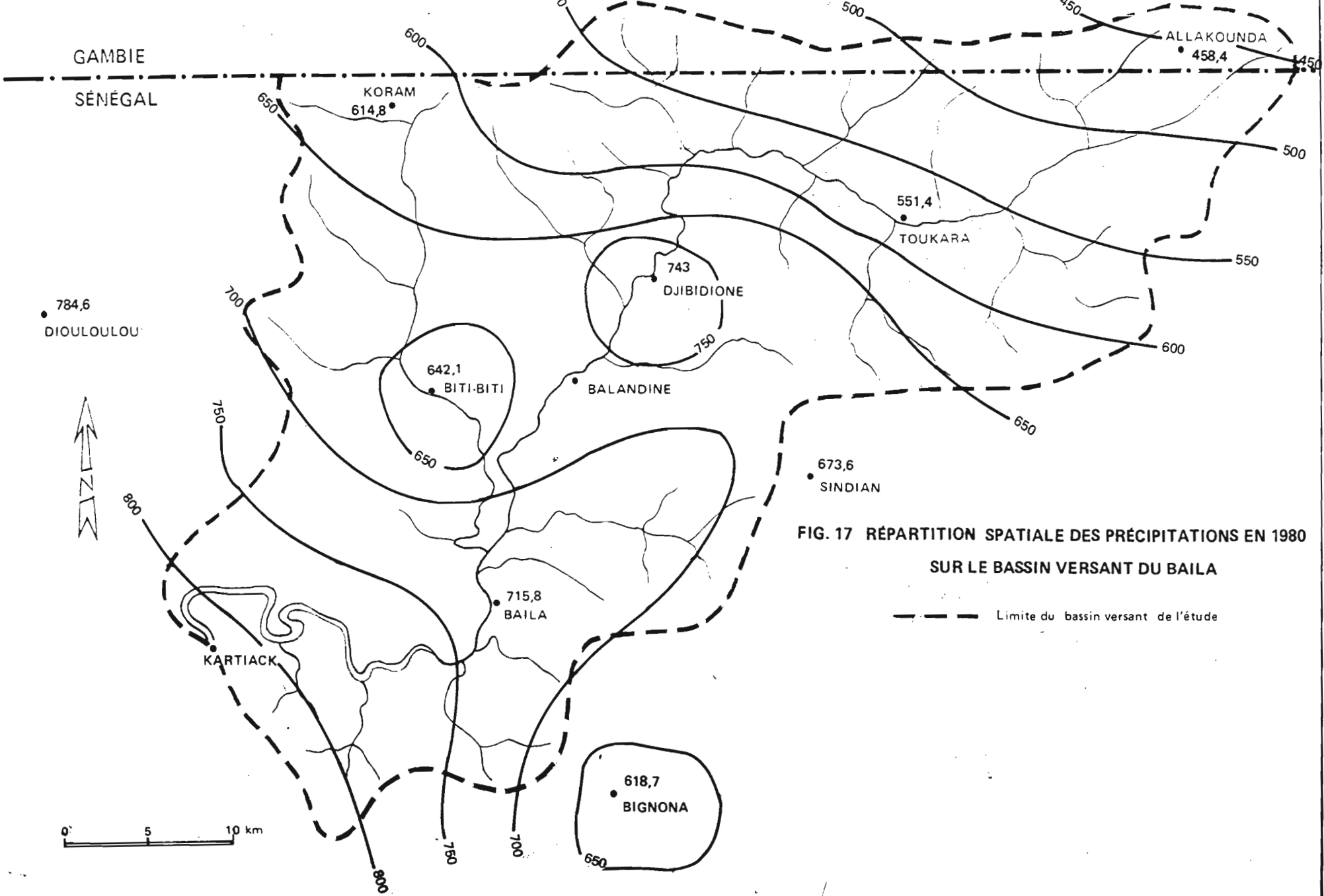
On remarque que les fortes averses ont été notées au centre du BV et que tous ces maximums restent inférieurs à l'averse décennale (139 mm) établie par BRUNET-MORET. Si nous considérons les stations de références Diouloulou et Bignona qui ont une position encadrante pour le bassin et une période d'observation assez longue, on peut mieux situer l'année pluviométrique 1980. Le tableau 23 ci-dessous donne pour ces stations :

- la pluviométrie moyenne,
- la pluviométrie de 1980,
- et le déficit en pourcentage par rapport à la moyenne.

Tableau 23

Stations	P moy. (mm)	Pluie 1980 (mm)	Déficit %
Diouloulou	1 339	784.6	41.4
Bignona	1 292	618.7	52

BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA



**FIG. 17 RÉPARTITION SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS EN 1980
SUR LE BASSIN VERSANT DU BAILA**

----- Limite du bassin versant de l'étude

On constate que la pluviométrie de 1980 est inférieure de moitié à la normale pour la station de Bignona alors que Diouloulou a dépassé à peine les 60 % de la normale. Par rapport à 1979, Diouloulou accuse un déficit de 24,6 % et Bignona 29 % .

En ce qui concerne les stations du bassin versant, pour lesquelles nous ne disposons pas d'une série de longues observations permettant d'établir une référence, nous donnons ci-dessous (tabl. 24) :

- les pluviométries de 1979 et 1980,
- le déficit (%) de 1980 par rapport à 1979.

Stations	Pluie 79 (mm)	Pluie 80 (mm)	Déficit (%)
Alla Kunda	870.7	458.4	47.4
Koram	779.1	714.8	8.3
Toukara	603.3	551.4	8.6
Djibidione	684.8	743	+ 8.5
Biti Biti	875.2	642.1	26.4
Baïla	841.8	715.8	15
Sindian	880.8	673.6	23.5
Tendouck	986.4	716.1	27.4

A l'exception de la station de Djibidione, ce tableau montre que l'année 1980 est encore beaucoup plus déficitaire que l'année précédente, les stations continentales étant plus touchées : Alla Kounda : 47,4 % ; Bignona : 52 % et Sindian : 23,5 % ,

En conclusion, on peut affirmer que 1980 est dans son ensemble déficitaire, et si l'on considère les longues séries de Bignona et Diouloulou, on se rend compte que c'est l'année la plus déficiente depuis 1972.

2. LA PLUVIOMETRIE DE 1981

La pluviométrie de 1981, malgré le peu de stations d'observation -trois seulement sur le bassin- est nettement meilleure que celle de 1980, au vu des données recueillies au niveau de ces points d'observation (tableau 25). Mais le déficit persiste tout de même quand on considère la moyenne régionale à travers les isohyètes interannuelles.

La répartition des pluies est équilibrée et le maximum pluviométrique est ici enregistré en août comme d'habitude.

La figure 18 fait la synthèse des données mensuelles en indiquant la disposition des isohyètes annuelles de 1981, établies à partir de 7 postes pluviométriques dont 4 sont extérieurs au bassin versant. Cette disposition des isohyètes montre la progression de la pluviométrie du sud-est vers le nord, ce qui est en accord avec les mécanismes pluvio-géniques évoqués dans le B B₁ de la première partie.

Le maximum de la pluviométrie journalière, 96,1 mm, est enregistré à Toukara le 17 août ; le second maximum (96,0 mm), le 8 septembre à la même station. Sur le bassin versant, c'est la station la plus exposée à l'influence des noyaux anticycloniques mobiles (N.A.M), détonateurs des lignes de grains.

Baïla enregistre son maximum pluviométrique, 89,5 mm, le 30 juillet ; 88 mm le 18 août, et 80 mm le 4 août.

Quant à Djibidione, son maximum se situe le 7 août avec 73 mm ; le 31 juillet, il reçoit une averse de 60 mm.

Il est à remarquer que la plupart des pluies tombent sous forme d'averses et que les maximums journaliers se situent au moment où le bassin est surmonté par la structure Z.I.C.

Néanmoins, quand nous prenons en compte les normales pluviométriques pour Bignona et Diouloulou, on voit que 1981 est aussi déficitaire -certes dans une mesure moindre- que les précédentes années. Le tableau 26 indique pour ces stations la moyenne, la pluviométrie 1981 et le déficit (%) par rapport à la moyenne.

Tableau 25

Pluviométrie de 1981 sur le bassin versant

Mois Stations	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Total
Toukara	50	85.7	60.2	215.4	281.5	112.2	805
Djibidione	44	74.3	201.1	274.7	144.7	45	783.8
Baïla	13.1	67.7	334	190.6	185.8	56.8	848
Bignona	11.8	45.1	409.5	367.4	121.2	75.3	1030.3
Diouloulou	22.8	19.8	161.4	486.4	188.2	86.4	965.0
Sindian	17.6	107.5	366.5	290.0	130.4	54.8	966.8
Tendouck	15	20.4	529.6	234.2	158.8	80	1038

BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

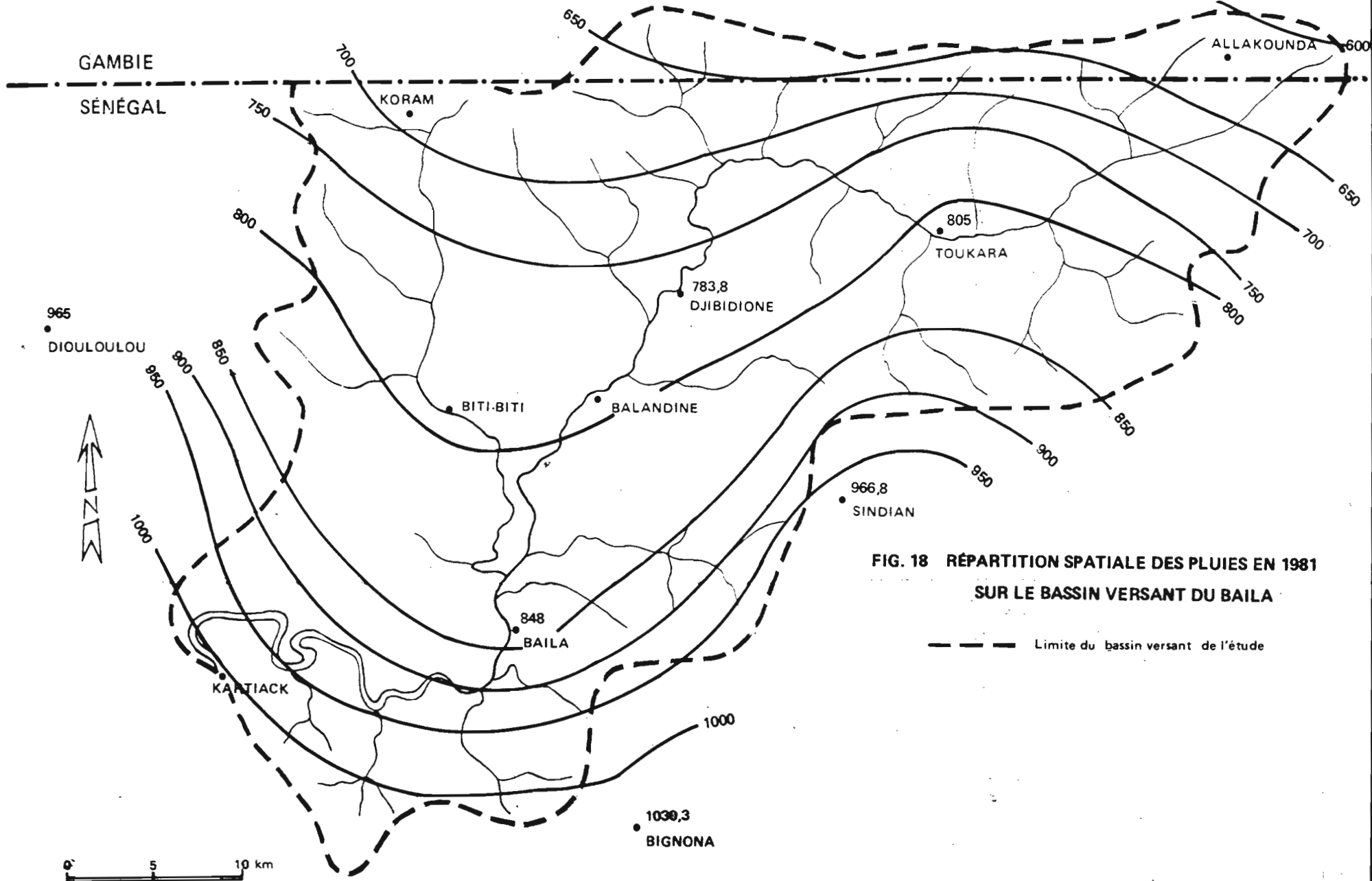


FIG. 18 RÉPARTITION SPATIALE DES PLUIES EN 1981
SUR LE BASSIN VERSANT DU BAILA

----- Limite du bassin versant de l'étude

0 5 10 km

Tableau 26

Stations	Pluie moy.	Pluie 81	Déficit (%)
Diouloulou	1 339	965	28
Bignona	1 292	1 030.3	20.3

On constate à travers ce tableau que le déficit est moins important qu'en 1980 puisqu'il passe de 41,4 % à 28 pour Diouloulou et de 52 % à 20,3 % pour Bignona.

Comparé à 1980, 1981 est nettement plus arrosé sur le BV. Les pluies moyennes de 80 et 81 et le rapport (%) entre les deux années sont donnés par le tableau 27.

Tableau 27

Stations	Pluie 80	Pluie 81	81/80 (%)
Toukara	458.4	805	175.6
Djibidione	743	783.8	105.5
Baïla	715.8	848	118.5
Bignona	618.7	1030.3	166.5
Diouloulou	784.6	965	122.9
Sindian	673.6	966.8	143.5
Tendouck	716.1	1038	144.95

Malgré son déficit, ce tableau indique un certain relèvement de la pluviométrie en 1981 qui en moyenne est de l'ordre de 37 % .

A₂ CALCUL DES LAMES PRECIPITEES SUR CHAQUE SOUS-BASSIN

Par souci d'uniformité dans la méthodologie, nous appliquerons la méthode de THIESSEN, utilisée précédemment, dans l'étude spatiale pondérée de la pluviométrie au niveau de chaque partie du bassin contrôlé. Cette méthode consiste, après tracé des polygones dits de THIESSEN, à déterminer par planimétrage l'extension de chaque zone susceptible de recevoir la même pluviométrie que celle enregistrée au niveau de la station pluviométrique située au centre du polygone.

1. LAMES PRECIPITEES EN 1980

Ainsi en 1980, le calcul de la pluviométrie moyenne pondérée a donné les résultats suivants pour chaque sous-bassin : tableau 28 :

Station de contrôle	Pluviométrie moyenne pondérée (mm)
Toukara	516
Djibidione	583
Balandine	617
Baïla	641
Kartiak	655

On constate que le déficit pluviométrique signalé plus haut se répercute sur les lames précipitées à chaque sous-bassin,

Comparativement à 79, les lames précipitées en 1980 sont de loin inférieures à celles enregistrées en 1979, Le tableau ci-dessous récapitule les données de 1979 et celles de 1980 et indique le rapport en pourcentage entre ces deux années : tableau 29 :

Stations de contrôle	Pluie pondérée 79	Pluie pondérée 80	Déficit
Toukara	707	516	27 %
Djibidione	685	583	15 %
Balandine	699	617	12 %
Baïla	750	641	14.5 %
Kartiak	768	655	15 %

Les tableaux 13 et 28 ont permis de situer la pluviométrie de l'année 1980 qui s'établit en récurrence sèche de façon approximative à une année sur vingt pour chaque partie du bassin versant. Le tableau 30 donne les récurrences des précipitations de 1980.

Tableau 30

Réurrences des précipitations de 1980

Bassin contrôlé par la station de	Pluviométrie moyenne (mm)	Réurrence sèche
Toukara	516	≠ 1/22
Djibidione	583	≠ 1/18
Balandine	617	≠ 1/17
Baïla	641	≠ 1/17
Kartiak	655	≠ 1/17

Ainsi, alors que la pluviométrie de 1979 s'établissait en récurrence sèche à une année sur dix -ce qui est déjà préoccupant-, l'année 1980, elle, s'inscrit plus profondément dans la tendance sèche à une année sur 22 pour la station de Toukara et approximativement à un an sur 17 pour les autres stations. Ceci met beaucoup en évidence le déficit pluviométrique enregistré au niveau du bassin du Baïla en 1980.

2. LAMES PRECIPITEES EN 1981

La méthode de calcul reste la même. Mais du fait qu'il n'y avait que trois stations pluviométriques observées, nous avons dû refaire le planimétrage du bassin en tenant compte des postes pluviométriques extérieurs au bassin. L'application de la méthode de THIESSEN a donné les valeurs suivantes pour les lames précipitées au niveau de contrôle de chaque sous-bassin (tableau 31).

Tableau 31

Pluviométrie pondérée de 1981

Station de contrôle	Pluviométrie moyenne pondérée (mm)
Toukara	805
Djibidione	804
Balandine	809
Baïla	815
Kartiak	824

Cette pluviométrie pondérée de 1981 consécutive au relèvement de la pluviométrie au cours de cette année est de loin supérieure à celles déterminées en 1979 et 1980. Ainsi si nous comparons la moyenne pondérée de 1981 avec celles de 1979 et 1980, nous aurons respectivement pour chaque station les pourcentages respectifs suivants :

Toukara	:	113,38 %	-	156 %
Djibidione	:	117,4 %	-	137,9 %
Balandine	:	115,7 %	-	131,1 %
Baïla	:	108,6 %	-	127,1 %
Kartiak	:	107,3 %	-	125,8 %

Mais malgré son importance, toute relative, cette pluviométrie moyenne pondérée reste déficitaire quand on considère le tableau 12 qui donne la pluviométrie moyenne établie à partir des isohyètes interannuelles pour chaque niveau de contrôle du bassin. Le tableau 32 donne :

- la pluviométrie moyenne du tableau 12,
- la pluviométrie pondérée de 1981,
- et le déficit en pourcentage de celle-ci.

Tableau 32

Station de contrôle	Pluie moyenne (mm)	Pluie 81	Déficit (%)
Toukara	1 175	805	31.5
Djibidione	1 190	804	32.5
Balandine	1 205	809	33
Baïla	1 230	815	34
Kartiak	1 245	824	34

La pluviométrie de 1981 reste encore beaucoup en dessous de la moyenne.

En partant des tableaux 13 et 31, on constate que la pluviométrie de 1981, comme les précédentes d'ailleurs, s'établit en récurrence sèche approximativement à une année sur 8 pour chaque sous-bassin contrôlé. Les récurrences des précipitations de 1981 sont consignées dans le tableau 33 ci-après.

Tableau 33

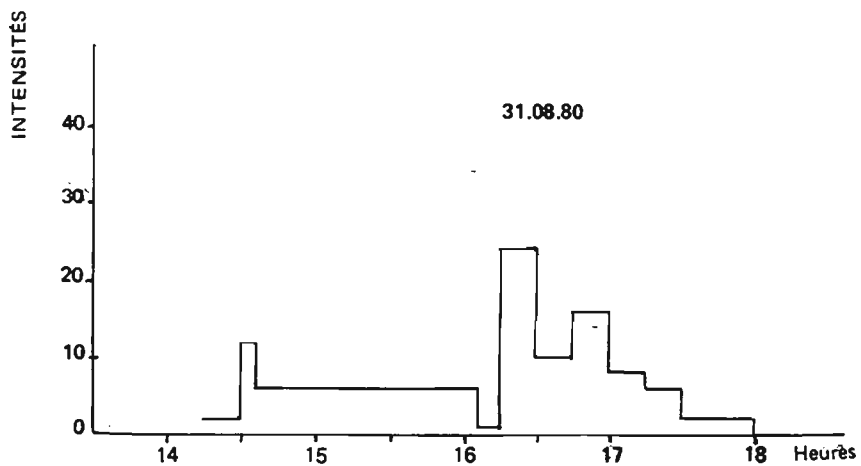
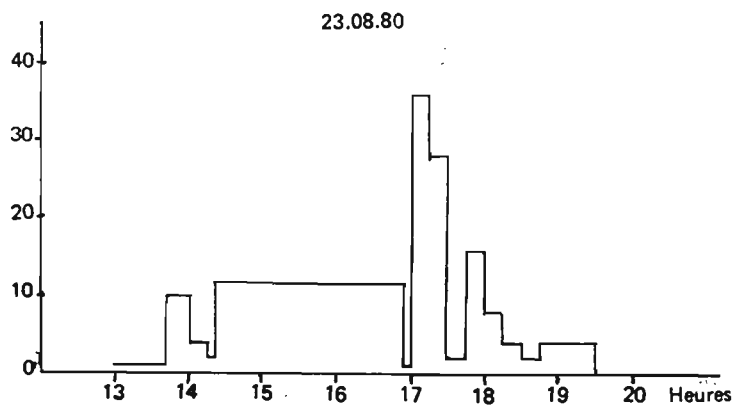
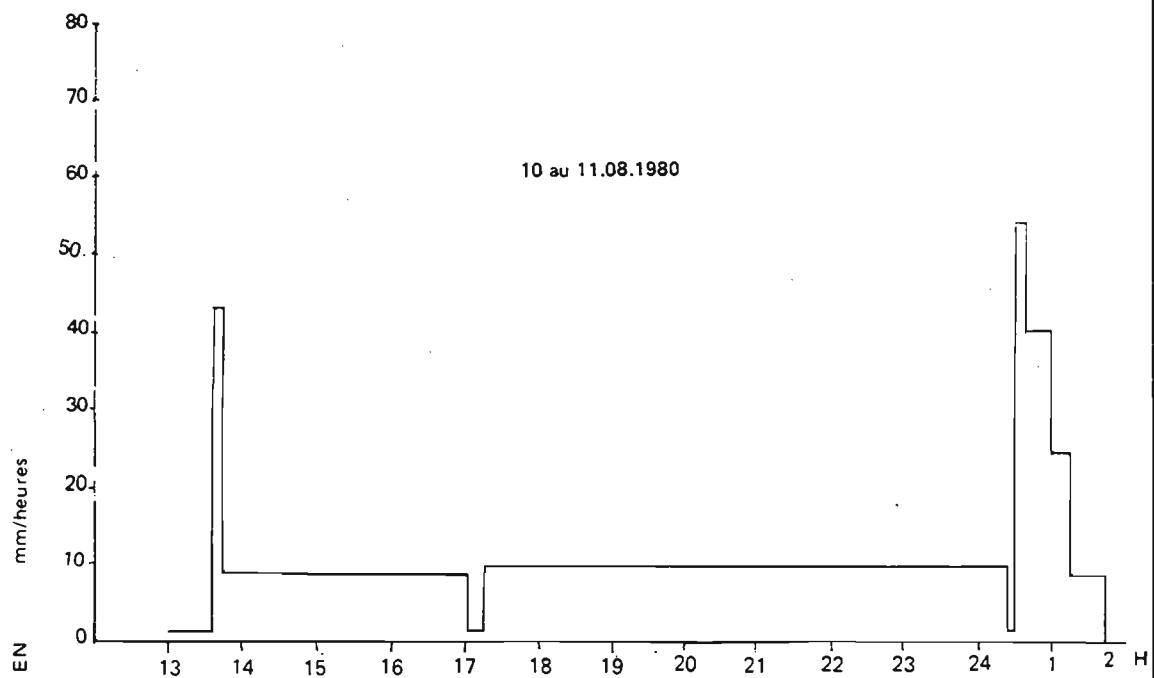
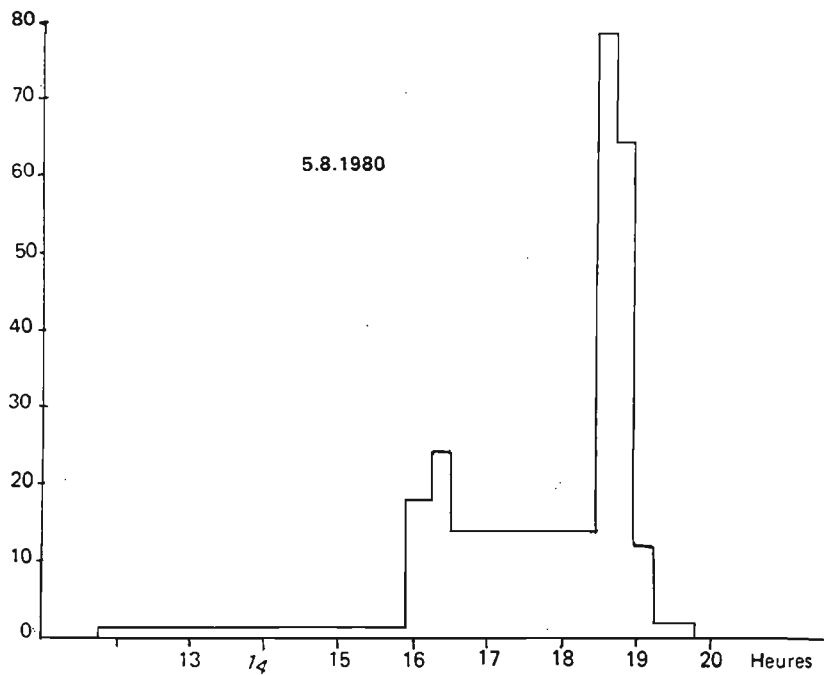
Réurrences des précipitations de 1981

Bassin contrôlé par la station de	Pluviométrie moyenne (mm)	Réurrence sèche
Toukara	805	≠ 1/7
Djibidione	804	≠ 1/7
Balandine	809	≠ 1/8
Baïla	815	≠ 1/8
Kartiak	824	≠ 1/8

CONCLUSION

Il ressort de cette analyse que les saisons de pluies 1980 et 1981 sont d'une manière générale très déficitaires, quand bien même on ait noté un léger relèvement en 1981. Ces déficits s'inscrivent cependant dans un cadre plus vaste, comme l'a si bien montré Cheikhou TOURE, pour la saison des pluies 1980 au Sénégal. Mais quelles seront les répercussions de ces déficits sur l'écoulement de surface ?

FIG. 19 HYETOGRAMMES DES PRINCIPAUX TYPES D'AVERSES OBSERVÉES A TOUKARA EN 1980



B. LES DONNEES HYDROLOGIQUES

Les données hydrologiques que nous nous proposons de traiter ici sont toutes recueillies au niveau des stations hydrologiques exploitées par l'ORSTOM.

B₁ DEBITS ET ECOULEMENT DE SURFACE

1. DEBITS ET ECOULEMENT DE SURFACE EN 1980

Au cours de cette année, aucun jaugeage n'a été fait à Toukara, seule station non soumise à l'influence maritime, et les relevés limnigraphiques n'indiquent de "réaction" de la rivière qu'aux mois de septembre et octobre. Nous avons dû adopter pour 1980 les résultats de 1979 concernant les jaugeages, la courbe de tarage et la relation hauteurs-débits (tabl. 14 et fig. 11), mais cela ne nous écarte pas trop de la réalité compte tenu de la pluviométrie et des très faibles écoulements sur le bassin, les résultats des relevés limnigraphiques à Toukara permettant d'obtenir les débits moyens journaliers (tableau 34).

En partant de ces débits moyens journaliers, on en a déduit l'hydrogramme annuel à Toukara (fig. 20), les débits moyens mensuels et le module annuel qui est très faible : 1,108 l/s ou 0,001108 m³/s. Ce module ne représente que 13,85 % de celui de 1979.

De toutes ces données, nous déduisons l'apport en eau douce de 1980 à la station de Toukara qui est 35 000 m³.

Pour une pluviométrie moyenne de 516 mm et un bassin de 324 km², un écoulement de 35 000 m³ conduit à un coefficient d'écoulement extrêmement faible de l'ordre de 0,021 %, soit 8 fois moins le coefficient moyen d'écoulement de 1979 qui était de 0,17 %. Cependant, malgré l'extrême faiblesse de la pluviométrie en 1980, il y a eu quand même écoulement mais cela ne contredit en aucune manière l'hypothèse de GALLAIRE selon laquelle au-delà d'une récurrence 1/10 l'écoulement sera nul. Car pour une baisse de 27 % de la pluviométrie entre 1979 et 1980, l'écoulement a chuté de 91,25 %.

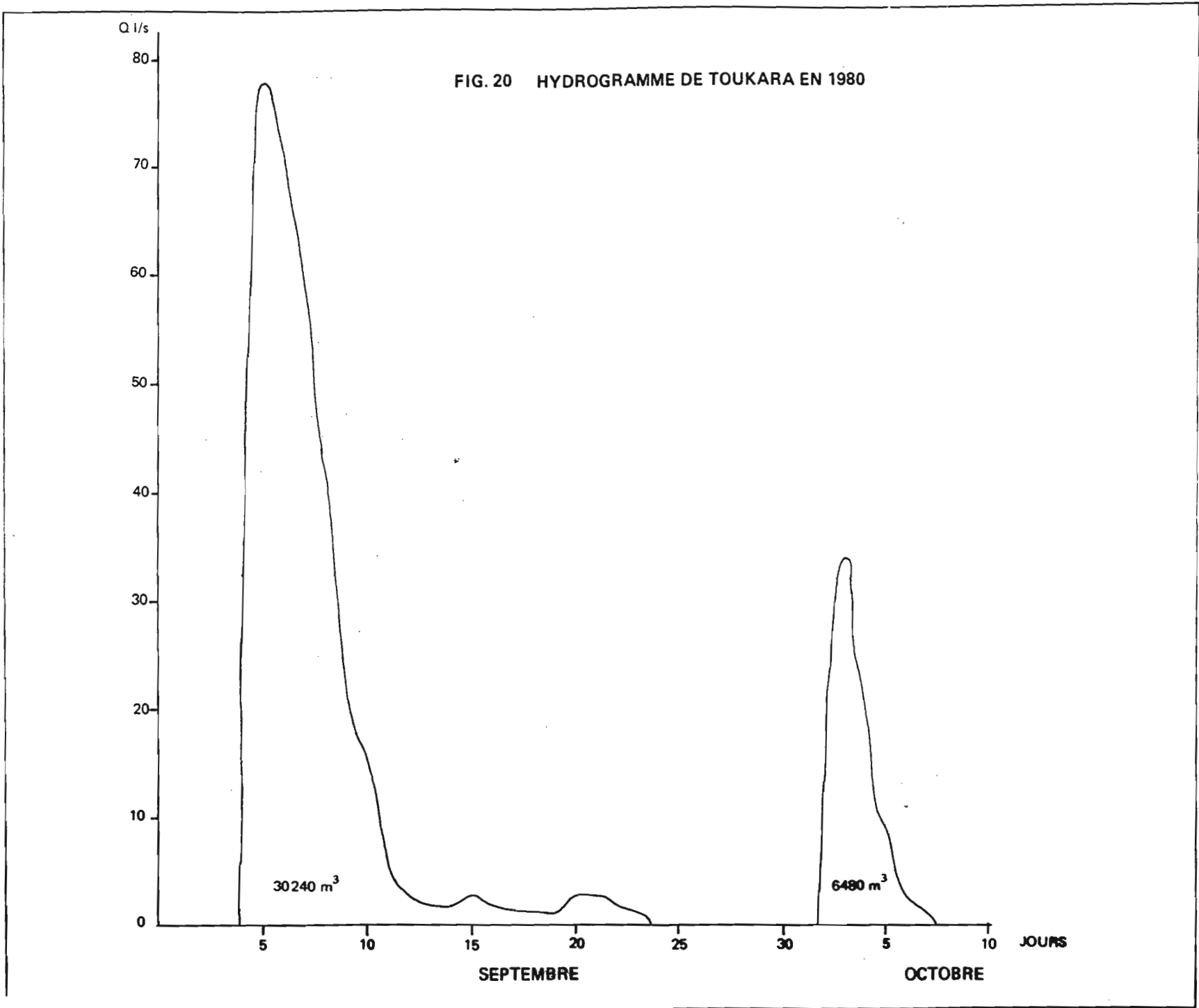
Tableau 34 :

STATION DE TOKARA, 1980

Relevés limnigraphiques moyens journaliers (cm)
et débits moyens journaliers (l/s)

Mois Jours	Septembre		Octobre	
	Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits
1	13		22	
2	17		30	12
3	20		34	34
4	33	26	32	20
5	39	78	29	8
6	38	72	26	3
7	37	61	24	1.5
8	35	41	22	0
9	32	20	21	0
10	31	16	20	-
11	28	6	22	
12	26	3	21	S
13	25	2	20	E
14	25	2	20	C
15	26	3	19	
16	25	2	16	
17	24	1.5	13	
18	24	1.5	12	
19	24	1.5		
20	26	3		
21	26	3		
22	25	2		
23	24	1.5		
24	22	0		
25	21	-		
26	20			
27	19			
28	19			
29	23			
30	22			
31				
Moyenne		10.76		2.53

Module : 1,108 l/s ou 0,001108 m³/s.



La station de Toukara contrôlant un bassin non soumis à l'influence maritime et par conséquent n'ayant pas de zones basses, son coefficient d'écoulement peut être retenu pour l'ensemble des zones hautes comprenant les terrasses, les versants et les plateaux.

Les dimensions du bassin et l'extension des zones basses n'ayant pas changé, les résultats, obtenus en 1979 et que nous rappelons, restent vrais. Les zones basses se divisent en deux parties :

- les slikkes : 12 % ; coefficient d'écoulement (Ke) \approx 100 % ,
- les schorres : 88 % ; Ke \approx 75 % .

Soit un coefficient d'écoulement moyen de 80 % .

On en déduit la répartition des surfaces et les coefficients moyens d'écoulement des bassins. Ces derniers croissent d'amont en aval. C'est d'ailleurs uniquement en amont que la baisse a été sensible alors qu'en aval, du fait de la valeur croissante des zones basses, les coefficients d'écoulement sont restés sensiblement les mêmes à un dixième près (tabl. 35).

Tableau 35

Caractères des zones d'écoulem. Stations	Surface totale des BV km ²	Surfaces soumises à un Ke = 0,021 % km ²	Surfaces soumises à un Ke = 80 % km ²	Ke moyen en %
Toukara	324	324	0	0.021
Djibidione	644	632	12	1.51
Balandine	852	816	36	3.40
Baïla	1342	1241	101	6.04
Kartiak	1634	1438	196	9.61

La connaissance de ces coefficients d'écoulement et des pluviométries moyennes affectant chaque partie du bassin a permis d'établir les différentes données de l'écoulement pour l'année 1980. Le tableau 36 récapitule ces données en précisant :

- la lame d'eau écoulee pour chaque sous-bassin : P' mm,
- le volume d'eau ruisselé (m^3),
- et les débits spécifiques ($l/s.km^2$).

Tableau 36

Caractères BV de	S (km ²)	Pluie moy. (mm)	Récurrance 80 (sèche)	Ke	P' (mm)	Volume 10 ⁶ m ³	Qs (l/s.km ²)
Toukara	324	516	1/22	0.021	0.108	0.0349	0.0034
Djibidione	644	583	1/18	1.51	9.1	6.048	0.29
Balandine	852	617	1/17	3.40	21	17.875	0.66
Baila	1342	641	1/17	6.04	38.8	51.956	1.23
Kartiak	1634	655	1/17	9.61	62.9	102.902	2

Bilan hydrologique en 1980

Ce bilan apparaît très défavorable à l'écoulement de surface quand on considère la pluviométrie enregistrée au niveau de chaque sous-bassin et les lames d'eau écoulées.

Le déficit d'écoulement pour 1980 reste très important comme en 1979. Etablie selon la formule : $D \text{ (mm)} = P \text{ (mm)} - P' \text{ (mm)}$, c'est-à-dire la différence entre les lames précipitées et les lames écoulées, les valeurs de ce déficit sont données par le tableau 37 suivant :

Tableau 37

Stations	P mm moy.	P' mm	D (mm)
Toukara	516	0.10	515.9
Djibidione	583	9.1	573.1
Balandine	617	21	596
Baila	641	38.8	602
Kartiak	655	62.9	592

La situation du sous-bassin de Toukara, non soumis aux effets du flot et du reflux, permet de déterminer à ce niveau un bilan hydrologique plus complet. Etablie selon la formule P (mm) = P' (mm) + Ev réelle + R (où P représente la pluviométrie moyenne du bassin, P' (mm) la lame écoulée, Ev l'évapotranspiration réelle et R les réserves résultant de l'écart entre l'Ev et le déficit d'écoulement), on obtient :

$$P = 516 \text{ mm} ; P' = 0,10 \text{ mm} ; Ev = 429 \text{ et } R = 86,9.$$

Quand on sait que l'évapotranspiration potentielle prélève une lame de 1 500 mm, il ressort que les réserves sont de loin insuffisantes pour satisfaire les exigences de cette dernière.

2. DEBITS ET ECOULEMENT DE SURFACE EN 1981

En 1981, les éléments de l'écoulement de base ont été obtenus grâce à quatre jaugeages effectués au micro-moulinet à Toukara, entre le 28 juillet et le 26 septembre. La cote limite de l'écoulement reste toujours à la hauteur 0,225 m. Le tableau 38 ci-dessous donne les résultats de ces jaugeages en précisant :

- la hauteur,
- et le débit brut mesuré.

Tableau 38

Jaugeages à Toukara

Date	Hauteur en m	Débit en l/s
28/07/81	0.27	4.73
15/08/81	0.40	43.6
02/09/81	0.44	88
26/09/81	0.31	11.1

Ces données nous ont permis d'avoir une première approximation de la courbe de tarage de 1981 mais compte tenu des relevés limnigraphiques de Toukara (tableau 39) qui ont donné des hauteurs très importantes à l'échelle (0,83 m le 12/08/1981 ; 0,62 m les 11 et 30/08 et 9/09/1981), nous avons dû extrapoler cette courbe afin de déterminer, là encore de manière approchée, les débits correspondants. C'est en partant de toutes ces considérations que la courbe de tarage (fig. 21) a été établie. Elle nous a alors permis d'obtenir un nouveau barème hauteurs-débits à partir duquel l'on a déduit l'hydrogramme annuel de Toukara pour 1981 (fig. 22). L'ensemble de ces données nous a aidé à déterminer l'apport intégral de la saison des pluies 81 en eau douce au niveau de la station de Toukara.

Il est de l'ordre de $600\ 000\ m^3$, avec un module annuel de $0,0188\ m^3/s$. Cet écoulement représente les $3/2$ de l'écoulement de 1979 alors que celui de 1980 n'est en valeur relative que de $5,83\ %$.

Avec $324\ km^2$ et une pluviométrie moyenne pondérée de $805\ mm$, un écoulement de $600\ 000\ m^3$ donne un coefficient d'écoulement (K_e) faible de $0,23\ %$. Néanmoins, il représente un relèvement par rapport à 1979 de $35,29\ %$ et 11 fois le coefficient d'écoulement de l'année précédente.

Comme nous l'avons fait pour 1980, nous retiendrons le coefficient de Toukara comme représentatif des zones hautes non soumises à l'influence maritime tout en gardant ceux des slikkes et des schorres. Pour ces deux domaines des zones basses, rappelons que le coefficient moyen d'écoulement est de $80\ %$.

En partant de ces données, il a été déduit la valeur du coefficient moyen d'écoulement pour les autres sous-bassins. Le tableau 40 ci-dessous récapitule les superficies de ces sous-bassins et leurs subdivisions en zones basses et hautes et leurs coefficients d'écoulement respectifs avant de préciser le K_e moyen.

Tableau 39 :

STATION DE TOUKARA, 1981

Relevés limnigraphiques moyens journaliers (cm)
et débits moyens journaliers (l/s)

Mois Jours	Juillet		Août		Septembre	
	Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits
1			14		47	123
2	D		14		44	88
3	E		13		41	49
4	B		12		39	38
5	U		11		38	32
6	T		11		36	24
7			10		36	24
8			12		57	295
9	E		13		62	375
10	C		16		52	200
11	O		62	375	56	280
12	U		83	710	54	250
13	L		65	425	53	230
14	E		51	198	52	200
15	M		39	38	49	153
16	E		45	90	46	119
17	N		49	154	46	119
18	T		48	138	42	66
19			50	170	42	66
20			48	138	44	88
21			45	90	42	66
22			41	49	41	49
23	12		37	28	38	32
24	22		36	24	35	20
25	60	335	33	15	33	15
26	40	44	30	9	31	11
27	31	11	29	7	31	11
28	27	4	28	5	30	9
29	24	2	49	159	29	7
30	19	0	62	375	27	4
31	15		54	250		
Moyenne		12.80		111.19		101.46

Module : 18,80 l/s ou 0,0188 m³/s.

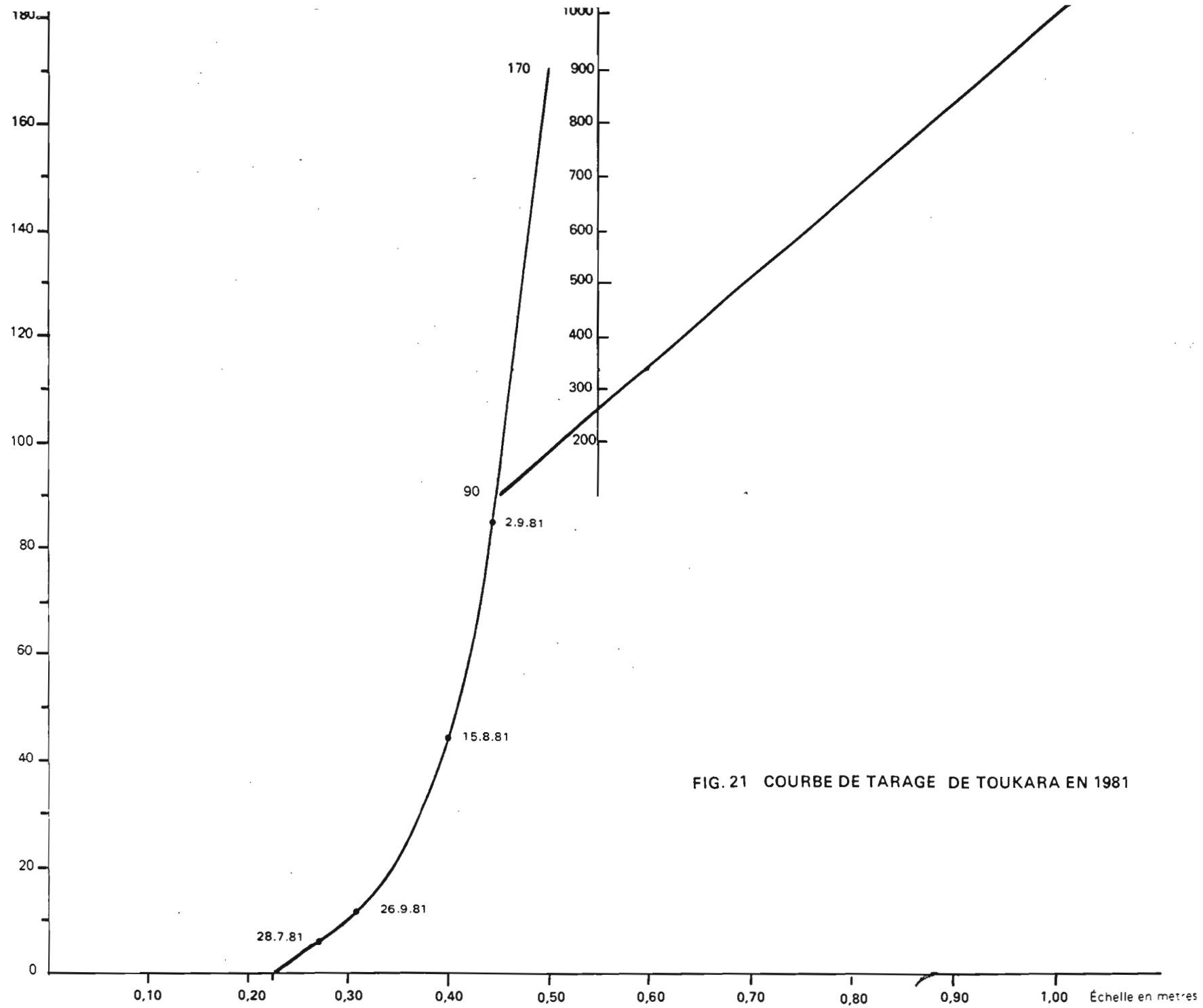


FIG. 21 COURBE DE TARAGE DE TOUKARA EN 1981

FIG. 22 HYDROGRAMME DE TOUKARA EN 1981

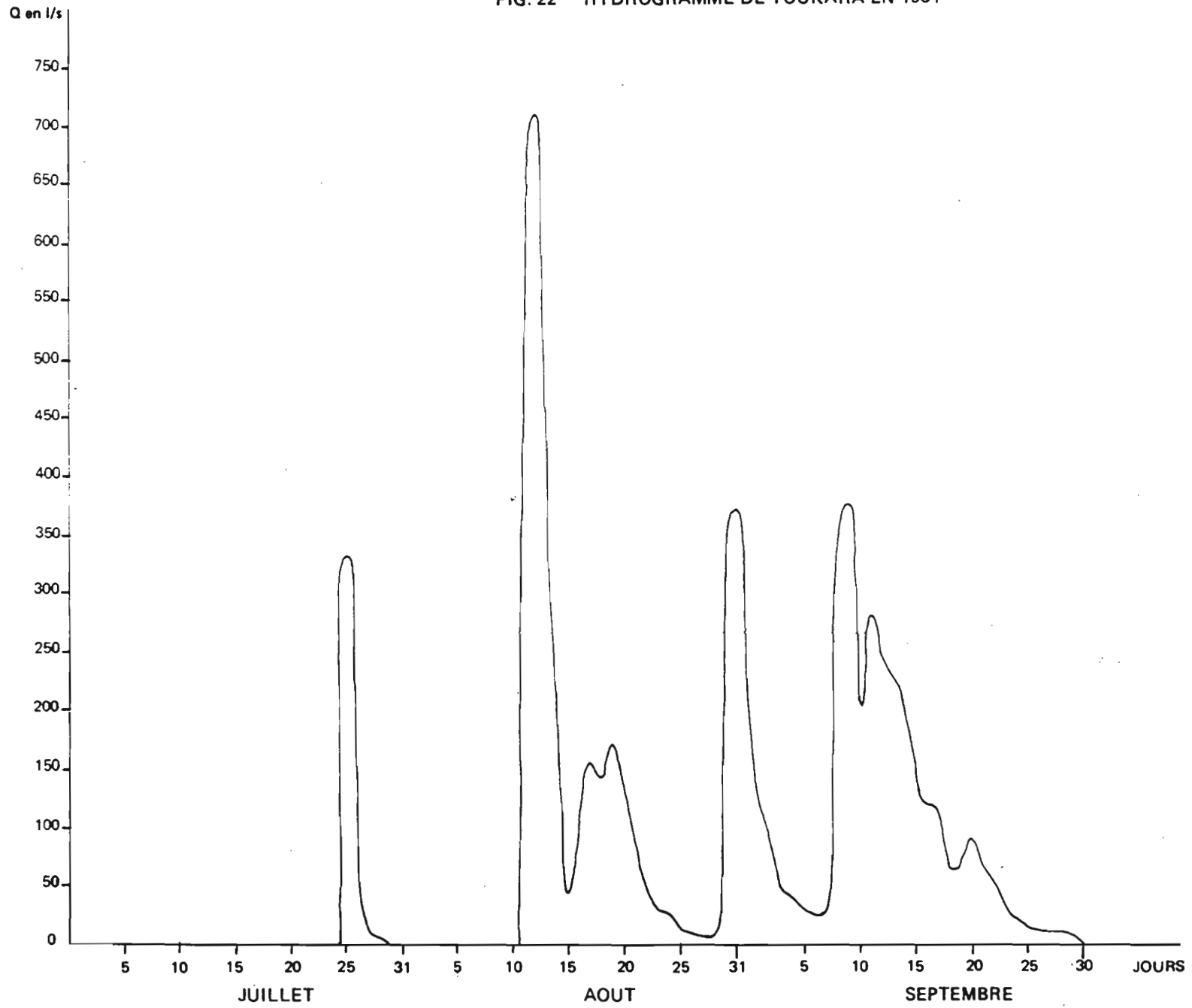


Tableau 40

Caractères des bassins Stations	Surfaces des BV	Surfaces à Ke = 0,23 %	Surfaces à Ke = 80 %	Ke moyen %
Toukara	324	321	0	0.23
Djibidione	644	632	12	1.72
Balandine	852	816	36	3.60
Baïla	1342	1241	101	6.23
Kartiak	1634	1438	196	9.80

On note un léger relèvement du Ke moyen consécutif à celui de la pluviométrie. Il n'en demeure pas moins que ces coefficients moyens sont faibles et que l'alimentation du marigot par les eaux de pluies n'a qu'une valeur relative. Ces valeurs confirment toutefois les prévisions de GALLAIRE. Si on considère le bassin contrôlé par Kartiak en 1979 en récurrence sèche 1/10, on avait un Ke égal à 9,7 % et en 1981, avec une récurrence sèche 1/8, on a un Ke égal à 9,8 %, valeur tout à fait acceptable. Et il en va de même des autres sous-bassins.

De la détermination de ces coefficients moyens d'écoulement, nous avons déduit les autres paramètres de l'écoulement que sont la hauteur d'eau écoulee au niveau de chaque bassin (P' mm), la quantité d'eau ruisselée (m³) et les débits spécifiques (l/s.km²). Toutes ces données sont réunies dans le tableau suivant (tabl. 41) :

Tableau 41

Stations	Surf (km ²)	Pluie moy. (mm)	Récurrence 81 (sèche)	Ke	P' (mm)	Volume 10 ⁶ m ³	Qs (l/s.km ²)
Toukara	324	805	1/7	0.23	1.83	0.599	0.058
Djibidione	644	804	1/7	1.72	13.83	8.9	0.44
Balandine	852	809	1/8	3.60	29.12	24.8	0.92
Baïla	1342	815	1/8	6.23	50.77	68.14	1.61
Kartiak	1634	824	1/8	9.80	80.75	131.95	2.56

Il ressort de ce tableau une croissance régulière des lames écoulées qui, de 1,83 mm dans le bassin amont, passe à 80,75 mm dans la partie aval du marigot. Ceci s'explique par le fait que les zones basses sont plus importantes dans le bassin aval.

Les débits spécifiques restent tout de même faibles. De 0,058 l/s.km² à Toukara, on passe à Kartiak à 2,56 l/s.km². Comparées aux années hydrologiques précédentes, on constate que les débits spécifiques au niveau du Baïla varient très peu et cette variation est beaucoup plus sensible en amont qu'en aval et ce malgré les variations de la pluviométrie :

Toukara : 1979 : 0,04 l/s.km² ; 1980 : 0,0034 l/s.km² ; 1981 : 0,058 l/s.km²

Kartiak : 1979 : 2,4 l/s.km² ; 1980 : 2 l/s.km² ; 1981 : 2,56 l/s.km².

Ceci s'explique aussi par le fait que l'écoulement varie très peu à l'aval, quelle que soit la pluviométrie ; c'est tout à fait le contraire en amont où la perméabilité des sols réduit à sa plus simple expression l'écoulement.

Bilan hydrologique de 1981

Le tableau 42 suivant donne l'ensemble des paramètres pouvant aider à saisir les contours de ce bilan hydrologique. Il s'agit de la pluviométrie moyenne (P mm), de la lame écoulée (P' mm), et le déficit d'écoulement D. Toutes ces données sont annuelles.

Tableau 42

Stations	P (mm)	P' (mm)	D
Toukara	805	1.83	803.17
Djibidione	804	13.83	790.17
Balandine	809	29.12	779.88
Baïla	815	50.77	764.23
Kartiak	824	80.75	743.25

Ce bilan s'avère négatif dans tous les domaines. Le déficit est encore beaucoup plus important en amont, ceci étant dû à la perméabilité des sols que nous évoquions plus haut mais aussi à la recharge des nappes

phréatiques comme l'indique le bilan hydrologique complet pour le bassin de Toukara qui s'établit comme suit :

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Total
P (mm)	50	85.7	60.2	215.4	281.5	112.2	0	0	0	0	0	0	805
P' (mm)	0	0	0.10	0.92	0.81	0	0	0	0	0	0	0	1.83
D	0	85.7	60.1	214.48	280.7	112.2	0	0	0	0	0	0	803.17
ETP	175	152	114	93	86	106	96	106	106	122	170	172	1496
Ev	50	85.7	60.1	93	86	106	(70)	(50)	(30)	(20)	(10)	(4)	664.8
Réserves	0	0		+121.48	+194.7	+6.2	(-70)	(-50)	(-30)	(-20)	(-10)	(-4)	+138.38

Malgré l'amélioration des réserves ou stocks, les observations émises pour 1980 restent valables pour 1981.

L'analyse des variations du niveau piézométrique révèle que :

- En septembre la nappe phréatique affleure presque ; elle se trouve à 30 cm de la surface à Bafla ainsi qu'à Balandine et Djibidione. C'est le maximum observé.
- Au mois de février à Bafla elle se situe déjà à 20 cm au-dessous du niveau moyen du marigot à la station, soit une variation de 1,80 m. A Djibidione et Balandine, cette baisse est moins brutale et la nappe reste à l'horizontale du plan d'eau.
- Par contre au mois de mai au niveau des trois stations, elle se trouve tout à fait au-dessous du lit du marigot. A Bafla, à 73 m de la berge, la nappe est à 70 cm en dessous du chenal.

On constate ainsi que pendant la saison sèche, notamment à partir de janvier-février, la nappe phréatique n'alimente plus le marigot qui dès lors dépend uniquement des apports de la marée. On remarque même, à travers l'analyse chimique des prélèvements faits au niveau des piézomètres, que c'est le marigot qui alimente la nappe dans ses abords immédiats.

CONCLUSION

L'écoulement de surface pendant ces deux années a subi implacablement les conséquences du déficit pluviométrique. La presque totalité de l'eau précipitée a servi à satisfaire dans l'immédiat l'évapotranspiration réelle (pour presque 50 %) et à la recharge très partielle des nappes. L'importance de l'évapotranspiration potentielle pendant les mois de transition, ajoutée à l'écoulement souterrain -difficilement quantifiable- vient aggraver le déséquilibre de ce bilan hydrique.

Le déficit de l'écoulement de surface et la baisse du niveau des nappes apparaissent ainsi comme deux conséquences majeures du déficit pluviométrique.

Mais on retiendra aussi que malgré la sévérité du déficit, comme en 1980, on peut espérer un écoulement un tant soit peu au niveau du sous-bassin de Toukara.

B₂ ETUDE DES CRUES

Cette étude des crues est entreprise uniquement au niveau de la station de Toukara, la seule en dehors de la zone sous l'influence maritime. En plus, l'écoulement étant intermittent à ce niveau, il est plus facile de saisir, avec moins d'erreurs, l'ensemble des caractères de cette manifestation hydrologique que sont les crues.

1. CRUE OBSERVEE EN 1980

En 1980 une seule crue a été enregistrée sur les limnigrammes à Toukara, ce qui n'est pas pour en faciliter l'étude. Elle s'est produite le 4 septembre et s'est maintenue jusqu'au 9. Elle a été générée par l'averse du 4 septembre qui constitue le second maximum journalier de l'année avec 59,5 mm et qui a été renforcée le 6 par une autre averse de 48,7 mm. C'est ce qui explique la forme particulière de l'hydrogramme de cette crue (fig. 23). Voici les principales caractéristiques de cette crue (tabl. 43) :

Tableau 43

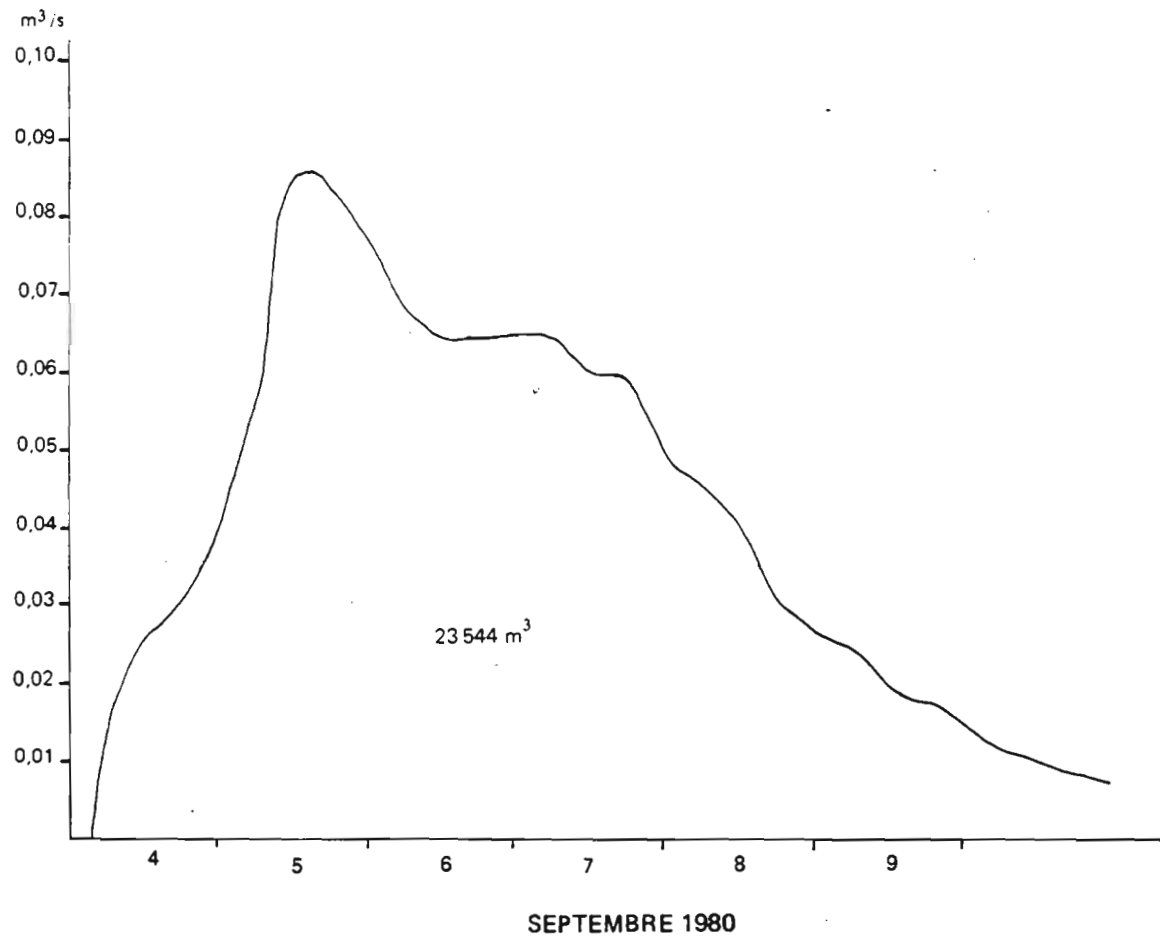
Date	P moy.	Q max	Q l/s.km ²	*T _M heures	T _B heures	V 10 ³	Hr	Kr %
4/09/80	108.2	0.086	0.265	35	101	23.544	0.073	0.067

Le temps de base (T_B) malgré son importance peut être retenu compte tenu de la grandeur du bassin. Pour le bassin du Bignona, plus petit, le temps de base moyen est de 75 heures (J.C. OLIVRY, 1981).

La faiblesse du débit maximum est ici due à l'étalement de la crue sur 6 jours et qui a amorti les débits.

Le volume ruisselé est obtenu par planimétrie de l'hydrogramme. Il faut noter ici que le volume écoulé lors de cette crue représente 67,27 % du volume global de l'écoulement annuel.

FIG. 23 HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 4 AU 9 SEPTEMBRE 1980



Il est intéressant de noter que le temps de base de cette crue est de 4,2 jours, ce qui excède largement le temps de base estimé par GALLAIRE pour la crue décennale (3,4 j). Ceci est peut-être dû par la complexité de cette crue.

2. CRUES OBSERVEES EN 1981

Quatre événements hydropluviométriques remarquables ont été notés en 1981 et dont les principaux caractères sont consignés dans le tableau 44. Les figures 24 à 26 représentent les hydrogrammes de ces crues (la figure 25 regroupe deux hydrogrammes). A leur maximum, ces crues ont atteint respectivement à l'échelle 60 cm, 83, 49 et 62 cm. Néanmoins les débits restent très faibles.

Tableau 44

Date	P moy	Q max	Q l/s.km ²	T _M heures	T _B heures	V 10 ³	Hr	Kr %
24-26/7	22	0.48	1.5	12	56	48.20	0.15	0.676
11-15/8	99	0.80	2.47	21	81	157.70	0.49	0.50
16/8	96.1	0.25	0.77	complex	120	49.70	0.15	0.16
29/8 - 2/9	78.5	0.38	1.17	42	96	88.2	0.27	0.35

La faiblesse du coefficient de ruissellement s'explique ici par le fait que les sols sont très perméables d'une part et d'autre part les pentes sont aussi très faibles et exercent un effet de pondération sur le ruissellement.

Comme pour la crue de 1980, les volumes écoulés par ces crues sont obtenus par planimétrage des hydrogrammes.

Ces quatre crues ont écoulé au total 343 800 m³, soit 57,3 % de l'écoulement total.

FIG. 24 HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 24 AU 26 JUILLET 1981

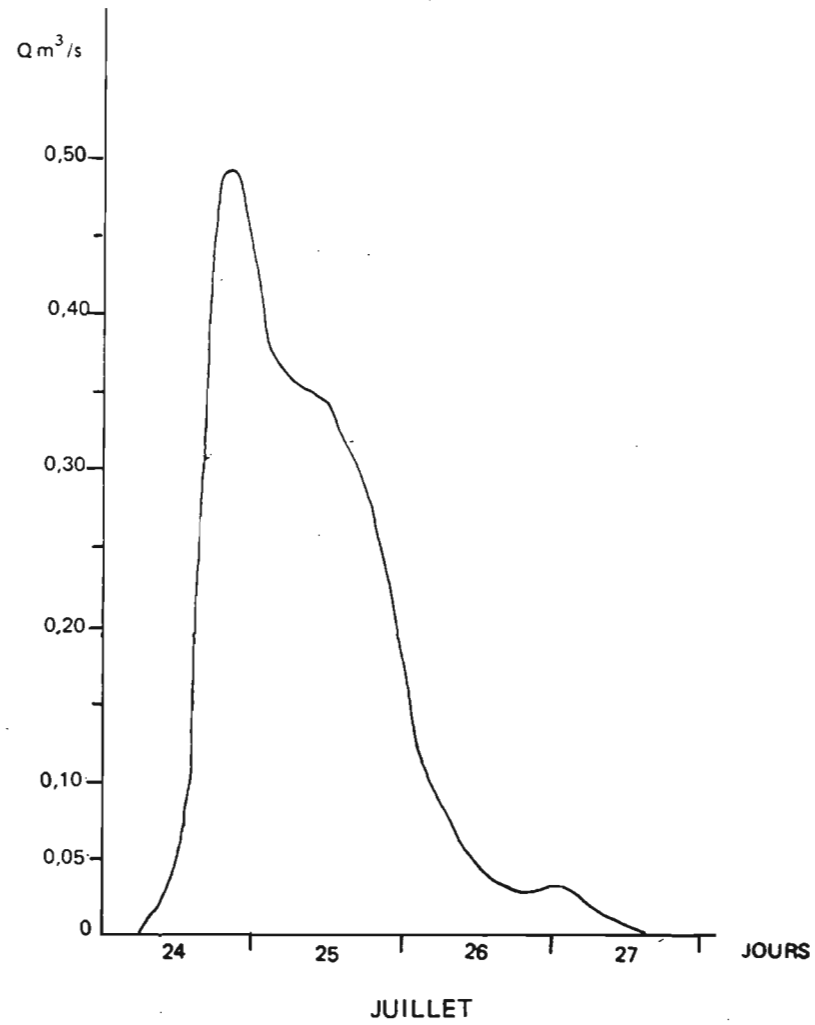


FIG. 25 HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 11 AU 21 AOUT 1981

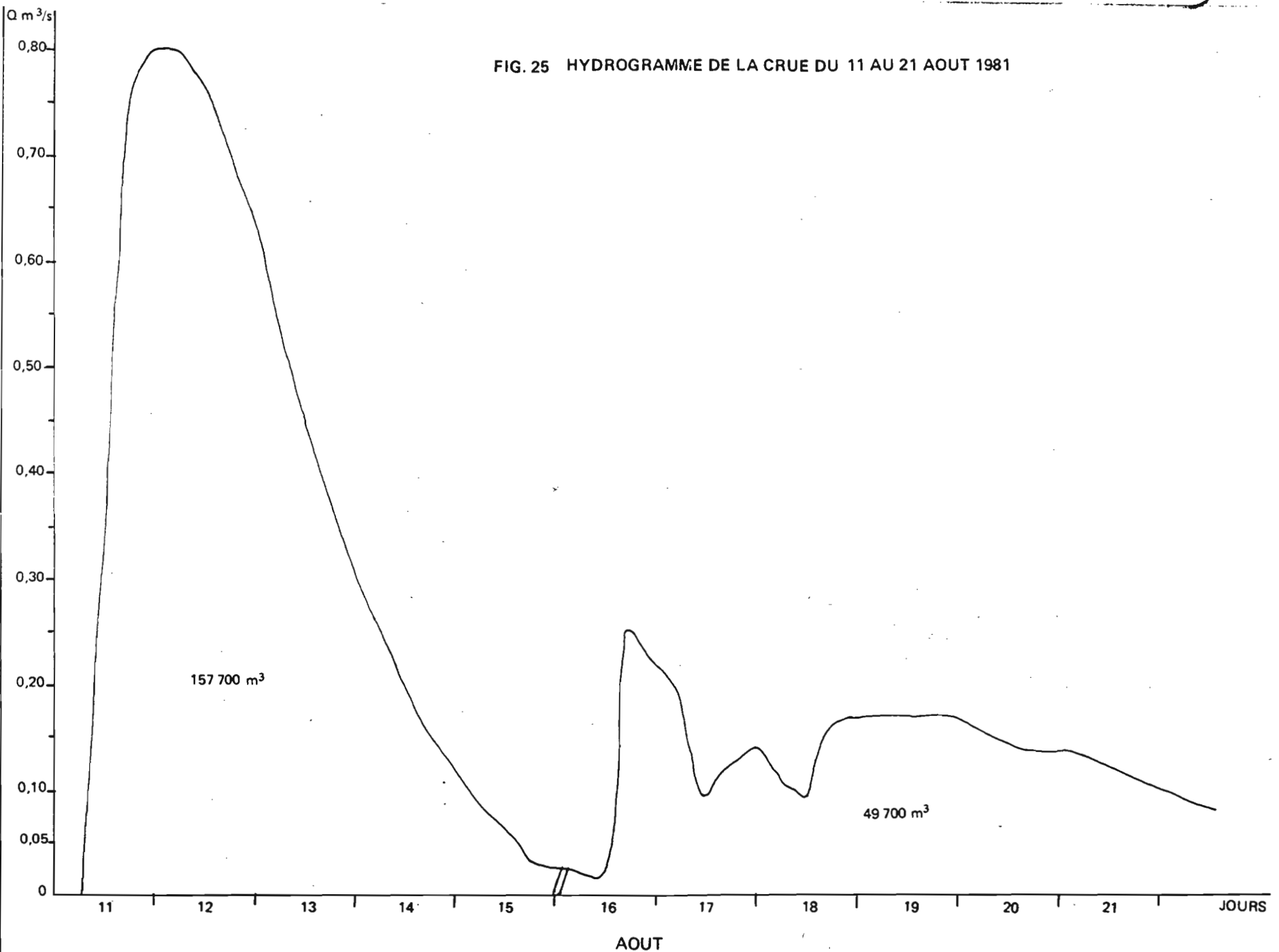
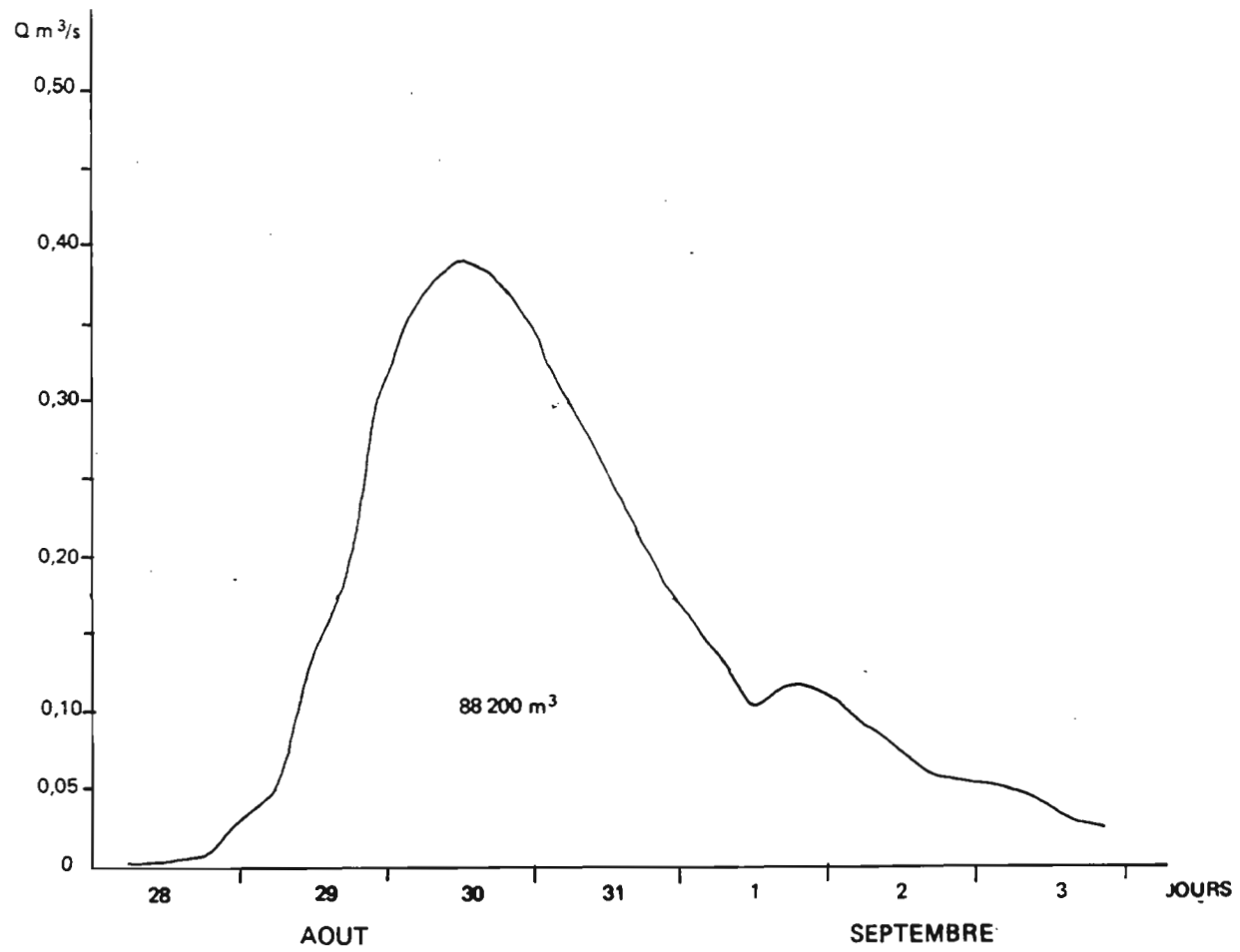


FIG. 26 HYDROGRAMME DE LA CRUE DU 28.08. AU 3.09.81



En 1970, Y. BRUNET-MORET a retenu comme précipitation de l'averse décennale la valeur 138 mm (loi de PEARSON III). A partir de cette valeur et des études de J.C. OLIVRY sur les bassins voisins du marigot de Bignona, GALLAIRE a déterminé pour le Bafla à Toukara les débits de pointe contenus dans le tableau 18 et que nous rappelons : Débit spécifique : 52 l/s.km^2 ; Débit maximum : $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Or si nous considérons l'averse qui a généré la crue du 11 au 15 août 1981, elle fait 99 mm, soit 71,7 % de la pluie décennale avec seulement $0,80 \text{ m}^3/\text{s}$ et $2,47 \text{ l/s.km}^2$ comme débits, ce qui est très peu. Il en va de même des crues du 16/8/1981 et du 29/8 au 2/9/1981. Ceci nous amène à supposer que les conditions de ruissellement changent du tout au tout à partir d'un seuil de saturation du sol. Et au-delà de ce seuil, la lame précipitée est acheminée vers l'exutoire dans des proportions beaucoup plus importantes faisant monter de façon instantanée les débits de pointe. Nos mesures semblent indiquer que ce seuil se situe au-dessus de 100 mm pour la pluie maximale reçue par le bassin, de fréquence biennale.

C. INFLUENCE MARITIME

Nous abordons cette étude de l'influence maritime sous le seul aspect de la salinité et de ses variations dans le temps et dans l'espace et ceci pour deux raisons majeures :

- l'analyse de l'onde de marée à travers les marégrammes n'apporte rien de nouveau que ce qui est déjà mis en évidence par l'étude réalisée par GALLAIRE en 1979.
- Par contre la salinité a subi des variations importantes, par rapport à 1979, pendant ces deux années hydrologiques. Chose plus intéressante, on note une inversion du sens de croissance des taux de salinité, ce qui constitue un phénomène nouveau non négligeable.

ETUDE DE LA SALINITE

1. MESURES

Quatre stations principales de salinométrie, qui sont en même temps des stations de marégraphie-limnimétrie, ont été suivies pendant la période qui nous intéresse : il s'agit, d'aval en amont, de Kartiak, Baïla, Balandine et Djibidione.

Les sondages de détail effectués au cours des jaugeages en 1979 ayant révélé que la salinité était très homogène dans toute la section des stations, les prélèvements ont été faits à la surface lors des tournées hydrologiques avec une fréquence plus rapprochée pendant la saison des pluies qu'en saison sèche, période durant laquelle on a procédé à un prélèvement mensuel ou même bimensuel.

Les échantillons prélevés sont analysés au laboratoire de l'ORSTOM à Dakar pour déterminer la conductivité, avec l'aide d'un conductivimètre, à partir de laquelle on peut déduire la minéralisation globale avec la formule de C. RICHARD et Nguyen VAN CU utilisée en 1979 par GALLAIRE et qui s'énonce comme suit :

$$\text{Min (g/l)} = 0,7671 \times \text{Cond (en millimhos/cm)}.$$

Mais compte tenu des fortes conductivités observées (entre 1980 et 82), dépassant fréquemment 100, valeur à partir de laquelle cette formule devient inapplicable, nous avons dû recourir aux résultats de l'analyse chimique des eaux prélevées. On a recherché les éléments majeurs suivants : Cl^- , SO_4^{--} , CO_3H^{--} , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ pour déterminer la minéralisation globale qui reste cependant inférieure à la réalité puisqu'il n'y entre en compte que les éléments recherchés.

La salinité (g/l) étant essentiellement d'origine marine, on en a une bonne approche en prenant uniquement en compte les Cl^- et les Na^+ (en milliéquivalents/litre) affectés respectivement de leur masse atomique 35,5 et 23.

2. RESULTATS

Les résultats de toutes ces opérations sont indiqués dans les tableaux 45 à 48 qui donnent la salinité (g/l) et la minéralisation globale (g/l). Sur ces tableaux est indiqué l'état de la marée lors des prélèvements (MB : marée descendante ; MH : marée montante ; EMB : étale marée basse ; EMH : étale marée haute). Un examen de ces tableaux révèle que le taux de salinité va croissant de l'aval (plus proche de l'Océan et par conséquent soumis à son inertie malgré quelques variations ; Kartiak est à 70 km de la Pointe Saint-Georges) vers l'amont, ceci étant lié à l'importance des volumes transférés et à l'amplitude des marées. On note aussi des particularités au niveau de ces stations de salinométrie qui peuvent être réparties en deux groupes :

- Kartiak : où on note une faible variation de la salinité quel que soit le moment du prélèvement ;
- Baïla-Balandine-Djibidione : ici les plus fortes concentrations de sel sont observées pendant les marées descendante et montante.

Mais au niveau de toutes ces stations, les variations de la salinité sont plus marquées en saison sèche.

Tableau 45 :

MARIGOT DE BAILA A KARTIAK

Salinité (g/l) et Minéralisation globale (g/l)

Date	Salinité (NaCl) g/l				Minéralisation globale g/l			
	MB	EMB	MII	EMII	MB	EMB	MH	EMH
26/05/80			42.42				50.0	
08/08/80	40.3				47.0			
28/08/80		40.56				47.22		
30/08/80	38.44				44.70			
23/09/80	30.6				35.63			
25/09/80		30.8				36.0		
24/11/80				33.54				38.75
09/02/81			39.2				46.0	
24/03/81		43.0				50.14		
17/04/81			44.1				51.76	
11/05/81	48.25				56.34			
16/06/81	47.56				56.11			
27/07/81	41.0				47.47			
17/08/81			28.41				33.0	
01/09/81	26.3				30.0			
25/09/81			23.30				27.13	
09/11/81	28.76				31.23			
02/12/81			33.26				38.34	
08/02/82			38.42				44.68	
02/04/82	44.3				51.3			
05/05/82			44.15				50.72	
17/06/82	46.84				52.54			

Tableau 46 :

MARIGOT DE BAILA A BAILA

Salinité (g/l) et Minéralisation globale (g/l)

Date	Salinité (NaCl) g/l				Minéralisation globale g/l			
	MB	EMB	MH	EMH	MB	EMB	MH	EMH
22/05/80	52.34				62			
08/08/80		51.4				60		
28/08/80				38.42				45.27
30/08/80			43				50.4	
23/09/80	19.1				22.43			
25/09/80	18.1				21.20			
25/11/80				38				44.55
09/02/81		51.0				59.41		
24/03/81			56				65.5	
17/04/81			61.8				72.53	
11/05/81		61.8				71.70		
16/06/81	68.55				79.70			
27/07/81	50.9				59.0			
15/08/81	29.0				34.1			
01/09/81			22.25				25.72	
23/09/81			19.0				22.40	
10/11/81			31.11				33.50	
02/12/81	37.2				42.83			
22/12/81	40				45.45			
08/02/82			47.9				55.71	
31/03/83	58				67.50			
06/05/83				60.80				70.97
17/06/82	63				94.91			

Tableau 47 :

MARICOT DE BAILA A BALANDINE

Salinité (g/l) et Minéralisation globale (g/l)

Date	Salinité (NaCl) g/l				Minéralisation globale g/l			
	MB	EMB	MH	EMH	MB	EMB	MH	EMH
21/05/80		58.8				69.81		
07/08/80	40.7				47.74			
28/08/80			34.3				40.23	
30/08/80				35.86				42.0
25/09/80		11.1				13.0		
25/11/80	30.0				35.0			
10/02/81	49.1				57.7			
25/03/82		67.66				78.7		
17/04/81			75.50				87.54	
11/05/81	83.75				96.6			
16/06/81			86.25				100.0	
28/07/81			53				61.55	
15/08/81	26.52				29.2			
02/09/81			16.4				19.3	
24/09/81			18.0				20.0	
10/11/81			26.5				35.8	
02/12/81	32.3				37.6			
06/02/82				48.66				57.0
01/04/82	66				77.0			
06/05/82			72.2				108	
16/06/82	86.0				101.1			

Tableau 48 :

MARIGOT DE BAILLA A DJIBIDIONE

Salinité (g/l) et Minéralisation globale (g/l)

Date	Salinité (NaCl) g/l				Minéralisation globale g/l			
	MB	EMB	MH	EMH	MB	EMB	MH	EMH
21/5/80	73.0				86.70			
07/8/80			34.66				40.52	
28/8/80		26.0				30.4		
30/8/80				29.18				34.14
23/9/80	9.33				10.87			
25/9/80		8.12				9.50		
25/11/80			25.07				29.20	
10/2/81				53.96				62.8
25/3/81	87.09				100.34			
17/4/81	99.30				114.12			
11/5/81			95.93				110.7	
16/6/81			106.94				122.51	
28/7/81			54.0				62.8	
15/8/81	40.0				46.55			
02/9/81			22.5				26.28	
24/9/81			9.36				10.95	
10/11/81	26.15				27.80			
2/12/81	33.0				37.94			
05/2/82				55.4				65.05
01/4/82	91.7				102.51			
06/5/82		104.25				119.89		
16/6/82	107.4				124.20			

3. EVOLUTION DE LA SALINITE DE MAI 1980 A JUIN 1982

La figure 27 montre l'évolution comparée de la salinité au cours de la période considéré aux quatre stations d'étude. Une analyse de ce graphique révèle que :

- Le maximum de salinité est observé à la fin de la saison sèche -dans le cas présent vers la mi-juin- à l'exception de Kartiak où le maximum a été atteint le 11 mai 1981.
- Les maximums croissent de l'aval vers l'amont, d'abord de manière insensible au niveau de Kartiak, puis la pente se relève progressivement pour les stations de Baïla et Balandine pour être pratiquement rectiligne à Djibidione. On relève respectivement pour ces quatre stations d'aval en amont les concentrations maximales en chlorures de sodium :

1981 : 48,25 g/l ; 68,55 g/l ; 86,25 g/l ; 106,90 g/l

1982 : 46,84 g/l ; 63,0 g/l ; 86 g/l ; 107,4 g/l.

Ces valeurs font apparaître une tendance à la baisse des concentrations en NaCl en aval (Kartiak et Baïla) alors qu'on note une augmentation, certes faible, en amont à Djibidione. Il en résulte une augmentation de l'amplitude de variation de la salinité entre les stations. Ce fait s'explique par trois facteurs :

- la non-alimentation en eau douce du marigot par la nappe phréatique en saison sèche, non alimentation qui aurait contribué à faire augmenter le taux de salinité,
- l'écoulement au flot et au jusant est le fait de la marée,
- la forte radiation solaire, en saison sèche, soumet les eaux, déjà très salées, à une intense évaporation. Rappelons que l'étude de ce paramètre en 1979 a donné 1870 mm par an à Djibidione (tableau 7). Des mesures systématiques faites par GALLAIRE en 1979 ont aussi établi que le flot véhiculait plus d'eau que le jusant d'une part et montré d'autre part un lien évident entre évaporation et concentration en sel. Par conséquent l'intensité de l'évaporation élève le taux de sel, dont le vecteur est la marée, en réduisant les volumes d'eau du marigot.

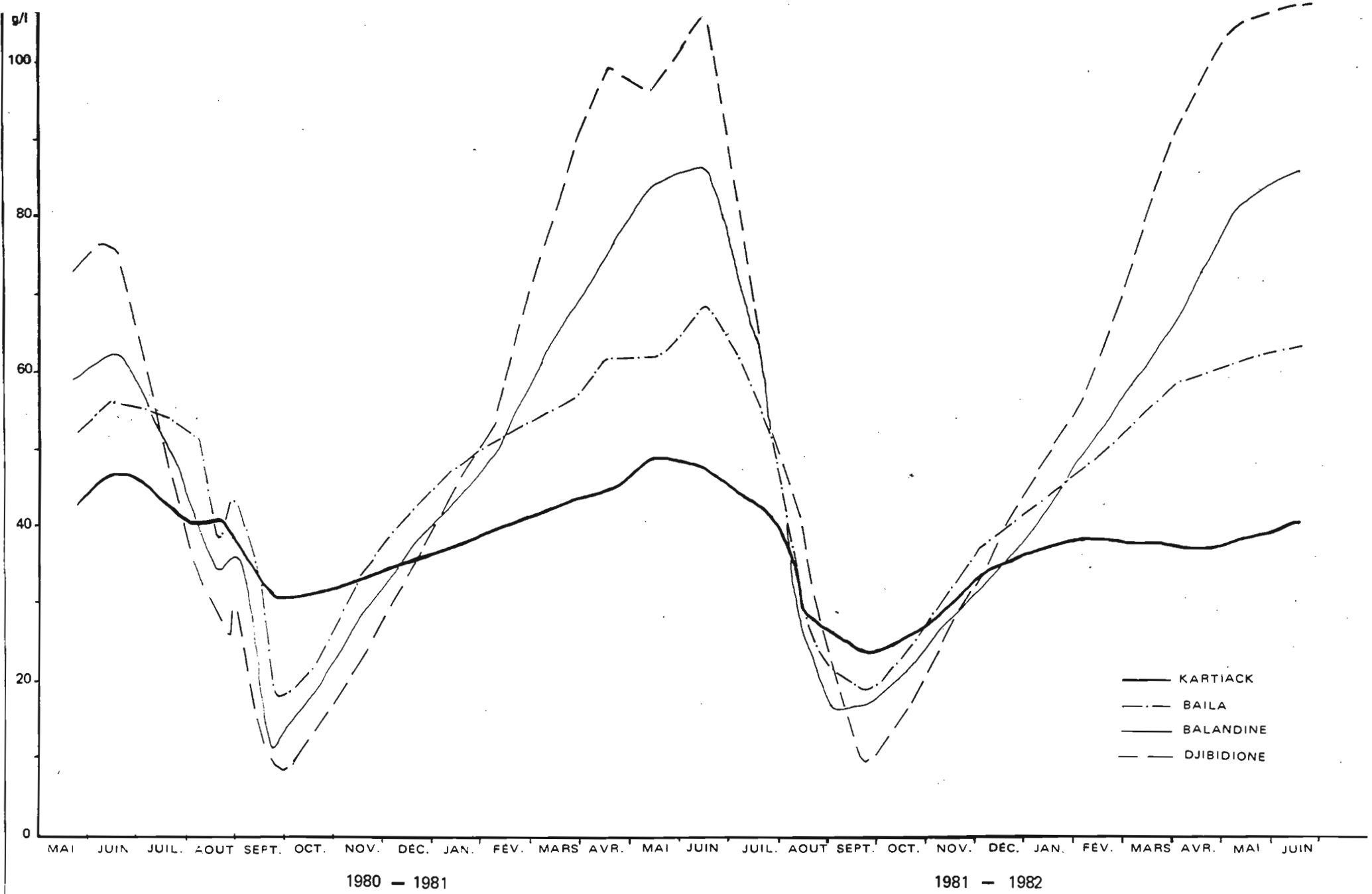


FIG. 27 ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ SUR LE BAILA AUX STATIONS DE CONTROLE ENTRE JUIN 1980 ET JUIN 1982

A partir du mois de juin, la salinité baisse à un rythme croissant d'aval en amont. En 1980, ce mouvement se fait en trois phases :

- De juin à mi-août : on a une chute brutale de la salinité à Balandine et Djibidione avec les premières pluies alors qu'à Baïla et à Kartiak surtout elle se fait d'abord timidement. L'inertie océanique est ici très prépondérante. Elle se stabilise avec un minimum secondaire le 28/8/1980. On relève 26 g/l à Djibidione ; 34,3 g/l à Balandine ; 38,42 g/l à Baïla. Par contre à Kartiak, il est de 40,3 g/l.
- Du 15 à la fin d'août, le taux de salinité remonte pour atteindre un maximum relatif qui reste de loin inférieur au maximum principal de juin. Cet "artefact" est, peut-être, dû au déficit pluviométrique du mois d'août, les pluies étant concentrées dans la première quinzaine.
- A partir du mois de septembre, la salinité baisse brutalement pour atteindre le minimum réel en fin septembre. A l'exception de Kartiak où les concentrations en sels restent supérieures à 30 g/l, au niveau des autres stations elles sont inférieures à 20 g/l. On a 18,1 g/l à Baïla ; 11,1 g/l à Balandine et 8,12 g/l à Djibidione.
- . Malgré les distances séparant les différentes stations, il n'y a pratiquement pas de décalage.
- . Ce minimum intervenant en fin de saison de pluies (les précipitations sont réduites et l'écoulement parfois insignifiant en octobre), les concentrations en sels commencent à monter rapidement dès octobre et en novembre-décembre le taux marin est déjà atteint.

En 1981, les salinités décroissent de façon vertigineuse. Les effets du maximum pluviométrique d'août ne s'observent qu'en septembre où se situe le minimum des concentrations de sels qui est d'ailleurs sensiblement le même qu'en 1980, à l'exception de la station de Kartiak :

Kartiak : 23,30 g/l ; Baïla : 19 g/l ; Balandine : 16,4 ; Djibidione : 9,36 g,

7 4. VARIATIONS SPATIALES DE LA SALINITE DE 1980 A 1982

La figure 28a présente sept courbes qui montrent la variation de la salinité dans l'espace. L'axe des abscisses a pour origine la station de Kartiak distante de 70 km du point de confluence avec la Casamance.

Ce graphique montre qu'en fonction de la saison et de la situation de la station, la salinité varie selon deux directions de sens contraire :

- pendant la saison des pluies, les plus fortes concentrations de sels sont observées au niveau des stations aval, notamment en septembre ;
- par contre en saison sèche, les courbes changent d'orientation. Les fortes salinités se situent en amont. L'examen des tableaux 47-50 indique que le changement se produit en décembre, du moins en 1981. Ainsi on constate que le 2/12/1981 la plus forte concentration est observée à la station de Baïla, ce qui traduit, peut-être, la progression du front salé en direction de l'amont.

On constate également qu'entre 1980 et 1982 (fig. 28b) il y a eu une forte amplitude de variation de la salinité. Et il semble que le phénomène va croissant depuis ces dernières années alors que la courbe de 1971 obtenue à partir des analyses de cette année-là et conforme aux observations faites sur le marigot voisin de Bignona par OLIVRY indique un mouvement de sens contraire. Ceci s'explique sans doute par le déficit pluviométrique enregistré depuis, déficit qui s'est répercuté sur les quantités d'eau écoulée qui n'ont pas pu dessaler les biefs amont. Il se serait produit un effet de cumul au fil des années et qui a conduit à l'observation de fortes concentrations en sel dans ces biefs amont alors que jusque-là elles étaient observées en aval. Des mesures effectuées en 1971 à Djibidione, Balandine et Baïla ont donné les résultats consignés dans le tableau ci-après en g/l.

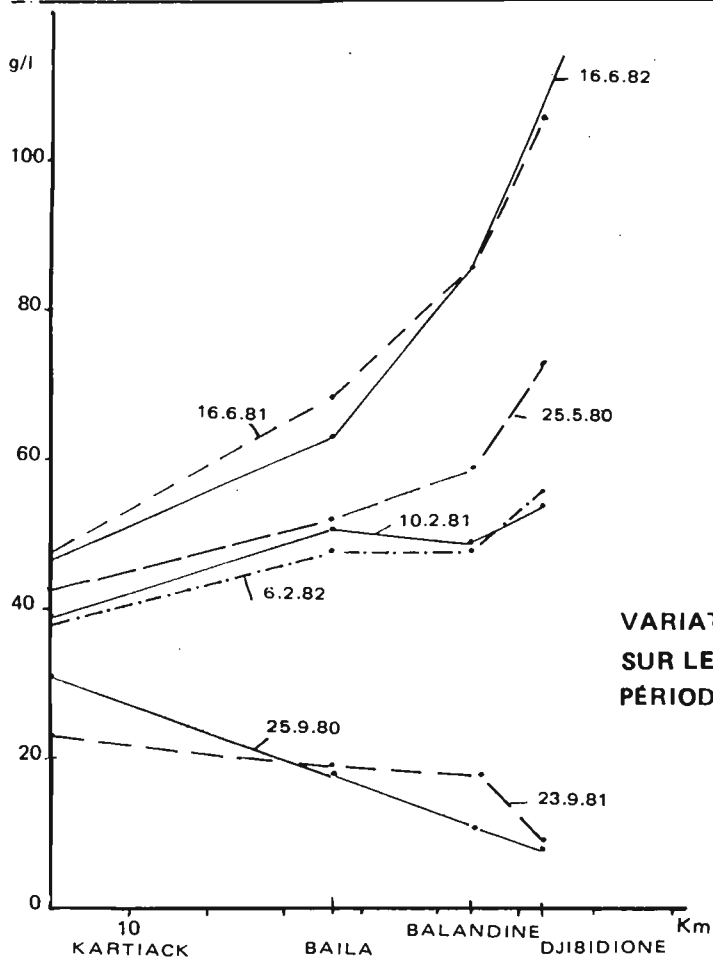
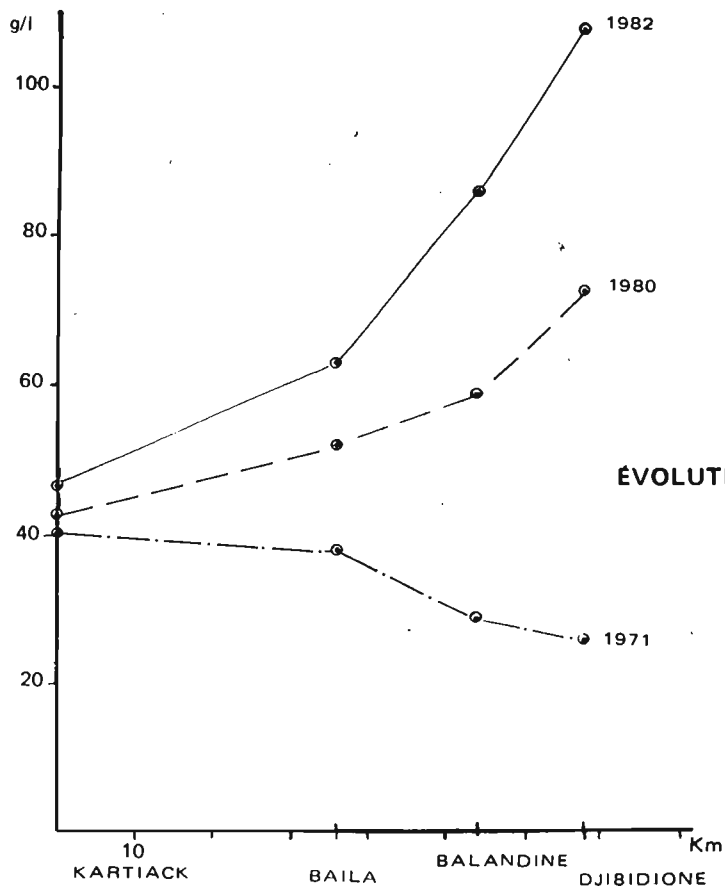


FIG. 28

(A)

VARIATIONS SPATIALES DE LA SALINITÉ
SUR LE MARIGOT DE BAILA A DIFFÉRENTES
PÉRIODES ENTRE 1980 ET 1982



(B)

ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ ENTRE 1971 ET 1982

Tableau 49

Date	Baïla	Balandine	Djibidione
10/05/71	36	26.5	22.5
24/05/71	38	29	26.5
02/08/71	35	26	24
16/08/71	25	1.4	1.35
30/08/71	10	2.2	0.8
13/09/71	3.5	0.05	0.07
27/09/71	2.7	0.88	0.42
11/10/71			1.4
25/10/71	5.25	2	

Ce tableau indique nettement que les fortes concentrations en fin d'année hydrologique au mois de mai s'observent en aval (Baïla) où le taux marin est dépassé alors qu'en amont elles lui restent inférieures. Ceci suppose un écoulement de base, à partir de la nappe phréatique, qui annule les effets de l'évaporation tout en diluant les concentrations, d'où les taux inférieurs à celui de la mer en cette période de l'année. Par contre en septembre l'eau était pratiquement douce à Djibidione et à Balandine, ce qui ne s'observe plus aujourd'hui.

CONCLUSION

L'étude de la salinité met en évidence les conséquences de la longue sécheresse qui a sévi dans toute la région et qui s'est traduite par une vidange des nappes, laissant ainsi le champ libre à l'influence maritime qui s'est surtout manifestée par une salinisation sans cesse accrue des eaux et des sols des biefs amont, ainsi que l'a révélé l'étude pédologique sur le BV du Baïla, particulièrement dans les zones de tannes.

CONCLUSIONS

A l'issue de cette analyse des données hydropluviométriques des deux années sur le marigot de Baïla, il convient de reconnaître qu'elle reste incomplète car certains points n'ont pas été traités, sinon simplement brossés. Compte tenu du déficit pluviométrique très prononcé observé durant cette période et des écoulements qui en ont résulté, toute conclusion reste provisoire et sujette à discussion parce que susceptible d'être infirmée par des observations futures. On peut cependant retenir :

- la possibilité d'avoir un écoulement en période de grand déficit pluviométrique comme en 1980 ;
- la nécessité d'un plus grand nombre d'échantillons de crues afin de mieux cerner les réactions du bassin et vérifier les observations émises concernant les débits maximums des crues.

L'étude de l'influence maritime a mis en évidence l'élévation très marquée du taux de sel dans les eaux du marigot, notamment dans les biefs amont, ce qui constitue un fait nouveau dans la mesure où les taux avoisinant celui de la mer n'étaient observés que dans les biefs aval. Cependant, une étude détaillée des échantillons d'eau prélevés dans les piézomètres serait souhaitable pour mieux préciser cette influence sur la nappe phréatique étant donné le tarissement de cette dernière.

2ÈME PARTIE

ANNÉE HYDROLOGIQUE

1982-1983

A. ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

A₁ LA PLUVIOMETRIE 82 SUR LE B.V. DU BAILA

1. TRAITEMENT DES RESULTATS DE 1982

Les résultats pluviométriques que nous livrons ici sont obtenus au niveau du réseau d'observation installé sur le bassin versant du marigot de Baïla. Le tableau 50 qui rassemble ces renseignements est divisé en deux :

- d'une part les stations propres au BV,
- et d'autre part les postes d'observation extérieurs au BV, appartenant au réseau de la Météorologie Nationale.

Ce tableau présente les hauteurs mensuelles des précipitations, le nombre de jours de pluie dans l'année et la hauteur maximale de précipitation journalière suivie de sa date.

Les précipitations sont nulles ou à l'état de traces de novembre à avril.

Les observations au cours de cette année ont commencé dès le mois de mai et le travail des observateurs a été suivi et vérifié régulièrement grâce à des tournées de contrôle périodiques couvrant l'ensemble des stations.

L'examen du tableau 50 révèle un déficit pluviométrique général pour l'ensemble de la Basse-Casamance, du moins dans sa partie nord-ouest. Ainsi, si l'on considère la station de Ziguinchor, la pluviométrie de 1982 accuse un déficit de 40,7 % par rapport à la moyenne calculée sur 54 ans (entre 1921 et 1979). Située par rapport à la normale 1950-1979 (1 483 mm) et englobant la décennie de la sécheresse, l'année 1982 reste déficitaire puisque sa pluviométrie ne représente que 60,5 % de cette normale.

Tableau 50

PRECIPITATIONS REÇUES SUR LE BV DU BAILLA EN 1982

Postes du BV	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Total	Nb. jours de pluie	Max journ. mm (Date)
Allakounda		42.9	296.7	309	193.8	99.8	942.2	46	82.6 (25/7/82)
Toukara		61.1	227.7	415.2	224.64	39.1	967.74	30	140 (26/8/82)
Djibidione	3.1	25.8	253.2	340.9	152.4	93.5	868.9	47	107.1 (26/8/82)
Baila		46	259.5	451.0	125.1	33.8	915.4	42	127.2 (26/8/82)
Postes extérieurs au BV									
Diouloulou		36.2	262.7	494.6	178	55.4	1026.9	73	111.1 (26/8/82)
Bignona	22.8	58.3	260.8	398.5	140.9	51.9	933.2	66	77.6 (26/8/82)
Sindian	14.5	37.6	273	397.9	127.5	107.6	958.1	59	91.0 (26/8/82)
Ziguinchor	17.6	31	193.4	324	207.5	124.3	897.8	74	45.7 (25/8/82)

Cependant à Diouloulou et Bignona (stations situées à l'ouest et au sud du BV), ce déficit est moins accentué. A Diouloulou, il est de 21,6 % comparativement à une moyenne (1 310 mm) portant sur 32 ans (entre 1937 et 1981). A la station de Bignona, ce déficit se situe aux environs de 25 % par rapport à la moyenne de 26 ans (1954 et 81) qui est de 1 340 mm.

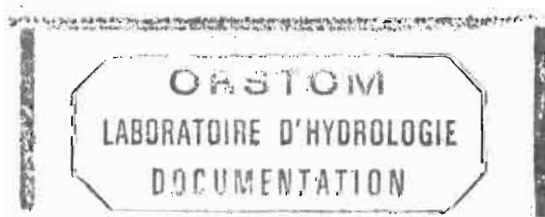
Par contre, au niveau du bassin versant du Baila, l'on note un relèvement de la pluviométrie en 1982 par rapport à l'année précédente puisque à l'exception de Djibidione (868,9 mm) toutes les stations ont enregistré plus de 900 mm alors que l'année d'avant elle était inférieure à 850 mm toutes stations confondues. Le tableau ci-après indique la pluviométrie de 1981 et 82 et le pourcentage par rapport à 1981.

Stations	Pmm 81	Pmm 82	%/81
Allakunda	-	942.2	-
Toukara	805	967.74	+ 20.2
Djibidione	783.8	868.9	+ 10.85
Baila	848	915.4	+ 8

La figure 29 montre la répartition spatiale de la pluviométrie au cours de la saison. La disposition des isohyètes, si elle garde son caractère zonal d'orientation Est-Ouest, révèle cependant un pôle de forte pluviosité concernant particulièrement le BV. Il se situe au nord-est de celui-ci et intéresse les stations de Toukara, Allakunda et Sindian.

Pluviométrie mensuelle

La répartition mensuelle de la pluviométrie reste conforme au schéma traditionnel : de mai à novembre (il n'a pas plu en novembre) avec une nette domination du mois d'août pendant lequel on a enregistré à : Allakunda : 32,8 % ; Toukara : 42,9 % ; Djibidione : 39,2 % et Baila : 49,3 % de leur pluviométrie annuelle. Le mois de juillet suit avec environ 25 % du total annuel.



BASSIN VERSANT DU MARIGOT DE BAILA

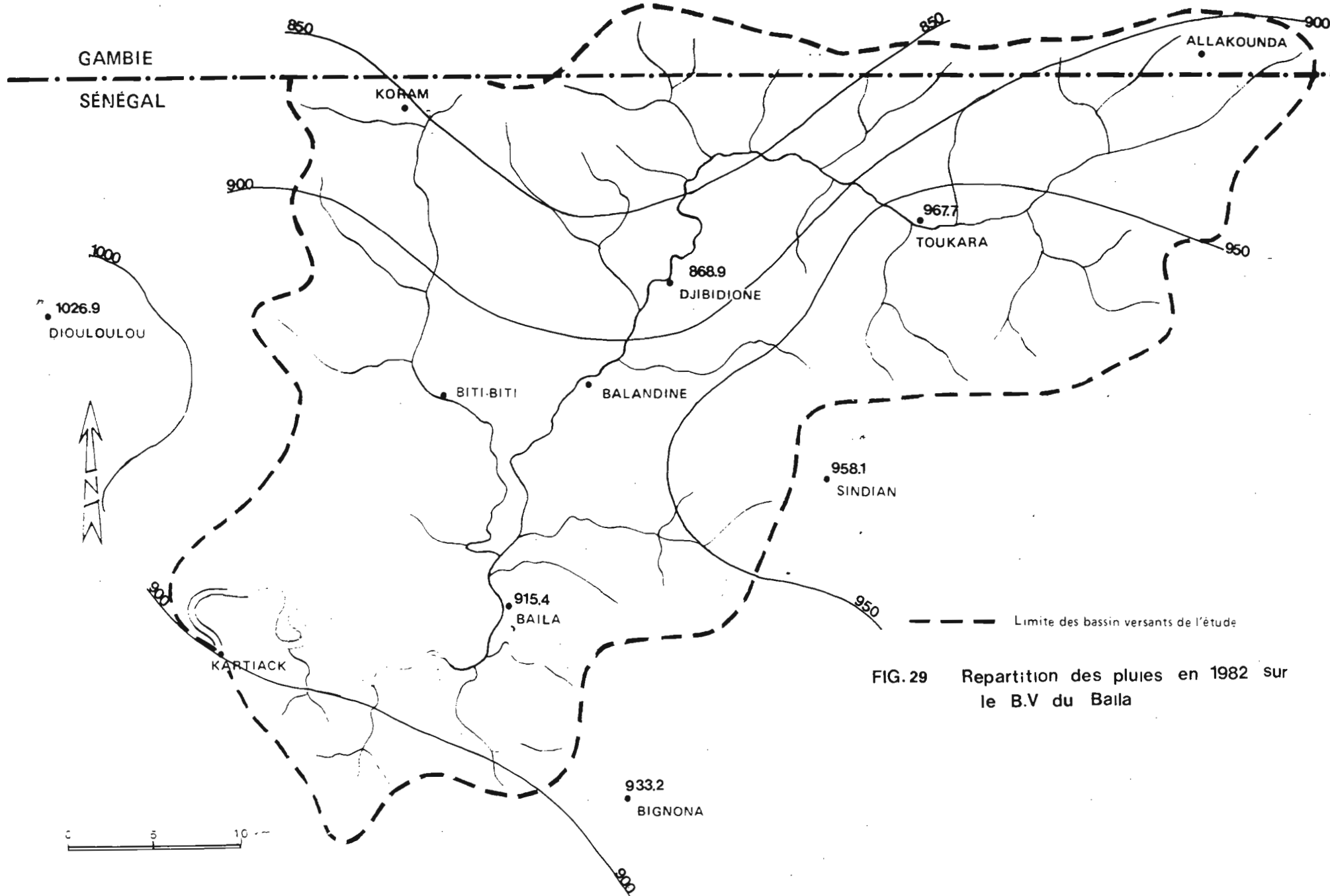


FIG. 29 Repartition des pluies en 1982 sur le B.V du Baila

Le tableau ci-dessous donne pour chaque station le pourcentage de chaque mois :

Stations	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct
Allakunda	0	4.55	31.5	32.8	20.5	10.6
Toukara	0	6.3	23.5	42.9	23.2	4.04
Djibidione	0.35	3.0	29.2	39.2	17.54	10.76
Baïla	0	5.0	28.35	49.27	13.7	3.7

Pluviométrie journalière

Si, d'une manière générale, on note une diminution du nombre des jours de pluie du sud au nord, on remarque qu'à l'intérieur du bassin versant le maximum de jours de pluie est enregistré à Djibidione (47 jours) au centre-nord du BV, puis à Allakunda avec 46 jours ; le minimum de jours de pluie cependant est relevé à Toukara (30 js) entre les deux postes précédents.

Le maximum de pluie reçue en 24 heures a été observé à Toukara le 26 août : 140 mm. Toutes les stations ont atteint leur maximum journalier à cette date ou à un jour près. Le 25 août, on a ainsi 107,1 mm à Djibidione (26/8) ; 127,2 mm à Baïla (26/8) ; Allakunda : 72,4 mm le 25/8. Il s'agit d'une averse particulière qui a intéressé l'ensemble du bassin et sur laquelle nous reviendrons.

Le second maximum journalier a été enregistré à Allakunda le 25 juillet avec 82,6 mm. Curieusement, cette averse n'a été signalée qu'à Allakunda.

Par contre, le troisième maximum journalier, enregistré à la station de Toukara (77,4 mm) a été généré par une averse qui a intéressé l'ensemble du bassin versant. Cette averse est survenue le 11 juillet. On a relevé 47 mm à Allakunda, 66,5 mm à Djibidione, 52,0 mm à Baïla.

Un autre événement pluviométrique journalier majeur est l'averse du 20 juillet qui a couvert aussi tout le bassin versant et dont la pluie moyenne est supérieure à 50 mm.

La saison des pluies 1982 aura été marquée, pour l'ensemble du BV du Baïla, par ces trois averses particulières survenues par ordre d'importance le 26 août, les 11 et 20 juillet.

L'averse du 26 août (140 mm à Toukara), d'après les travaux de BRUNET-MORET concernant les hauteurs ponctuelles journalières, aurait une période de retour voisine de 15 ans.

2. DETERMINATION DES LAMES PRECIPITEES

Les lames précipitées ont été déterminées par la méthode de THIESSEN qui a donné les valeurs suivantes pour chaque sous-bassin. Le tableau ci-dessous indique ces valeurs, le volume précipité (en 10^6 m^3) et rappelle la superficie des bassins versants.

Bassin	Sup. BV (km ²)	Lame précipitée (mm)	Vol. précipitée (10^6 m^3)
Toukara	324	955	309,42.10 ⁶
Djibidione	644	938	604,072.10 ⁶
Balandine	852	925	788,1.10 ⁶
Baïla	1342	923	1 238,66.10 ⁶
Kartiak	1634	922	1 506,55.10 ⁶

Cette pluviométrie moyenne pondérée reste inscrite néanmoins dans une récurrence sèche quand on considère la moyenne établie par l'étude de GALLAIRE sur le même bassin en 1979.

Le tableau suivant récapitule cette pluviométrie moyenne (1/2), celle de 1982 et sa récurrence.

Bassin contrôlé par	Moyenne (1/2) mm	Pluviométrie moy 1982 (mm)	Récurrence sèche
Toukara	1175	955	≠ 1/3
Djibidione	1190	938	≠ 1/3
Balandine	1205	925	≠ 1/4
Baïla	1230	923	≠ 1/4
Kartiak	1245	922	≠ 1/5

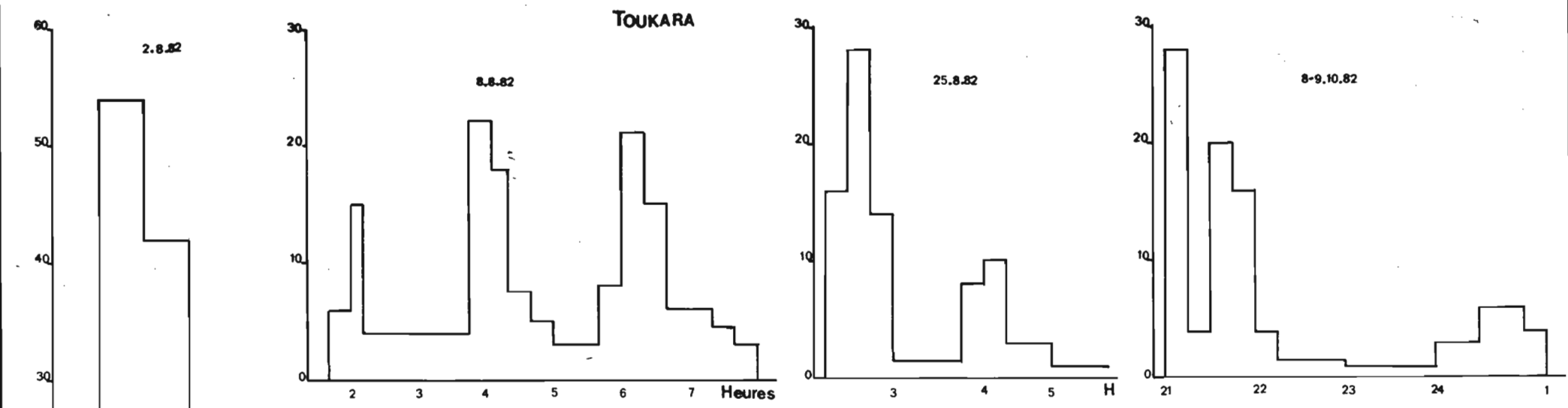
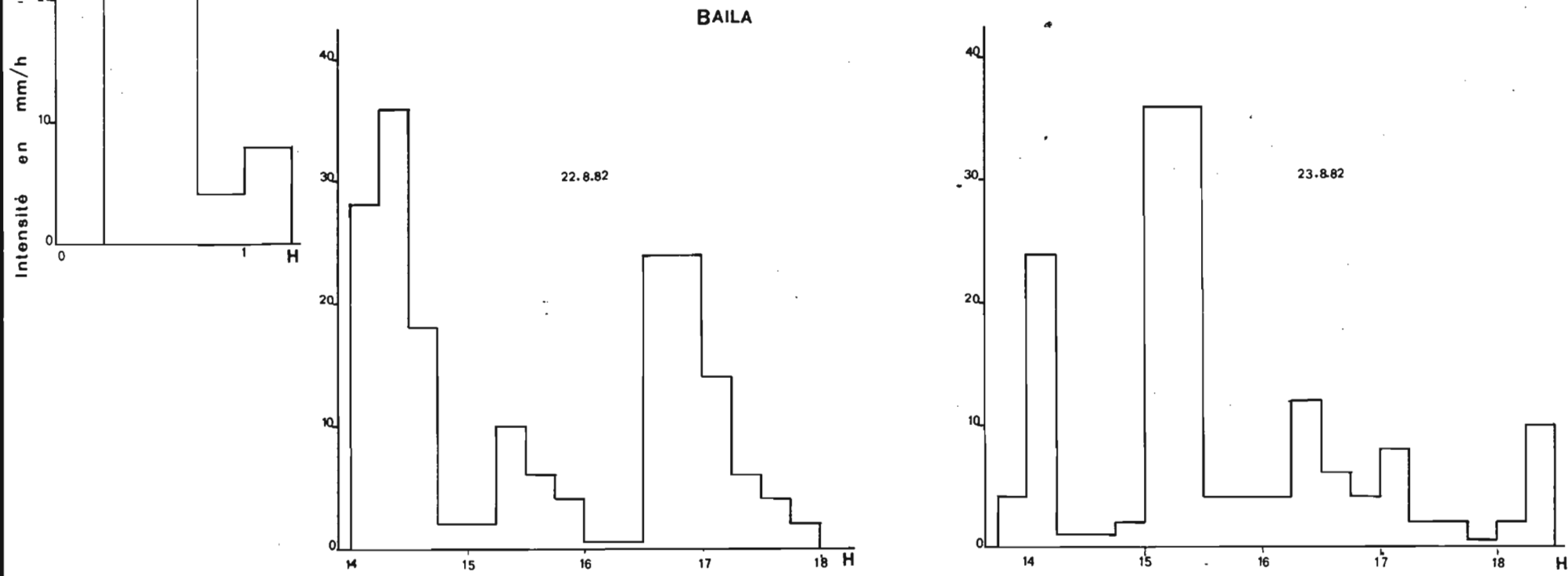


FIG.30 HYETOGRAMMES DES PRINCIPALES AVERSES EN 1982



A₂ L'ÉCOULEMENT DE SURFACE EN 1982

Le marigot de Baïla ne dispose que d'une station non soumise à l'influence maritime, celle de Toukara.

Au vu des limnigrammes, les observations ont commencé le 17 juin 1982, mais l'écoulement n'a commencé qu'à partir du 25 juillet et il s'est poursuivi, avec deux interruptions du 30/7 au 7/8 et du 17 au 23/8, jusqu'au 19 octobre.

Seuls deux jaugeages ont été réalisés : le 29 juillet et le 2 septembre. Les résultats de ces jaugeages confirment la validité de la courbe de tarage de l'année précédente. Nous avons retenu cette courbe en tenant compte du débit du jaugeage du 2/9/82. Les résultats de ces jaugeages sont indiqués ci-dessous :

Date	Hauteurs (cm)	Débit (l/s)
29/07/82	0.32	15.2
02/09/82	0.69	504

Les figures 31 et 32 représentent la courbe de tarage et l'hydrogramme de la station. Le tableau 51 donne les relevés limnigraphiques moyens journaliers (cm) et les débits moyens journaliers (l/s) tandis que le tableau 52 indique le barème hauteurs-débits.

A partir de ces données, on a déduit l'écoulement global à Toukara qui est de 900 000 m³ avec un module annuel de 0,0282 m³/s.

Intéressant un bassin de 324 km² avec une hauteur moyenne de pluie de 955 mm, ce volume écoulé donne lieu à 1 coefficient d'écoulement (Ke) de 0,29 %, ce qui est très faible au vu des volumes précipités même s'il est, depuis quatre années hydrologiques, le plus fort coefficient enregistré.

Tableau 51:

Station de Toukara

Relevés limnigraphiques moyens journaliers en cm
et débits moyens journaliers en l/s

Mois Jours	Juillet		Août		Septembre		Octobre	
	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
1			16	0	57	260	30	9
2			20	0	68	480	29	7
3			15	0	69	504	28	6
4			11	0	60	320	28	6
5			10	0	53	190	28	6
6		D	10	0	50	170	28	6
7		E	16	0	46	110	28	6
8		B	38	33	44	88	27	4.5
9		U	41	48	43	70	29	7
10		T	42	55	47	115	28	6
11			37	29	51	177	27	4.5
12		E	35	23	50	170	26	4
13		C	36	26	53	190	26	4
14		O	32	14	53	190	25	2
15		U	26	4	47	115	24	1
16		L	23	0.5	41	48	24	1
17		E	21	0	41	48	24	1
18		M	18	0	39	38	24	1
19		E	14	0	38	33	24	1
20		N	12	0	36	26		
21		T	11	0	35	23		F
22			13	0	34	20		I
23		↓	20	0	32	14		N
24		↓	36	26	32	14		
25	35	23	49	160	32	14		E
26	61	340	67	460	31	11		C
27	62	360	125	1640	32	14		O
28	45	95	110	1340	32	14		U
29	36	26	73	580	30	9		L
30	17	0	83	780	30	9		E
31	18	0	64	400				M.
Moyenne		38.26		181.24		116.13		2.7

Module : 28,2 l/s ou 0,0282 m³/s.

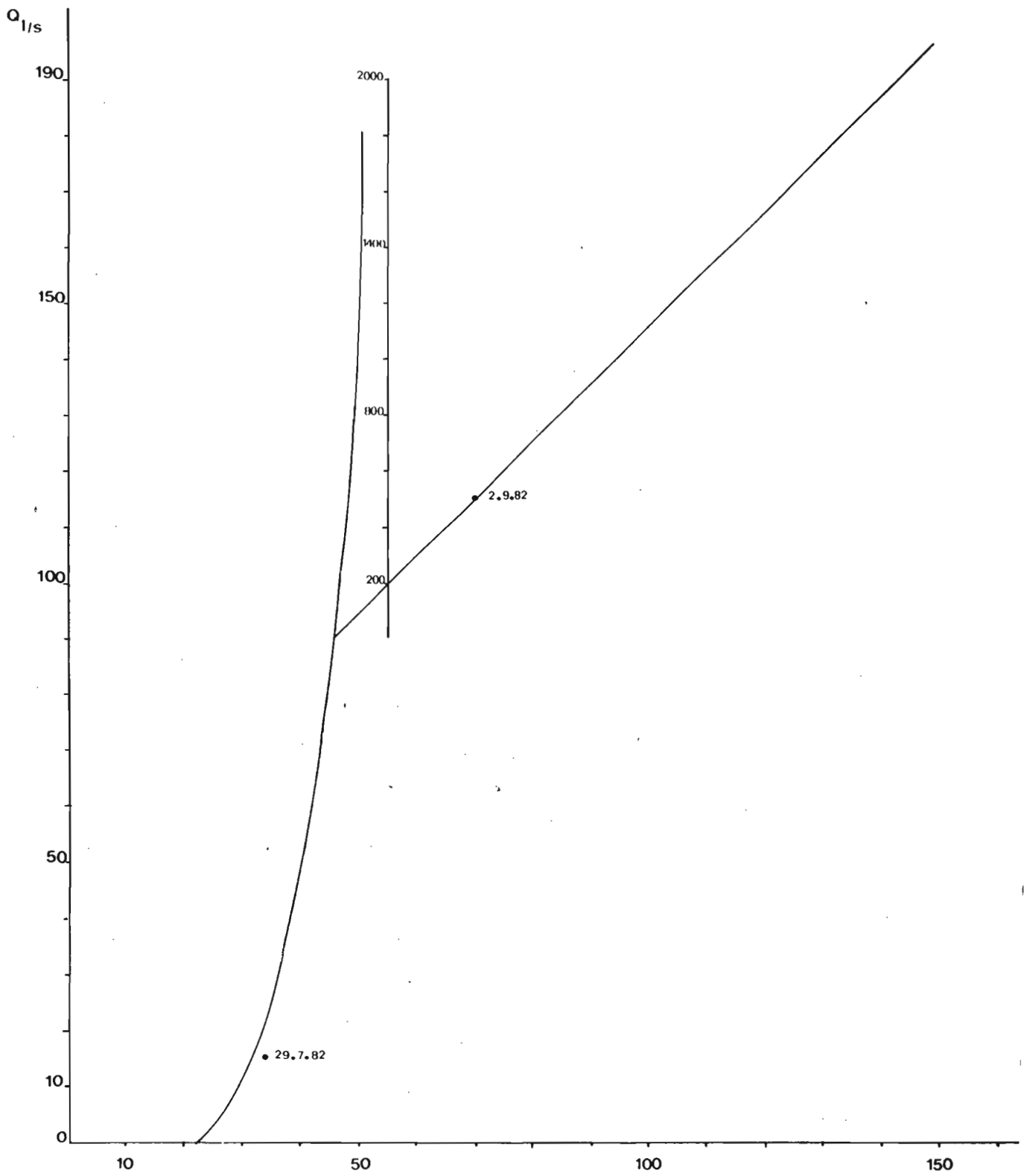


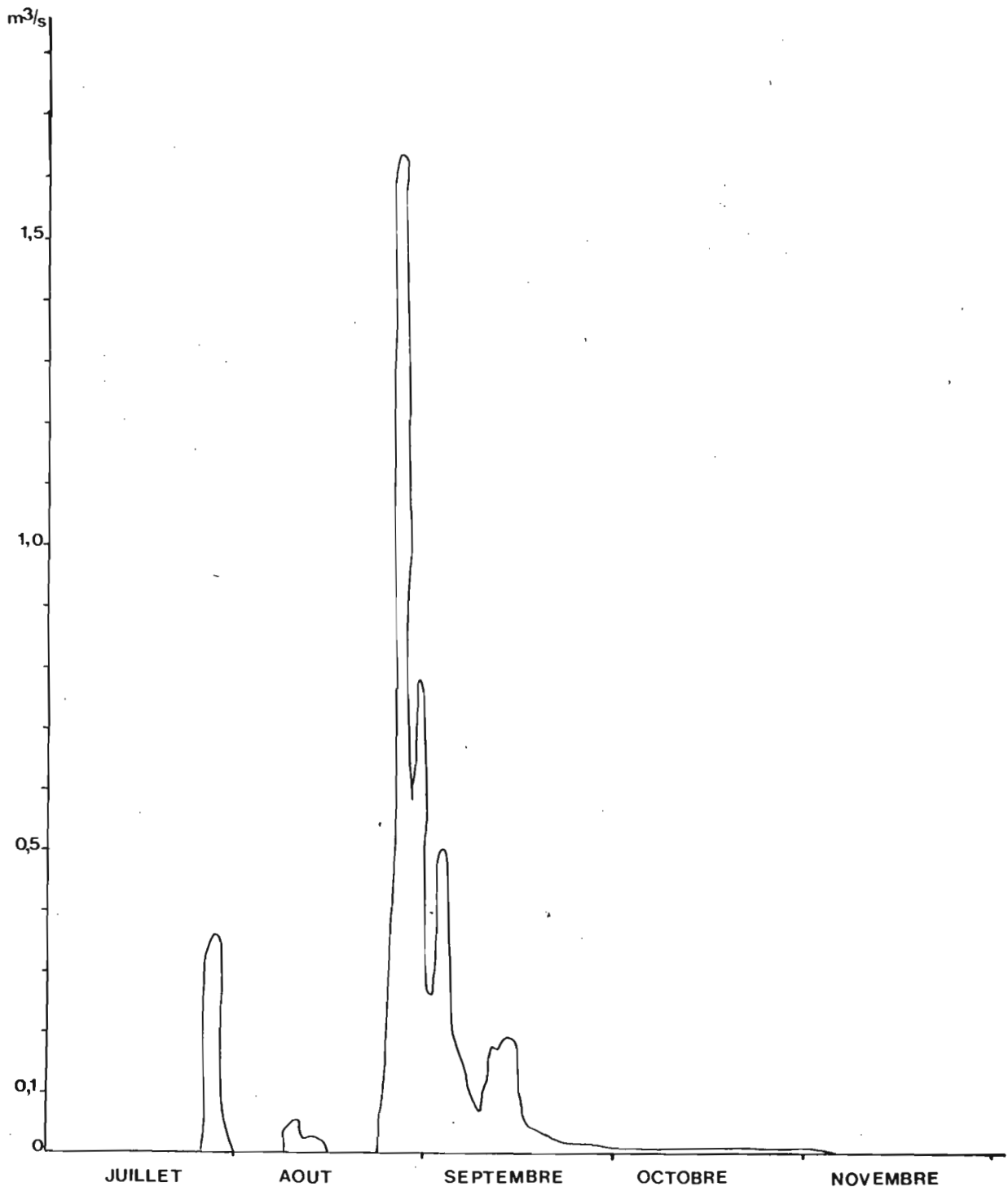
FIG.31 COURBE DE TARAGE DE TOUKARA EN 1982

Tableau 52 :

BAREME D'ETALONNAGE DE LA STATION
DE TOUKARA (relation Hauteurs-Débits)

H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s	H cm	Q l/s
22.5, seuil d'écoulement	-	50	170	79	710	107	1280
23	0.5	51	177	80	730	108	1300
24	1	52	185	81	750	109	1320
25	2	53	190	82	770	110	1340
26	4	54	200	83	780	111	1360
27	4.5	55	220	84	805	112	1380
28	6	56	240	85	825	113	1400
29	7	57	260	86	850	114	1420
30	9	58	280	87	870	115	1445
31	11	59	300	88	890	116	1460
32	14	60	320	89	910	117	1480
33	16	61	340	90	935	118	1500
34	20	62	360	91	955	119	1520
35	23	63	380	92	980	120	1550
36	26	64	400	93	995	121	1560
37	29	65	420	94	1015	122	1580
38	33	66	435	95	1035	123	1600
39	38	67	460	96	1050	124	1630
40	44	68	480	97	1080	125	1640
41	48	69	500	98	1100	126	1665
42	55	70	525	99	1120	127	1680
43	70	71	540	100	1140	128	1700
44	88	72	560	101	1155	129	1730
45	95	73	580	102	1180	130	1750
46	110	74	600	103	1200	131	1770
47	115	75	620	104	1220	132	1790
48	140	76	641	105	1240	133	1810
49	160	77	662	106	1260	134	1835
		78	685				

FIG.32 HYDROGRAMME ANNUEL DE TOUKARA EN 1982



Mais, compte tenu de la configuration du bassin et de l'existence de zones basses et de zones hautes, ce coefficient ne peut s'appliquer qu'aux parties hautes du bassin (plateaux et terrasses) non soumises à l'influence maritime.

Par contre, pour les zones toujours inondées, slikkes et schorres, ayant respectivement un coefficient d'écoulement de 100 % et 75 %, on a admis un coefficient moyen de l'ordre de 80 % .

On peut dès lors déterminer un coefficient d'écoulement moyen connaissant la répartition au niveau de chaque sous-bassin des zones basses et hautes. Le tableau ci-dessous indique ces caractères et le Ke moyen pour chaque bassin.

Caractères des zones d'écoul. Stations	Surf. Totale Km ²	Surf. soumises à Ke = 0,29 %	Surf. soumises à Ke = 80 %	Ke moyen en %
Toukara	324	324	0	0.29
Djibidione	644	632	12	1.77
Balandine	852	816	36	3.66
Baila	1342	1241	101	6.30
Kartiak	1634	1438	196	9.85

Ces coefficients d'écoulement, même s'ils sont supérieurs à ceux de l'année précédente, demeurent faibles. Si on les compare avec les Ke proposés par GALLAIRE pour une récurrence sèche 1/10, on se rend compte qu'ils sont à peine supérieurs d'un dixième alors que la pluviométrie se situe approximativement en récurrence sèche 1/4, ce qui nous semble anormal. Faut-il voir ici dans cette anomalie les conséquences de cette longue période de sécheresse ? De fait, le poids des surfaces soumises à un coefficient de 80 % étant important, les variations interannuelles suivent celles des précipitations et conduisent à des coefficients variant beaucoup moins que sur la partie amont du bassin.

La connaissance de ces coefficients d'écoulement pour chaque sous-bassin nous a permis de déterminer les lames d'eau écoulée pour chaque bassin (P' mm) ainsi que les débits spécifiques Q_s (l/s.km²).

Caractères Stations BV	Surf. (km ²)	Pluie moy. (mm)	Récurrance sèche	Ke (%)	He (mm)	Volume 10 ⁶ m ³	Qs (l/s.km ²)
Toukara	324	955	1/3	0.29	2.7	0.889	0.09
Djibidione	644	938	1/3	1.77	16.6	10.70	0.53
Balandine	852	925	1/4	3.66	33.85	28.84	1.07
Baïla	1342	923	1/4	6.30	58.15	78.04	1.84
Kartiak	1634	922	1/5	9.85	90.8	148.40	2.88

Ces résultats laissent apparaître une augmentation des lames écoulées d'amont en aval, mais on constate qu'elles n'évoluent pas au même rythme que la pluie. L'importance des lames dans les bassins aval est ici due aux zones basses qui par leur constitution argileuse permettent une très faible infiltration alors que les zones hautes (plateaux et terrasses) formées de sables et grès sont très perméables. C'est ce qui explique la faiblesse du coefficient d'écoulement dans les bassins amont.

A₃ LE BILAN HYDROLOGIQUE

L'analyse des différents paramètres du cycle de l'eau conduit à un bilan hydrologique dans son ensemble déficitaire pour l'écoulement de surface.

Le tableau suivant donne le bilan hydrologique de la station de Toukara calculé selon la formule : P (mm) = He + Er + Re

avec p (mm) : pluviométrie moyenne sur le bassin versant
 He : la lame écoulée
 Er : évapotranspiration réelle
 Re : les réserves ou stocks ;

	M	Juin	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Total
P	0	52	262.5	362.5	209	69	0	0	0	0	0	0	955
He	0	0	0.32	1.5	0.93	0.02	0	0	0	0	0	0	2.7
De	0	52	262	361	208	69	0	0	0	0	0	0	952
ETP	175	150	114	93	86	106	96	106	106	122	170	172	1496
Er	0	52	114	93	86	106	(70)	(50)	(30)	(20)	(10)	(4)	635
éerves	0	0	+148	+268	+122	-37	(-70)	(-50)	(-30)	(-20)	(-10)	(-4)	+317

les 317 mm en réserves constituant un stock éventuellement disponible pour la nappe dont l'écoulement échappe au bassin de Toukara.

A₄ ETUDE DES CRUES

Cette étude n'est entreprise que pour le bassin amont de Toukara où l'écoulement est uniquement fonction de la pluviométrie. Malgré la fréquence des averses, seules trois d'entre elles ont été à l'origine d'évènements hydropluviométriques notables.

En effet l'averse du 11 juillet, qui a donné 77,4 mm à Toukara et 47 mm à Allakounda, n'a pas donné lieu à un écoulement à Toukara.

Les caractères des trois crues sont résumés dans le tableau ci-après qui indique, outre la date de la crue, la pluie moyenne obtenue selon la méthode de THIESSEN appliquée aux deux stations du bassin amont de Toukara, le débit maximum (m^3/s) observé sur l'hydrogramme, le débit spécifique ($l/s.km^2$), les temps de base et de montée (heure), le volume ruisselé ($V.10^3 m^3$), la lame ruisselée (mm), le coefficient de ruissellement (%) et le coefficient de pointe (Q/M).

Date	P mm	Q max	Q l/s.km ²	T _M (H)	T _B (H)	V.10 ³ m ³	Hr	Kr %	K Q/M
21/07/82	61.1	0.56	1.72	30	100	66.24	0.20	0.33	3.04
26-29/8/82	107.50	1.77	5.46	36	84	333.0	1.03	0.96	1.61
30/08/82	53	1.1	3.4	18	76	135.0	0.42	0.80	2.23

Ce tableau appelle quelques remarques :

- les coefficients de ruissellement et les lames écoulées restent faibles malgré l'importance de la pluie moyenne. Ceci s'explique d'une part par la perméabilité très prononcée des sols, et d'autre part par la faiblesse de la pente tant transversale que longitudinale.
- Les débits maximum et spécifiques sont aussi faibles. Le plus fort débit maximum est enregistré pendant la crue du 26 au 29 août avec 1,77 m³/s. Et un débit spécifique de 5,46 l/s.km². Nous reviendrons sur cette crue et l'averse qui l'a générée.
- Les temps de montée et de base restent, dans l'ensemble, conformes aux observations des années précédentes.

La crue du 26 au 29 août

Cette crue a été générée par une averse qui a intéressé l'ensemble du bassin versant du Baïla. C'est pendant cette averse que toutes les stations du BV ont enregistré leur maximum journalier (tableau 1) sauf Allakounda (72,4 mm). Mais cette averse a été précédée par une série de pluies de moindre importance à partir du 22 août. Ainsi l'averse du 25 fait 24 mm à Toukara, alors que le jour précédent on enregistrerait 27 mm à Allakounda. Ces pluies ont ainsi réalisé la saturation du sol et donné lieu à un début d'écoulement comme l'indique l'hydrogramme.

L'averse du 26 commence aux environs de 2 H 30, avec trois pointes à Baïla :

- 3 H 15 - 3 H 30 avec une intensité de 56 mm/h,
- 6 H 15 - 6 H 30 " " " de 38 mm/h,
- 13 H 30 - 13 H 45 " " " de 32 mm/h.

Le hyétogramme de Toukara est incomplet mais sa première pointe se situe au même moment que celle de Baïla avec une intensité de 42 mm/h.

La figure 93 donne la carte isohyète de cette averse et son hyétogramme à Baïla.

Elle apparaît très homogène sur l'ensemble du BV puisque calculée selon la méthode de THIESSEN, on obtient une pluie moyenne de 112,5 mm.

La crue résultante a été comparée à celle des 11-15 août 1981 afin d'examiner le comportement possible du BV lors d'une averse de fréquence biennale supérieure à 100 mm. Le tableau ci-après montre que les conditions d'écoulement au niveau du BV diffèrent sensiblement comme si une pluviométrie supérieure à 100 mm pouvait constituer un seuil de rapide augmentation du ruissellement.

Date	P (mm)	Q Max	Q l/s.km ²	V.10 ³ m	Hr	Kr %
11-15/8/81	99	0.80	2.47	157.70	0.49	0.50
26-29/8/82	107.5	1.77	5.46	333.0	1.03	0.96

Pour une augmentation de 8,5 mm, on a un doublement des débits maximum et spécifique, du volume écoulé et de la lame écoulée. Mais la "saturation" préliminaire du bassin en 1982 explique sans doute cette différence.

Il est à noter que les débits maximum et spécifique n'augmentent que timidement. Alors que la pluie ayant généré cette crue représente 78 % de l'averse décennale, les débits maximum et spécifique enregistrés ne représentent respectivement que 11,1 % et 10,5 % de ceux susceptibles d'être dégagés par l'averse décennale.

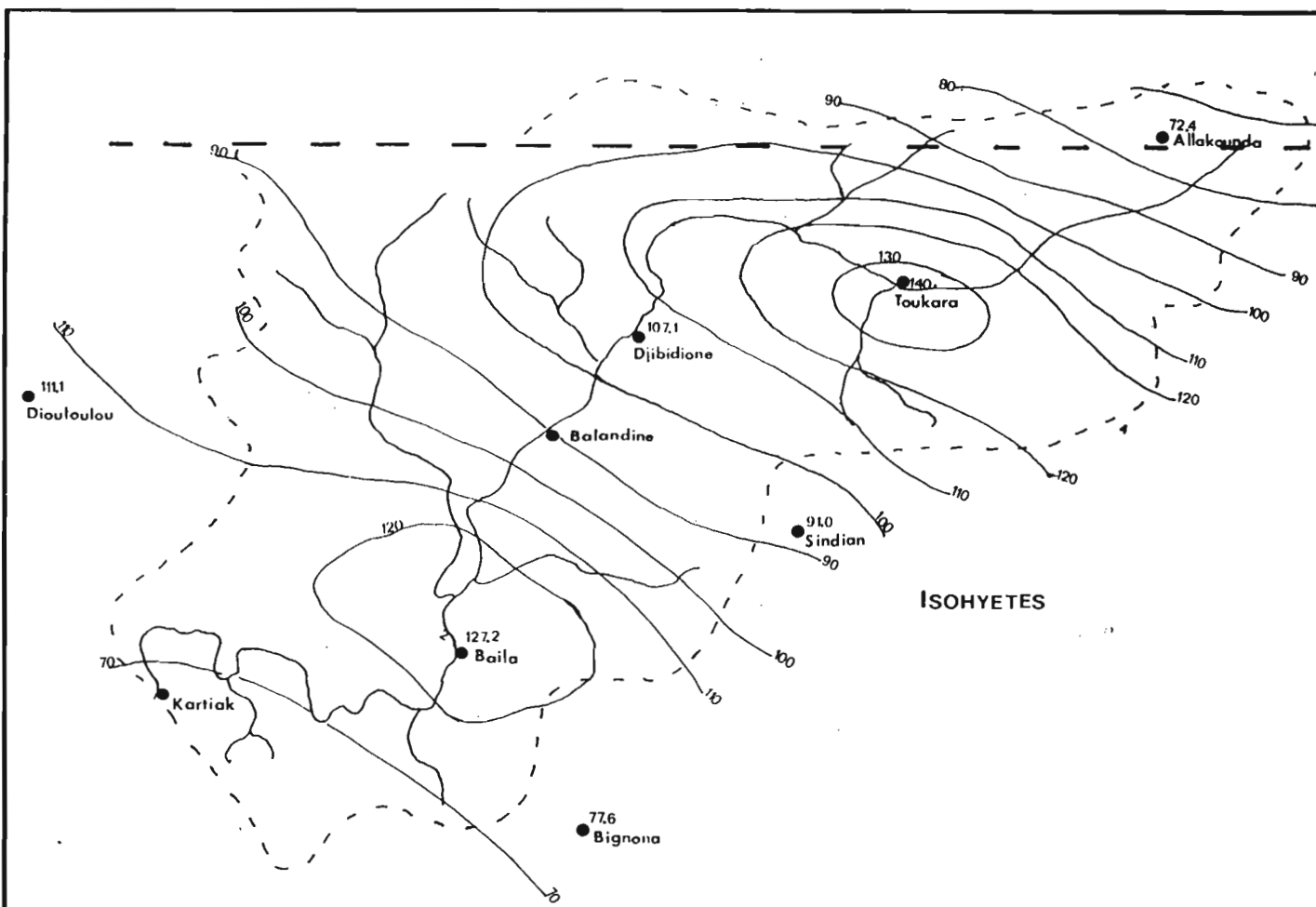
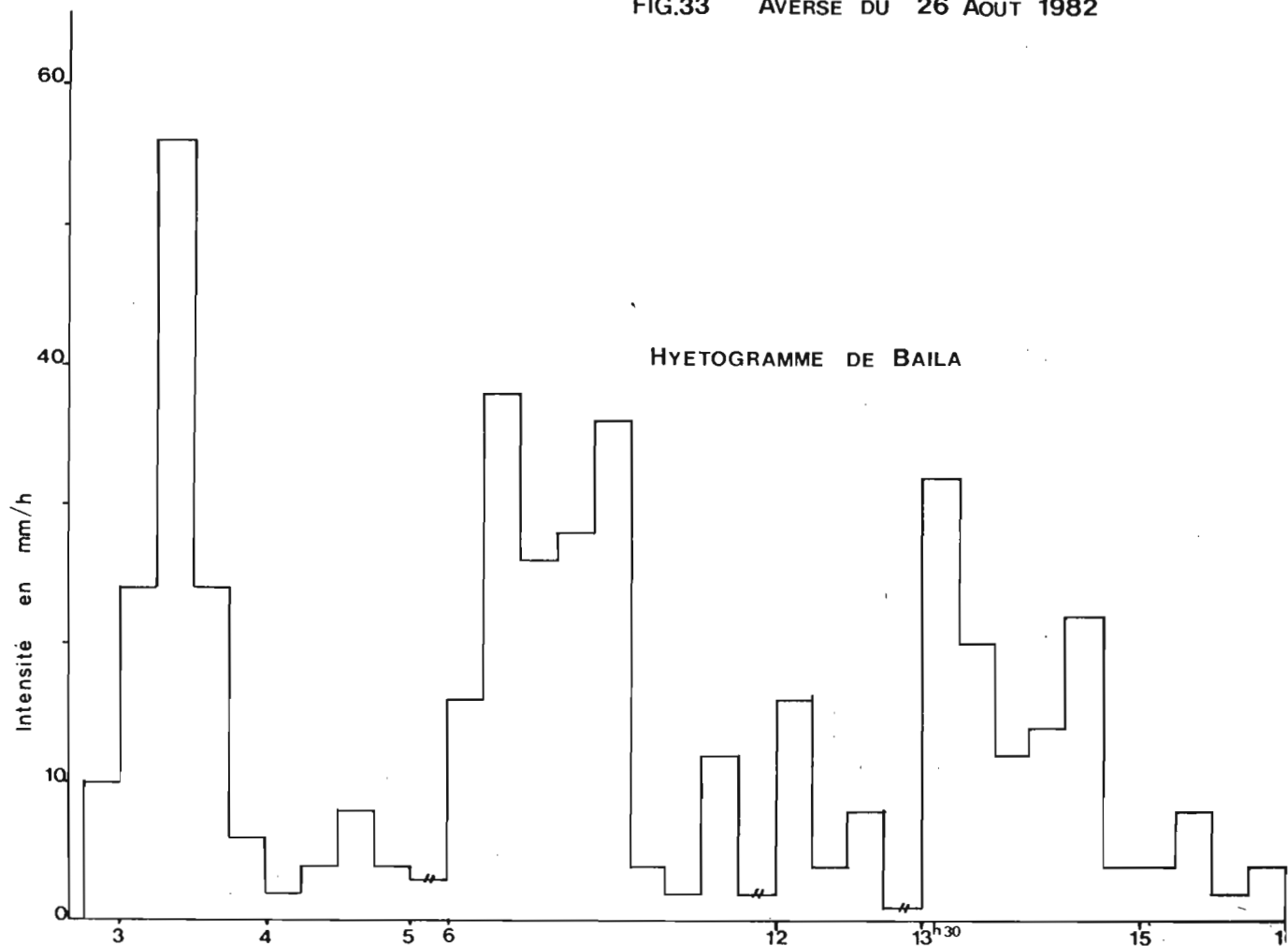


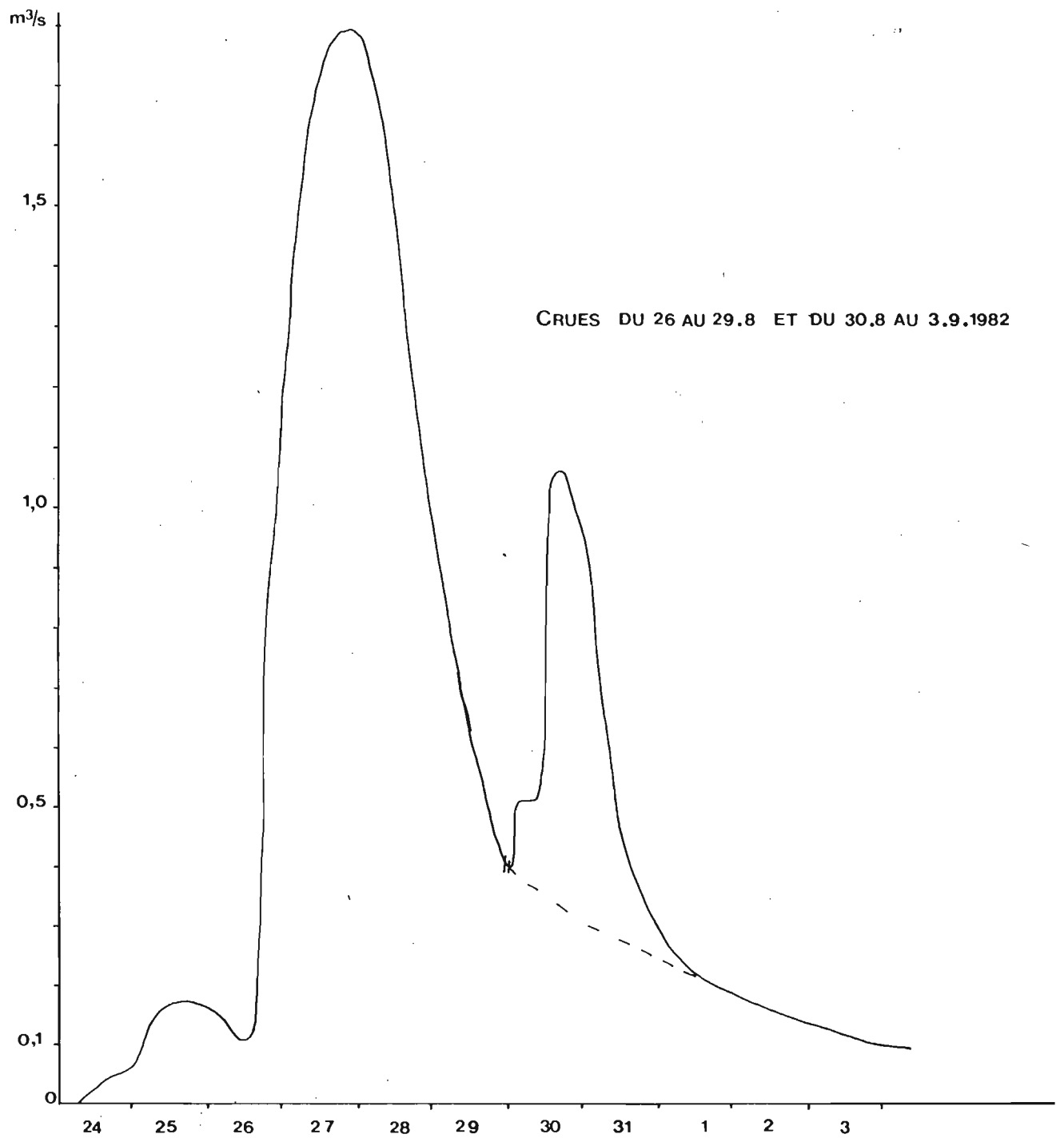
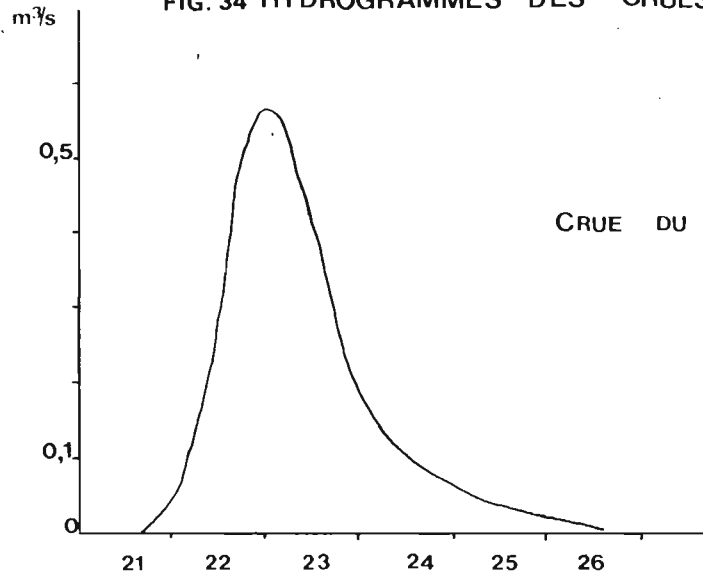
FIG.33 AVERSE DU 26 AOÛT 1982



HYETOGamme DE BAILA

La figure 34 donne les hydrogrammes des trois crues. Les volumes écoulés sont obtenus par planimétrage de ces derniers. Bien évidemment, le coefficient de ruissellement relativement fort de la crue du 30 août est à mettre au compte de la pluie et de la crue précédente dont nous avons analysé les caractéristiques plus haut. Cela montre bien l'importance fondamentale sur le ruissellement des conditions préliminaires de "saturation" ou d'humidité du bassin. L'étude d'un indice d'humidité du type KOHLER aurait été intéressante si nous avions pu disposer d'un échantillon de crues plus important.

FIG. 34 HYDROGRAMMES DES CRUES DE 1982 A TOUKARA



B. ETUDE DE LA SALINITE

Cette étude concerne les stations de salinométrie de Kartiak, Baïla, Balandine et Djibidione.

A partir des résultats de laboratoire donnés en milliéquivalents/l ont été déterminés le taux de sel en g/l et la minéralisation globale (g/l) en affectant les différents éléments recherchés de leur masse atomique.

Les tableaux 53 à 56 donnent les résultats de l'ensemble de ces opérations pour chacune des stations en précisant l'état de la marée au moment du prélèvement. Ne sont pris en compte pour la salinité que le Chlore et le Sodium (Na Cl).

A partir de ces tableaux, ont été tracées les courbes de la figure 35 montrant l'évolution de la salinité au cours de l'année 82-83 au niveau des quatre stations.

1. EVOLUTION DE LA SALINITE DE MAI 82 A MAI 83

L'examen de la figure 35 montre que si l'année hydrologique se termine en mai, le maximum est cependant observé au mois de juin. On a respectivement d'aval en amont : 46,8 g/l ; 63 g/l ; 86 g/l ; 107,4 g/l.

A partir de la troisième décade de juin, les concentrations en chlorure de Sodium diminuent d'amont en aval, la pente étant plus accentuée en amont qu'en aval où se maintient l'influence maritime.

Dès la fin du mois de juillet, on note une chute brutale de la salinité qui atteint le minimum dès le début de septembre.

Ainsi, le 1er septembre on relève :

Kartiak : 19 g/l ; Baïla : 6,3 g/l ; Balandine : 1,6 g/l ; Djibidione : 0,9 g/l.

Tableau 55 :

LE MARIGOT DE BAILA A BALANDINE

Salinité en g/l et minéralisation globale en g/l

Date	Salinité (NaCl)				Minéralisation globale			
	MB	EMB	MH	EMH	MB	EMB	MH	EMH
28/07/82	46.40				53.7			
02/09/82	1.6				1.83			
27/10/82			8.8				10.24	
01/12/82			14.7				17.4	
26/01/83				28.7				33.12
09/03/83	45.2				52.50			
21/04/83	64.75				74.4			
27/05/83			79.0				87.40	
02/07/83	66.12				77.33			

Tableau 56 :

LE MARIGOT DE BAILA A DJIBIDIONE

Salinité en g/l et minéralisation globale en g/l

Date	Salinité (NaCl)				Minéralisation globale			
	MB	EMB	MH	EMH	MB	EMB	MH	EMH
28/07/82	43.2				50.2			
02/09/82	0.9				1.07			
27/10/82	8.25				9.9			
01/12/82			15.30				18.0	
26/01/83			28.70				33.0	
09/03/83	49.8				57.55			
21/04/83	78.70				91.13			
27/05/83			94.85				106.0	
01/07/83	85.75				99.82			

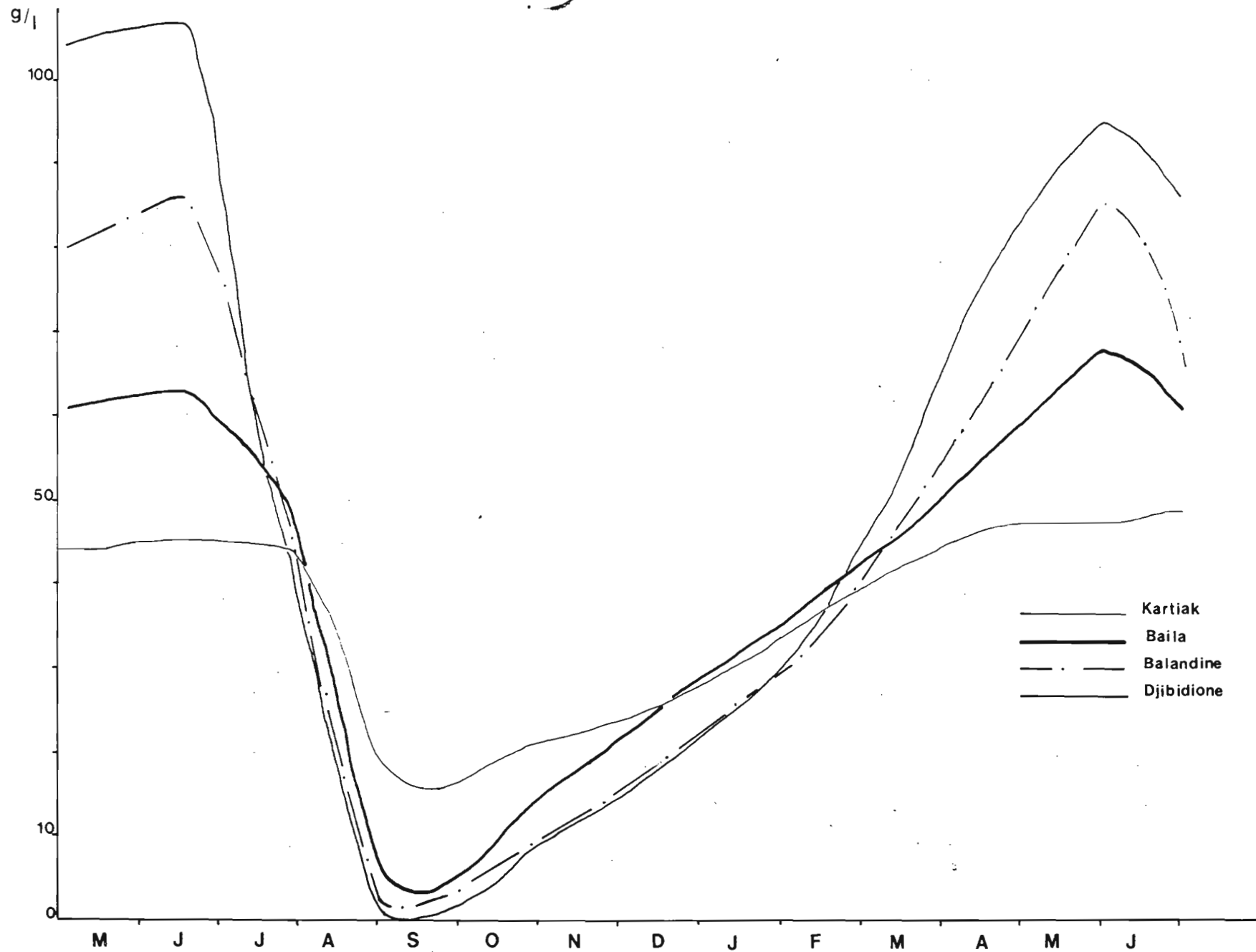


FIG. 35 EVOLUTION DE LA SALINITE SUR LE BAILA EN 1982-83

Il est vraisemblable, compte tenu des fortes précipitations enregistrées pendant les deux premières décades de septembre, que les biefs amont de Balandine et Djibidione aient écoulé une eau totalement adoucie en septembre.

Il est à remarquer que durant la même période l'année précédente, on relevait des concentrations beaucoup plus importantes. Le 24 septembre 1981, le taux de sel était de 23,3 g/l à Kartiak ; 19 g/l à Baïla ; 18 g/l à Balandine et 9,36 g/l à Djibidione.

Cette baisse brutale s'explique par les fortes pluies du mois d'août au niveau de ces biefs amont et qui ont ainsi contrebalancé l'influence maritime.

Dès octobre, les concentrations de sels commencent à croître d'abord lentement jusqu'en fin novembre, date à laquelle on enregistre une moyenne de 15 g/l à Balandine et Djibidione. A Kartiak, on a 23,6 g/l et à Baïla, 21,7 g/l.

Le taux marin est atteint en fin janvier d'abord par la station de Baïla alors que les courbes de Balandine et Djibidione restent presque confondues indiquant que les concentrations de chlorure de Sodium ne varient pas entre les deux stations.

Cependant, dès la première décade de février, on note une forte augmentation du taux de sel en amont et une inversion de son sens de croissance, c'est-à-dire que les fortes concentrations seront observées en amont et les plus faibles en aval, ce qui n'était pas le cas jusqu'en janvier. Il est à remarquer que pendant les deux années précédentes, cette inversion avait lieu à la mi-décembre (à revoir ultérieurement).

Le maximum de la salinité est atteint au mois de mai avec respectivement d'aval en amont :

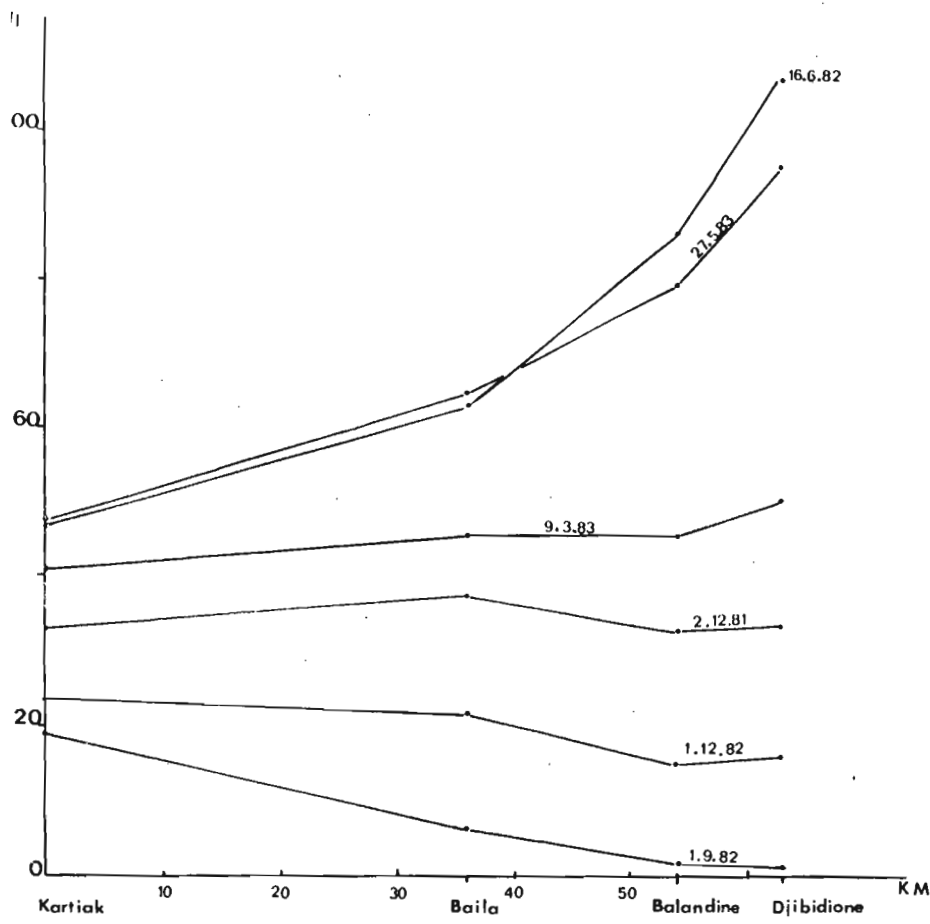
Baïla : 64,7 g/l ; Balandine : 79 g/l ; Djibidione : 94,85 g/l.

A Kartiak, on a relevé 49,2 g/l le 2 juillet 83 alors qu'en mai, c'était 47,5 g/l. Ces maxima sont néanmoins inférieurs à ceux de l'année dernière, notamment pour les stations amont.

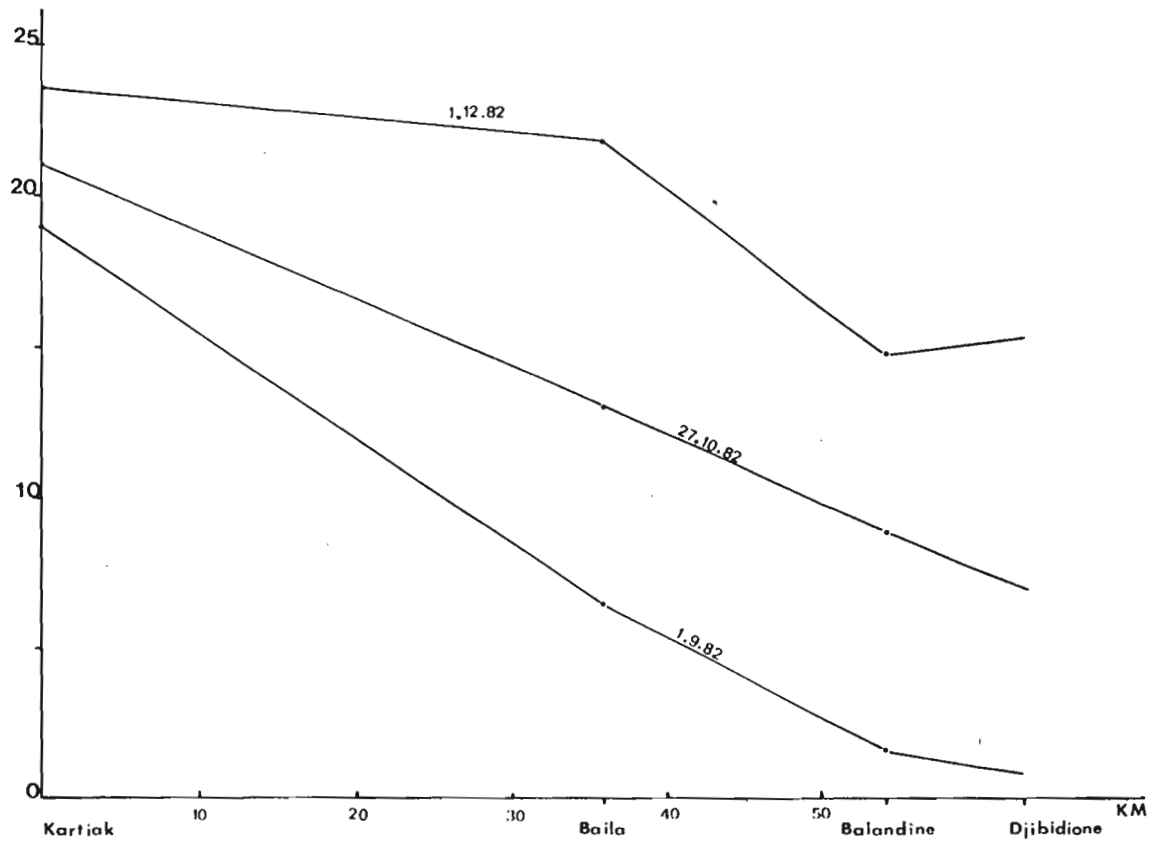
2. VARIATIONS SPATIALES DE LA SALINITE

La figure 36 montre les variations de la salinité dans le temps et dans l'espace. Ces courbes mettent en évidence :

- . La grande amplitude de variation de la salinité d'août à mai, amplitude plus importante en amont qu'en aval où nous retrouvons l'inertie océanique : amplitude à Kartiak : 28 - amplitude à Djibidione : 95. Cette différence d'amplitude s'explique en ce qui concerne le bief aval par le renouvellement constant des eaux sous l'effet du flot et du jusant. Par contre dans les biefs amont, l'augmentation des concentrations de chlorure de sodium est largement imputable à l'évaporation qui, par son prélèvement, réduit les quantités d'eau véhiculées par le flot.
- . La variation interannuelle (2/12/1981 et 1/12/82) qui s'explique par l'important dessalement des eaux au niveau des stations amont et qui a contribué à maintenir assez faibles les concentrations de sels au cours de la période 82-83. Cet écart se retrouve en fin d'année hydrologique : 16/6/1982 - 27/5/83.



VARIATIONS SPATIALES DE LA SALINITE EN 1982-83



DETAIL DE LA PERIODE DE FAIBLES SALINITES

C. VARIATION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE EN BORDURE DE MARIGOT

Au niveau des stations de Baïla, Balandine et Djibidione ont été installés des piézomètres pour étudier les variations de la nappe phréatique et l'éventuelle alimentation du marigot par cette dernière.

Les mesures faites au cours de l'année, de mai 1982 à mai 1983, ont donné les résultats représentés sur les figures 37 à 39. Ces schémas indiquent également la distance séparant les piézomètres du marigot.

Il est à remarquer qu'il manque des mesures pour certains piézomètres : le n° 5 à Djibidione et le n° 6 à Balandine.

Ces figures mettent en évidence les oscillations de la nappe pendant l'année. On constate que le niveau piézométrique a atteint son maximum au mois de septembre ; la nappe se situe à quelques cm de la surface :

- Baïla : P₂ ; P₃ : 12 cm ; P₄ : 14 cm,
- Balandine : P₁ = 4 cm ; P₂ = 6 cm ; P₄ = 20 cm ; P₅ = 34 cm,
- Djibidione : P₁ = 5 cm ; P₃ = 14 cm ; P₅ = 14 cm.

Mais dès la fin de la saison des pluies s'amorce la baisse de la nappe qui, au 1er décembre, se trouve respectivement à la cote rattachée à l'échelle de la station :

- Baïla (Pz 5) : + 32 cm
- Balandine (Pz 5, Pz 6) : + 182 cm ; par rapport au lit du marigot : + 52 cm
- Djibidione (Pz 5) : + 110 cm ; par rapport au lit du marigot : +64 cm

A la fin de la saison sèche, la nappe atteint son niveau le plus bas. Les sondages du 27 mai 1983 révèlent l'abaissement de la nappe à Balandine (P₆) et en dessous des piézomètres à Djibidione (P₅). Par contre à Baïla, elle est descendue plus bas que l'année précédente au même mois. Au piézomètre 5 de Baïla, la nappe se trouve à -72 cm. Il en résulte une amplitude de variation du niveau piézométrique de l'ordre de 2,4 m à Baïla, de 1,90 m à Balandine et 1,40 à Djibidione.

FIG. 37 VARIATIONS DU NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE A BAILA

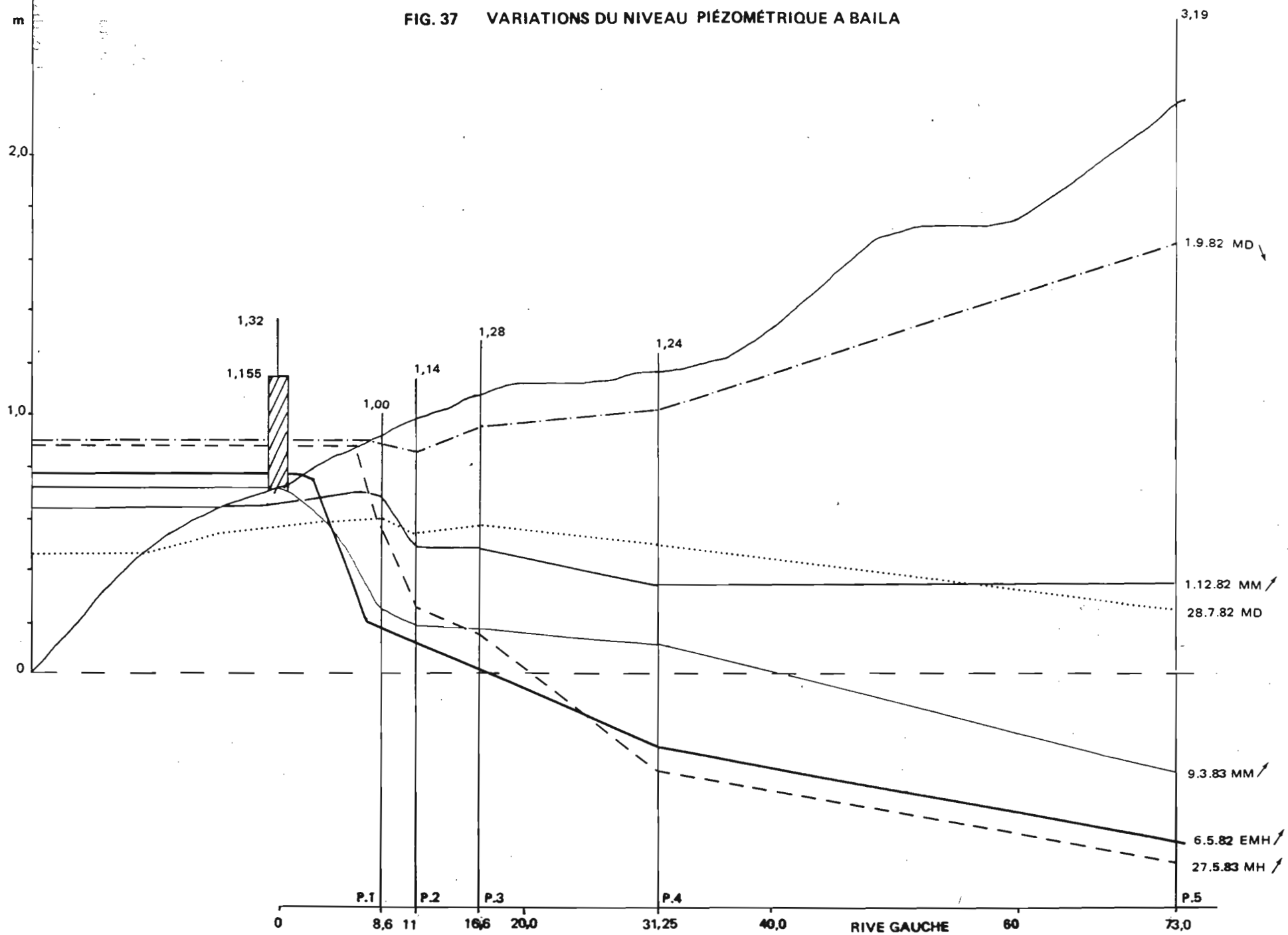


FIG. 38 VARIATIONS DU NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE A BALANDINE

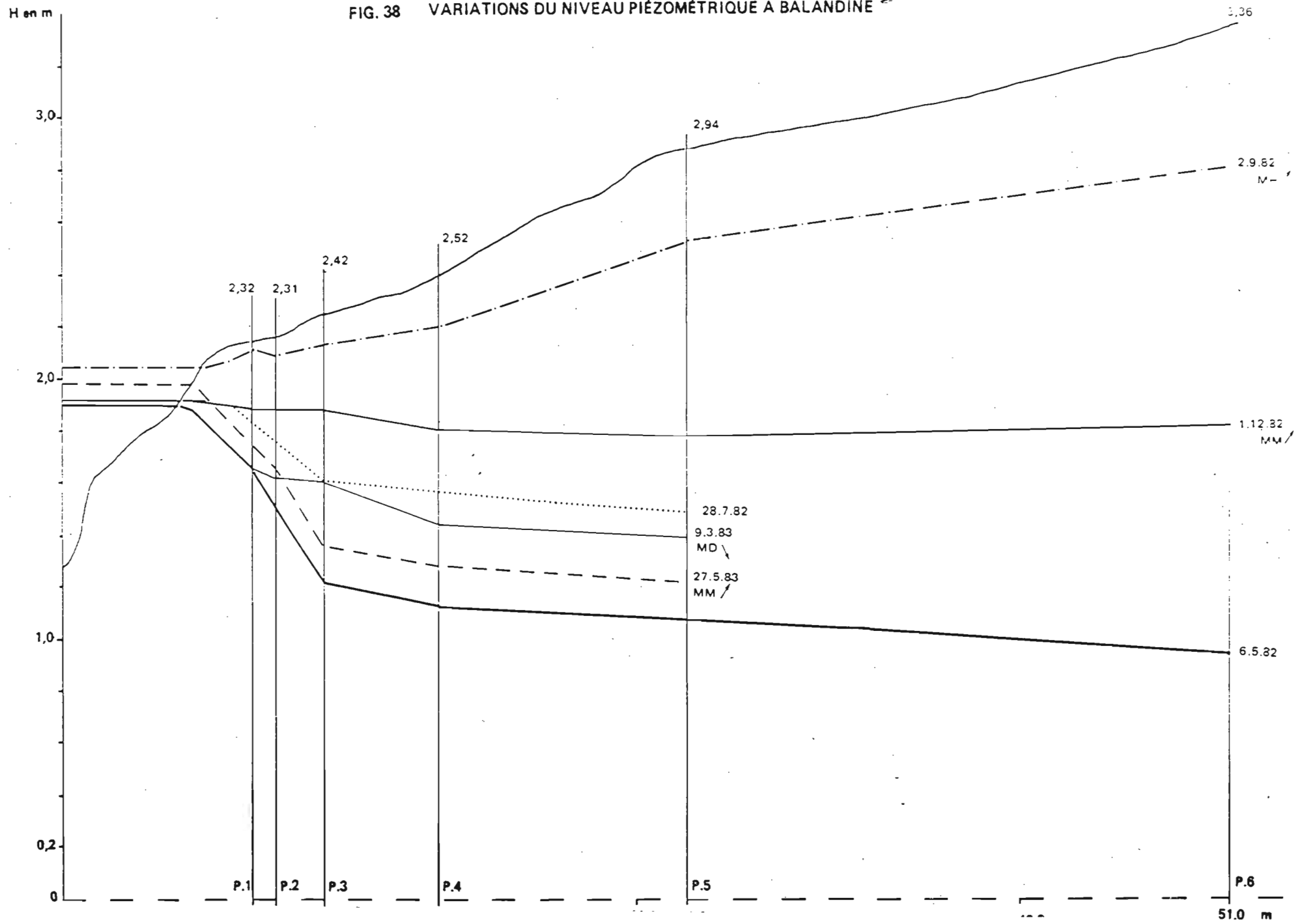
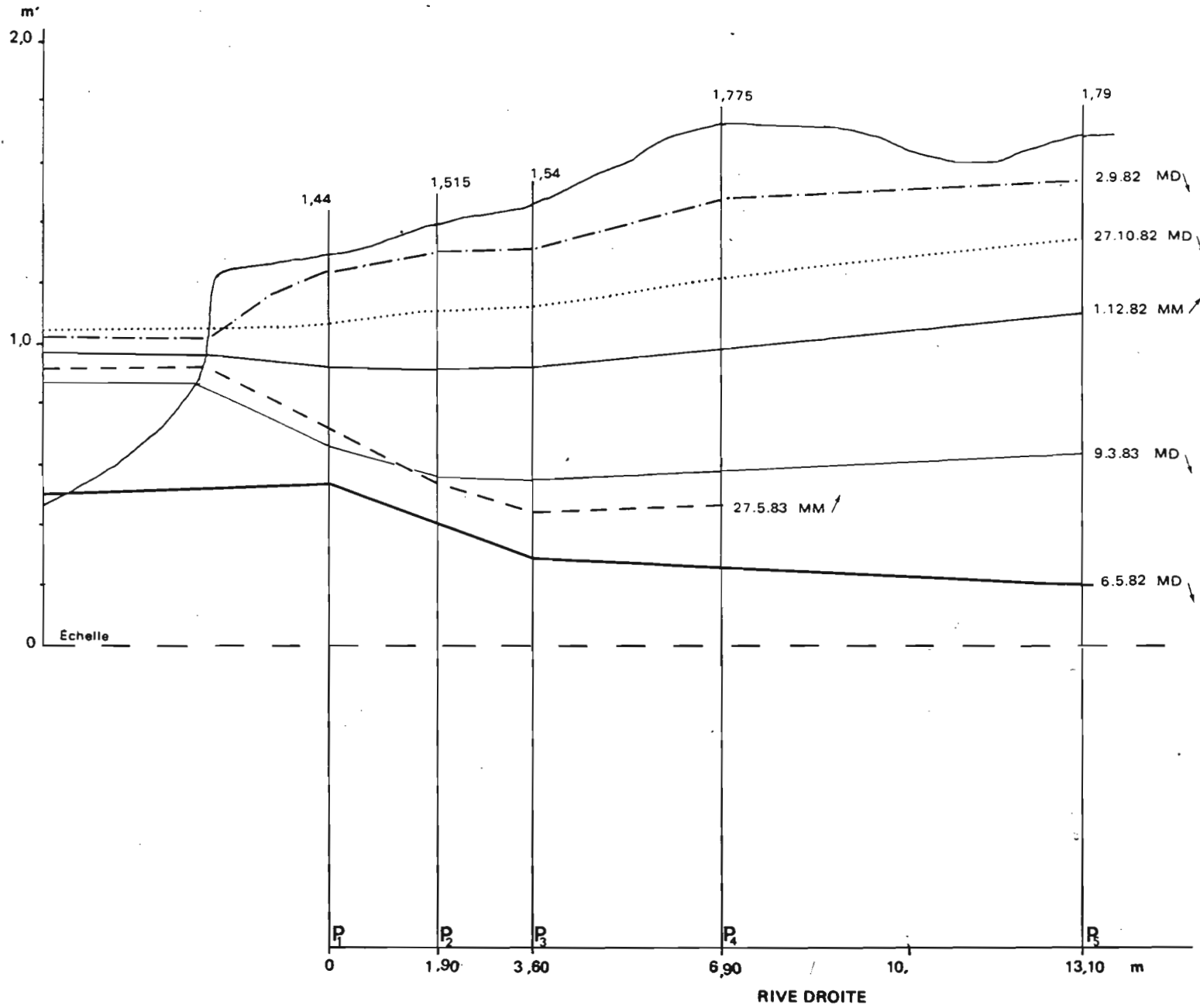


FIG. 39 VARIATIONS DU NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE A DJIBIDIONE



CONCLUSIONS

A l'issue de cette étude sur les cycles hydrologiques 1980-1981, 1981-1982 et 1982-1983 sur les caractéristiques du marigot de Baïla, force nous est de reconnaître qu'elle demeure incomplète par suite du fort déficit pluviométrique observé depuis 1980 qui n'a pas permis de vérifier le bien-fondé des estimations avancées en 1979 pour les écoulements et les débits maximums. Cependant les résultats obtenus pendant ces trois campagnes permettent de tirer certains enregistrements qui pourront -à l'avenir- être infirmés ou confirmés par d'autres observations.

- Il faut tout d'abord souligner le caractère très prononcé du déficit pluviométrique en 1980 sur l'ensemble du bassin versant. Le faible écoulement observé a permis d'avancer qu'il pouvait néanmoins y avoir écoulement au niveau des bassins amont comme Toukara malgré la perméabilité des sols et l'intensité de l'évaporation.
- L'analyse des différentes crues observées en tête de bassin révèle la concentration de l'écoulement ainsi que les volumes d'eau dont on peut disposer de façon instantanée. Mais elle met aussi en évidence la nécessité d'une prise en compte d'autres facteurs pour la compréhension du phénomène crue, notamment les conditions préliminaires de "saturation" du bassin avec l'étude d'un indice d'humidité qui justifierait les débits maximums observés lors de certaines crues consécutives aux pluies successives. Face au déficit pluviométrique qui impose une politique d'économie de l'eau, une prévision hydro-météorologique devient une nécessité.
- L'étude de l'influence maritime à travers la salinité a mis en évidence l'accentuation de la salinisation des eaux et partant des sols, notamment dans les biefs amont. Les résultats de la campagne 1982-83 permettent cependant d'avancer que le retour à une pluviosité normale pourrait à brève échéance juguler le phénomène de salinisation. Cette étude a aussi permis de constater une autre conséquence, moins apparente, de la sécheresse : le tarissement progressif de la nappe

phréatique et sa recharge par le marigot. L'étude prochaine qui portera sur la chimie des eaux et le contact nappe-marigot mettra en évidence l'interdépendance des deux milieux à travers l'évolution du coin salé.

Par conséquent l'on ne saurait trop recommander aux développeurs la poursuite des observations sur le Baïla pour une meilleure compréhension des phénomènes hydrologiques dans ce milieu de Basse Casamance d'une part et, d'autre part, le marigot de Baïla pouvant servir de référence pour d'éventuelles études hydrologiques des autres bolons de la Basse Casamance.

Cette étude constitue une contribution complémentaire des Hydrologues de l'ORSTOM aux projets d'aménagements hydro-agricoles de la Basse Casamance, dont notamment le projet de Barrage anti-sel de Baïla.

LISTE DES FIGURES

<u>N° de fig.</u>		<u>Pages</u>
1.	Situation du bassin versant en Casamance.....	6
2.	Bassin versant du marigot de Baïla.....	8
3.	Coupes des forages pétroliers.....	12
4.	Schéma structural.....	14
5.	Esquisse géomorphologique de la Moyenne Vallée du Baïla.....	16
6.	Coupe topographique de la séquence de Balingore.....	19
7.	Situation des stations météorologiques.....	24
8.	Isohyètes moyennes des périodes interannuelles.....	32
9.	Casamance - Isohyètes moyennes annuelles.....	33
10.	Situation des stations hydrologiques.....	39
11.	Courbe de tarage à Toukara (1971 ; 1979).....	41
12.	Hauteurs ponctuelles journalières de diverses récurrences.....	47
13.	Hauteurs ponctuelles annuelles de diverses récurrences.....	48
14.	Marégrammes du 15/10/1979.....	51
15.	Evolution de l'onde de marée semi-mensuelle à Balandine.....	53
16.	Marée annuelle à chaque station.....	55
17.	Répartition spatiale des précipitations en 1980.....	62
18.	" " " " en 1981.....	66
19.	Hyétogrammes des principaux types d'averses en 1980 à Toukara.....	72
20.	Hydrogramme de Toukara en 1980.....	75
21.	Courbe de tarage de Toukara en 1981.....	81
22.	Hydrogramme de Toukara en 1981.....	82
23.	" de la crue du 4 au 9 septembre 1980.....	88
24.	" " " " du 24 au 26 juillet 1981.....	90
25.	" " " " du 11 au 21 août 1981.....	91
26.	" " " " du 28 août au 3 septembre 1981.....	92
27.	Evolution de la salinité sur le Baïla de 1980 à 1982.....	101
28.	Variations spatiales de la salinité.....	104
29.	Répartition des pluies en 1982 sur le Baïla.....	111
30.	Intensités des principales averses en 1982.....	113
31.	Courbe de tarage de Toukara en 1982.....	116
32.	Hydrogramme annuel de Toukara en 1982.....	118
33.	Isohyètes et histogramme de l'averse du 26 août 1982.....	124
34.	Hydrogrammes des crues de 1982.....	126
35.	Evolution de la salinité en 1982-83.....	130
36.	Variations spatiales et détail de la période de faible salinité.....	133
37.	Variations du niveau piézométrique à Baïla.....	135
38.	" " " " à Balandine.....	136
39.	" " " " à Djibidione.....	137

BIBLIOGRAPHIE

- BRUNET-MORET (Y.) - 1970 - Etudes hydrologiques en Casamance - Rapport définitif.
ORSTOM, Paris, 52 p + 104 fig. et Tab.
- GALLAIRE (R.) - 1980 - Etude hydrologique du marigot de Baïla.
ORSTOM, Dakar.
- LEROUX (M.) - 1980 - Le Climat de l'Afrique Tropicale.
Thèse de Doctorat, Dijon.
- LOUIS BERGER INTERNATIONAL - 1981 - Programme de Développement de la Vallée
de Baïla en Casamance - Rapport final en 6 volumes
dont : Vol. 2 : Ressources en eau ; Vol. 3 : Pédologie ; Vol. 6 : Cartes et plans.
Dakar.
- MARIUS (C.) - 1979 - Les mangroves du Sénégal - Ecologie - Pédologie -
Utilisation.
ORSTOM, Dakar.
- MICHEL (P.) - 1960 - Recherches géomorphologiques en Casamance et en
Gambie Méridionale.
BRGM, Dakar.
- MICHEL (P.) - 1971 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie.
Etude géomorphologique.
Thèse Fac. Lettres Strasbourg.
- OLIVRY (J.C.), CHOURET (A.) - 1981 - Etude hydrologique du marigot de Bignona -
Campagne 1970-71.
ORSTOM, Dakar.
- PEGUY (Ch.P.) - 1957 - Eléments de statistique appliquée aux sciences
Géographiques.
C.D.U., Paris.
- REMENIERAS (G.) - 1960 - Eléments d'Hydrologie appliquée.
A. COLIN, Paris.
- ROCHE (M.) - 1963 - Hydrologie de Surface.
ORSTOM, Paris.

- RODIER (J.A.), AUVRAY (C.) - 1965 - Estimations des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en Afrique Occidentale.
ORSTOM, Paris.
- SALL (M.), MICHEL (P.) et al. - 1980 - Atlas du Sénégal.
Editions JEUNE AFRIQUE, Paris.
- TOURE (C.) - 1982 - La saison des pluies 1980 au Sénégal.
T.E.R. Département de Géographie, Dakar.
- VIEILLEFON (J.) - 1977 - Les sols de mangroves et de tannes de Basse-Casamance.
Thèse de Doctorat, ORSTOM, Paris.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	
INTRODUCTION	3
<u>Première Partie</u> : ETUDE HYDROLOGIQUE DU MARIGOT DE BAILA TRAITEMENT DES DONNEES RECUEILLIES ENTRE JUN 1980 ET JUN 1982 (Mémoire de Maî- trise de Géographie présenté en 1983 à l'Université de Dakar par Honoré DACOSTA)	
CHAP. I - PRESENTATION DU BASSIN	
A. Le Milieu Physique.....	7
A1 Localisation et description du bassin versant.....	7
A2 Géologie.....	9
A3 Sols et végétation.....	17
A4 Transformation du milieu par l'homme.....	21
B. Les conditions climatiques.....	22
B1 Introduction.....	22
B2 Les caractères généraux du climat.....	23
B3 L'évapotranspiration.....	27
B4 Pluviométrie.....	29
C. Hydrologie de la région et influence maritime.....	37
C1 Données disponibles.....	37
C2 Ecoulement de surface et débits	38
C3 Estimation de la crue.....	45
C4 La marée.....	50
CHAP. II - TRAITEMENT DES DONNEES RECUEILLIES DE JUN 80 A JUN 82	
A. Les données pluviométriques.....	59
A1 Evolution de la pluviométrie de 1980 et 1981.....	59
A2 Calcul des lames précipitées.....	67
B. Les données hydrologiques.....	73
B1 Débits et écoulement de surface.....	73
B2 Etude des crues.....	87

C. Influence maritime.....	94
Etude de la salinité.....	94
1. Mesures.....	94
2. Résultats.....	95
3. Evolution de la salinité de mai 1980 à juin 1982.....	100
4. Variations spatiales de la salinité de 1980 à 1982.....	103
Conclusions.....	106

Deuxième Partie : ANNEE HYDROLOGIQUE 1982-1983

A. Analyse des données pluviométriques.....	108
A1 La pluviométrie 1982 sur le BV du Baïla.....	108
1. Traitement des résultats de 1982.....	108
2. Détermination des lames précipitées.....	113
A2 L'écoulement de surface.....	114
A3 Le Bilan Hydrologique.....	120
A4 Etudes crues.....	121
B. Etude de la salinité.....	127
1. Evolution de la salinité de mai 1982 à mai 1983.....	127
2. Variations spatiales de la salinité.....	132
C. Variation du niveau piézométrique en bordure du marigot.....	134
Conclusions.....	139
Liste des figures.....	141
Bibliographie.....	143
Table des matières.....	145