

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

INSTITUT d'ETUDES CENTRAFRICAINES

ETUDE des CRUES DECENNALES des PETITS COURS d'EAU
TRAVERSEES par la LIGNE de CHEMIN de FER C.F.C.O.-N'BINDA

RAPPORT PROVISOIRE

Juillet 1959

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° 33046, ex 1

Cote B

406/5

Par convention du 27 Avril 1959, la Compagnie Minière de l'OGOUE confiait à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer "l'étude d'hydrologie analytique sur des bassins de faible superficie en vue de l'évaluation des crues décennales des petits cours d'eau rencontrés sur la ligne de chemin de fer devant relier le chemin de fer CONGO OCEAN à M'BINDA."

Le présent rapport a pour objet de déterminer à partir des données recueillies sur le terrain et au moyen de procédés simplifiés de recherches, une première série de valeurs des crues décennales. Ces renseignements doivent permettre de procéder, si besoin en est, à des modifications de dernière minute de certains détails du projet des ouvrages, dont la réalisation est actuellement imminente.

En exécution de la convention précipitée, O.R.S.T.O.M. a repris l'exploitation du bassin expérimental du LEYOU en zone forestière, a entrepris l'aménagement dans la même zone d'un nouveau bassin expérimental sur la BIBANGA, et a suivi, de façon très sommaire, les variations des précipitations et des débits sur la LEKOUMOU et, surtout, la LEGALA.

Dans la zone de savane, l'exploitation des bassins de MAKABINA a repris, complétée par un nouveau bassin expérimental sur la MIGOUENGUELE. Des observations sommaires sur la MOUINDI devaient compléter ce programme.

Bien entendu, O.R.S.T.O.M. devait faire bénéficier la COMILOG des enseignements recueillis au cours d'études antérieures, notamment sur le bassin expérimental de la COMBA.

Grâce à une saison des pluies comportant un nombre appréciable de fortes averses et à la vigilance des agents responsables des divers bassins, la campagne 1959 a été fructueuse, ce qui a rendu possible de déterminer de façon assez sûre la plupart des données hydrologiques utiles au projet dont les évaluations antérieures reposaient souvent sur des bases bien incertaines.

Le présent rapport comporte :

- I/ - Une étude des précipitations exceptionnelles dans les régions traversées par le Chemin de Fer C.F.C.O. M' BINDA.
- II/ - Une évaluation des crues décennales dans la zone forestière.
- III/ - Une évaluation des crues décennales dans la zone de savane.

I/ - ETUDE des AVERSES EXCEPTIONNELLES-

Cette étude repose, d'une part sur les relevés journaliers des pluviomètres du Service Météorologique de l'A.E.F. et, d'autre part, sur les enregistrements des pluviographes installés par O.R.S.T.O.M. depuis 1957 sur les 4 bassins expérimentaux de la COMBA, du LEYOU, de MAKABANA et de la BIBANGA. Chaque bassin est pourvu d'au moins deux pluviographes permettant de déterminer l'intensité instantanée au cours de chaque averse, en mm/heure.

L'étude des précipitations de 24 heures est essentielle, elle fournit des renseignements beaucoup plus directs qu'on pourrait le penser à première vue : en effet, l'examen des enregistrements des pluviographes montre qu'une très forte hauteur journalière de précipitations correspond, dans la presque totalité des cas, à une seule averse (qui peut comporter plusieurs pointes) et qui couvre une durée de 5, 6, 7 heures, parfois un peu plus. Etudier la fréquence des fortes précipitations de 24 heures revient sensiblement à étudier la fréquence des averses.

A cet effet, il est indispensable de procéder à un examen critique des précipitations mensuelles et même des fortes précipitations de 24 heures. C'est là une tâche très importante qui sortirait nettement du cadre de cette note provisoire. Mais, par bonheur, elle avait déjà été accomplie pour les stations du bassin versant du KOUILOU-NIARI (stations dans le bassin ou dans un voisinage relatif). BRAZZAVILLE n'avait pu être retenue car ses fluctuations d'hydraulicité s'écartent par trop de celles du KOUILOU, alors qu'elle aurait pu être retenue pour les averses exceptionnelles. Nous avons dû éliminer les stations côtières dont les averses exceptionnelles sont beaucoup plus fortes qu'à l'intérieur.

Nous avons appliqué la méthode des stations-années qui permet de considérer tous les relevés annuels comme s'ils ne concernaient qu'une seule station. Ceci est possible parce que :

- 1°) Chaque station est suffisamment éloignée de la plus proche pour qu'on puisse considérer les résultats comme indépendants.

- 2°) Les régimes pluviométriques sont sensiblement les mêmes.
- 3°) La période commune est de durée suffisante.

Il est donc possible de disposer ainsi de 400 relevés annuels très sensiblement.

De l'ensemble de ces relevés, on a extrait les 100 précipitations les plus fortes qui ont été classées par ordre d'importance décroissante. Le tableau, ci-après, donne les 43 averses les plus fortes. La régularité de la répartition montre bien que, malgré les inquiétudes éprouvées au début de cette étude devant les nombreuses lacunes des relevés, il n'y a pas de fortes erreurs susceptibles d'influencer la détermination des fréquences 1/10 ou 1/50. Ceci ne veut pas dire que les 224 mm de NIENONGO soient exacts ou qu'il ne se soit pas glissé dans les précipitations de 190 mm de 150 ou de 120 mm des produits de la fantaisie des lecteurs, mais l'allure générale de ce tableau montre incontestablement que ces erreurs sont noyées dans l'ensemble. Elles joueraient probablement, dans une certaine mesure pour l'averse centenaire.

Notons que l'on rencontre indifféremment dans les 20 premières averses des stations des zones forestières ou de savane.

Un autre point à signaler : certains postes pluviométriques peuvent occuper une position privilégiée ou être dans une zone soumise à de très fortes précipitations locales : il semble que ce soit le cas de MVOUTI, de MOUILA et de FORT-ROUSSET ou, au contraire, dans une zone moins favorisée à ce sujet comme DOLISIE. C'est pourquoi, on doit considérer que les chiffres que nous obtenons correspondent à des cas moyens. En outre, il est nécessaire que l'échantillon soit suffisamment important : 400 stations-années pour l'averse décennale est largement suffisant, c'est encore un chiffre admissible pour l'averse cinquantenaire.

L'averse décennale de 24 heures occupant le quarantième rang sur notre tableau sera de 127,5 mm. Nous arrondirons à 130 mm.

L'averse cinquantenaire de 24 heures occupant le huitième rang sera de 160 mm.

Nous prendrons exactement la même averse pour les zones forestières du Nord que pour les zones de savane du Sud.

Il est nécessaire de préciser pour cette averse décennale :

- la répartition des intensités pluviométriques dans le temps ;
- la répartition des précipitations dans l'espace, c'est-à-dire le coefficient d'abattement, rapport entre le maximum ponctuel que nous venons de définir et la hauteur moyenne sur chaque bassin versant à étudier ;
- les conditions préalables de saturation, c'est-à-dire l'intervalle de temps séparant cette averse de l'averse précédente.

TABLEAU N° 1

PRECIPITATIONS MAXIMA de 24 HEURES

Classement des 43 plus fortes averses correspondant à des stations du bassin du KOUILOU et de ses abords (zone côtière exceptée), choisies sur 400 années.

Station	Date	Hauteur
MIMONGO	28- 3-52	224 mm
FORT-ROUSSET	2- 2-54	198,5 "
LOUDIMA (Poste)	28-10-52	190 "
FORT-ROUSSET	23-12-43	176,5 "
MOUILA	20- 4-47	166,3 "
MVOUTI	23- 2-53	163 "
MINDOULI	12- 5-53	162 "
MADINGOU	4-12-50	161 "
INONI	16- 6-52	153,7 "
KIBANGOU	23- 2-53	153 "
INONI	17- 5-52	151,6 "
GALIBOMA	19- 3-42	150 "
MVOUTI	9- 1-26	146,3 "
MOSSENDJO	23- 1-53	142 "
FORT-ROUSSET	18-12-37	140,8 "
MVOUTI	20- 5-54	140,3 "
MOUILA	11-10-50	140,2 "
MVOUTI	26-12-40	140 "
GALIBOMA	18- 4-47	140 "
MPONYA	4- 5-41	139,2 "
MALELA	10-11-47	138,1 "
KONONO	10-11-55	138 "
DIVENIE	24-11-51	137 "
BOKO	4-12-41	136,5 "
M'BOKU N'SITU	26-10-54	136 "
FRANCEVILLE	4-3 -39	136 "
INONI	27- 4-48	135 "
NKENKE	20- 3-51	134,5 "
MOUILA	17- 1-48	133,3 "
MVOUTI	24- 3-52	131 "
-	25-12-52	130,3 "
DJAMBALA	28- 8-53	130,2 "
NKENKE	4-12-50	130 "
MINDOULI	21- 3-50	130 "
MOSSENDJO	15- 5-54	130 "
DJAMBALA	10- 5-47	129 "
FRANCEVILLE	18- 3-50	128,1 "
FRANCEVILLE	5- 4-37	127,8 "
LOUDIMA (Poste)	20-11-52	127,5 "
M'BOKU N'SITU	11-12-55	127,5 "
SIBITI	30- 1-53	127 "
FRANCEVILLE	16-11-53	126,7 "
FRANCEVILLE	16- 2-47	126,7 "

Pour le premier point, nous avons déjà vu que, dans la plupart des cas, les hauteurs de précipitations de 24 heures d'ordre décennal correspondaient, en fait, à une seule averse. Celle-ci présente parfois des pointes multiples séparées par des intervalles de 1 à 2 heures à faible précipitation. Mais, le cas le plus général est celui de l'averse 4 (1959) du LEYOU dont on trouvera le hyétogramme ci-contre : une courte période préliminaire, le "corps" de l'averse ou pluie utile qui, pour une forte averse dure au moins une heure avec des intensités dépassant souvent 120 mm/h et comportant des séries de courtes rafales, enfin une traîne qui dure de 2 à 6 heures avec des intensités nettement inférieures à 10 mm/h. Le hyétogramme de crue unitaire sera supposé se rapprocher du cas le plus fréquent, il s'inspirera de celui de cette averse 4. La forme en sera précisée dans l'étude des bassins de savane, celui de NAKABANA en particulier. Il n'est pas indispensable de partir de hyétogramme de forme très précise pour les bassins de forêt.

Le coefficient d'abattement sera précisé pour chaque bassin à partir des données expérimentales.

Pour déterminer les conditions médianes de saturation, on a porté sur le tableau n° 2 les intervalles de temps à la pluie précédente en négligeant les averses inférieures à 5 mm pour toutes les précipitations comprises entre 127 et 150 mm. La dernière colonne du tableau indique, pour les cas où l'averse antérieure n'a pas été très forte, l'averse précédente avec la valeur de l'intervalle de temps la séparant de l'averse en référence.

Au total, sur 31 averses, huit se sont produites 1 jour après une autre averse, sept 2 jours après, trois 3 jours après, treize plus de trois jours après. La valeur médiane serait de 3 jours.

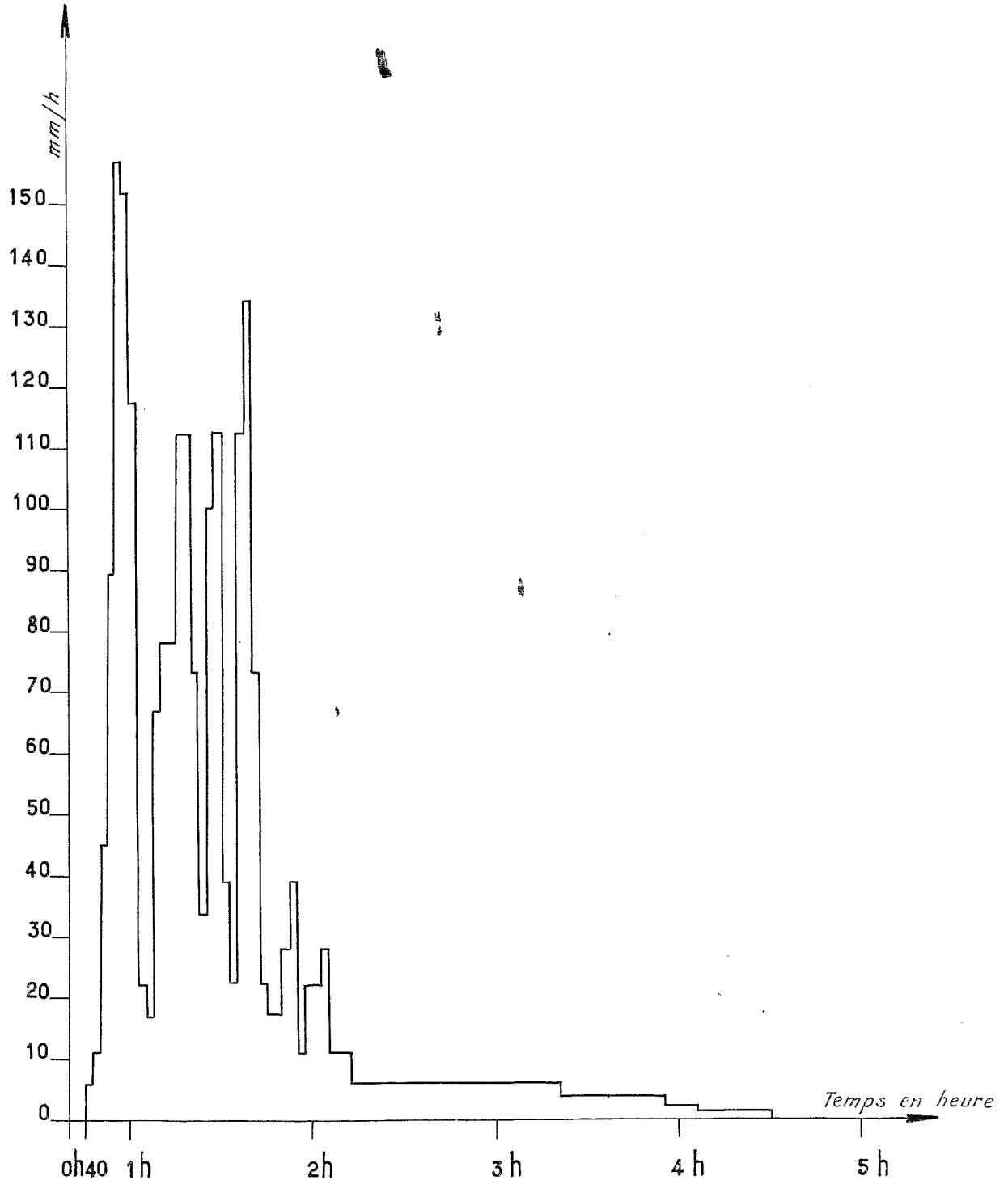
Les trois exemples connus correspondent respectivement à des précipitations antérieures de 14,5 mm, 40mm et 47, 6mm. Nous admettrons un intervalle de trois jours après une pluie de 40 mm, donc sur un sol déjà humecté mais ressuyé en surface. Nous sommes loin des conditions de saturation rencontrée parfois sur les bassins expérimentaux pour des averses faibles ou moyennes survenant quelques heures après une forte pluie ; nous sommes loin également des conditions de la plupart des fortes averses observées sur nos bassins pour lesquelles l'intervalle est de 6 jours, 15 jours et parfois plus.

HYÉTOGRAMME TYPE - DE FORTE AVERSE

(Leyou averse n° 4 1959)

$P_{moy} = 92,6 \text{ mm}$

$P_{max} = 100 \text{ mm}$



NGO 8737

ELECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE:

DES:

VISA:

TUBE N°:

AO

TABLEAU N°2

PRECIPITATIONS 127 à 150 mm

EVENTUALITE de PRECIPITATIONS la VEILLE ou l'AVANT-VEILLE

Station	Averse	Int.	Averse précédente	Observations
GAMBOMA	19- 3-42	4 j	31,5 mm	
	18- 4-47	21 j	12 "	
MVOUTI	9- 1-26	?	?	
	20- 5-54	3 j	40 "	
	26-12-40	1 j	15 "	(4 j. 20,8mm)
	24- 3-52	5 j	44 "	
MOSSENDJO	25-12-52	4 j	8,7 "	(7 j. 20 mm)
	23- 1-53	1 j	28 "	
FORT-ROUSSET	15- 5-54	1 j	10 "	(3 j. 21 mm)
	18-12-37	2 j	6 "	(8 j. 26,8 mm)
MOUILA	11-10-50	4 j	11,6 "	(5 j. 82,6 mm)
	17- 1-48	4 j	18,4 "	
MPONYA	4- 5-41	6 j	8,3 "	(8 j. 17,5 mm)
MALELA	10-11-47	4 j	50,4 "	
KOMONO	10-11-55	2 j	30,1 "	
DIVENIE	24-11-51	1 j	7 "	(2 j. 20 mm)
BOKO	4-12-41	2 j	9,2 "	(5 j. 15,2 mm)
M'BOKU N'SITU	26-10-54	3 j	14,5 "	(4 j. 13,7 mm)
	11-12-55	1 j	(10,3) "	(2 j. 14,5 mm)
FRANCEVILLE	4- 3-39	2 j	18 "	(10 j. 35 mm)
	18- 3-50	2 j	9,6 "	(8 j. 48 mm)
	5- 4-37	1 j	30,5 "	(2 j. 13,2 mm)
INONI	27- 4-48	1 j	25 "	
NKENKE	20- 3-51	2 j	38 "	
	4-12-50	5 j	15,3 "	
DJAMBALA	28- 8-53	1 j	5,5 "	(7 j. 14,5 mm)
	10- 5-47	6 j	25 "	
MINDOULI	21- 3-50	7 j	14 "	
LOUDINA (Poste)	20-11-52	3 j	47,6 "	
SIBITI	30- 1-53	8 j	15,5 "	
FRANCEVILLE	16-11-53	2 j	11,9 "	(6 j. 19,4 mm)
	16- 2-47	5 j	12,5 "	

II/- EVALUATION des CRUES DECENNALES dans la ZONE FORESTIERE -

- A) Bassin expérimental du LEYOU :

C'est une de nos bases les plus sûres : sa superficie est de 6 km² ; sa pente est de l'ordre de 30 m au km.

Deux données sont à déduire de ces études : la valeur du coefficient de ruissellement et la forme de l'hydrogramme de crue.

- a) Coefficient de ruissellement :

Le tableau n° 3 représente les résultats les plus importants pour les 14 plus fortes averses observées depuis trois ans. Les colonnes 1 à 3 n'appellent aucun commentaire. La colonne 4 : débit de nappes souterraines ou débit hypodermique juste avant la crue, donne une idée des conditions de saturation comme l'intervalle à l'averse précédente (supérieure ou égale à 5 mm) dans la colonne 5.

La colonne 6 : Kr, coefficient de ruissellement, est le rapport entre le volume ruisselé et le volume de précipitation correspondante tel qu'il peut être calculé à partir de la hauteur de précipitation moyenne Pm.

Le débit maximum est le débit total y compris le débit hypodermique.

On voit, sur ce tableau, que l'averse du 14-3-58 a rencontré des conditions de saturation beaucoup plus favorables que la moyenne, d'où un coefficient de ruissellement anormalement élevé et l'averse la plus forte, celle du 25-3-59 a rencontré au contraire, des conditions de saturation nettement plus défavorables que la moyenne d'où un coefficient de ruissellement trop faible.

Trois éléments interviennent dans les variations du coefficient de ruissellement :

- la hauteur de précipitation moyenne,
- les conditions de saturation du sol,
- à un degré bien moindre en forêt la forme du hyétogramme et la répartition des précipitations dans l'espace.

Nous avons essayé de classer les averses par groupe de hauteur moyenne du même ordre et, à l'intérieur de chaque groupe, d'examiner la corrélation soit avec la valeur du débit initial pris comme repère de saturation, soit avec l'intervalle de temps à la pluie précédente.

TABLEAU N°3

BASSIN du LEYOU

FORTES AVERSES OBSERVEES de 1957 à 1959.

Date	P moyenne mm	Abattement %	Débit initial l/s	Int. j.	Kr %	Qmax l/s
18-4-57	74,1	67	75	2	5,8	2110
24-4-57	32,2	61	340	6	4	1040
18-5-57	39,4	56		6	5,8	1020
26-5-57	37,1	80	205	3	4	1025
9-3-58	49,5	78	135	6	4,45	1045
11-3-58	39,1	60	145	1	5,9	1140
14-3-58	52,2	70	175	1	9,6	2520
9-4-58	33,4	70	150	6	4,25	950
19-4-58	35,8	74	140	7	4,7	1140
23-4-58	38,8	67	140	4	2,75	840
25-3-59	92,6	93	60	6	7,2	2990
31-3-59	58,3	88	220	1	8,4	2590
23-4-59	42,7	81	220	6	3,7	1000
7-5-59	33,3	80	380	1	5,2	1165

La dispersion est très grande du fait surtout, que l'on néglige les variations de forme du hyètoگرامme. Elle est un peu plus faible pour les fortes averses. Le coefficient de ruissellement croît nettement avec le débit initial et décroît avec l'intervalle de temps.

Il semble que, pour des averses de hauteurs moyennes 90 mm et 117 mm (130 mm avec un coefficient d'abattement de 90 %), on trouve les chiffres suivants :

Hauteur : moyenne :	Kr pour Int. 1 j. :	Kr pour Int. 2 j. :	Kr pour Int. 3 l. :	Kr pour Int. 4 j. :
90 mm :	13 % :	11 % :	9 % :	7,5 % :
117 mm :	14 % :	12 % :	10 % :	8-8,5 % :

Remarquons qu'avec 7,2 % l'averse n° 4 (1959) du LEYOU, dont l'intervalle est de plus de 6 jours, représente presque la limite inférieure de Kr pour une forme de hyètoگرامme normale (1).

Pour un intervalle de 3 jours (voir chapitre I), le coefficient de ruissellement serait de 10 % environ, mais étant donné l'incertitude avec laquelle nous avons déterminé ces valeurs de Kr en fonction de l'intervalle, nous estimons plus prudent de prévoir 11 %.

L'utilisation du débit initial conduit également à choisir pour Kr une valeur de 11 % pour un débit initial de 200 l/s qui correspond à l'état de saturation défini par un intervalle de 3 jours après une pluie de 40 mm.

- b) Forme de l'hydrogramme :

Dans une première étude, il n'est pas nécessaire de reconstituer l'hydrogramme en entier. La très longue durée du temps de montée, 2 h 15, nous conduit à considérer que toute averse dont la partie utile est inférieure à 1 h 1/2 est unitaire. En pratique, on peut donc considérer que presque toutes les averses sont unitaires.

(1) On trouvera, bien entendu, des valeurs plus faibles pour une averse de 90 mm à très faible intensité moyenne.

On a donc utilisé une méthode simplifiée qui consiste à déterminer la valeur maximum du débit de crue rapportée à un volume de ruissellement de 10.000 m³.

Si l'on exclut les crues complexes et les faibles crues, on trouve que le débit maximum de ruissellement ainsi défini varie pratiquement entre 700 et 1.000 l/s, plus précisément entre 700 et 900 pour les fortes averses. Cette valeur tend à diminuer quand le volume de ruissellement augmente. Ce phénomène s'explique pour diverses raisons : en particulier, par le fait que plus l'averse est importante plus elle tend à s'éloigner de l'averse unitaire. Nous supposerons, pour la crue décennale, 800 l/s par fraction de 10.000 m³ du volume de ruissellement.

- c) Estimation de la crue décennale :

Elle se déduit assez facilement de ce qui précède :

- Maximum ponctuel	:	130 mm
- Coefficient d'abattement	:	90 %
- Précipitation moyenne	:	130 x 0,9 = 117 mm
- Coefficient de ruissellement	:	11 %
- Volume de ruissellement pour 6 km ²	:	0,117 x 6 x 10 ⁶ x 0,11 = <u>77.000 m³</u>
- Débit maximum ruisselé	:	7,7 x 800 = 6.150 l/s
- On suppose que le débit hypodermique est de	:	350 l/s
- Débit maximum	:	6.150 + 350 = 6.500 l/s

soit 1.000 à 1.100 l/s.km²

Cette estimation correspond sensiblement à celle donnée en 1958. A cette époque, on avait adopté un coefficient d'abattement trop faible : 73 %, mais le coefficient de ruissellement 13 % était trop fort.

- B) Bassin expérimental de la BIBANGA :

- Superficie du bassin versant : 25,2 km² à la station
- Pente : 8 m au km
- Forme nettement plus allongée que la moyenne.

Les observations ne portent que sur une année. Les averses ont été fortes en général mais elles sont tombées pour la plupart sur un sol assez éloigné des conditions de saturation par suite de la faible hydraulicité de l'année 1958.

Les données à déterminer sont comme pour le LEYOU : le coefficient de ruissellement et l'hydrogramme :

- a) Coefficient de ruissellement :

Le tableau n° 4 donne les caractéristiques essentielles des averses :

- La 5ème colonne donne le volume de ruissellement Vr
- La 6ème " " la hauteur d'eau ruisselée Hr
- La 7ème " " le coefficient de ruissellement Kr
- La 8ème " " le débit maximum Qmax
- La 9ème " " le débit maximum de ruissellement Q_{rm}max

De façon générale, les précipitations moyennes sont nettement plus faibles qu'au LEYOU, ce qui ne veut pas dire que les maxima ponctuels aient été inférieurs. Ce fait tient simplement à la valeur plus faible du coefficient d'abattement correspondant à une superficie plus grande, aggravée par une forme beaucoup moins ramassée du bassin.

De façon générale, les coefficients de ruissellement semblent un peu plus élevés qu'au LEYOU, notamment pour les averses du 25-3, du 14-4 et du 7-5 qui sont comparables. Nous admettrons 12 % pour la crue décennale.

En ce qui concerne le coefficient d'abattement, il convient de ne pas se laisser influencer par les faibles valeurs observées en début de saison des pluies, nous estimons prudent de tabler sur 80 %.

- b) Forme de l'hydrogramme :

Nous procéderons exactement comme pour le LEYOU. On trouve que, pour une fraction de 10.000 m³ du volume de ruissellement, le débit maximum correspondant varie de 160 à 200 l/s. En nous inspirant des mêmes principes que plus haut nous admettrons le chiffre de 170 l/s.

TABLEAU N° 4

CARACTERISTIQUES des CRUES de la BIBANGA en 1959

N°	Date	Pmoy	Abatte- ment %	Vr	Lame Hr	Kr %	Q max	Qr max.
1	25-3 26-3 30-3	49 20 22	54 49 69	63,5	2,0	4,1	1800	1260
5	31-3	28	45					
8	9-4	(30,7 9,0)	77 53	59,10	2,34	5,9	1335	880
11	14-4	17,9	56	28	1,10	6,1	915	480
19	7-5 8-5	(34,1 21,7)	92	100,5	4,0	7,2	2220	1580
20	9-5	24,3	92	39,9	1,58	6,5	1230	660

- c) Calcul de la crue décennale :

- Maximum ponctuel	:	130 mm
- Coefficient d'abattement	:	80 %
- Précipitation moyenne	:	$130 \times 0,8 = 104$ mm
- Coefficient de ruissellement	:	12 %
- Volume de ruissellement	:	$0,104 \times 22,5 \times 10^6 \times 0,12 =$
pour 25,2 km ²	:	<u>315.000 m³</u>
- Débit maximum ruisselé	:	$31,5 \times 170 = 5.350$ l/s
- On suppose que le débit hypodermique est de	:	650 l/s
- Débit maximum	:	$5.350 + 650 = \underline{6.000}$ l/s

soit 200 à 300 l/s.km²

On aboutit à un chiffre deux fois plus faible que celui de 1958. Ceci résulte des deux faits suivants : la formule M.R.U. utilisée alors s'applique mal à ce bassin, l'incertitude sur les données expérimentales avait conduit à adopter des marges de sécurité confortables.

- C) BASSIN de la LEKOUMOU :

Les mesures directes dont le dépouillement n'est pas encore achevé indiquent des valeurs nettement inférieures à celles données en 1958.

Malgré un bassin de 6,7 km² nettement plus petit que celui de la BIBANGA, nous pensons que l'on doit prendre en considération les mêmes débits spécifiques, car la pente générale est plus faible et la forme du bassin encore plus allongée

La crue décennale serait de :

$$250 \text{ l/s} \times 6,7 = 1.670 \text{ l/s}$$

que nous arrondirons à : 1.700 l/s

valeur très inférieure à celle de 1958 pour la même raison.

- D) BASSIN de la LEGALA :

La crue maxima observée et mesurée en 1959 a atteint 45 m³/s le 8 Mai. L'averse correspondante avait produit, aux trois pluviomètres situés tous dans la partie aval du bassin versant ou à son voisinage, 49,3 mm, 56,1 mm et 54,6 mm.

L'averse du 7 Mai est bien connue, elle a été observée.

dans toute la région. On peut lui supposer, sur la LEGALA, un coefficient d'abattement assez fort, ce que tendent à confirmer les résultats voisins des trois pluviomètres. Mais, il semble difficile d'admettre que le maximum ait été précisément de 56,1mm ; il a dû être nettement supérieur, peut-être 60 à 70 mm.

D'autre part, les conditions de saturation doivent être assez favorables au ruissellement : il était tombé une forte averse 3 jours avant, une très faible averse 2 jours avant et une petite averse de l'ordre de 5 à 10 mm la veille.

Il est notoire, d'autre part, que la rivière est montée à une cote qu'elle n'avait jamais atteinte depuis au moins 3 ans. Il s'agit donc probablement d'une crue nettement supérieure au maximum annuel (les années antérieures ayant été déficitaires).

L'averse décennale devrait donner une hauteur moyenne de 90 mm environ (coefficient d'abattement 70 %), ce qui doit donner lieu à un débit de crue décennale de l'ordre de 85 m³/s, soit 480 l/s. km².

Un tel chiffre est un peu surprenant, car la pente générale n'est pas très forte bien que le bassin soit ramassé.

On peut en donner l'explication suivante : dans les régions où le débit spécifique de crue décroît très vite avec la superficie du bassin versant, le maximum décennal peut provenir non pas d'une crue d'ensemble homogène sur le bassin mais d'une crue locale d'un affluent situé vers l'extrémité aval. Or, les deux affluents rive droite et rive gauche qui confluent avec la LEGALA juste à l'amont du pont, présentent tous deux une forte pente.

Leurs parties amont, correspondant à 40 km², peuvent donner lieu à des débits comparables à ceux du LEYOU, d'autant plus qu'elles comportent des zones de savane.

En admettant que le débit spécifique soit de 1.000 l/s.km², elles fourniraient 40 m³/s. Les 135 km² restant fourniraient 330 l/s, soit 45 m³/s. On retrouve bien 85 m³/s au lieu de 46 m³/s donné en 1958.

Ceci montre bien combien est délicate l'application des formules ou d'abaques sans examen approfondi du bassin.

- CONCLUSION :

- Pour les bassins de 4 à 10 km² :

- pour les très fortes pentes, 40-60 m/km, genre LEYOU, on peut admettre 1.000 l/s.km² ;
- pour les faibles pentes, 4 à 6 m/km, genre LEKOUHOU, 250 l/s.km².

Prendre des valeurs intermédiaires pour des pentes et des formes intermédiaires entre ces deux bassins.

- Pour les bassins de 15 à 30 km² :

- pour les fortes pentes, on peut admettre 600 à 700 l/s.km²
- pour les faibles pentes, 200 l/s.km².

- Pour les bassins de 50 à 100 km², on pourrait admettre en principe :

- pour les pentes assez fortes, 400 à 500 l/s.km²
- pour les faibles pentes, 120 à 200 l/s.km²

Nous rappelons que, pour la LOUESSE à MAKABINA, le débit de crue décennale a été estimé à 1.400 m³/s, soit 80 l/s.km².

Mais sauf pour le dernier chiffre, ces valeurs correspondent à des bassins entièrement forestiers et, d'autre part, elles concernent des bassins homogènes. La plus grande attention doit être apportée à la forme du réseau hydrographique. Un réseau conduisant à un long parcours de la crue avant d'aboutir à l'ouvrage, donnera lieu à un débit de crue beaucoup plus faible.

Au delà de 50 km², il sera bon de vérifier si l'on ne se trouve pas en présence d'un cas analogue à celui de la LEGALA.

III/- EVALUATION des CRUES DECENNALES dans la ZONE de SAVANE -

- A) BASSIN EXPERIMENTAL du RANCH de la COMBA :

Bien qu'il soit situé dans la région de MINDOULI, ce bassin versant, observé par O.R.S.T.O.M. en 1957 et 1958, apporte des données précieuses. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Superficie 6 km²
- Sol peu perméable
- Savane (pseudo-steppe congolaise classique assez dégradée par le bétail)
- Pente forte : 40 à 60 m/km pour la partie amont.

La crue la plus forte observée, le 24 Avril 1958, correspond à une précipitation moyenne de 72,5 mm, coefficient d'abattement 83 %, averse de forme classique (voir plus haut) tombant 4 jours après une petite averse, donc dans des conditions légèrement défavorables au ruissellement. Le débit a atteint 50,850 m³/s, soit environ 2.000 l/s.km².

Une crue de 40 m³/s et une crue de 43 m³/s ont été observées. Le maximum cité plus haut est donc bien inférieur au maximum décennal.

Les observations n'ont pas donné lieu à un dépouillement complet.

Toutefois, on peut obtenir un ordre de grandeur de la crue décennale de la façon suivante :

L'averse décennale ponctuelle serait affectée d'un coefficient d'abattement de 80 %. La précipitation moyenne serait de 104 mm. L'averse du 24-4-58 était sensiblement unitaire. Faisons la même hypothèse pour l'averse décennale en supposant la même répartition entre le corps de l'averse et la traîne.

Si le coefficient de ruissellement restait le même, le débit maximum serait égal à :

$$\frac{50,850 \times 104}{72,5} = 73 \text{ m}^3/\text{s}.$$

mais nous avons vu que les conditions de l'averse de référence étaient légèrement défavorables ; en outre, toutes choses étant égales par ailleurs, le coefficient de ruissellement pour une précipitation de 104 mm est plus grand que pour une précipitation de 72,5 mm. C'est pourquoi, il vaut mieux admettre 100 m³/s, soit 4.000 l/s.km² pour la crue décennale.

- B) BASSINS EXPERIMENTAUX de MAKABANA :

Seul, le "grand" bassin est intéressant :

- Superficie : 2,1 km²
- Sol un peu plus perméable qu'à la COIBA
- Végétation analogue
- Pente forte : 40 à 60 m/km

- a) Evaluation du coefficient de ruissellement :

On trouvera, ci-contre, le tableau n° 5 présentant les résultats des averses les plus importantes de la campagne 1958. (La campagne 1957 n'a pratiquement pas donné lieu à ruissellement).

Outre les colonnes habituelles, nous avons dû ajouter :

- Colonne n° 6 Hr Hauteur d'eau ruisselée
- " n° 8 Capacité d'absorption
- " n° 10 Intervalle à la pluie précédente
- " n° 11 Rise : temps de montée
- " n° 12 Tr Temps de ruissellement

L'examen de ce tableau montre :

1)- qu'une averse de hauteur moyenne de 40 mm environ et de courte durée, tombant 3 jours après une pluie moyenne (30 à 40 mm) donne lieu à un coefficient de ruissellement de 20 à 22 % ;

2)- qu'une averse de 30 à 40 mm, tombant immédiatement après une averse de même ordre de grandeur, donne lieu à une capacité d'absorption de l'ordre de 30 mm/h.

Ces données seront utilisées dans le calcul de la crue décennale.

- b) Forme de l'hydrogramme :

L'étude des hydrogrammes des averses les plus fortes montre que les débits maxima ramenés à un volume de ruissellement de 10.000 m³ sont compris entre 2.000 et 2.500 l/s pour une averse unitaire. Pour une très forte averse, la valeur tendrait vers 2.000 l/s.

RESULTATS de MAKABANA (Grand Bassin)

TABLEAU N°5

N°	Date	Pmoy	Abatte- ment %	Vr 10 ³	Hr	Kr	Ca mm/h	Qmax	Intervalle	Rise	Tr
1	6-12-58	45,4	91						?		
2	9-12-58	32,4	87						3 j.		
3	12-12-58	25,9	54	6,3	3	11,6	53	1793	3 j.	15'	3 h.
4	13-12-58	13,9	82						22 h.		
5	31-12-58	27,4	84						24 h.		
6	4- 1-59	26	75						6 h.		
7	4- 1-59	14,4	89						10 h.		
8	30- 1-59	76,1	95	21,6	10,3	13,6	(39)	2191	26 j.	60'	complete xe
9	3- 2-59	<u>40,3</u>	86	14,7	7	17,4	44	2970	4 j.	52'	6 h.
10	18- 2-59	<u>52,8</u>	94	10,2	4,8	9,1		1660	15 j.	60'	7 h.
11	18- 2-59	10,3	71						17 h.		
(1)											
11	19- 2-59	20,1	80						2 h.		
(2)											
12	25- 3-59	62,8	88	15,6	7,4	11,8	44	2527	1 mois	sans sign	7h.30
13	27- 3-59	30	69	8,7	4,1	13,6	49	1680	2 j. + 1 ch	42'	7 h.
14	31- 3-59	<u>43,6</u>	87	19,8	9,4	21,6	(28)	3247	4 j.	58'	6 h.
15	27- 4-59	40,5	87	14,7	7	17,3	(111)	3620	1 mois	38'	6 h.
16(1)	1- 5-59	19,1	76						4 j.		
16(2)	2- 5-59	34,2	82	15,9	7,6	22,3	(25)	2790	2 h.	40'	

- c) Calcul de la crue décennale :

- Maximum ponctuel	:	130 mm
- Coefficient d'abattement	:	90 %
- Pmoyen	:	117 mm

Nous supposons une traîne de 23,5 mm (20 %).

La partie utile comporte deux pointes unitaires durant 30 minutes chacune : la première de 43 mm, la seconde de 45 mm, séparées par une accalmie de 10 minutes à 30 mm/h correspondant à 5 mm.

- 1°) La première averse correspond à un coefficient de ruissellement de 20 % :

$$Vr = 43,5 \times 2,1 \times 10^3 \times 0,2 = 18.300 \text{ m}^3$$

Le débit maximum correspondant est de :

$$4.500 \text{ l/s (2.500 l/s pour 10.000 m}^3\text{)}$$

- 2°) La seconde averse de 45 mm admet une capacité d'absorption de 30 mm/h. L'intensité moyenne de l'averse est de 90 mm/h. L'intensité excédentaire est de $90 - 30 = 60 \text{ mm/h}$, correspondant à 30 mm pour 30 minutes.

Le volume de ruissellement est de :

$$30 \times 2,1 \times 10^3 = 62.000 \text{ m}^3$$

Le débit maximum correspondant est de :

$$6,2 \times 2.000 = \underline{12.400 \text{ l/s}}$$

Ce maximum s'ajoute à la première crue avec un décalage de 40 minutes. L'examen des hydrogrammes montre que la crue de 4.500 l/s est réduite de plus de moitié : admettons 2.000 l/s. On trouve, en définitive, une crue décennale de 14.400 l/s, soit 7.000 l/s.km² environ.

- C) BASSIN DE LA MIGOUENGUELE :

Les résultats n'ont pas été dépouillés étant donné le nouveau tracé qui passe vers les têtes amont de ce ruisseau. La pente longitudinale est très faible, les crues y sont très molles. Le débit de crue décennale est inférieur certainement à 1.000 l/s.km².

CONCLUSION :

Pour les bassins de savane à forte pente, on doit retenir les chiffres suivants :

- de 2 à 6 km² : 6.000 à 8.000 l/s. km²
- de 15 à 30 km² : 3.000 à 4.000 l/s.km²

Le cas de la MOUINDI est très délicat :

Sur un total de 175 km², seuls 40 km² à forte pente interviennent sur la rivière principale. Mais, dans quelle mesure s'ajoutent les débits maxima des petits ruisseaux correspondant aux 40 km² et dans quelle mesure les débits encore assez élevés en résultant sont amortis dans la plaine de la DIHESSE ? Il est très difficile de le préciser.

En crues décennales, certaines fractions du bassin débitent 6.000 l/s.km². Il n'est pas impossible que la haute MOUINDI débite 50 à 80 m³/s mais ce débit doit s'amortir assez vite .

Les jaugeages n'ont pu être effectués que pour des cotes assez basses : 0,43 m au maximum (débit 1,23 m³/S). Il semble difficile de prévoir plus de 20 à 30 m³/s pour la cote 1,95 m (crue de 1958), mais cette crue est sûrement très inférieure à la crue décennale. Un lever du profil en travers jusqu'à la cote 3 m dans la section de jaugeage et un profil en long de la ligne d'eau dans cette zone devraient permettre de préciser le débit correspondant à la cote 1,95 m et d'extrapoler, donc d'indiquer si le débit de crue décennale de 27,5 m³/s prévu par OLTHAMS est ou non suffisant, ce qui n'est pas exclu : 165 l/s.km² semblent vraiment faibles.