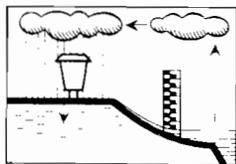


M. ROCHE
J.C. OLIVRY

Gisement de Fer de la FALÉMÉ

CONSTRUCTION DE BARRAGES
SUR LES RIVIÈRES
DALÉMA ET KOÏLA-KOBÉ

CAMPAGNE D'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES 1980
ET
CALCUL DES CRUES DE PROJET



MARS 1981

ICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER



Gisement de Fer de la Falémé

CONSTRUCTION DE BARRAGES SUR LES RIVIERES

DALEMA ET KOILA KOBE

CAMPAGNE D'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES 1980

ET CALCUL DES CRUES DE PROJET

Marcel ROCHE

J.C. OLIVRY

Mars 1981.

GISEMENT DE FER DE LA FALEME
CONSTRUCTION DE BARRAGES SUR LES RIVIERES DALEMA ET KOILA KOLA
CAMPAGNE D'OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES 1980 ET CALCUL DES CRUES DE PROJET

-O-O-O-

S O M M A I R E

-O-O-O-

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	
INTRODUCTION.....	1
1. GENERALITES, EQUIPEMENTS DES BASSINS ET OBSERVATIONS.....	2
1.1 Généralités.....	2
1.1.1 Le bassin de la Daléma	
1.1.2 Le bassin de la Koila Kobé	
1.1.3 Conclusion	
1.2 Equipement des stations de mesure.....	5
1.2.1 Tournées d'installation	
1.2.2 Caractéristiques des stations	
1.2.3 Télétransmission des données hydrométéorologiques dans le Système ARGOS	
1.3 Déroulement de la campagne 1980 et observations.....	7
2. FACTEURS INTERVENANT DANS LE CALCUL DES CRUES.....	9
2.1 Analyse des crues disponibles - Détermination d'hydrogrammes de ruissellement des crues unitaires.....	9
2.1.1 Bassin de la Daléma	
2.1.2 Bassin de la Koila Kobé	
2.2 Le Facteur "Précipitations".....	15
2.2.1 Données générales sur les précipitations	
2.2.2 Précipitations journalières	
2.2.3 Hauteurs moyennes de précipitations des averses exceptionnelles sur les bassins de la Daléma et de la Koila Kobé	
2.3 Variations des réserves et ruissellement des bassins.....	17
3. ESTIMATION DES CRUES DE PROJET.....	18
3.1 Calcul des crues décennales	
3.2 Crue de projet de la Daléma	
3.3 Crue de projet de la Koila Kobé	
3.4 Conclusion	

4. ESTIMATION DES APPORTS ANNUELS.....	22
--	----

Bibliographie

Annexes

A V A N T - P R O P O S

-O-O-O-

Par contrat passé avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M), l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) s'est vu confier pendant la saison des pluies 1980 un ensemble de mesures hydrologiques sur deux affluents de la Falémé.

Ces travaux, liés aux projets de construction de deux barrages de retenue devant alimenter en eau l'exploitation minière des gisements de fer de la Falémé, devaient porter essentiellement sur la détermination de la crue de projet, détermination devant permettre aux projeteurs de calculer les caractéristiques des ouvrages prévus sur la Daléma et la Koila Kobé et en particulier le calcul des évacuateurs de crues.

Pour ce faire, l'ORSTOM devait d'abord procéder à l'observation de la limnimétrie des cours d'eau en utilisant, en particulier, le système de télétransmission des données par satellite (système ARGOS).

Les travaux de terrain et d'installation ont été réalisés par J.C. OLIVRY, R. HOORELBECKE et R. CALVEZ. J. CALLEDE, à PARIS, a supervisé les problèmes de télétransmission des données. Les travaux d'interprétation des résultats et de rédaction présentés dans ce rapport ont été effectués par M. ROCHE et J.C. OLIVRY.

INTRODUCTION

La prédétermination de crues exceptionnelles et le calcul de la crue de projet devant servir au dimensionnement d'ouvrages sont le plus souvent obtenus à partir d'un ensemble complet de mesures hydrologiques.

Ces mesures consistent :

- d'une part dans l'étalonnage des stations hydrométriques (établissement de la loi hauteurs-débits) et l'enregistrement des variations limnimétriques du cours d'eau ;
- d'autre part dans la mesure des précipitations reçues par le bassin versant (réseau pluviométrique).

Il est alors possible, à partir d'un échantillon d'évènements hydro-pluviométriques, de connaître les mécanismes du ruissellement sur le bassin étudié (lame ruisselée et coefficient de ruissellement en fonction de la lame précipitée et de l'état de saturation du sol) et de déterminer les caractéristiques de l'hydrogramme des débits...

L'expérience de l'ORSTOM en AFRIQUE Intertropicale repose dans ce domaine sur un grand nombre d'études de ce type.

Dans le cas de la Daléma et de la Koïla Kobé, une étude complète n'était pas envisageable pour différentes raisons : la région est très difficilement accessible en saison des pluies et les hydrologues n'auraient pratiquement pas pu circuler sur les bassins versants ; une partie du réseau pluviométrique aurait dû être implantée en GUINEE ; et par ailleurs ce type d'étude coûte très cher en matériel et en personnel.

En limitant l'étude à l'observation automatique et continue des hauteurs d'eau des rivières pendant la saison des pluies, en absence de toutes mesures de débit, on espérait recueillir un échantillon de limnigrammes de crues permettant d'une part d'avoir des renseignements sur la forme des hydrogrammes, d'autre part et surtout de déterminer les paramètres de temps des crues (en particulier temps de montée et temps de base).

On verra que sur la base de ces paramètres et l'introduction d'autres facteurs connus ou estimés, une méthodologie simple permet d'aboutir à la détermination des maximums de crues exceptionnelles.

D'expérience, les hydrologues savent que les défaillances des appareils enregistreurs, soumis pendant plusieurs mois aux dures contraintes climatiques africaines, ne sont malheureusement pas rares. Il était donc important de limiter

ce risque ; dans ce but, l'appareillage classique d'enregistrement a été doublé par un appareillage de télétransmission des données par satellite.

Après une présentation des caractéristiques des bassins et des équipements mis en place, puis un compte rendu du déroulement de la campagne et des observations effectuées, il a été procédé à l'analyse des facteurs intervenant dans le calcul des crues puis au calcul de la crue de projet. Une mise au point des estimations des apports annuels dans un contexte déficitaire termine ce rapport.

1. GENERALITES EQUIPEMENTS DES BASSINS ET OBSERVATIONS

1.1 Généralités

La région des gisements de fer du SENEGAL Oriental appartient au bassin versant de la Falémé, affluent de rive gauche du fleuve Sénégal (figure 1).

Dans la perspective de l'exploitation des gisements de fer de la Falémé, les projecteurs ont retenu deux sites de barrage devant couvrir leurs besoins en eau pendant la saison sèche.

Ces besoins seraient satisfaits [2] :

- par une retenue de 20 millions de m³ prévue au site de FARANGALIA sur la Daléma,
- par une retenue de 30 millions de m³ prévue au site de KOUDEKOUROU sur la Koila Kobé.

Ces sites sont à proximité des villages de BABANDJI pour la Daléma, de BOFETO pour la Koila Kobé.

Les stations hydrologiques ont été installées grosso modo au site même des barrages projetés. Elles contrôlent des bassins versants dont nous donnons ci-après une description sommaire.

1.1.1 Bassin de la Daléma

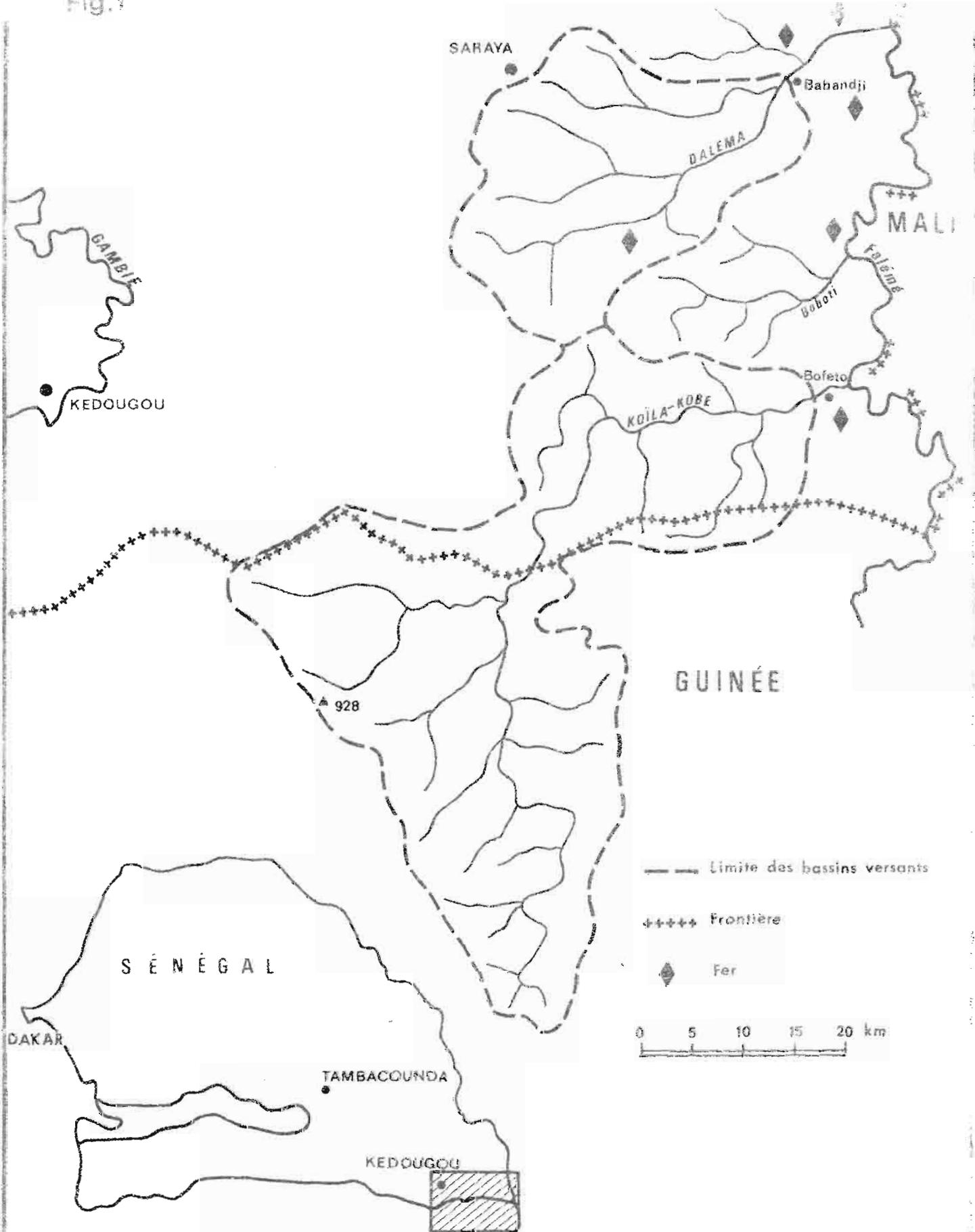
La station contrôle un bassin versant de 645 km².

Elle a pour coordonnées : 12° 49' 30" Latitude Nord,
11° 30' 00" Longitude Ouest.

L'altitude de la station est d'environ 110 m.

Le bassin est de forme compacte. Avec un périmètre stylisé de 102 km, le bassin a un indice de compacité de 1,12 (coefficient de Gravélius $I_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$). Le rectangle équivalent a pour dimensions : L = 28 km, l = 23 km.

Fig. 1



CARTE DE SITUATION DES BASSINS
DE LA DALEMA ET DE LA KOÏLA-KOBE

Le relief du bassin est peu marqué. Le point culminant est atteint dans la partie Sud-Est du bassin à 233 m. Mais la côte atteinte en tête de bassin atteint rarement 200 m et seulement 180 m vers SARAYA, au Nord-Ouest. Les pentes sont donc assez faibles. Calculée sur les 60 % médians du profil en long de la Daléma, cette pente n'est que de 1,25 m/km.

Le réseau hydrographique est constitué d'une branche majeure, la Daléma, drainant le centre et la partie Sud du bassin avec un affluent secondaire, la Samatita, et d'une branche nord, la Badambali, qui conflue avec la Daléma juste en amont de la station.

A la station, la branche majeure de la Daléma a une longueur de 40 km environ. A une quinzaine de kilomètres en aval de la station, la Daléma se jette dans la Falémé.

Le substratum du bassin est constitué par des formations métamorphiques du socle ancien (Birrimien) représentées par des schistes, micaschistes et quartzites. On relève quelques zones à granitisation hétérogène, des granites syncinématiques en tête de bassin et des méta andésites à l'exutoire.

1.1.2 Le bassin de la Koila Kobé

La station contrôle un bassin versant de 1 600 km².

Elle a pour coordonnées : 12° 32' 40" Latitude Nord,
11° 31' 50" Longitude Ouest.

Son altitude est à environ 120 m.

Le bassin est particulièrement allongé. Avec un périmètre stylisé de 220 km, le bassin a un coefficient de compacité de 1,54. Le rectangle équivalent a pour dimension : L : 93 km, l : 17,2 km. Comme le montre la carte (fig. 2), le bassin de la Koila Kobé est formé de deux bassins bien distincts raccordés par un couloir étroit au niveau de KOUNDAYA et de la frontière guinéo-sénégalaise. Le bassin amont, essentiellement en territoire guinéen, draine les 2/3 du bassin contrôlé par la station de KOUDEKOUROU.

Le relief est plus marqué que sur la Daléma, surtout dans la partie amont, qui appartient aux contreforts nord du massif du FOUTA-DJALON. Le point culminant est atteint à 928 m aux limites Ouest du bassin supérieur. Ces reliefs restent exceptionnels et dépassent à peine 600 m d'altitude aux limites Sud du bassin. La Koila Kobé, à son entrée au Sénégal, n'est plus qu'à l'altitude 200 m. La pente générale de la Koila Kobé calculée sur les 60 % du profil en long de la branche majeure est de 2,74 m/km.

Le réseau hydrographique montre un chevelu plus dense que sur la Daléma ; les thalwegs y sont plus marqués. L'allongement du bassin conduit à n'observer que des affluents relativement modestes tels le Konkoni dans la partie aval, ou le Mangar-Komé dans la partie amont. Seules les rivières Bitari et Dialadia, dans la partie Ouest du bassin supérieur, constituent par leur réunion un affluent important de la Koila Kobé. La Koila Kobé elle-même a une longueur de 110 km ; elle rejoint la Faléné trois kilomètres en aval de la station.

Du point de vue géologie, on retrouve dans le bassin aval le même type de formations du Birrimien que sur la Daléma (Schistes, Micaschistes, quartzites) avec des granites tardicinématiques et méta andésites. Sur la partie amont, apparaissent les séries de l'Infracambrien moyen avec grès quartzites et pélites, et des metabasites. Les escarpements des inselbergs et plateaux sont constitués par des grès quartzites.

1.1.3 Conclusions

Quoique différents par la taille, la forme et le relief, les bassins de la Daléma et de la Koila Kobé ont en commun un substratum de composition assez voisine ayant été soumis à des processus d'altération identiques qui ont conduit à la formation de cuirasses latéritiques et ferrugineuses, lesquelles constituent une des caractéristiques essentielles du paysage. Leur démantèlement peut amener la formation de petits escarpements en particulier sur le bassin aval de la Koila Kobé.

La savane arborée constitue le paysage phytogéographique général des deux bassins (forêt claire sèche). En saison des pluies, les sols ne sont généralement recouverts que par une basse végétation herbacée.

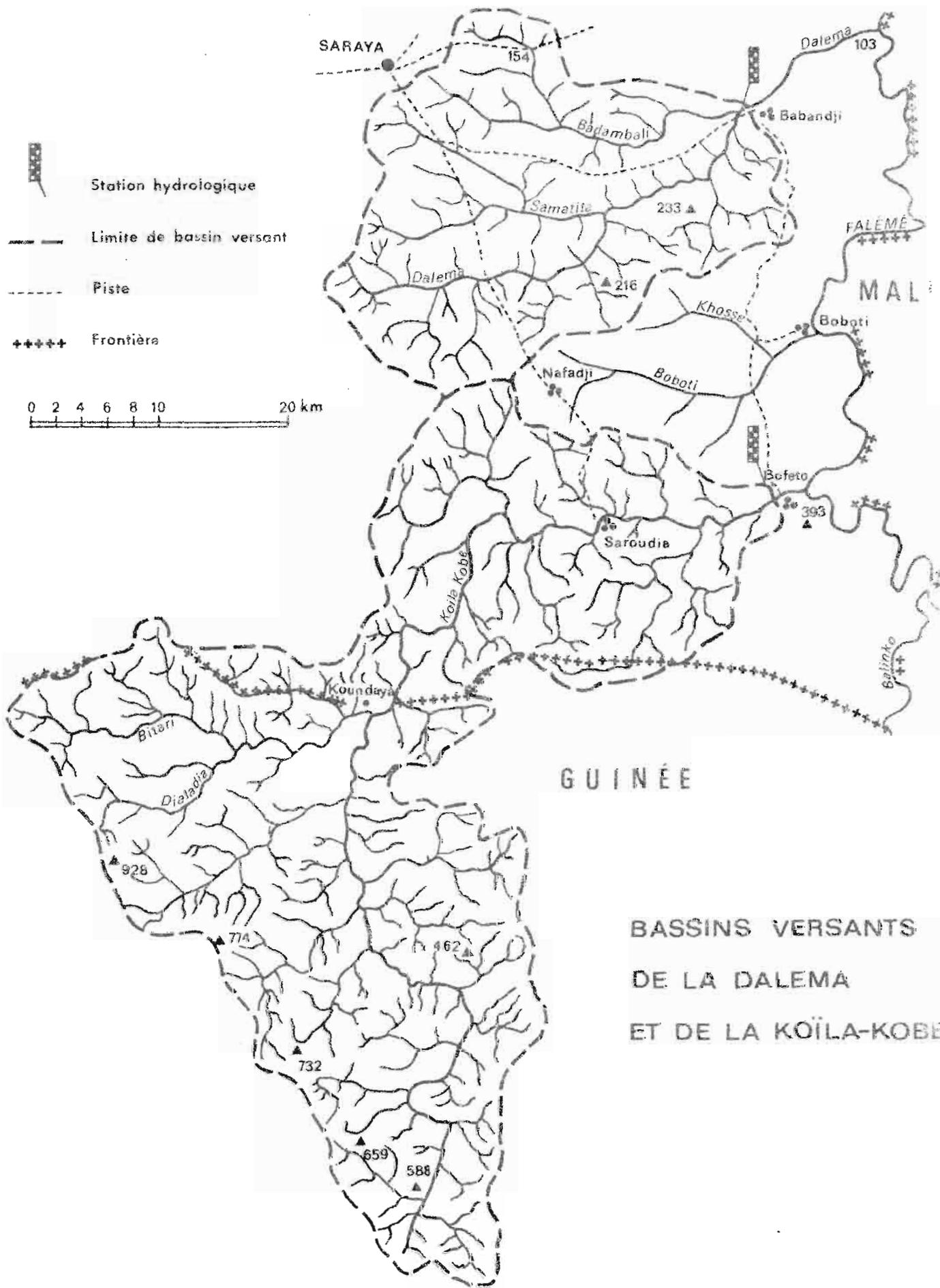
Les principales caractéristiques des bassins versants étudiés ont été réunies dans le tableau ci-après.

On se reportera par ailleurs aux figures 2 et 3 donnant la carte des bassins et les profils en long du réseau hydrographiques.

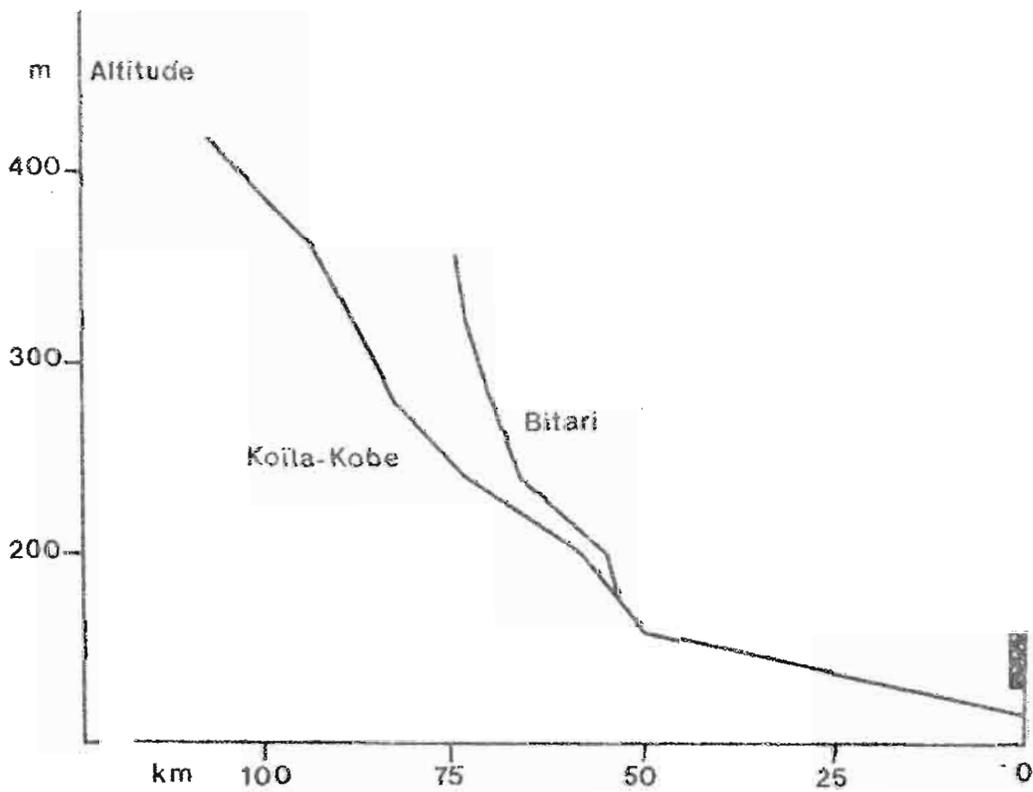
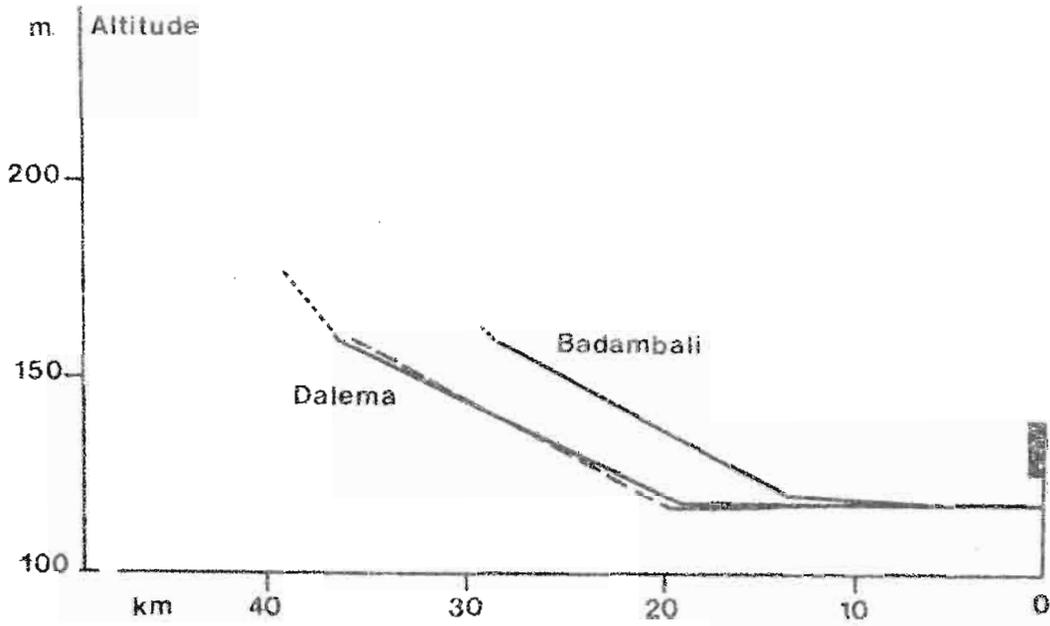
Tableau 1.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES BASSINS ETUDIES

	<u>Bassin de la Daléma</u>	<u>Bassin de Koila Kobé</u>
Superficie :	645 km ²	1 600 km ²
Périmètre :	102 km	220 km
Indice de Compacité :	1,12	1,54
Rectangle équivalent :		
Longueur :	28 km	93 km
largeur :	23 km	17,2 km
Réseau hydrographique :		
longueur branche majeure :	40 km	110 km
Pente 60 % médian :	1,25 %.	2,74 %.
Altitude exutoire :	110 m	# 120 m
Altitude maximum :	233 m	928 m



PROFIL EN LONG DES RIVIERES DALEMA ET KOILA-KOBE



1.2 Equipement des stations de mesure

1.2.1 Tournées d'installation [6]

1) Après une tournée de reconnaissance en mars, il a été procédé fin avril à l'implantation des infrastructures lourdes aux deux stations de la Daléma et de la Koila Kobé :

- Installation d'échelles limnimétriques fixées sur fers U.P.N. de 80 mm scellés dans le sol et rattachées par nivellement à une borne-repère ORSTOM.
- Travaux de terrassement dans la berge et construction d'une passerelle reliant la berge aux deux puits de limnigraphe. L'ensemble est réalisé en tubes Mills et solidement implanté (embases bétonnées). Les puits de limnigraphe sont constitués par des gaines PVC de diamètre 250 mm. Ils ont été placés de manière à ce que les variations du niveau du cours d'eau puissent être mesurées depuis les plus basses-eaux jusqu'aux plus hautes-eaux connues des populations locales.
- Mise en place en tête de puits d'une guérite et installation d'un limnigraphe classique à flotteur et mouvement d'horlogerie mécanique.
- Installation d'un pluviomètre au village de BABANDJI.

2) Après réception du matériel de télétransmission à la mi-juin et contrôle du bon fonctionnement des appareils (code GRAY et émission U.H.F.), une nouvelle tournée a été effectuée afin de compléter les équipements :

- Pose de guérites appropriées sur les puits de limnigraphe en attente.
- Installation et mise en service des appareils :
 - limnimètre codeur à 12 chiffres HEYRTEC et flotteur (le flotteur d'origine a été remplacé par un flotteur de type OTT adapté au diamètre du puits de mesure. Les mouvements du flotteur sont transmis par un ruban métallique perforé et une roue à picots au limnimètre codeur).
 - Balise ARGOS fabriqué par Electronique Marcel DASSAULT.
 - Antenne protégée dans hémisphère plastique type ALCATEL.
 - 17 piles en série de 1,45 volts pour l'alimentation d'une station - Marque LECLANCHE (fonctionnement prévu : 1 an).
- Installation d'un pluviographe et de sa guérite à chaque station. Pluviographe à augets de marque CERF équipé d'un contacteur à mercure. Chaque basculement d'auget (0,5 mm de pluie) entraîne un contact transmis à la balise ARGOS qui comprend un compteur totaliseur dont la valeur est transmise à chaque émission avec celle du niveau de la rivière.



Photo POTTIER

Station de la Koïla-Kobe : au premier plan, le pluviographe ; au fond ,
les deux limnigraphes (à droite l'ensemble ARGOS" surmonté d'une antenne)

- Contrôle des émissions U.H.F. toutes les 190-200 secondes.
- Remise en route du limnigraphe classique longue durée OTT type R 20 sur la Koila Kobé. Les perforations du diagramme se sont déchirées bloquant son déroulement.
- Recrutement d'un nouvel observateur sur la Daléma pour remplacer les diagrammes du limnigraphe OTT X à rotation hebdomadaire (le précédent observateur a abandonné son travail).

1.2.2 Caractéristiques des stations

1) Daléma à FARANGALIA (BANBADJI)

- Eléments d'échelle de 0 à 5 m.
Zéro des échelles à 3,840 m sous la borne-repère.
- 1 pluviographe à la station.
- 1 pluviomètre association au village de BANBADJI.
- 1 limnigraphe OTT X mécanique à rotation hebdomadaire (2 mm/h) et réduction échelle des hauteurs 1/10 sensibilité $\frac{1}{2}$ cm.
- 1 limnimètre NEYRTEC et ensemble télétransmission Système ARGOS.

2) Koila Kobé à KOUDEKOUROU (BOFETO)

- Eléments d'échelle de 0 à 8 m.
Zéro des échelles à 6,290 m sous la borne-repère.
- 1 pluviographe à la station.
- 1 limnigraphe OTT R 20 à autonomie de 6 mois, vitesse de déroulement du diagramme 2 mm/h, réduction échelle des hauteurs 1/10, sensibilité $\frac{1}{2}$ cm.
- 1 limnimètre NEYRTEC et ensemble télétransmission Système ARGOS.

1.2.3 Télétransmission des données hydrométéorologiques dans le Système ARGOS [4]

Les informations du limnimètre et du pluviographe sont codées en langage binaire (code GRAY) et émises par la balise ARGOS toutes les 200 secondes, en même temps que le code indicatif de la station.

Ces émissions sont captées par les satellites TIROS N placés sur orbite polaire à environ 5 000 km d'altitude, lorsque ceux-ci sont en vue des stations, puis transmises à TOULOUSE via SUTLAND où l'information reçue est décodée.

Les données sont réformatées à TOULOUSE en code HYDRA, code établi par l'Organisation Météorologique Mondiale pour la transmission des relevés hydropluviométriques, puis réinjectées dans le Système Mondial de Télécommunication (satellite) qui les transmet à l'Aéroport de DAKAR-YOFF. Les messages apparaissent en clair



Photo H. SANÉ / POTTIER

En route pour Bofeto, R. HOORELBECKE traverse la Daléma près de Babandji

(5 Septembre 1980 – Hauteur station = 1,05 m)

sur les télétypes du Bureau Central des Télécommunications du Service Météorologique de l'aérodrome (ASECNA) où l'ORSTOM les récupère.

Exemple de message : reçu le 19/7/1980

Indications de service				Date et heure d'émission des messages										
	NNNN													
	ZCZC		GPB695	19	14	45								
	SRXX22	LFPW	LFPW	19	14	14								
Koila Kobé	HHXX	1980	000	19	17	18	22	00	215	44	0	2	0	17
Daléma	HHXX	1980	000	19	17	18	22	00	95	44	00			156

hydrométrie
pluviométrie

Code HYDRA
date
heure
pays
n° station
cote de la rivière
totalisateur du pluviographe

Par ailleurs, TOULOUSE conserve l'information complète et envoie régulièrement les listings d'exploitation du Fichier DISPOSE. Sur ces listings, apparaissent les heures précises des observations (heures rondes dans les messages télétypes) et le décompte des averses reçues entre 2 observations consécutives.

1.3 Déroulement de la campagne 1980 et observations

La station de Koila Kobé a été mise en route le 19 juin 1980. Les informations ont été transmises dès ce jour à 20 H. Pour la Daléma, le début des transmissions a eu lieu le 20 juin à 15 H. Pour les 2 cours d'eau, il n'y avait pas d'écoulement et seulement des mares résiduelles provenant de petites crues du début du mois de juin.

La première crue observée survient le 4 juillet sur la Koila Kobé et le 7 juillet sur la Daléma.

L'ensemble télétransmission marchera sans le moindre incident sur la Daléma jusqu'au retrait des appareils à la fin novembre. Par contre, sur la Koila Kobé, les émissions ne sont plus reçues dès la fin juillet et c'est seulement début septembre qu'une mission de dépannage pourra être envisagée. M. HOORELBECKE réussira avec beaucoup de difficultés à rejoindre la station (en LAND-ROVER jusqu'à BOBOTTI -cf. photo du passage de la Daléma- puis en ZODIAC par la Falémé et la Koila Kobé). La panne provient d'une pile qui a coulé. Les piles ont été remplacées et le fonctionnement sera normal jusqu'au retrait des appareils fin novembre. Les piles incriminées ont été expédiées au fabricant pour étude des défaillances et amélioration de la fabrication, ce type de piles ayant été conçu sur la base de qualités de résistance

et de longévité. Le limnigraphe R 20 de la Koila Kobé a par contre fonctionné normalement -de même que le limnigraphe de la Daléma- et on a donc un ensemble complet d'observations de la fin juin à la fin novembre. En définitive, les seules conséquences de la défaillance de la station de la Koila Kobé portent sur une lacune des observations pluviométriques de la fin juillet à début septembre.

Les observations des hauteurs d'eau de la Daléma et de la Koila Kobé sont données en annexe de ce rapport. Elles se rapportent à l'exploitation du Fichier DISPOSE (Système ARGOS) et ont été complétées pour la Koila Kobé par le dépouillement des limnigrammes de 6 H en 6 H.

La comparaison des données transmises dans le Système ARGOS avec les limnigrammes enregistrés montre :

- que la fréquence de passage des satellites est généralement suffisante pour définir avec une bonne précision la forme des hydrogrammes de crue de la Koila Kobé (1 600 km²) ;
- que cette même fréquence de passage ne permet pas dans certains cas d'avoir une idée exacte de la forme des hydrogrammes de crues de la Daléma (645 km²).

Nous donnons dans le chapitre suivant (fig.4à6) le dessin des limnigrammes des principales crues observées sur la Daléma et sur la Koila Kobé.

Les cotes maximales atteintes ont été :

H = 356	le 24 août 1980	pour la Daléma.
H = 572	le 9 août 1980	pour la Koila Kobé.

Sur le plan des précipitations, les observations effectuées ont été reportées dans le tableau ci-après.

On notera l'absence complète de précipitations au mois d'octobre.

Au village de BANBADJI, la hauteur de précipitations annuelle reçue en 1980 est de 865 mm. Ce total traduit un déficit pluviométrique important pour la région. L'année 1980 a d'ailleurs été largement déficitaire sur une bonne partie du SENEGAL. A KEDOUCOU, où l'on a relevé 1 113 mm en 1980, le déficit est cependant beaucoup moins marqué. Dans ces conditions, il serait hasardeux d'estimer l'importance du déficit des apports météoriques sur le bassin de la Daléma et surtout celui de la Koila Kobé.

Le détail journalier montre une averse importante le 18 juillet 1980 tant à BANBADJI (91 mm) qu'à BOFETO (84,5 mm) :

	A L'EXUTOIRE DU B.V. DE LA DALEMA											B.V. KOILA KUBE							
	Station village BABANDJI							Station hydrologique (FARANGALLA)					(Station hydro KOUDEKOUROU)						
Jours	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Juin	Juil	Août	Sept	0	Nov	Juin	Juil	A	Sept	0	Nov
1					3,8														
2				18,9			1,8			17,1	1,5		1,8						
3					16,0		3,0				8,7		3,2						31,5
4					19,5						3,2								
5											4,8								
6		19,1		4,1						2,5									
7		16,5	5,0	7,5	1,1				5,3	14,9	2,0						48,5		0,5
8		8	11,9	11,6					17,9	14,9	1,6						1,5		
9		2,6		43,7	49,3					42,0	45,4						27,5		
10																			
11			13,0		26,1														
12		17,3		18,5					10,4	7,0	27,8						4,5		
13					6,0						7,5						1,0		
14					14,7						11,4								
15			8,2	8,7					11,7	9,7							0,5		
16		15,8	9,8	15,1					12,7	13,5									
17																			
18			91,2							91,0							2,0		
19																	13,5		
20									0										
21					54,5							62,3		1,5			14,0		
22			34,2	21,9					29,6	28,1									
23				27,2						23,7									
24			16,6	40,7					15,0	38,5							7,0		
25			18,5						17,0		1,7			1,5	pas	de	17,5		
26			7,9						7,7	2,9					-	-			
27		11,9		8,2					11,4	3,7				1,5	rele-	vés	1,5		
28				6,9	10,2					4,8	0,9				-	-			
29		13,0	30,6						11,4	33,2	9,1				-	-			
30															-	-			
31			25,3							21,7	0,8				-	-			
Total mensuel	(50)	104,2	272,2	233,0	201,2	0	4,8	(-)	273,2	243,1	187,9	0	5,0					0	32,0

Total : 865,4 mm.

A BANBADJI, la pluie commence après 5 H 42 et le pluviomètre a déjà reçu 31 mm à 7 H 51, 9 mm supplémentaires à 8 H 04 (intensité 40 à 50 mm/h) et 41 mm entre 8 H 04 et 9 H 33 suivis d'une traîne de 10 mm. Total 91 mm.

A BOFETO, on observe exactement le même type d'averse : 51,5 mm ont été reçus entre 5 H 42 et 7 H 55, 4,5 mm en 10 minutes (27 mm/h), puis 12 mm entre 8 H 05 et 9 H 34 puis une traîne de 16,5 mm, soit un total de 84,5 mm.

Cette averse bien généralisée (les stations sont éloignées d'une trentaine de kilomètres) a une période de retour d'une fois tous les 2 ou 3 ans.

Précisons que l'information pluviométrique n'a été recueillie que dans un but purement indicatif. Les stations placées à l'exutoire des bassins ne peuvent pas bien entendu donner une image valable des lames précipitées qui ont généré les crues.

2. LES FACTEURS INTERVENANT DANS LE CALCUL DES CRUES

Ces facteurs sont de trois ordres :

- forme des hydrogrammes de crues dépendant de la taille et des caractéristiques physiques des bassins,
- hauteur de précipitations ayant généré la crue,
- aptitude au ruissellement des bassins et restitution des réserves (écoulement de base).

2.1 Analyse des crues disponibles - Détermination d'hydrogrammes de ruissellement des crues unitaires

Rappelons que les mesures effectuées durant la saison des pluies 1980 avaient pour seul objectif d'estimer le temps de base, et le temps de montée éventuellement, des hydrogrammes de ruissellement des crues unitaires standardisés sous un schéma triangulaire. Des travaux déjà anciens [7] ont montré que le schéma triangulaire constituait une approximation très satisfaisante de l'hydrogramme type et de l'hydrogramme standard (à montée linéaire et décrue hyperbolique ou exponentielle). Le schéma triangulaire permet d'estimer facilement le débit de pointe à partir du volume ruisselé et du temps de base, en l'absence de mesures de débits.

2.1.1 Bassin de la Daléma

Les principaux limnigrammes de crue enregistrés en 1980 sont donnés dans la figure 4.

Le bassin de la Daléma réagit globalement avec une relative simplicité, malgré une superficie déjà importante de 645 km². Douze crues ont été analysées. Six d'entre elles traduisent une réaction suffisamment simple, bien que pas toujours unitaire, pour qu'on puisse sans trop de difficultés dégager une estimation des paramètres recherchés.

Les crues des 7, 9, 18 et 31 juillet sont à peu près représentatives d'un comportement unitaire du bassin versant bien que les deux premières n'aient sans doute pas intéressé la totalité du bassin.

Les crues du 22 et du 29 juillet sont faibles et probablement dues à des averses assez longues et de faible intensité. Elles ne sont pas utilisables.

Les crues du 9 et du 12 août sont complexes mais peuvent être analysées de façon à peu près correcte et les averses qui ont généré chacune d'elles sont suffisamment distinctes pour qu'on en tire des renseignements utiles. Pour celle du 12 août, on peut penser que la première pointe correspond à un ruissellement partiel.

Les crues complexes du 22 et du 23 août ne présentent pas les mêmes facilités. La crue du 22 montre une première pointe : $H = 140$, 5 heures après le début du ruissellement, et une seconde pointe à $H = 174$ 12 heures après le début de la crue, puis 2 petites pointes. Celle du 23 a une première pointe à $H = 338$ 10 H après le début de la crue ; la seconde pointe survient 6 heures après le 1er maximum et atteint $H = 356$. Ces crues n'ont pu être retenues de même que les crues trop faibles du 31/8 et du 9/9/1980.

Les résultats de l'analyse des crues figurent dans le tableau 2. Le temps de montée de l'hydrogramme, quoiqu'ici d'un intérêt secondaire, a pu être estimé à 8 heures.

Le temps de base retenu sera de 22 heures.

2.1,2 Bassin de la Koila Kobé

Les principaux limnigrammes enregistrés en 1980 ont été reproduits dans les figures 5 et 6.

Leur examen montre tout de suite que la réaction du bassin de la Koila Kobé est plus complexe que dans le cas de la Daléma. Le bassin de la Koila Kobé est d'abord plus grand (1 600 km²) ; ensuite il est pratiquement constitué de 2 bassins distincts disposés en série : c'est évident à l'examen de la carte, ça l'est aussi à l'examen des limnigrammes.

Il faut donc considérer ce bassin comme la somme d'un bassin amont et d'un bassin aval pour lesquels seront évaluées séparément les caractéristiques des hydrogrammes. Ceux-ci devant se composer pour produire l'hydrogramme résultant, il faudra préciser la forme des hydrogrammes triangulaires (temps de montée en plus du temps de base), ainsi que le décalage dans le temps des hydrogrammes de chacun des bassins arrivant à l'exutoire, décalage que l'on représentera par le décalage des maximums. On est ainsi amené à introduire 5 paramètres (au lieu d'un seul vraiment indispensable pour la Daléma, ou 2 à la rigueur) :

BV aval : Temps de montée (T_M), Temps de Base (T_B)

BV amont : Temps de montée (T_M), Temps de Base (T_B)

Temps de décalage entre les maximums,

Dix crues ont été analysées. Certaines ont été écartées pour différentes raisons, tenant le plus souvent à des hydrogrammes complexes à plusieurs pointes pouvant résulter d'averses distinctes (crues du 9 au 12/7 et du 8 au 11/9). Parmi celles qui ont été retenues, certaines ne fournissent qu'une information partielle relative à l'un des deux bassins (aval ou amont), soit parce que la crue a été localisée sur l'un d'eux, soit parce que au seul vu du limnigramme une partie de la crue trop complexe est difficilement interprétable.

La crue du 4 au 7 juillet 1980 présente une réaction nette du bassin aval mais dont la décrue masque le démarrage de la réaction du bassin amont qui atteint son maximum 40 H après le 1er maximum.

La crue du 16 au 21 juillet est également complexe ; le bassin aval donne une première réaction qui dure 35 heures, atteignant $H = 153$ après un temps de montée de 10 H ; la réaction du bassin amont lui succède : temps de montée 13 H, maximum atteint à 20 H le 18 à $H = 190$, temps de base estimé à 31 H -décalage des maximums 38 heures. Mais sur cet hydrogramme se surimpose une crue nouvelle qui atteint la cote 262 à 13 H le 19 résultant des pluies du 18 au matin reçues par le bassin amont, ces mêmes pluies ayant pu donner une réaction du bassin aval combinée avec la précédente réaction du bassin amont (H max 190). Un hydrogramme des débits et la connaissance spatiale des précipitations auraient permis de préciser ce point.

Du 22 au 24 juillet, après une petite réaction partielle sur le bassin aval, apparaît le 23 une forte crue provenant du bassin amont atteignant un maximum $H = 4,23$ m au bout de 14 H de temps de montée pour un temps de base total de 33 H. Un décalage de 30 heures est observé entre les 2 maximums.

Du 29 juillet au 2 août, on observe un hydrogramme qui semble caractéristique du bassin : crue aval atteignant la cote 2,95 m à l'échelle au bout de 12 H 30 de montée pour un temps de base de 32 H, puis avec 38 H de décalage, passage de la crue amont (T_M : 12 H 30 - T_B : 34 H). Ces deux crues sont précédées et suivies de deux petites réactions de la rivière difficilement interprétables.

L'épisode de crues situé entre le 8 et le 13 août est le plus important de la saison : pendant trois jours et demi consécutifs, le niveau des eaux sera supérieur à $H = 4,00$ m à la station. La crue des 8, 9 et 10 se mélange à celle des 10, 11 et 12. Pour la première crue, seules les caractéristiques de l'apport aval peuvent être déterminées (T_M 12 H - T_B 40 H), et l'apport amont est à peine marqué par une bosse le 10 à 9 H (décalage des maximums : 32 heures). Pour la seconde crue, les apports sont complètement indistincts.

Les crues du 24 au 27 août sont délicates à analyser ; de part et d'autre de l'hydrogramme de crue principal qui atteint son maximum le 25/8 à 13 H à la cote $H = 5,32$ m, on note deux petites réactions dont le maximum survient 34 H avant et 37 H après le maximum principal. Dans ces conditions, il est difficile d'attribuer l'hydrogramme principal à l'un ou l'autre des bassins amont ou aval. Il pourrait provenir du bassin amont si l'on admet que la pluie responsable est tombée au milieu de la nuit du 23 au 24/8 comme à BABANDJI. Mais par ailleurs, les temps de montée (27 H 30) et les temps de base (50 heures) semblent impliquer : - soit des pluies soutenues et étalées dans le temps et alors on comprend mal que de telles pluies n'aient pas provoqué de réactions plus marquées sur l'autre partie du bassin ; - soit un mélange des apports amont et aval de deux épisodes pluvieux successifs qui expliqueraient la petite réaction aval préliminaire et la petite réaction amont qui suit l'hydrogramme principal.

La crue du 27 au 30 août 1980 montre également un limnigramme trapu traduisant une surimposition des apports amont et aval. Une cassure dans la montée semble indiquer le maximum de l'apport aval (T_M : 12 H 30) qui surviendrait seulement 22 H avant le maximum des apports amont.

Les crues du 7 au 12 septembre semblent générées par deux averses. Les limnigrammes ne sont pas exploitables. Les résultats de l'analyse sont donnés dans le tableau 3. Pour les hydrogrammes standards triangulaires de la Koïla Kobé, il semble que l'on puisse retenir les paramètres suivants :

BV Aval : T_M : 12 h T_B : 35 h

BV Amont : T_M : 13 h T_B : 34 h

Décalage des maximums : 37 H.

Tableau 2

CARACTERISTIQUES DES CRUES DE LA DALEMA EN 1980

N°	Date	Précipitation à l'exutoire	H _{0m}	T _M en heures	T _B	H _{MAX} m	Observations
1	7/7	5,3	0	4	16	1,08	retenue
2	9/7	17,9	0,42	4	15	0,84	retenue
3	18/7	91,0	0,16	7	21,5	2,24	retenue
4	22/7	29,6	0,34	-	-	0,82	non retenue
5	29/7	33,2	0,42	-	-	0,84	" "
6	31/7	21,7	0,56	8	23	1,28	
7	9/8	42,0	0,54	7	24	3,18	hydrogramme complexe mais peu altéré
8	12/8	28,3	0,84	9	16	2,30	
9	22/8	28,1	0,62	-	-	1,74	non analysable
10	23-24/8	23,7 + 30,5	0,94	-	-	3,56	"
11	31/8	0,8 ?	0,88	-	-	1,35	non retenue
12	9/9	45,4	0,92	-	-	1,58	"
Hydrogramme Triangulaire				8	22		

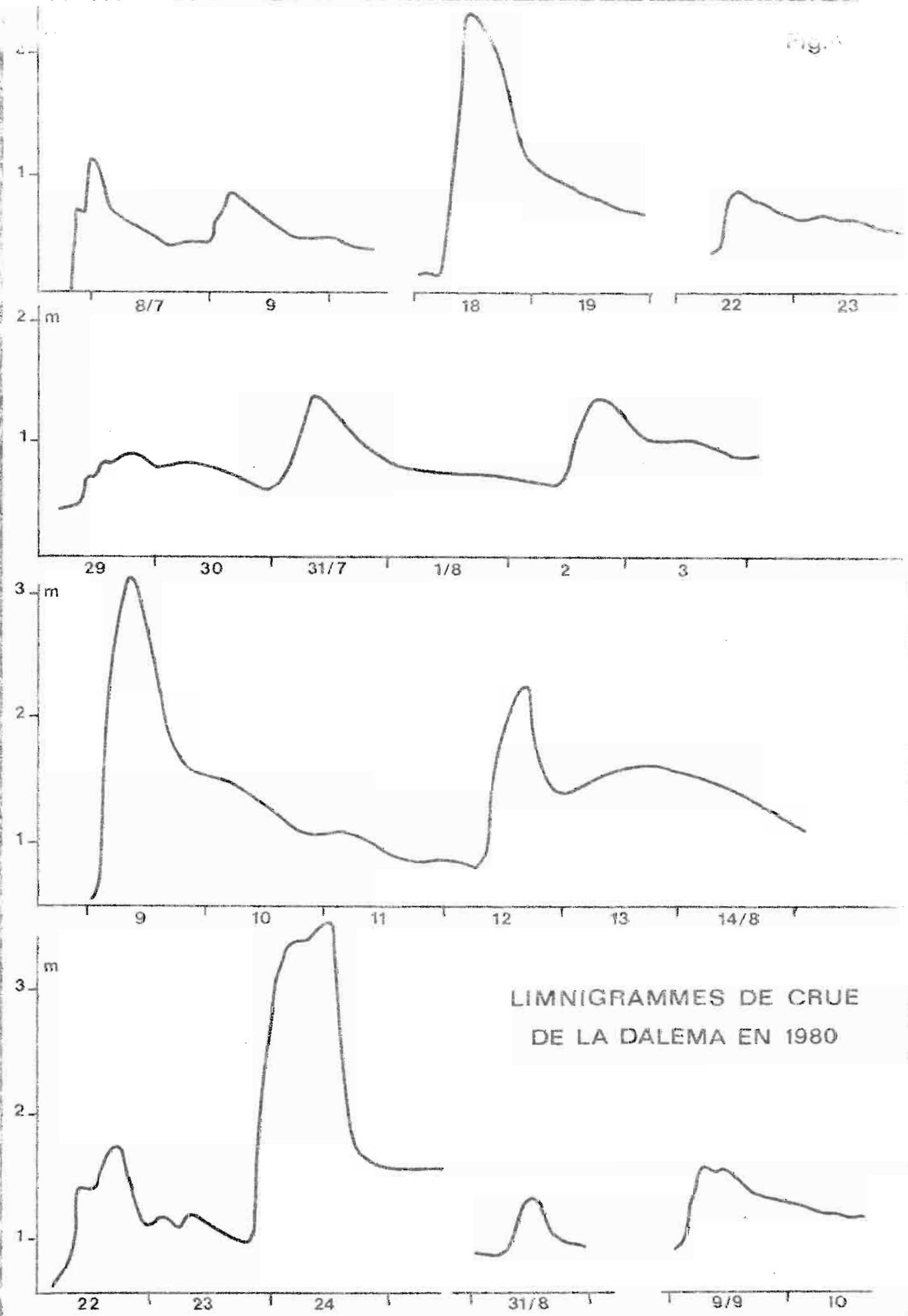
Tableau 3

CARACTERISTIQUES DES CRUES DE LA KOLLA KOBE EN 1980

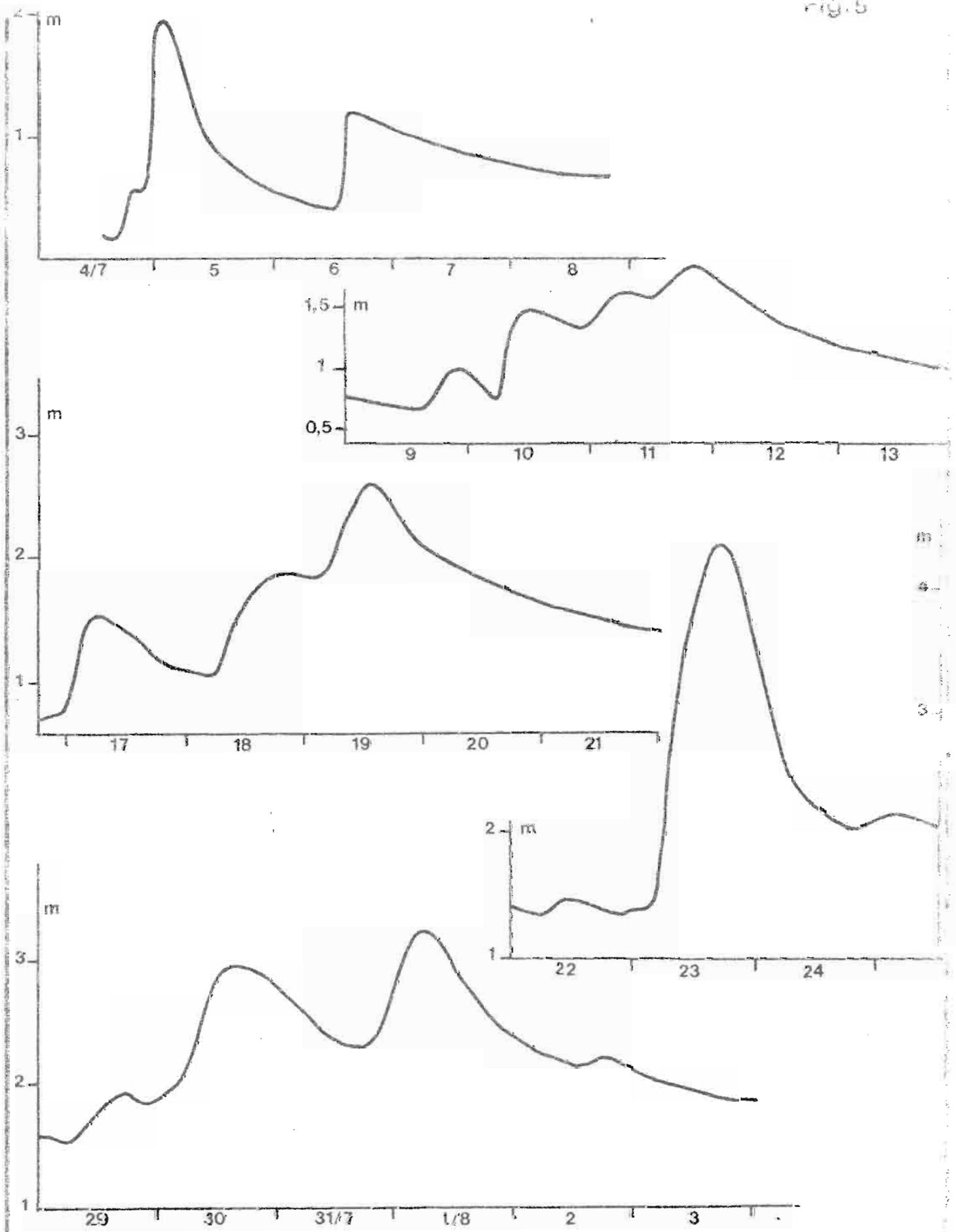
N°	Date	Précipitation à l'exutoire	H _{0m}	BV AVAL (temps en heures)		BV AMONT (temps en heures)		Déca- lage Maximum	H max ⁽¹⁾	Observations
				T _M	T _B	T _M	T _B			
1	4-7/7	46 mm	0,20	7	22			40	1,92 - 1,20	
2	9-12/7	9 mm	0,59	-	-	-	-	-	1,00 - <u>1,47</u>	inutilisable
								32	1,62 - <u>1,84</u>	
3	16-21/7	4 mm + 84,5 (18/7)	0,65	10	35	13	31	38	<u>1,53</u> - <u>1,90</u>	
									2,62	
4	22-24/7	?	1,34	-	-	14	33	(30)	1,47 - 4,23	
5	29/7-2/8	?	1,55	12,5	32	12,5	34	38	1,93 - <u>2,95</u>	
									<u>3,26</u> - 2,24	
6	9-10/8	?	2,30	12	(40)			(32)	<u>5,72</u> - <u>4,43</u>	
7	11-12/8	?	-	-	-	-	-	-	5,52	apports indistincts
8	23-27/8	?	1,70	10	-				2,07	
		2 averses ?						34		
				(27,5)	(50)	(27,5)	(50)		5,32	hyd. commun cf. texte
						10	-		3,10	
9	27-30/8	?	2,82	12,5	-	-	-	(22)	4,10 - 5,58	apport aval peu distinct
10	8-10/9	48,5	3,54	-	-	-	-	-	4,38 - 4,10	complexe
Hydrogramme Triangulaire retenu				12	35	13	34	37		

(1) : Dans le cas de crues à plus de 2 pointes, les maximums pris en compte pour mesurer le décalage des apports amont et aval ont été soulignés.

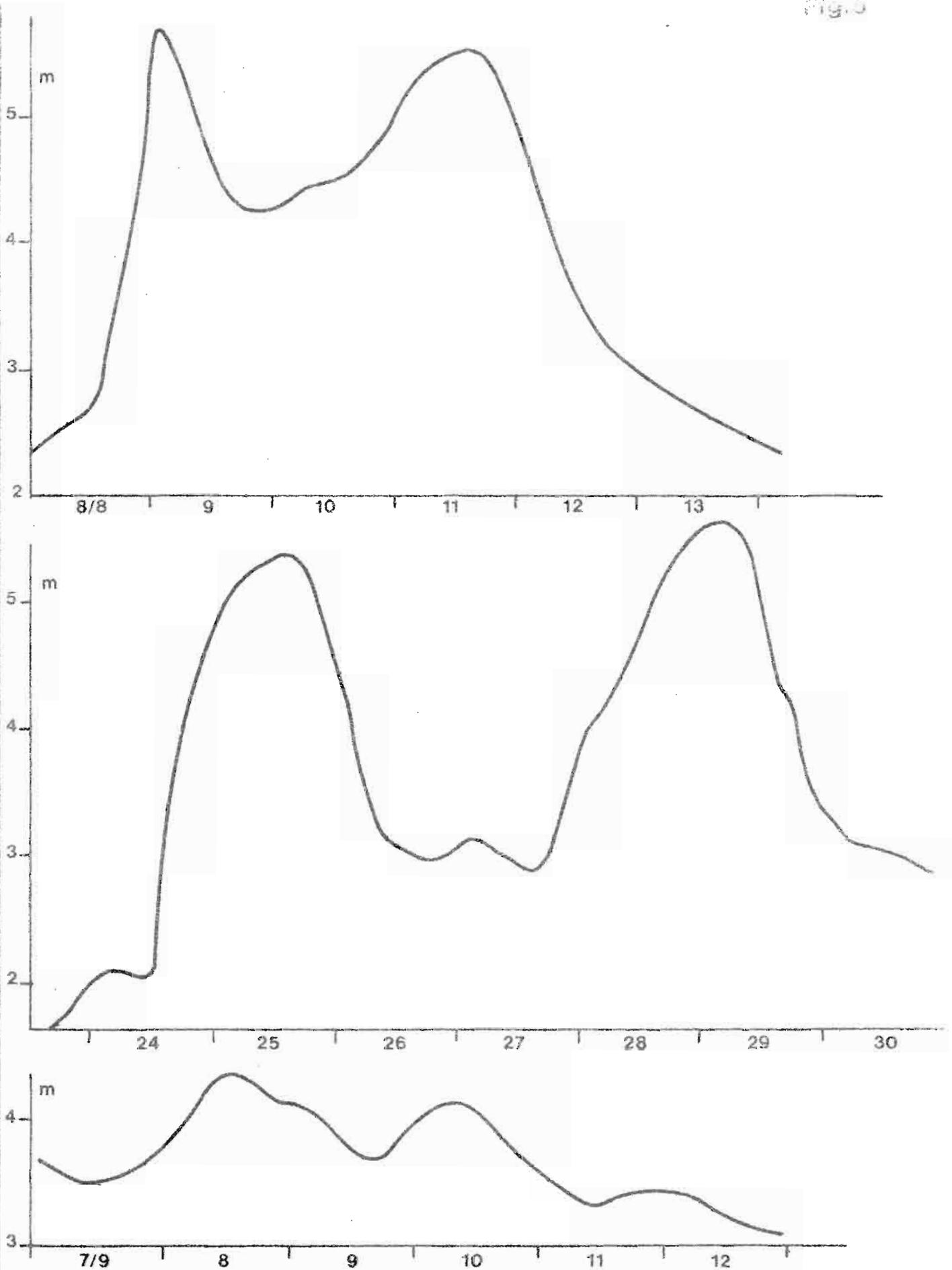
Fig. 1



LIMNIGRAMMES DE CRUE
DE LA DALEMA EN 1980



LIMNIGRAMMES DE CRUE DE LA KOÏLA-KOBE
EN 1980



LIMNIGRAMMES DE CRUE DE LA KOÏLA-KOBE
EN 1980

2.2 Le facteur "précipitations"

2.2.1 Données générales sur les précipitations

Les bassins versants de la Koïla Kobé et de la Daléma reçoivent des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 1 200 à 1 400 mm. Les courbes isohyètes sont orientées pratiquement Est-Ouest dans la région étudiée. L'échantillon de précipitations annuelles des stations de KEDOUGOU et de KENIEBA (MALI) - à la latitude de SARAYA - a été ajusté à une distribution GAMMA incomplète. Les résultats sont donnés ci-après :

Station	Nb. d'années	Hauteur de précipitation annuelle			
		Moyenne	Décennale sèche	Médiane	Décennale humide
KEDOUGOU	47	1303	1024	1290	1600
KENIEBA	29	1331	1010	1314	1674

A cette latitude, la saison des pluies est déjà beaucoup plus marquée que dans le reste du SENEGAL. Elle s'étend pratiquement de mai à novembre. De juin à octobre, on relève en moyenne plus de 100 mm par mois. La répartition mensuelle moyenne est la suivante :

Station	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
KEDOUGOU	0	0	0	5	47	195	263	330	312	136	14	1	1303
KENIEBA	0	0	0	6	50	167	269	415	306	104	13	1	1331

Les mois d'août et de septembre sont généralement les plus arrosés.

2.2.2 Précipitations journalières

Y. BRUNET-MORET a établi dans son "Etude générale des averses exceptionnelles en AFRIQUE Occidentale" [3] les hauteurs de précipitations journalières pour différentes récurrences sur la base de l'ajustement d'une loi de probabilité de répartition. La loi retenue est une loi de PEARSON III tronquée :

$$F_1(x) = F_1(0) \frac{1}{\Gamma(\delta)} \int_0^x (dx)^{\delta-1} e^{-ax} dx$$

où $F_1(x)$ est la probabilité pour que la valeur de la variable soit supérieure ou égale à x .

$F_1(0)$ est la probabilité pour que la valeur de la variable ne soit pas nulle.

γ paramètre positif sans dimension généralement égal à 0,7.

α paramètre positif dont l'inverse s'exprime en mm.

$\Gamma(\gamma)$ est la fonction GAMMA complète.

Les résultats obtenus ont permis à Y. BRUNET-MORET de proposer une cartographie des averses exceptionnelles de fréquences 1 fois par an, 1 fois en 2 ans, 1 fois en 5, 10 et 20 ans.

Ces cartes sont pratiquement calquées sur celles des précipitations interannuelles qui constituent le paramètre déterminant, en dehors des zones côtières et des régions à forts contrastes locaux, de l'averse journalière de récurrence donnée.

Ainsi pour les bassins de la Daléma et de la Koila Kobé, on peut estimer :

- l'averse de fréquence annuelle	à 75 mm
- " " " biennale	à 85 mm
- " " " quinquennale	à 100 - 105 mm
- " " " décennale	à 110 - 115 mm
- " " " vicennale	à 130 mm.

2.2.3 Hauteurs moyennes de précipitation des averses exceptionnelles sur les bassins de la Daléma et de la Koila Kobé

Les valeurs des averses de différentes récurrences qui ont été indiquées correspondent à des valeurs ponctuelles et doivent être pondérées par un coefficient d'abattement si l'on veut connaître la hauteur moyenne de l'averse exceptionnelle reçue par le bassin versant. Si ce coefficient peut être négligé pour des bassins de petite taille ($< 3 \text{ km}^2$), il n'en est pas de même pour des bassins de la taille de ceux de la Daléma et de la Koila Kobé.

G. VUILLAUME a étudié ce coefficient en AFRIQUE Intertropicale et a montré qu'il variait avec la fréquence de retour de l'averse choisie, la hauteur de précipitation interannuelle, et la superficie du bassin [11].

En dehors des zones à reliefs très contrastés, G. VUILLAUME propose pour le calcul du coefficient d'abattement K la formule suivante :

$$K = 1 - (9 \log r - 42 \cdot 10^{-3} P + 152) \cdot 10^{-3} \log S$$

dans laquelle :

- r est la récurrence de l'averse exceptionnelle considérée en années,
- P est la hauteur interannuelle de précipitations en mm,
- S est la superficie du bassin en km^2 .

L'application de cette formule aboutit pour la bande d'isohyète 1300 mm aux résultats indiqués ci-après pour les 2 bassins étudiés :

Récurrence	Pluie Ponctuelle mm	Daléma (645 km ²)		Koila Kobé (1600 km ²)	
		K	P moy (mm)	K	P moy (mm)
Averse annuelle	75	0,727	54,5	0,688	51,6
Averse biennale	85	0,719	61,1	0,68	57,8
Averse quinquennale	105	0,709	74,5	0,668	70,1
Averse décennale	115	0,70	80,5	0,66	75,9
Averse vicennale	130	0,682	88,7	0,651	84,6

2.3 Variations des réserves et ruissellement sur les bassins

On a souligné que la saison des pluies sous ce climat tropical semi-humide (isohyète 1300 mm) était bien marquée et on peut donc s'attendre à ce que les réserves des bassins, si elles existent, augmentent tout au long de la saison des pluies.

On sait que l'état des réserves à un moment donné peut être repéré, sinon estimé, par une valeur correspondant à cet instant à une courbe de tarissement : débit ou à défaut hauteur d'eau à l'exutoire du bassin.

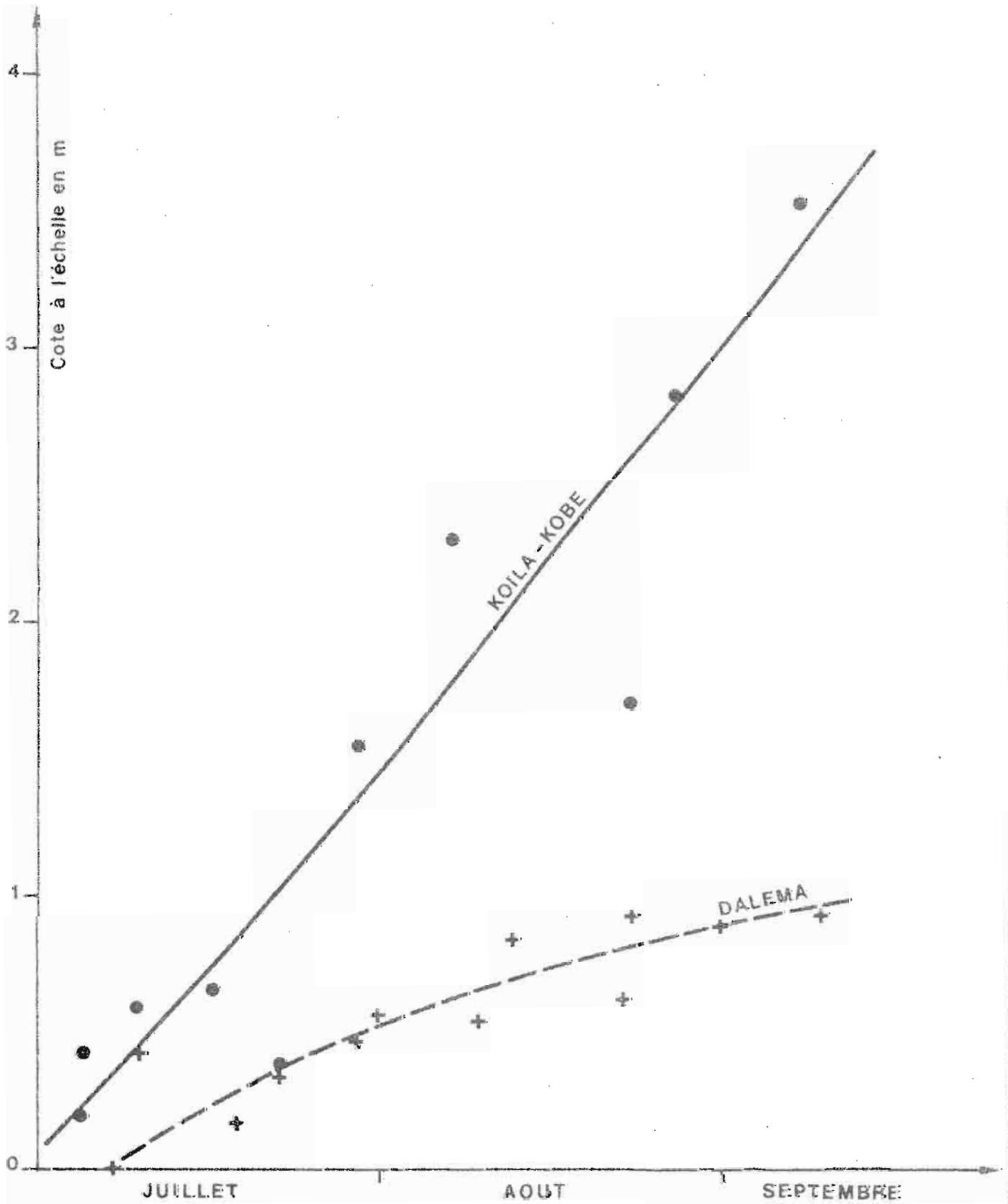
Or les points ainsi relevés à l'exutoire se rapprochent d'autant plus d'une phase de tarissement qu'il y a plus longtemps qu'il n'a pas plu, c'est-à-dire finalement avant chaque crue. Les débits (ou hauteurs) relevés juste avant les crues peuvent donc être utilisés comme indices de l'état des réserves.

On a porté dans la figure 7 les variations de H_0 , cote à l'échelle avant chaque crue, pour les bassins de la Koila Kobé et de la Daléma en 1980. Ce test met bien en évidence l'augmentation des réserves pour les deux bassins.

La conséquence pour l'estimation des crues est évidente :

- d'une part, l'existence même des réserves et de leur remplissage qui paraît se faire dans de bonnes conditions, bien qu'on ne dispose pas des débits, tend à modérer le ruissellement au moment des averses.
- D'autre part, l'augmentation très sensible du débit de base, au moins pour le bassin de la Koila Kobé, demandera qu'on en tienne compte lors de l'estimation des débits de crue.

VARIATION DE H₀ en 1980



Pour le premier point, même en restant très prudent du fait qu'on ne dispose que des hauteurs d'eau, et qu'on ne sait rien des courbes d'étalonnage aux deux stations, il semble bien que le bassin de la Koila Kobé dispose de réserves spécifiques plus importantes et soit plus perméable que celui de la Daléma. Ceci pourrait être corroboré au regard du descriptif géologique des bassins qui mentionne en particulier des schistes micaschistes du Birrimien sur la Daléma à priori moins perméables que les grès et quartzites de l'Infracambrien bien représentés sur la partie guinéenne de la Koila Kobé (bassin amont). Mais en fait, la perméabilité et les possibilités de réserves de ces formations dépendent essentiellement de leur degré d'altération ou de fissuration. Il convient donc d'être prudent.

Il faut mentionner ici aussi l'importance relative sur le ruissellement des cuirasses latéritiques et ferrugineuses. Sur la base de quelques reconnaissances sur le terrain des bassins de la Daléma et de la Boboti et de la partie aval de la Koila Kobé, on peut estimer que 10 à 15 % des surfaces sont occupées par de telles cuirasses non démantelées. Celles-ci restant nues ou seulement occupées par un maigre "duvet" graminéen sont pratiquement imperméables. Le coefficient de ruissellement d'une forte averse sur ces zones cuirassées n'est guère inférieur à 1.

Pour le reste des bassins, on adoptera un coefficient de ruissellement de 0,50 pour la Daléma et de 0,45 pour la Koila Kobé. Compte tenu de la taille relativement importante des bassins, du type de climat et des observations effectuées sur les bassins représentatifs de l'ORSTOM dans d'autres régions d'AFRIQUE de configuration assez voisine, ces valeurs paraissent constituer une limite supérieure lorsqu'on les applique à une crue décennale [5, 10].

Elles conduisent à adopter comme coefficients de ruissellement globaux :

- Daléma : $K_r = 0,60,$
- Koila Kobé : $K_r = 0,55.$

3. ESTIMATION DES CRUES DE PROJET

On estimera d'abord les crues décennales et on admettra, comme il est d'usage pour des bassins sous ce climat et de cette taille, que le maximum de la crue de projet est égal au plus à 2,5 fois le maximum de la crue décennale.

3.1 Calcul des crues décennales

On estime par définition et moyennant précautions (en particulier K_r dépendant pro parte de l'état de saturation du sol) qu'une crue de récurrence donnée est générée par l'averse de même récurrence.

Pour la crue décennale, il convient de déterminer le maximum ruisselé afférent à une averse décennale puis de lui rajouter une estimation du débit de base.

Dans un premier temps, on calcule le volume ruisselé de la crue décennale en effectuant le produit de la lame ruisselée correspondante par la superficie du bassin versant. La lame ruisselée est elle-même obtenue en appliquant à l'averse décennale ponctuelle les coefficients d'abattement et de ruissellement définis précédemment.

Dans un deuxième temps, le maximum ruisselé est obtenu en effectuant le quotient du volume ruisselé par la moitié du temps de base.

Ceci revient à schématiser l'hydrogramme de ruissellement sous la forme dite de l'hydrogramme standard triangulaire [7, 8].

Pour une crue unitaire individualisée, le débit maximal de l'hydrogramme de ruissellement est obtenu par la formule :

$$Q \text{ max R m}^3/\text{s} = \frac{K_r \times \text{PDM} \times S \times 10^3}{3 \ 600 \times \text{TB}/2}$$

avec K_r : coefficient de ruissellement de l'averse décennale

PDM : pluie décennale moyenne ou hauteur moyenne sur le B.V. de l'averse décennale en mm (PDM = $K_a \times E_0$, 1)

S : superficie du bassin en km²

TB : temps de base de l'hydrogramme en heures.

On peut supposer que le débit de base varie peu entre le début et la fin de la crue, en tous cas pas de manière significative pour le problème traité. En fait son estimation est purement arbitraire, ne tenant compte que de l'idée qu'on peut se faire sur la facilité avec laquelle les réserves peuvent se remplir et sur l'importance qualitative de celle-ci. C'est surtout sur ce point qu'un étalonnage des stations en moyennes-eaux pourrait apporter quelque éclaircissement. Il n'en reste pas moins que ce paramètre reste secondaire dans l'estimation des crues de projet. S'il ne l'était pas, cela voudrait dire qu'on aurait surestimé le ruissellement dans des proportions beaucoup plus importantes que la sous-estimation correspondante du débit de base, donc exagéré le débit de crue de projet pris en compte.

3.2 Crue de projet de la Daléma

Le calcul de la crue décennale, avec

$$K_R = 0,60$$

$$\text{PDM} = 80 \text{ mm} \quad \text{d'où Hr} = 48 \text{ mm}$$

$$S = 645 \text{ km}^2$$

$$\text{et TB} = 22 \text{ heures}$$

aboutit à un débit maximum ruisselé $Q_{MAX R}$ de 782 m³/s.

Le débit de base doit être au plus de 50 m³/s, d'où un maximum décennal de 830 m³/s environ.

Le volume à évacuer (débit de base + volume ruisselé) pendant les 22 heures de durée de la crue serait de 35 millions de m³ environ.

Le maximum de la crue de projet aurait pour limite supérieure :
 $830 \times 2,5 = 2100 \text{ m}^3/\text{s environ.}$

En fait, compte tenu des marges de sécurité prises, notamment pour le coefficient multiplicateur, on admettra une fourchette 1600 - 2100 m³/s.

3.3 Crue de projet de la Koila Kobé

L'analyse des crues a montré que les parties amont et aval du bassin réagissaient chacune pour son propre compte et que les crues générées se retrouvent avec un décalage de 37 heures (entre les maximums) à l'exutoire où elles se composent pour donner la crue correspondant à l'ensemble du bassin. En fait, les paramètres de temps des crues de ruissellement à hydrogramme standard triangulaire ont des valeurs telles que ces crues restent dissociées à l'exutoire (figure 8).

A priori, il paraissait incorrect d'évaluer séparément les coefficients d'abattement de l'averse exceptionnelle (bassin amont, bassin aval) du fait qu'il n'y a pas nécessairement une averse décennale moyenne sur le bassin de 75 mm (3.2.3). Mais le fait que les hydrogrammes amont et aval soient bien dissociés à l'exutoire conduit à considérer séparément le ruissellement des bassins amont et aval et par suite à retenir la même averse décennale moyenne que pour la Daléma, soit 80 mm.

Les crues de ruissellement sont alors caractérisées par les valeurs suivantes des paramètres, respectivement pour les bassins aval et amont (surface totale : 1 600 km²) :

- B.V. Koila Kobé aval : S : 510 km²

$$K_R = 0,55$$

$$PD_M = 80 \text{ mm} \quad \text{d'où } H_r = 44 \text{ mm}$$

$$T_B = 35 \text{ h} \quad T_M = 12 \text{ h}$$

soit $Q_{MAX R} = 358 \text{ m}^3/\text{s}$.

- B.V. KOILA KOBE AMONT : S : 1 090 km²

$$K_R = 0,55$$

$$PDI = 80 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } H_r = 44 \text{ mm}$$

$$T_B = 34 \text{ h} \quad T_M = 13 \text{ h}$$

soit un débit maximum ruisselé $Q_{MAX R}$ de $782 \text{ m}^3/\text{s}$.

La composante "ruissellement" de la crue est donc entièrement conditionnée par le bassin amont.

On notera que le volume ruisselé de l'hydrogramme "B.V. aval" est de 22,5 millions de m³ ; celui de l'hydrogramme "B.V. amont" atteint 48 millions de m³, soit un total décennal ruisselé de 70,5 M m³ auquel il faut ajouter les volumes de l'écoulement de base.

Le débit de base concerne lui la totalité du bassin et peut peut-être atteindre $150 \text{ m}^3/\text{s}$, bien que ce chiffre paraisse à priori un peu élevé.

On aurait donc un maximum de crue décennale d'environ $930 \text{ m}^3/\text{s}$. La crue décennale entraînerait le transit à l'exutoire pendant environ 3 jours de plus de 100 millions de m³ d'eau.

Le maximum de la crue de projet aurait pour limite supérieure :
 $930 \times 2,5 = \underline{2\,300 \text{ m}^3/\text{s}}$ environ.

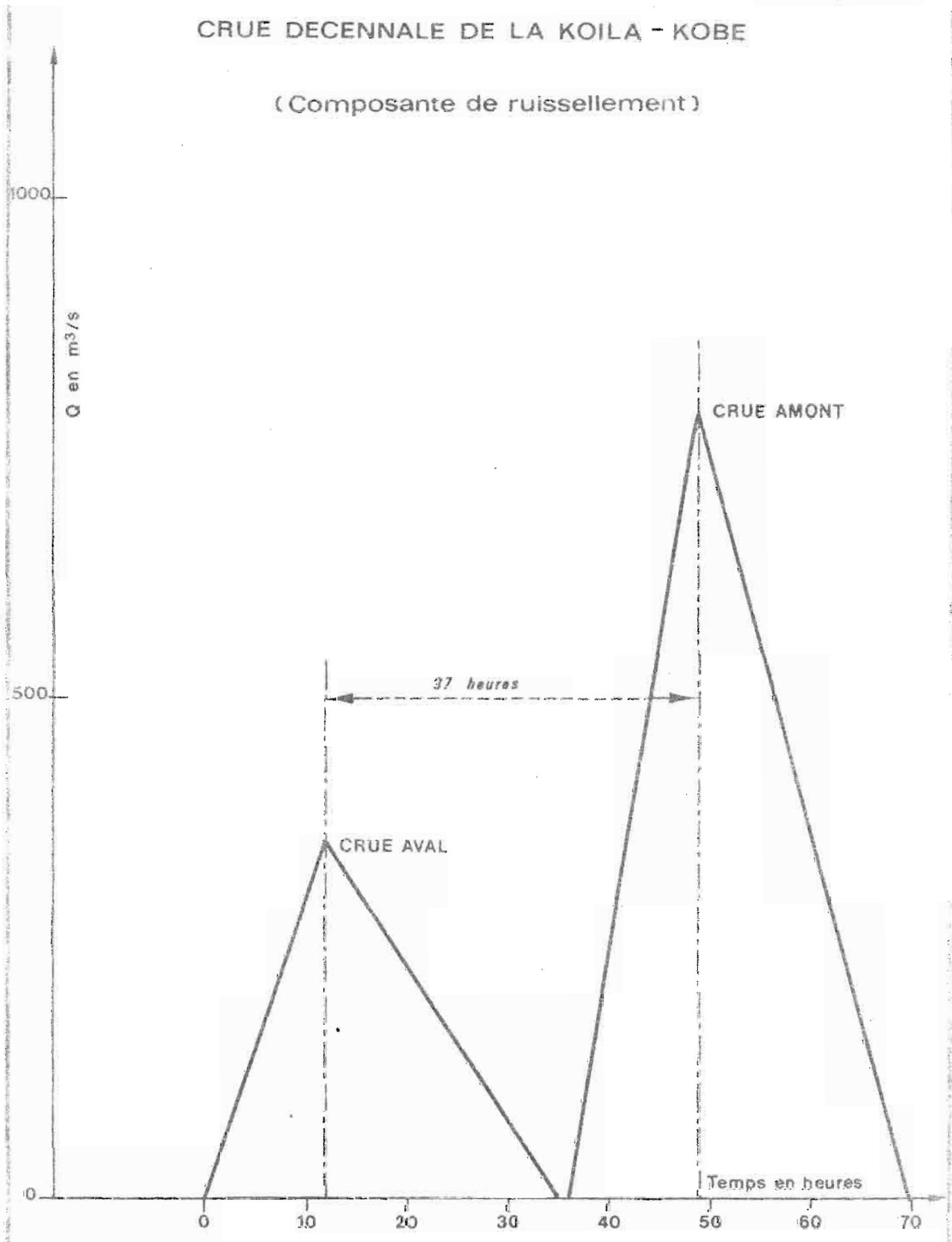
Pour les mêmes raisons que pour la DALEMA, on admettra une fourchette de $1900 - 2300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il reste à considérer le cas où la crue exceptionnelle ne serait pas générée par une averse unique mais par deux averses successives qui mettraient plus ou moins en coïncidence des ruissellements amont et aval. On peut imaginer par exemple qu'une averse décennale tombe 1 jour et demi plus tard qu'une précédente averse décennale... La coïncidence des deux hydrogrammes amont et aval à l'exutoire conduirait à observer un maximum cumulant les deux pointes de crue, soit $1\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ avec en plus $150 \text{ m}^3/\text{s}$ de débit de base, soit $1\,300 \text{ m}^3/\text{s}$ (hydrogramme à 3 pointes, $358, 1\,140$ et $782 \text{ m}^3/\text{s} +$ débit de base). Mais la récurrence d'un tel événement est beaucoup plus que décennale.

L'évaluation de la période de retour d'évènements de ce type nécessiterait une longue étude statistique complémentaire aux stations longue-durée caractéristiques de la région. Il ne nous semble d'ailleurs pas qu'une telle recherche puisse apporter un réel complément d'information au problème posé ici. On a vu dans l'exemple cité que du point de vue maximum on restait nettement en deçà de la fourchette proposée pour la crue de projet.

CRUE DECENNALE DE LA KOILA - KOBE

(Composante de ruissellement)



3.4 Conclusion

Les résultats peuvent se résumer dans le tableau :

	Crue décennale	Crue de projet
Daléma 645 km ²	830 m ³ /s	1500 - 2100 m ³ /s
Koila Kobé 1600 km ²	930 m ³ /s	1900 - 2300 m ³ /s

On notera, en comparant les résultats de la Daléma et de la Koila Kobé, l'importance primordiale de la forme des bassins. Ainsi la forte compacité du bassin de la Daléma explique la rapide concentration des apports ruisselés et l'importance relative de ses crues exceptionnelles par rapport à celles de la Koila Kobé.

On rappelle que la crue de projet est celle qu'en principe on a une probabilité quasi-nulle de voir se produire dans l'hypothèse, naturellement, de la permanence du climat et du complexe physique du bassin. Cette notion peut être modulée suivant la nature des ouvrages et le risque encouru par une rupture de ceux-ci, ainsi que suivant le degré d'acceptation de ce risque.

On soulignera ici pour mémoire qu'il n'y a pas d'effet amortisseur ou écrêteur de crue à attendre des retenues projetées, à supposer qu'elles ne soient pas remplies, compte tenu de leur capacité et de l'importance des volumes transitant à l'exutoire au cours d'une crue exceptionnelle.

4. ESTIMATION DES APPORTS ANNUELS

Une analyse préliminaire des données de base disponibles [2] a montré que les apports annuels étaient de nature à satisfaire sans problèmes le remplissage des retenues de capacité modeste prévues sur la Daléma et la Koila Kobé. Bien que cela sorte du cadre contractuel de cette étude, il a paru intéressant de reprendre ici ces estimations et de les préciser dans un contexte hydrologique déficitaire.

Ces estimations ont été faites à partir de stations hydrologiques voisines. La Falémé à GOURBASSI (17 100 km²) [9] draine des régions comparables à celles qui ont été étudiées ici et intègre en particulier les écoulements de la Daléma et de la Koila Kobé. Calculé sur 11 ans, de 1954 à 1965 -sur une période humide, il est vrai-, son module moyen est de 183 m³/s, soit 10,7 l/km².

La Tiokoye (950 km²), affluent de la Gambie a montré pour deux années moyennes (1974 et 1975) des modules spécifiques plus élevés avec des coefficients d'écoulement de 40 à 30 % .

Si l'on s'en tient aux données de la Falémé à GOURBASSI pondérées par les incidences d'une période sèche, il semble bien que l'on puisse compter sur un module spécifique moyen supérieur à 8 l/km² pour la Daléma et la Koila Kobé, ce qui conduit aux valeurs suivantes :

	Daléma	Koila Kobé
module moyen m ³ /s	5,2	12,8
volume écoulé (10 ⁶ m ³)	163	404
lambe écoulée (mm)	250	250
coefficient d'écoulement ≠	≠ 20 %	≠ 20 %

Par ailleurs, on sait que la valeur minimale probable du coefficient d'écoulement annuel, pour de tels bassins recevant en année moyenne 1 300 mm environ, est de 15 %.

On peut donc considérer qu'en année médiane, on peut compter au minimum sur un volume de 120 Millions de m³ sur la Daléma, de 300 Millions de m³ sur la Koila Kobé.

En année décennale sèche, les précipitations annuelles ne sont plus que de 1 000 à 1 050 mm (cf. 3.2.1). AKMANOGLU donne dans son étude du coefficient de variation des pluies annuelles en AFRIQUE de l'Ouest [1] une valeur de $C_v = 0,15$ qui conduit à un décile sec de 1 050 mm.

Pour de telles précipitations, la valeur minimale du coefficient d'écoulement annuel n'est plus que de 8 % pour le type de bassins étudiés.

Ceci conduit à fixer la garantie décennale
à un volume de 50 millions m³ pour la Daléma,
de 130 millions m³ pour la Koila Kobé.

B I B L I O G R A P H I E

- 1 AKMANOGLU (N.O.) : Etude systématique sur les modules pluviométriques et hydrologiques interannuels en AFRIQUE Occidentale et Equatoriale, ORSTOM PARIS 1970.
- 2 B.R.G.M. : Projet de Mine de Fer de la Falémé - SENEGAL. Site de KOUDEKOUROU et FARANGALIA.
Données de base de l'étude. Mars 1980.
- 3 BRUNET-MORET (Y.) : Etude Générale des averses exceptionnelles en AFRIQUE Occidentale, ORSTOM - C.I.E.H PARIS 1968.
- 4 CALLEDE (J.) : "Transmission par satellite des données hydrométriques. Expériences de l'ORSTOM au SENEGAL et esquisse d'une technologie". Cahiers ORSTOM, série Hydrologie.
Vol XVI n° 1, 1979, pp, 25,53.
- 5 DUBREUIL (P.) : Recueil de données de base de bassins représentatifs et expérimentaux (1951-1969).
- 6 OLIVRY : (J.C.) : Rapport de la tournée d'installation des appareils de télétransmission des stations hydrologiques de la Daléma et de la Koila Kobé et premiers résultats.
ORSTOM DAKAR - Juillet 1980.
- 7 ROCHE (M.) : Recherche d'un hydrogramme standard - ORSTOM PARIS, 1966.
- 8 ROCHE (M.) : Pratiques courantes pour l'évaluation des crues et des débits d'étiage pris en compte dans les projets.
Colloque sur l'élaboration des projets d'utilisation des ressources en eau sans données suffisantes.
UNESCO - WHO - AIHS - MADRID, Juin 1973.
Publ. AIHS n° 103, vol. 2, pp. 419-437.
- 9 ROCHETTE (C.) : Le bassin du Fleuve Sénégal. Monographies Hydrologiques ORSTOM. PARIS, 1974.
- 10 RODIER (J.), AUVRAY (C.) : Estimation des débits de crue décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km² en AFRIQUE Occidentale. ORSTOM - C.I.E.H. PARIS 1965.
- 11 VUILLAUME (G.) : L'abattement des précipitations journalières en AFRIQUE Intertropicale. Variabilité et précision de calcul.
Cahiers ORSTOM, série Hydrologie. Volume XI, n° 3, 1974.

ANNEXES

Télétransmission dans le Système ARGOS

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date			H cm	Date			H cm	Date			H cm			
Mois	Jour	Heure mn		Mois	Jour	Heure mn		Mois	Jour	Heure mn				
du 6	20		Pas d'écoulement	7	13	8	14	25	7	18	7	51	29	
au 7	7						9	52	24			7	54	31
7	7	19	51			14	29	24			7	58	34	
		21	24			16	12	24			8	1	36	
		21	30			19	18	23			8	4	44	
						21	1	23			9	33	169	
7	8	8	15	55	7	14	3	6	23		9	36	172	
		8	24	54			7	53	23		9	39	174	
		10	0	52			9	29	22		9	42	178	
		19	19	43			16	1	22		15	12	212	
		19	25	43			17	41	22		15	15	211	
		19	28	44			18	55	22		16	48	202	
		21	1	44			20	38	22		16	57	201	
		21	10	44							19	0	164	
7	9	8	0	70	7	15	2	54	22		19	3	162	
		9	39	63			4	40	22		19	6	160	
		15	15	51			6	14	22		19	9	159	
		16	57	50			7	29	22		20	39	126	
		19	3	47			9	8	21		20	45	125	
		20	48	46			15	50	21		20	48	123	
							17	29	21					
7	10	7	39	38			18	30	21	7	19	3	51	93
		9	18	36			18	34	21			5	30	90
		15	5	34			20	16	20			7	40	87
		16	37	32			21	52	20			9	10	86
		16	41	32								9	19	85
		16	44	32	7	16	2	42	20			15	4	78
		16	47	33			4	18	20			16	45	73
		18	44	34			4	27	20			18	45	70
		20	26	35			6	0	20			20	27	69
		22	2	35			7	5	20			22	2	68
							8	47	20					
7	11	7	17	31			10	23	20	7	20	3	41	62
		8	59	31			15	38	20			5	23	61
		14	54	30			17	19	20			7	17	59
		16	36	30			19	54	20			8	53	57
		20	3	29			21	32	20			9	0	57
		21	42	29								14	50	54
					7	17	4	16	20			16	35	50
		6	51	27			5	54	20			20	6	49
		8	23	27			8	26	20			21	42	47
		8	36	27			10	1	20					
		10	11	27			15	26	20	7	21	3	31	44
		14	42	26			19	32	20			5	11	44
		16	24	25			21	11	20			6	53	42
		19	40	25								8	37	41
		21	20	25	7	18	4	4	20			10	13	41
							5	42	20			14	40	39

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date			Heure	mn	H	cm	Date			Heure	mn	H	cm				
Mois	Jour	Mois					Jour	Mois	Jour								
7	21		16	22	39	7	26		4	15	85	7	31		3	15	71
			17	59	38				5	45	88				4	55	82
			19	44	38				5	52	88				4	58	83
			21	24	38				6	41	88				8	6	122
7	22		3	17	35				8	21	82				8	16	124
			5	0	35				8	27	82				9	55	129
			8	15	34				10	4	76				14	21	98
			9	52	34				15	24	71				14	25	96
			14	25	81				17	7	71				16	10	90
			16	9	78				21	13	70				17	48	86
			16	12	76	7	27		8	1	63				19	12	86
			17	50	73				8	4	62				21	4	84
			19	17	69				9	41	61	8	1		3	0	76
			21	0	66				15	13	57				7	50	73
7	23		3	5	61				16	53	57				7	53	71
			4	47	64				19	7	55				9	35	71
			7	54	64				20	50	54				19	0	68
			9	31	63	7	28		7	43	50	8	2		20	40	68
			15	59	57				9	23	50				6	12	61
			17	39	54				15	2	47				7	31	60
			18	57	54				16	42	47				9	14	58
			20	40	54				16	42	47				15	45	113
7	24		2	52	50				18	47	47				17	22	116
			4	38	48				20	30	46				17	25	117
			6	12	47	7	29		22	4	46				18	31	122
			6	15	-				3	39	46				18	37	124
			7	30	46				5	21	44				21	54	114
			9	9	46				7	19	44	8	3		2	38	94
			15	38	42				9	1	43				4	18	94
			15	41	42				14	48	73				7	6	94
			15	44	42				16	24	80				8	51	93
			15	47	42				16	34	81				10	24	93
			17	17	46				18	22	82				15	35	88
			17	26	46				20	7	84				17	15	86
			18	34	47				21	46	82				19	58	80
			20	16	49	7	30		3	27	74				21	35	79
			21	52	49				5	9	76	8	4		4	13	81
7	25		7	7	52				6	54	76				5	50	81
			8	50	52				8	37	74				8	28	81
			15	37	46				8	40	74				10	4	81
			17	18	46				10	13	73				15	19	74
			19	44	50				14	37	68				19	33	71
			19	48	52				19	44	62				21	15	70
			19	51	53				21	26	61				8	5	62
			19	54	53	7	31		3	6	70				16	52	62
			21	34	61				3	9	71				19	11	59
									3	12	71				20	52	58

Télétransmission dans le Système ARGOS

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1900

Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm
Mois	Jour				Mois	Jour				Mois	Jour			
8	6		3 40	82	8	10	2 50	153	8	14	5 37	154		
			3 43	83			3 1	151			8 9	151		
			3 49	84			7 49	144			9 45	149		
			5 28	90			7 55	143			15 10	140		
			5 31	91			9 34	140			16 52	137		
			7 44	100			9 37	138			19 14	133		
			9 14	96			15 54	119			20 49	130		
			9 20	95			15 57	110			20 52	129		
			9 24	94			17 29	118						
			14 58	82			17 35	114	8	15	3 47	110		
			20 29	73			18 55	111			5 27	105		
8	7		3 38	63			18 58	111			7 44	98		
			5 20	62			19 1	111			16 28	84		
			7 20	61			20 42	110			16 31	84		
			9 2	61	8	11	2 50	113			16 34	84		
			14 47	60			4 34	113			16 38	84		
			14 50	63			6 9	113			16 41	84		
			16 29	60			7 32	110			18 45	82		
			20 7	61			9 14	105			18 51	82		
			20 10	61			15 45	94			20 33	82		
			21 47	60			17 20	90			22 6	82		
8	8		3 26	58			17 23	90	8	16	3 35	92		
			6 56	58			18 30	89			5 18	89		
			8 42	57			20 20	89			7 22	86		
			10 12	57			21 56	89			9 5	84		
			14 35	57	8	12	4 23	89			14 46	82		
			16 20	57			5 53	87			16 30	82		
			17 55	57			5 59	87			20 11	81		
			19 46	57			7 10	86			21 48	81		
			21 24	56			8 46	86	8	17	3 21	81		
8	9		4 44	194			8 49	86			5 3	81		
			4 47	197			8 52	86			6 57	80		
			4 50	200			17 12	230			8 42	79		
			4 53	202			19 47	197			10 15	79		
			4 56	204			19 50	196			14 35	78		
			8 10	309			19 56	194			16 18	78		
			8 13	312			19 59	192			19 48	125		
			8 19	313			21 28	164			21 28	129		
			9 51	319			21 35	162	8	18	3 14	102		
			9 57	318			21 38	160			4 56	102		
			14 21	233	8	13	5 45	142			8 19	100		
			14 24	230			6 44	142			14 20	100		
			16 2	206			8 32	146			16 7	100		
			16 8	202			10 8	149			17 44	100		
			17 40	178			15 20	157			19 21	100		
			17 46	176			17 2	157			21 7	100		
			19 15	165			19 37	160	8	19	2 58	100		
			19 24	164			21 16	160			4 43	100		
			21 6	159							6 19	100		

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date			Heure	mn	H	cm	Date			Heure	mn	H	cm	Date			Heure	mn	H	cm
Mois	Jour						Mois	Jour						Mois	Jour					
8	19		7	59	100	8	23		5	38	113	8	26		19	48	142			
			9	35	98				8	0	114				21	28	138			
			15	54	94				8	6	116		8	27		3	4	128		
			17	27	92				8	9	117				3	11	127			
			17	33	90				9	48	122				4	53	125			
			19	3	89				15	9	103				9	59	116			
			20	39	87				16	48	102				16	4	110			
			20	43	86				19	14	100				17	44	110			
8	20		2	48	82				20	50	100				19	27	110			
			4	31	81				20	53	99		8	28		2	55	113		
			6	5	80				20	56	99				4	42	113			
			6	8	80	8	24		3	35	318				6	16	114			
			7	35	78				3	41	320				7	59	114			
			9	15	78				3	47	321				9	37	114			
			15	44	75				5	17	334				15	52	114			
			17	24	75				5	26	336				17	33	114			
			18	40	74				7	40	339				19	4	114			
			20	21	74				7	46	338				20	44	114			
			21	59	73				9	25	338									
8	21		4	20	72				14	48	342		8	29		2	45	114		
			5	59	72				14	51	339				4	29	112			
			7	7	72				14	54	338				6	3	112			
			8	54	71				14	57	337				7	37	112			
			15	31	70				16	27	356				9	17	112			
			17	10	70				16	30	359				15	41	110			
			20	0	69				16	33	363				17	21	110			
			21	36	69				16	36	366				18	40	110			
									16	40	370				20	23	110			
8	22		6	46	68				18	47	176				22	0	110			
			8	29	73				18	50	175									
			8	32	74				18	53	174		8	30		4	18	110		
			10	3	113				20	32	169				6	57	108			
			10	6	114										7	12	108			
			10	9	116		8	25	3	33	161				8	55	108			
			15	9	144				7	21	159				15	28	103			
			15	15	145				7	24	158				17	11	102			
			15	18	146				9	7	158				20	0	100			
			16	49	168				14	43	157				21	40	98			
			16	59	169				18	2	157									
			17	2	170				20	13	157		8	31		4	8	92		
			19	29	161				21	49	157				5	45	90			
			19	32	159		8	26	3	23	157				6	47	90			
			19	35	158				5	6	159				8	33	90			
			19	38	157				6	58	159				10	6	95			
			21	11	125				8	44	159				10	9	97			
			21	18	124				10	17	158				15	17	136			
8	23		3	50	117				14	32	150				16	50	129			
			3	59	117				16	14	147				16	53	128			
			5	32	114				17	53	144				16	59	127			
															19	38	108			

Télétransmission dans le Système ARGOS

Exploitation du Fichier DISPOSE

Station : DALEMA

n° 9141

Année 1980

Date		Heure mn		H cm	Date		Heure mn		H cm	Date		Heure mn		H cm
Mois	Jour				Mois	Jour				Mois	Jour			
8	31	21	15	104	9	5	17	42	105	9	11	5	23	118
		21	18	103			19	21	106			7	49	118
9	1	3	55	98			19	27	106			9	30	118
		5	25	98			21	9	106			18	48	114
		5	35	98	9	6	2	51	-			18	51	116
		8	10	96			2	54	108			18	54	117
		9	50	96			4	39	109			20	37	124
		15	8	94			7	59	109	9	12	3	28	110
		16	48	94			9	38	109			5	12	108
		19	15	93			15	51	110			7	28	105
		20	58	93			17	30	110			9	8	103
9	2	3	33	93			19	5	110			14	40	102
		3	45	93	9	7	2	42	110			16	14	102
		5	25	93			4	29	110			16	23	98
		7	42	92			6	5	110			18	1	97
		7	48	92			7	37	110			20	13	97
		9	27	91			9	19	110			21	50	96
		14	54	89			15	38	110	9	13	3	19	94
		16	37	89			17	20	110			7	3	94
		18	54	88			18	37	110			8	46	93
9	3	7	24	93			18	40	110			14	26	93
		9	7	93			20	25	110			16	11	93
		14	37	93			22	0	108			19	53	92
		14	43	95	9	8	5	54	103			21	32	92
		16	13	100			7	14	103	9	14	3	7	91
		16	16	100			8	56	102			4	48	90
		16	22	100			15	27	102			8	24	89
		16	26	100			17	5	102			10	2	89
		18	2	100			17	8	99			15	59	88
		20	10	100			20	4	99			17	39	88
		20	13	101			21	39	99			19	18	88
		21	49	102	9	9	6	50	133			19	28	88
9	4	6	59	100			8	29	153			21	11	87
		8	45	99			8	35	154	9	15	6	14	86
		10	18	99			10	4	156			8	3	86
		14	27	101			10	10	156			9	40	86
		14	30	101			15	12	150			15	50	86
		16	12	101			15	15	149			17	27	86
		19	47	101			16	57	142			19	5	83
		19	50	101			19	41	137			20	46	83
		21	29	101			21	19	135	9	16	7	36	82
9	5	3	8	102	9	10	5	35	127			7	40	81
		4	50	102			8	13	126			9	19	81
		8	18	102			9	43	125			15	38	79
		8	21	102			19	18	121			17	18	79
		10	0	103			20	58	121			18	44	79
		16	3	105										

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date		Heure mn	H cm	Date		Heure mn	H cm	Date		Heure mn	H cm	
Mois	Jour			Mois	Jour			Mois	Jour			
9	16	20	27	9	22	3	17	9	27	21	16	
		22	0			4	59			21	19	
9	17	4	16	9	23	7	4	9	28	3	49	
		5	53			8	47			5	31	
		7	16			10	20			8	15	
		8	59			16	9			86	9	44
		15	23			17	48			15	0	
		17	8			19	52			16	42	
		20	3			21	28			19	20	
		21	39			21	28			20	56	
9	18	6	49	9	24	3	5	9	29	7	53	
		8	37			6	23			9	30	
		10	13			8	24			14	47	
		16	56			10	3			16	32	
		19	43			15	59			18	7	
		21	15			17	38			18	57	
		21	18			19	29			20	38	
		21	21			21	10			71	3	26
9	19	3	52	9	25	2	46	9	30	5	7	
		5	33			2	50			7	26	
		8	1			4	38			9	11	
		8	14			6	13			14	35	
		9	49			8	1			17	56	
		15	3			9	40			18	33	
		16	44			15	45			20	15	
		19	18			17	27			21	51	
20	59	19	6	7	41							
9	20	3	40	9	26	7	41	10	1	7	4	
		7	49			9	20			8	49	
		9	31			15	34			10	21	
		14	49			17	14			16	7	
		16	32			18	45			17	45	
		18	57			20	27			19	55	
		20	36			22	1			21	27	
		3	25			7	16			6	40	
9	21	3	28	9	27	8	59	10	2	8	25	
		5	5			19	59			10	3	
		5	11			20	3			15	57	
		7	25			20	6			17	36	
		7	29			21	41			19	30	
		9	8			6	52			21	11	
		14	37			8	30			8	3	
		16	20			10	10			9	42	
9	21	17	59	9	27	10	10	10	3	15	42	
		18	33			15	11			17	24	
		20	15			16	53			19	9	
		21	52			19	43			20	48	

Télétransmission dans le Système ARGOS

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm
Mois	Jour	Mois			Jour	Mois	Jour			Mois	Jour			
10	4		7 40	55	10	10	3 10	50	10	15	10 14	45		
			9 13	55			4 52	50			15 6	44		
			9 19	54			7 3	50			16 48	44		
			15 21	54			8 43	49			19 44	43		
			15 34	54			10 21	49			21 20	43		
			17 13	54			16 6	49	10	16	3 44	43		
			18 46	54			17 43	48			5 26	43		
			20 28	54			19 53	48			8 15	43		
10	5		7 18	54			21 33	48			9 53	43		
			9 0	54	10	11	6 41	48			16 38	42		
			15 22	54			8 27	48			19 22	42		
			17 1	54			10 3	48			20 52	42		
			20 4	53			15 54	47			20 58	42		
			21 43	53			17 33	47						
10	6		3 58	53			19 31	47	10	17	3 31	42		
			5 28	53			21 13	47			5 14	42		
			6 52	53	10	12	8 4	46			7 55	42		
			8 38	53			9 41	46			9 34	42		
			10 14	53			15 41	46			14 42	42		
			15 10	53			17 24	46			16 25	42		
			16 50	53			19 0	-			18 0	41		
			19 44	53			19 9	46			18 57	41		
			21 23	53			20 49	46			20 39	41		
10	7		3 47	53	10	13	4 19	46	10	18	7 29	41		
			5 27	53			5 49	46			9 12	41		
			8 9	52			5 59	46			16 13	41		
			8 15	52			7 41	46			17 52	41		
			9 51	52			9 23	46			18 32	41		
			14 57	52			15 29	46			20 14	41		
			16 40	52			17 12	46			21 52	41		
			19 22	51			18 45	46	10	19	7 0	41		
			21 2	51			20 27	46			7 6	41		
							22 4	46			8 48	41		
10	8		3 35	51	10	14	4 8	46			16 2	41		
			7 54	51			5 38	46			17 40	41		
			9 30	51			7 17	46			19 55	41		
			14 45	50			8 51	46			21 31	41		
			16 27	50			15 20	46	10	20	2 56	41		
			18 3	50			16 59	46			8 28	41		
			18 56	50			20 4	45			10 3	41		
			20 38	50			20 7	45			15 39	40		
10	9		7 29	50			21 40	45			15 51	40		
			9 12	50	10	15	3 56	45			17 30	40		
			16 17	50			5 29	45			19 33	40		
			17 53	50			5 35	45			21 8	40		
			18 34	50			6 52	45	10	21	2 41	40		
			20 17	50			8 38	45			4 29	40		
			21 50	50							5 58	40		

Station : DALEMA

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9141

Année 1980

Date			Heure	mm	H	cm	Date			Heure	mm	H	cm			
Mois	Jour	Mois					Jour	Mois	Jour							
10	21		6	8	40	10	27		3	13	34	11	2	6	53	28
			8	5	40				5	1	34			8	41	28
			9	43	40				7	30	34			10	16	27
			15	40	39				9	12	33			15	2	27
			17	18	39				16	13	33			16	44	27
			19	9	39				17	49	33			19	45	26
			20	50	39				18	32	33			21	24	26
10	22		4	16	39				20	17	33	11	3	3	39	26
			5	54	39	10	28		3	5	33			8	16	26
			7	42	39				4	50	33			9	54	26
			9	23	38				7	6	33			14	50	26
			15	26	38				8	39	32			16	31	26
			17	7	38				8	51	32			18	6	26
			18	46	38				16	1	31			19	23	26
			20	30	38				17	40	31			20	52	26
10	23		5	43	38				19	56	31			21	1	26
			5	46	37				21	29	31	11	4	3	25	26
			7	18	38	10	29		2	51	31			7	56	26
			9	0	38				4	39	31			9	34	26
			15	14	38				6	12	31			14	35	26
			16	56	38				6	43	31			16	20	26
			20	6	37				8	28	31			17	58	26
			21	44	37				10	4	31			19	0	26
10	24		3	53	37				19	33	30			20	41	26
			6	54	37				21	9	30	11	5	7	24	26
			8	38	37				21	12	30			7	30	26
			10	14	37	10	30		8	5	30			9	11	25
			15	3	37				9	45	30			16	9	25
			16	41	37				15	36	30			17	48	25
			16	45	36				17	16	30			18	31	25
			19	43	36				19	5	29			20	15	35
			21	25	36				20	45	29			21	51	25
10	25		3	41	36				20	51	29	11	6	2	58	25
			8	15	36		31		4	16	29			6	21	25
			9	53	36				5	52	29			7	7	25
			14	52	36				7	41	29			8	48	25
			16	34	36				9	24	29			8	51	25
			18	10	34				15	25	29			10	24	25
			19	21	34				16	56	29			15	55	25
			21	3	34				17	5	29			17	37	25
10	26		3	30	34				18	48	29			19	52	25
			5	12	34				20	29	29			21	30	25
			7	55	34				22	3	29	11	7	6	42	25
			9	34	34									8	29	25
			14	40	34	11	1		5	42	29			10	5	25
			16	22	34				7	18	29			15	46	25
			17	58	34				9	2	29			17	24	25
			19	0	34				15	14	28			19	27	24
			20	39	34				16	53	28			21	8	24
									20	7	28			21	11	24
									21	42	28					

Station : KOILA KOBE

n° 9140

Année 1980

Télétransmission dans le Système ARGOS

Exploitation du Fichier DISPOSE

Date		Heure	mn	H	cm	Date		Heure	mn	H	cm	Date		Heure	mn	H	cm
Mois	Jour					Mois	Jour					Mois	Jour				
6	19	15	40	25	6	28	2	43	17	7	5	7	49	157			
		17	21	25			6	57	-			9	21	136			
		19	47	25			7	0	17			9	30	135			
		21	25	25			8	45	17			16	1	87			
6	20	8	19	25			10	17	17			17	39	79			
		9	57	25			15	41	17			20	34	69			
		15	28	25			17	19	17								
		17	9	25			19	49	17	7	6	2	55	56			
		19	23	25			21	27	17			7	28	51			
		21	1	25	6	29	8	21	31			9	6	49			
		21	4	24			9	59	29			15	40	99			
6	21	7	58	24			19	27	47			15	46	102			
		9	37	24			21	6	48			15	49	103			
		15	16	24	6	30	7	59	41			17	21	118			
		16	58	24			9	38	39			17	31	119			
		19	2	24			19	3	35			20	13	120			
		20	43	24			20	45	33			21	51	116			
6	22	7	34	22	7	1	7	38	31	7	7	7	0	101			
		9	16	22			9	17	29			8	45	99			
		15	5	22			15	6	29			15	28	91			
		16	47	22			16	48	29			15	38	91			
		18	38	22			18	39	27			17	19	89			
		20	22	22			20	23	27			19	51	88			
		21	55	22								21	30	85			
6	23	7	7	-	7	2	7	14	25	7	8	8	23	76			
		7	13	22			8	55	25			10	2	76			
		8	55	22			16	36	25			19	27	76			
							19	59	25			20	59	88			
6	24	19	37	19			21	38	24			21	5	88			
		21	16	19								21	8	89			
6	25	8	9	19	7	3	8	22	24								
		9	48	19			8	31	24	7	9	8	2	77			
		16	15	19			10	10	24			9	31	111			
		17	51	19			14	36	24			9	34	112			
		19	13	19			16	24	24			9	37	113			
		20	55	19			19	38	22			9	40	115			
							21	16	22			15	17	146			
6	26	3	9	19	7	4	8	10	22			16	52	146			
		7	49	19			9	48	22			16	55	145			
		9	27	19			16	13	22			18	59	141			
		16	4	19			17	51	22			20	41	139			
		17	39	19			19	11	22			20	47	137			
		20	34	19			19	14	22								
6	27	7	25	17			19	17	22	7	10	7	41	161			
		9	6	17			20	49	31			9	19	163			
		15	49	17			20	58	33			15	2	160			
		17	31	17								16	44	167			
		20	10	17	7	5	3	3	192			20	19	183			
		21	48	17			3	10	193			20	26	184			
							7	46	159								

Télétransmission dans le Système ARGOS

Exploitation du Fichier DISPOSE

Station : KOILA KOBE

n° 9140

Année 1980

Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm	Date			Heure mn	H cm
Mois	Jour				Mois	Jour				Mois	Jour			
7	11		7 16	161	7	17	4 4	123		du 7 28				
			8 54	157			4 11	124		au 9 6			défaillan-	ce des
			8 58	156			4 14	126					transmiss-	ions.
			14 50	144			5 52	145					Cf. tab.	complé
			16 32	141			8 25	152					mentaire	
			16 35	139			10 3	152					remplace-	ment
			20 1	132			15 24	132					des piles	
			21 40	131			19 29	121						
7	12		8 24	117			21 7	119	9	6		15 49	357	
			8 30	117			21 11	117				17 30	357	
			8 33	115	7	18	4 3	111				19 2	357	
			10 12	115			5 42	109	9	7		4 29	370	
			14 38	112			7 55	114				6 7	370	
			16 23	109			7 58	115				7 39	368	
			19 40	107			8 1	115				9 14	364	
			21 19	105			8 5	116				9 17	363	
							9 34	139				15 39	355	
7	13		8 12	99			9 37	140				17 17	356	
			9 51	97			9 40	140				20 23	364	
			16 12	93			9 43	140				21 58	365	
			19 16	92			15 7	169	9	8		5 54	391	
			20 57	91			15 13	171				7 15	399	
7	14		3 9	88			16 45	179				8 47	408	
			7 51	85			16 55	180				8 53	410	
			9 29	85			19 5	185				15 26	434	
			16 0	83			20 50	188				17 8	435	
			17 38	81								19 52	435	
			18 51	81	7	19	3 52	188				20 1	433	
			20 30	80			5 31	188				21 39	428	
			20 36	79			7 38	196	9	9		6 50	413	
							7 41	198				8 33	411	
7	15		2 54	77			9 16	214				10 8	405	
			4 26	77			9 22	215				15 14	382	
			4 38	77			15 2	262				16 56	376	
			6 14	76			16 44	262				19 40	371	
			7 30	76			20 23	241				21 18	369	
			9 8	74			20 26	240	9	10		5 29	398	
			15 42	74								5 32	399	
			17 24	73	7	20	3 41	207				8 13	407	
			20 16	71			5 20	204				9 51	408	
			21 48	71			7 17	199				19 13	396	
			21 51	71			8 52	195				20 58	389	
							8 59	195				5 22	357	
7	16		4 28	69			14 45	184	9	11		7 41	351	
			6 0	69			16 33	181				7 50	349	
			7 3	69			20 3	174				9 25	345	
			8 45	69			21 41	172				9 29	344	
			15 38	67								18 48	332	
			17 17	67	7	24	15 36	219				20 35	333	
			19 46	67			15 39	219				3 31	337	
			19 49	67			15 43	189	9	12		5 13	337	
			21 31	67	7	27	16 54	179				7 26	336	

Station : KOILA KOBE

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9140

Année 1980

Date		Heure	mn	H. ca.	Date		Heure	mn	H. ca.	Date		Heure	mn	H. ca.
Mois	Jour				Mois	Jour				Mois	Jour			
9	30	17	56	176	10	7	8	12	139	10	14	4	7	137
		20	16	176			9	53	139			5	39	137
		21	51	175			14	52	138			7	18	135
10	1	7	4	173			16	40	138			8	50	135
		8	45	172			19	19	137			15	11	135
		8	48	171			21	0	137			15	17	131
		16	7	168	10	8	3	37	135			16	59	131
		17	45	167			7	54	135			20	6	131
		19	52	166			9	32	135			21	45	128
		21	30	165			16	29	135	10	15	3	53	127
10	2	8	24	161			20	39	133			5	28	127
		10	3	161	10	9	7	30	132			5	37	127
		15	52	161			9	12	131			6	54	127
		17	34	161			16	17	131			8	35	125
		19	31	162			17	53	131			10	13	125
		21	10	162			20	15	131			15	6	125
10	3	8	3	160			21	54	131			16	47	125
		9	42	159	10	10	3	11	129			19	39	123
		15	44	159			4	53	128			21	20	123
		17	22	159			7	6	128	10	16	3	44	121
		19	7	157			8	40	127			5	26	121
		20	49	156			16	3	127			8	14	120
10	4	7	39	155			17	44	127			9	53	120
		7	43	153			19	55	127			16	36	120
		9	21	153			21	30	127			19	21	120
		15	32	153	10	11	8	23	127			20	50	120
		17	14	153			10	2	127			20	56	120
		18	43	152			15	54	127			21	0	122
		20	28	152			17	33	125	10	17	3	33	119
10	5	7	18	148			19	30	125			5	15	119
		8	57	147			21	12	125			7	53	116
		15	21	147	10	12	8	6	127			9	32	116
		17	3	147			9	44	127			16	25	116
		20	4	147			15	40	127			18	0	116
		21	36	145			17	21	131			18	54	115
		21	39	145			19	3	143			20	39	115
10	6	4	0	144			20	45	153	10	18	7	29	115
		5	29	143			20	51	154			9	11	113
		8	36	143	10	13	4	10	156			16	10	113
		10	11	143			5	50	155			17	52	113
		15	6	143			6	0	153			20	18	113
		16	51	143			7	38	152			21	53	113
		19	43	141			9	20	149	10	19	7	5	112
		21	18	141			15	28	147			8	47	112
10	7	3	48	140			17	10	147			16	2	112
		5	27	140			18	45	145			17	40	112
		8	9	139			20	27	143			19	54	112
												21	29	111

Station : KOILA KOBE

Exploitation du Fichier DISPOSE

n° 9140

Année 1980

Date			Heure	mn	H	cm	Date			Heure	mn	H	cm					
Mois	Jour	Mois					Jour	Mois	Jour									
10	20		2	56	111	10	26		3	29	97	10	31	16	56	85		
			8	26	111				5	11	97			17	5	85		
			10	4	109				7	53	97			20	28	85		
			15	41	109				9	34	96		11	1	5	44	85	
			15	50	109				16	21	96			7	19	85		
			17	29	109				17	56	96			9	0	85		
			19	33	109				18	53	96			15	9	84		
			21	11	109									16	54	84		
10	21		4	26	108	10	27		3	18	96			20	7	83		
			6	8	108				4	59	96			21	42	83		
			8	5	108				7	32	96							
			9	43	107				9	7	95		11	2	6	55	83	
			15	39	107				9	10	94			8	39	83		
			17	18	107				16	9	94			10	11	83		
			19	9	107				17	43	94			14	57	83		
			20	50	107				20	14	94			16	42	83		
									21	52	93			19	43	83		
10	22		4	15	107	10	28		3	3	93			21	25	83		
			5	56	105				4	43	93							
			7	44	105				6	23	93		11	3	3	39	86	
			9	23	105				7	8	93			8	15	83		
			15	28	105				8	49	92			9	54	83		
			17	6	105				15	58	92			14	46	-		
			20	30	104				17	37	92			16	27	81		
			22	2	104				19	44	91			19	19	81		
									19	56	91			19	22	80		
10	23		5	45	103				21	28	91			21	0	81		
			7	20	103				21	32	91							
			8	59	103								11	4	3	28	81	
			15	13	101	10	29		2	52	91			7	54	81		
			16	58	101				4	37	91			9	32	81		
			20	5	101				6	15	91			16	19	81		
			21	44	101				8	23	91			17	58	81		
									10	4	91			18	58	81		
10	24		3	49	101				19	32	89			20	39	80		
			3	55	100				21	14	89							
			8	38	99								11	5	7	30	79	
			10	13	99	10	30		8	4	88			9	12	79		
			14	59	99				9	43	88			16	8	79		
			16	47	99				9	46	88			17	46	79		
			19	45	99				15	35	88			20	18	79		
			21	23	99				17	17	88			21	50	79		
									19	11	88							
10	25		3	41	99				20	50	88			11	6	3	1	79
			8	17	97										6	21	79	
			9	55	97				4	14	87			7	6	79		
			16	32	97	10	31		5	52	87			8	47	79		
			19	21	97				7	43	87			8	50	79		
			20	56	97				9	21	87			15	56	79		
			21	2	97				15	24	85			17	35	79		

KOLIA KOBE : Hauteurs d'eau entre le 24 juillet et le 6 septembre 1980

(tirées du limnigramme enregistré sur OTT R 20)

Complément aux données du fichier DISPOSE

Jours	J u i l l e t				A o û t				S e p t e m b r e			
	0 h	6 h	12 h	18 h	0 h	6 h	12 h	18 h	0 h	6 h	12 h	18 h
1						-			279	306	319	309
2						-			295	287	308	346
3					214	204	199	195	376	356	348	374
4					188	190	193	196	354	325	312	306
5					216	258	235	223	322	351	357	352
6					224	218	216	240	342	346	358	
7					244	239	235	220				
8					230							
9					cf.	figure 6						
10						-				cf.		
11						-				fich-ier		
12	cf.	fich-ier				-				DIS-POSE		
13	DIS-POSE					-						
14					240	230	223	215				
15					210	206	202	200				
16					197	195	193	221				
17					222	209	202	207				
18					211	207	210	229				
19					220	208	200	195				
20					191	188	185	182				
21					179	177	175	173				
22					171	173	171	167				
23					168	169	166	168				
24	voir	figu- re 5										
25	211	211	207	196	cf.	figure 6						
26	191	185	183	177								
27	171	175	179	173								
28	174	170	168	164								
29	159	155										
30	voir	figure 5			358	318	292	293				
31					297	279	269	268				