

OFFICE de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE
et TECHNIQUE OUTRE-MER

SERVICE des PORTS et VOIES NAVIGABLES
du CAMEROUN

R A P P O R T D' A C T I V I T E
du SERVICE d'ANNONCE des CRUES en 1956-1957

Novembre 1958

PROGRAMME -

L'exploitation du Service d'Annonce des Crues, dont la mise sur pied a été réalisée en 1954, s'est poursuivie en 1956 et 1957.

Le programme de travail comporte essentiellement les points suivants :

1°) Poursuite des observations limnimétriques et pluviométriques et mesures de contrôle des débits aux différentes stations.

2°) Installation définitive des stations radio au Campement CORON, au BUFFLE NOIR, à OURO-BOKI et à RIAO.

3°) Entretien et consolidation des échelles et réparation des limnigraphes.

4°) Prévision des crues.

REALISATIONS dans le CADRE du PROGRAMME -

1°)- POURSUITE des OBSERVATIONS LIMNIMETRIQUES et PLUVIOMETRIQUES - MESURES de CONTROLE des DEBITS aux DIFFERENTES STATIONS -

Dans chaque station il y a, pendant la saison des pluies, un lecteur et un opérateur africains, originaires soit de GAROUA, soit du TCHAD, soit du Sud CAMEROUN.

Il nous a été possible de poursuivre les lectures pendant la saison sèche, de la façon suivante : chaque Agent reste sur place pendant deux saisons des pluies et une saison sèche et part en congé au cours de la deuxième saison sèche. Nous avons ainsi obtenu en 1957 des lectures continues pendant toute l'année.

Mesures de contrôle des débits

A chaque station il a été effectué une série de jaugeages dont les résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

BENOUE à GAROUA

En 1956 et 1957, les jaugeages ont été réalisés à GAROUA dans une section située à environ 100 m en amont des quais. Les distances étaient repérées à l'aide d'un télémètre à partir de balises placées de part et d'autre sur les berges.

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec.	Vitesse moyenne m ³ /s.	Vitesse maximum
28-7-1956	4,31	785	0,918	1,20
31-8-1956	5,36	1180	0,871	1,31
1-9-1956	5,37	1215	0,90	1,38
6-9-1956	5,92	1530	0,858	1,49
12-9-1956	6,25	1685	0,822	1,58
13-9-1956	6,39	1865	0,878	1,52
15-9-1956	6,70	2170	0,912	1,56
18-9-1956	7,18	3000	1,058	1,66
20-9-1956	7,05	2790	1,018	1,52
22-9-1956	6,79	2320	0,93	1,44
2-10-1956	5,56	1310	0,885	1,38
21-6-1957	0,56	4,1		0,67
19-9-1957	5,84	1510	0,81	1,22
1-10-1957	6,11	1750	1,04	1,40

BENOUE à RIAO

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moyenne m ³ /s	Vitesse maximum
15-4-1956	0,87	2,3		
17-8-1956	3,82	630	0,780	0,882
25-8-1956	3,02	380	0,543	0,78
29-8-1956	4,46	950	0,966	1,470
4-9-1956	5,05	1370	1,234	1,72
10-9-1956	5,56	1860	1,526	2,25
21-9-1956	5,26	1545	1,342	1,85
8-10-1956	6,00	2840		3,00
6-1-1957	1,23	10,7		0,53

MAYO KEBI à COSSI

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moy. m ³ /s	Vitesse maximum
23-8-1956	1,74	225	1,171	1,75
5-9-1956	1,80	247	1,144	1,77
11-9-1956	2,30	383	1,366	2,20
14-9-1956	3,60	850	1,874	2,88
19-9-1956	2,05	350	1,25	2,02
7-1-1957	0,80	33	0,62	1,00
17-9-1957	2,18	310	1,13	2,18

FARO à SAFAIE

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moy. m ³ /sec	Vitesse maximum
27-9-1956	2,00	640	0,93	2,36
10-10-1957	2,94	1792	1,19	1,71

FARO au Campement CORON

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moy. m ³ /sec	Vitesse maximum
7-11-1956	1,45	78	0,50	1,051
9-11-1956	1,42	83	0,57	1,18
10-1-1957	0,87	20	0,40	0,99

BENOUE au BUFFLE NOIR

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moy. m ³ /sec	Vitesse maximum
6-10-1956	2,11	18,5	0,486	0,71
11-1-1957	1,16	3,4	0,54	0,91

BENOUE à MALAPE

Date de la mesure	Hauteur à l'échelle	Débit en m ³ /sec	Vitesse moy. m ³ /sec	Vitesse maximum
18-5-1957	- 1,09	2,9	0,41	0,58

Mesures de transports solides -

A la suite de la demande faite par les Ingénieurs de NEDECO au cours de la Conférence Technique de DOUALA des 10 et 11 Décembre 1957, nous avons procédé à une série de mesures de transports solides aux stations de KOSSEL sur le FARO, KINADA sur la BENOUE et OURO-BOKI sur la BENOUE. Les résultats bruts de ces mesures ont été ensuite transmis à NEDECO.

Les débits liquides mesurés sont consignés dans le Tableau ci-dessous :

DATE	STATION	HAUTEUR à l'ECHELLE	DEBIT
7-9-1957	FARO à KOSSEL	0,44	1829
26-9-1957	FARO à KOSSEL	0,70	1470
12-10-1957	FARO à KOSSEL	0,42	1960
6-9-1957	BENOUE à OURO-BOKI	5,83	3880
25-9-1957	BENOUE à OURO-BOKI	5,09	3200
11-10-1957	BENOUE à OURO-BOKI	5,31	3560
8-8-1957	BENOUE à KINADA	4,38	1450
27-9-1957	BENOUE à KINADA	3,57	1140
13-10-1957	BENOUE à KINADA	3,90	1280

A la fin de 1957, on peut considérer que les étalonnages de GAROUA, RIAO, COSSI et SAFATE sont définitifs. Les Stations du Campement CORON et du BUFFLE NOIR à accès difficile en raison des pluies, ne sont pas encore étalonnées. La courbe Hauteur-débits est des plus difficiles à tracer du fait que pour les hautes eaux les jaugeages sont dangereux du fait des vitesses élevées. Si on désirait poursuivre ces étalonnages, il faudrait installer des stations de mesures téléphériques.

2°)- INSTALLATIONS DEFINITIVES des STATIONS RADIO au CAMPAMENT CORON, BUFFLE NOIR, OURO-BOKI et RIAO -

En Mai 1957, nous avons monté à ces quatre stations des abris en aluminium préfabriqués de 2,5 m x 5,00 m. Les postes radio sont maintenant bien protégés des tornades et nous n'avons plus eu de pannes dues aux postes mouillés, alors que cela s'était produit assez fréquemment en 1954 et 1955.

3°)- ENTRETIEN et CONSOLIDATION des ECHELLES et REPARATION des LIMNIGRAPHERS -

Avant la saison des pluies, les massifs d'ancrage des échelles sont vérifiés et les affouillements qui peuvent s'être produits sont comblés. L'échelle ayant le plus souffert est celle de RIAO. La berge argileuse sur laquelle sont plantés les éléments est en effet profondément ravinée par les eaux de ruissellement. Nous avons dû construire une digue en pierre reliant tous les éléments et les mettant ainsi à l'abri de l'érosion.

Les limnigraphes WILKE-OTT sont équipés à l'origine de plumes de verre inscrivant par capillarité. Ce système n'a jamais bien marché. En 1956, nous avons essayé de mettre des crayons ordinaires, mais les résultats n'ont pas été très bons. En 1957, nous avons transformé le système de fixation des crayons et remplacé ainsi par des recharges de stylo à bille Wattermann "Flair". Les résultats sont satisfaisants et les enregistrements ont été continus en 1957.

De plus, à MALAPE, la disposition de la tour dans le courant créait d'importants remous. Le flotteur, à l'intérieur du tuyau était de ce fait animé d'un mouvement oscillatoire continu et le câble de suspension cassait très fréquemment. Pour remédier à cela nous avons monté, à la base de la tour, une plaque de visite percée de 4 trous très petits (2 à 7 mm de diamètre). Les oscillations ont été ainsi fortement amorties et nous n'avons plus eu d'ennuis avec le câble. Il faut noter également que l'ensablement de la base du tuyau a été très faible et ne nous a pas empêché d'obtenir la fin de la décrue.

4°) - PREVISION des CRUES -

ORGANISATION

La mise sur pied d'un Service d'Annonce des crues nécessite, en plus de la connaissance précise des temps de propagation des ondes, l'organisation d'un système de transmission rapide des renseignements relatifs à l'état des affluents d'amont.

Sur le bassin de la BENOUE, les moyens de transmission n'existant pas, il a fallu procéder à l'installation, à chaque station d'observation, de postes radio récepteurs émetteurs.

En 1954, nous avons 4 stations fixes équipées de postes de 100 watts en ondes courtes et une station mobile avec émetteur de 60 watts montée sur le baliseur travaillant dans la zone des "flats" d'OURO-BOKI. Les stations fixes étaient installées respectivement à GAROUA et RIAO, sur la BENOUE, COSSI sur le MAYO-KEBI et SAFAIE sur le FARO.

En 1955, deux nouvelles stations ont été créées sur le Haut FARO et la Haute BENOUE, et les installations améliorées (abris en dur). La station d'OURO-BOKI a été placée à terre et dotée d'un émetteur de 100 watts.

En 1956-1957, nous avons fonctionné avec le réseau créé en 1955. Le schéma de ces installations est donné en annexe. Les sept stations peuvent être groupées en trois catégories :

- Stations limnimétriques d'alerte :

Ce sont le Campement CORON sur le HAUT FARO et le BUFFLE NOIR sur la HAUTE BENOUE.

Les pluies sur le bassin versant situé à l'amont de ces stations se font sentir à l'échelle très rapidement et le maximum de la crue est enregistré environ 30 heures après la fin de la précipitation.

- Stations principales :

RIAO sur la BENOUE à 60 km en amont de GAROUA.

COSSI sur le MAYO KEBI à environ 90 km en amont de GAROUA.

SAFAIE sur le FARO à environ 120 km en amont d'OURO BOKI.

- Stations centrales :

GAROUA sur la BENOUE qui utilise les renseignements de RIAO et COSSI.

OURO-BOKI sur la BENOUE où les hauteurs sont calculées à partir de celles existant à GAROUA et SAFAIE.

En plus de ces stations, nous avons essayé d'obtenir les renseignements pluviométriques recueillis par les postes météorologiques. Ces renseignements sont difficilement exploitables, d'une part à cause de la mauvaise répartition des postes et surtout à cause des difficultés de transmissions. Les messages parviennent mal ou parfois même ne parviennent pas du tout.

En 1958, nous avons pratiquement renoncé à recueillir les renseignements pluviométriques et les prévisions ne sont faites qu'à partir des observations effectuées aux stations du Service et plus particulièrement à partir des relevés de hauteurs d'eau.

Les échelles sont lues toutes les heures dans la journée et une fois toutes les deux heures dans la nuit lorsque le plan d'eau monte à 18 heures. Les lecteurs notent également en cas de pluie, l'heure de début des averses ainsi que l'heure de fin et la hauteur totale de la précipitation. Tous ces renseignements sont groupés à GAROUA et ont permis de tracer des graphiques de hauteur d'eau précis.

PREVISION des CRUES :

Cette prévision est faite à partir des hauteurs d'eau; d'une manière empirique en se basant sur les observations des années précédentes.

Le premier travail qui a été fait est celui de la détermination des temps de propagation de la crue entre les différentes stations. A partir des 4 courbes de variation des hauteurs d'eau obtenues de 1954 à 1957, on a établi des graphiques de corrélations pour des hauteurs bien caractéristiques (début et maximum des pointes de crues) à deux stations. Les corrélations obtenues en général ne sont pas très satisfaisantes mais il est difficile, actuellement, d'obtenir mieux, les renseignements que nous possédons étant, comme nous l'avons dit plus haut, encore très insuffisants.

TEMPS de PROPAGATION de l'ONDE de CRUE -

- Entre le BUFFLE NOIR et RIAO :

Le graphique n°1 a été obtenu en portant en abscisse les hauteurs à RIAO et en ordonnées les hauteurs au BUFFLE NOIR. Ces hauteurs correspondent au début de chaque pointe de crue au BUFFLE NOIR et à RIAO. Chaque point a été affecté du temps de propagation en heures mis par l'onde de crue pour aller du BUFFLE NOIR à RIAO.

Les points sont assez dispersés. Les temps de propagation varient entre 18 et 40 heures et les temps les plus faibles ne correspondent pas toujours avec les cotes les plus basses. Il est difficile d'établir une loi pour les temps de propagation.

Au début de l'onde de crue, la vitesse de propagation est donc comprise entre $\frac{180 \text{ km}}{18} = 10 \text{ km/heure}$ et $\frac{180}{40} = 4,5 \text{ km/heure}$.

Sur le graphique n°2 on a porté les hauteurs maxima atteintes au BUFFLE NOIR et à RIAO par des crues homologues. On a également affecté chaque point du temps mis par le maximum de la crue pour aller du BUFFLE NOIR et à RIAO.

Les points se placent assez bien sur deux courbes distinctes. La courbe en trait plein correspond aux pointes de crues rapides du BUFFLE NOIR se produisant alors que le niveau à RIAO est encore assez bas, au début de la crue. Cette courbe est valable chaque fois que la différence de hauteur relative sur le graphique entre les maxima des crues au BUFFLE NOIR et à RIAO est grande (\gg à 1,5 m).

La courbe en pointillés est à utiliser pour les hauteurs au BUFFLE NOIR sensiblement égales à celles de RIAO (au moment de la grande crue à RIAO en particulier).

Les temps de propagation varient dans de grandes proportions et ils se placent sans ordre sur le graphique. Il n'est pas possible de dire que le temps de propagation augmente avec les hauteurs à l'échelle. Ils sont variables entre 24 heures et 72 heures, ce qui donne des vitesses de propagation comprises entre :

$$\frac{180}{24} = 7,5 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{180}{72} = 2,5 \text{ km/h}$$

- Entre RIAO et GAROUA

Les graphiques 3 et 4 correspondent respectivement à la corrélation des hauteurs au début des pointes de crues à RIAO et GAROUA et au maximum des crues aux deux mêmes stations.

Les temps de propagation sont toujours portés à côté de chaque points. Ils varient entre 12 et 34 heures pour les débuts des crues et entre 14 et 60 heures pour les maxima. On a donc des vitesses de translation des crues comprises entre :

$$\frac{55}{12} = 4,5 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{55}{34} = 1,6 \text{ km/h} \quad \text{pour le graphique n°3}$$

et entre :

$$\frac{55}{14} = 3,9 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{55}{50} = 1,1 \text{ km/h} \quad \text{pour le graphique n°4.}$$

Entre RIAO et GAROUA il y a de très vastes plaines d'inondation qui font augmenter dans de grandes proportions la durée de propagation. Il est à remarquer que dans le cas des maximum de crue pour des cotes comprises entre 1,50 et 3,50 à RIAO, le temps de propagation est compris entre 14 et 20 heures. Entre 3,50 et 4,50 à RIAO, l'onde de crue met de 22 à 36 heures pour aller à GAROUA. Au dessus de 4,50 les temps sont toujours supérieurs à 36 heures et atteignent 50 heures.

Pour les débuts de pointes de crues, les temps sont compris entre 14 et 24 heures jusqu'à 3,50 à RIAO. Au-dessus de 3,50, les temps varient de 24 à 34 heures.

- Entre COSSI et GAROUA :

La durée de propagation est assez difficile à déterminer car dans une année, il n'y a pas beaucoup de pointes de crues à COSSI qui soient bien visibles à GAROUA. Les graphiques que nous avons tracés avec les observations de 54 à 57 ne comportent qu'un nombre assez restreint de points. Ces points sont très dispersés, cela provient du fait que les crues que l'on considère à GAROUA comme provenant du MAYO KEBI sont vraisemblablement perturbées légèrement par le débit de la BENOUE, à l'amont du confluent.

Le graphique n°5 donne les temps de propagation et la corrélation entre les hauteurs au début de la pointe de crue à COSSI et GAROUA.

Les temps de propagation varient entre 18 et 36 heures. La vitesse de propagation est donc comprise entre

$$\frac{90}{18} = 5 \text{ km/h et } \frac{90}{36} = 2,5 \text{ km/h.}$$

Sur le graphique n°6 ont été portées les hauteurs maxima de crue à GAROUA et COSSI avec, pour chaque point, la durée de propagation. La dispersion est grande.

La durée de propagation varie de 20 à 46 heures. Londe de crue parcourt donc :

$$\frac{90}{20} = 4,5 \text{ km/h et } \frac{90}{40} = 2 \text{ km/h}$$

L'influence du MAYO KEBI sur les hauteurs de la BENOUE à GAROUA n'est vraiment sensible qu'au début de la crue pendant les mois de Mai, Juin et Juillet. En Août, Septembre et Octobre, le débit de la BENOUE est beaucoup plus important que celui du MAYO KEBI et les points de ce dernier ne sont pas visibles à GAROUA.

Fin Octobre le MAYO KEBI reçoit une quantité non négligeable d'eau provenant des débordements du LOGONE. Ces apports sont régularisés par la série de lacs se trouvant sur le Haut MAYO KEBI et ils n'ont pour effet que de maintenir la cote du MAYO KEBI stationnaire pendant 10 et même 15 jours; ils n'ont pratiquement pas d'influence sur le débit de la BENOUE à GAROUA qui continue à baisser régulièrement.

- Entre GAROUA et OURO BOKI

A OURO BOKI, la courbe de variation des hauteurs d'eau au cours d'une saison des pluies est en gros identique à celle de GAROUA. Cependant la BENOUE à OURO BOKI subit très nettement l'influence du FARO et la courbe à OURO BOKI présente des dentelures qu'on ne voit pas à GAROUA.

La détermination du temps de propagation a été relativement plus difficile que pour les autres stations étant donné le peu de crues à GAROUA donnant à OURO BOKI une montée des eaux non influencée par le FARO.

Nous n'avons pu déterminer le temps de propagation qu'à partir des maxima des crues. Le graphique n°7 donne ces temps ainsi que la corrélation entre les hauteurs à GAROUA et OURO BOKI.

On constate que les temps vont régulièrement en croissant avec la hauteur à l'échelle. Nous avons pu ainsi graduer la courbe de corrélation en temps de propagation.

La vitesse de propagation entre GAROUA et OURO BOKI est comprise entre $\frac{87}{20} = 4,35$ km/h et $\frac{87}{68} = 1,3$ km/h

Sur ce tronçon aussi l'influence des plaines d'inondation est très importante. Entre GAROUA et le FARO, la BENOUE s'étale dans de nombreux bras et lacs parallèles aux berges de la rivière.

- Entre le CAMPEMENT CORON et SAFAIE

Le Haut FARO jusqu'à SAFAIE est une rivière à très forte pente ayant des crues très pointues et très rapides se propageant très vite.

Les essais de corrélation entre les hauteurs au débuts des pointes et les hauteurs maxima des crues (graphiques n°8 et 9) donnent des nuages de points, on a tracé une courbe moyenne. Les erreurs commises en calculant la hauteur à SAFAIE à partir de la hauteur au Campement CORON peuvent être très importantes et il faut de ce fait utiliser ces courbes avec prudence.

Les temps de propagation varient également sans loi bien apparente. Pour le début de la pointe de crue ils varient entre 8 et 24 heures, ce qui donne des vitesses de l'onde de crue égale à

$$\frac{150}{8} = 18,7 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{156}{24} = 6,3 \text{ km/h}$$

Pour le maximum de la crue, les vitesses de propagation sont sensiblement les mêmes (Temps compris entre 12 et 24 heures).

Le DEO, affluent principal de rive gauche du FARO, doit avoir un régime à peu près identique à celui du Haut FARO, les courbes au Campement CORON et à SAFAIE étant presque toujours semblables.

- Entre SAFAIE et OURO BOKI

Le graphique n° 10 donne la corrélation entre les hauteurs à SAFAIE et celles à OURO BOKI pour le début de la pointe de crue. Les temps sont compris entre 20 et 40 heures ce qui donne une vitesse de propagation comprise entre

$$\frac{110}{20} = 5,5 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{110}{40} = 2,75 \text{ km/h}$$

Pour les maxima des pointes de crues, le graphique n°11 donne la courbe moyenne de corrélation. La dispersion des points est assez grande.

Les temps de propagation varient assez régulièrement avec la hauteur à l'échelle de 30 à 58 heures ce qui donne des vitesses comprises entre

$$\frac{110}{30} = 3,7 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad \frac{110}{58} = 1,8 \text{ km/h}$$

Etant donné que la hauteur maximum à OURO BOKI n'est pas encore connue lorsque le maximum se produit à SAFAIE, nous avons pensé établir un graphique en portant en ordonnées les hauteurs maximum à SAFAIE et en abscisses les hauteurs observées au même instant à OURO BOKI, chaque point étant ensuite affecté du temps de propagation de l'onde de crue correspondante. La dispersion des points est plus grande, comme il fallait s'y attendre. Le réseau de courbes gradué en temps de propagation ne donne pas plus de précision que la courbe de corrélation du graphique 11 qu'on a pu également grader en temps de propagation.

ECHÉANCES POSSIBLES des PRÉVISIONS à GAROUA et OURO BOKI -

Entre le BUFFLE NOIR et GAROUA, les maxima des crues mettent de 38 à 122 heures pour se propager. Cela permettrait, théoriquement, de faire des prévisions ayant des échéances comprises entre 1 jour 1/2 et 5 jours.

Pratiquement, le BUFFLE NOIR ne permet pas d'avoir avec précision les hauteurs à GAROUA. Il ne donne qu'une idée de l'évolution de la crue, en supposant que toutes les rivières situées dans le bassin intermédiaire entre RIAO et le BUFFLE NOIR réagissent comme la HAUTE BENOUE. Les prévisions faites jusqu'à présent sont faites 24 heures à l'avance en se basant sur les hauteurs à RIAO et COSSI.

Il en est de même pour les prévisions à OURO BOKI. La station du Campement CORON donnerait des échéances assez longues (comprises entre 1 jour 1/2 et 3 jours), mais la précision serait médiocre et cette station n'a servi, jusqu'à présent, qu'à donner la tendance comme celle du BUFFLE NOIR.

A OURO BOKI, les prévisions sont faites également 24 heures à l'avance à l'aide des hauteurs à GAROUA et à SAFAIE.

RESULTATS OBTENUS -

Les prévisions sont portées chaque jour sur le graphique de variations de hauteurs d'eau. La courbe de prévision est ensuite tracée en pointillés.

Nous donnons en annexe les graphiques n°13 et 14 des variations de hauteurs d'eau en 1957 ainsi que les prévisions qui ont été faites.

DIFFUSION des RENSEIGNEMENTS -

Ces renseignements sont transmis tous les jours aux Services de GAROUA intéressés ainsi qu'aux représentants de Compagnies de navigation. Ils sont aussi transmis par radio tous les matins à l'Inland Waterway Département de LOKODJA (jusqu'en 1957 à NEDECO) qui les utilise pour rédiger un bulletin de navigation diffusé ensuite aux bateaux.

A partir de Juillet 1958, les bulletins sont transmis également à RADIO GAROUA qui les diffuse dans la journée après leurs informations.

ETUDES de QUELQUES TYPES de CRUE PARTICULIERS -

Dans l'ensemble, les prévisions obtenues 24 heures à l'avance sont assez satisfaisantes. Mais il y a parfois des types de crues un peu particuliers qui surprennent par leur rapidité qui a pour résultat de donner des erreurs assez importantes dans les prévisions. Ce sont ces types de crues que nous allons examiner afin que si des conditions analogues se représentent à l'avenir, les prévisions puissent être faites dans des conditions normales de précision.

Les crues les plus spectaculaires se situent en général fin Juillet, début Août.

Ainsi, le 26 Juillet 1956, nous avons observé une montée rapide des eaux au BUFFLE NOIR (27,1 m en 16 heures, soit une montée moyenne de 16,9 cm à l'heure) entraînant presque immédiatement la montée du plan d'eau à RIAO, montée s'effectuant à la vitesse moyenne de 7,6 cm/heure. Le même jour à COSSI, le MAYO KEBI montait aussi (1,34 m en 24 heures) et les deux crues se rejoignant à GAROUA donneraient une montée du plan d'eau de 7,2 cm/heure en moyenne. La crue à GAROUA débuta 12 heures après celle de RIAO et elle commença à s'étaler à la cote 4,50 environ 14 heures après le maximum à RIAO. Les graphiques de cette crue sont donnés en annexe (Graphique n°15). Cette crue est de loin la plus rapide que nous avons observée de 1954 à 1957.

Les hauteurs de pluies enregistrées à NGAOUNDERE sont les suivantes : 7,4 mm le 22, 15,7 mm le 23, 25,7 mm le 24 et 33,1 mm le 25. AU BUFFLE NOIR on enregistrerait 1,2 mm le 22, 7,5 mm le 23 et 45,4 le 26. A RIAO, les pluies sont plus faibles : 2,3 mm le 24 et 5,8 le 26. Par contre, à COSSI on a recueilli 7,4 mm le 25 et 49 mm le 26. Les pluies étaient donc relativement bien réparties sur tout le bassin versant pendant la période du 22 au 26 et tous les affluents à l'amont de RIAO ont contribué à la crue.

Au mois d'Août 1954, après une décrue assez importante, au cours de la première quinzaine, la BENOUE s'est mise à monter assez rapidement à partir du 19. Cette montée était due à une crue de la BENOUE à RIAO annoncée le 18 dans la soirée et se développant le 19 à raison de 90 cm par 24 heures soit 3,75 cm à l'heure. Le 18, également, le MAYO KEBI montait rapidement (95 cm en 24 heures) et cette crue se prolongeait jusqu'au 23.

Les variations des plans d'eau à RIAO et COSSI sont moins rapides pour la crue de 54 que pour celle de 56 et on constate que les temps de propagation sont un peu plus longs, environ 19 heures entre RIAO et GAROUA.

Au cours de cette crue d'Août 1954, la BENOUE à GAROUA monta le 20 de 118 cm en 24 heures soit une montée horaire moyenne de 4,9 cm.

Le 10, la BENOUE à RIAO montait de 77 cm en 24 h., soit 3,2 cm à l'heure. La BENOUE à GAROUA avait son niveau qui s'élevait à la vitesse de 58 cm en 24 heures, soit 2,5 cm à l'heure. Cette crue correspondait avec une période pluvieuse intéressant tout le bassin et qui donnait à NGAOUNDERE : 78,2 mm le 18 et 10,1 mm le 19 à POLI, 2,8 mm le 18 et 19,1 mm le 20 à GUIDER, 9,6 mm le 18 et 33,4 mm le 19.

En 1955, les pluies sur l'ADAMAOUA assez continues mais peu abondantes du 21 au 31 Juillet ont bien donné une pointe rapide au BUFFLE NOIR le 26 et une autre le 30. Mais le résultat final à RIAO a été une crue assez lente (le 27, 2 cm à l'heure) coupée le 29 et le 30 de légères décrues. Le 31, après la pointe du 30 au BUFFLE NOIR, la BENOUE à RIAO a monté de 73 cm en 24 heures, ce qui ne représente, en moyenne, que 3 cm à l'heure.

Le MAYO KEBI montait très rapidement à la suite d'une forte précipitation sur son bassin (59 mm à GUIDER le 28) et le plan d'eau passait de 145 m à 292 m en 10 heures à COSSI le 29 (montée horaire 14,5 cm/heure).

Du fait du décalage des deux crues à RIAO et COSSI et malgré la violence de la crue du MAYO KEBI, la BENOUE à GAROUA ne montait que de 55 cm en 24 heures les 29 et 30 Juillet. Voir graphique n°16.

En Juillet 1955, nous avons également observé une crue à RIAO dont l'hydrogramme est rigoureusement semblable à celui observé à RIAO 12 heures après. La variation du plan d'eau à RIAO était de 5 cm à l'heure le 16 Juillet 1955 à GAROUA, il a été de 4,2 cm à l'heure.

Une légère crue du MAYO KEBI a un peu prolongé la crue à GAROUA dont le maximum n'a eu lieu que 18 heures après le maximum à RIAO.

Nous avons pu observer une crue à peu près analogue le 7 Juillet 1958. La BENOUE au BUFFLE NOIR a été en crue le 5 et cette crue s'est prolongée par une série de points jusqu'au 9 Juillet. A RIAO, le niveau montait dans la nuit du 6 au 7 et le 7 la variation était égale à 4,5 cm/heure.

Le 7, le MAYO KEBI est aussi en crue et la cote à l'échelle passe en 16 heures de 0,88 m à 1,98 m. A GAROUA, sous l'effet de la crue de RIAO, la BENOUE monte le 7 de 4 cm à l'heure. En fin de journée, la BENOUE à RIAO baisse, mais à GAROUA la crue se poursuit sous l'action du débit du MAYO KEBI. Le 8 la montée se fait à GAROUA à raison de 58 cm en 24 heures. La fin de cette crue est plus complexe que celle du 16 Juillet 1955 car les nombreux points au BUFFLE NOIR ont provoqué une nouvelle montée à RIAO.

Nous devons faire maintenant une remarque concernant la prévision des crues à partir du BUFFLE NOIR. Il arrive souvent, lorsque le niveau de la BENOUE à GAROUA est supérieur à 4,50 m que des pointes très rapides au BUFFLE NOIR ne donnent qu'une faible montée à RIAO et à GAROUA.

Ainsi, le 1er Octobre 1955, la BENOUE au BUFFLE NOIR passa en 16 heures de la cote 3,86 m à la cote 7,30 m soit une montée de 20 cm à l'heure. Le 3 et le 5 Octobre, on enregistrerait encore deux fortes crues dont l'amplitude était respectivement de 1,90 et 2,00 m. Malgré ces crues, la BENOUE à RIAO passait seulement de la cote 544 à la cote 580.

Fin Août, une série de points d'amplitude analogue mais dont le maximum se situait plus bas (628 au lieu de 730) faisait passer la cote à RIAO de 370 à 564.

En 1956, le 7 Août, on enregistrerait une montée de 24 cm à l'heure pendant 19 heures, plus rapide que celle du 26 Juillet et cependant, la BENOUE à RIAO n'aurait qu'une faible variation du plan d'eau de 3,30 à 4,20 et à GAROUA la cote passait de 470 à 498 seulement.

De même, la plus forte crue enregistrée au BUFFLE NOIR le 14 Août 1957 (plan d'eau variant de la cote 3,90 à 7,50 en 16 heures vitesse horaire 22,5 cm/heure) ne donnait à la crue de RIAO une amplitude de 90 cm (cote 350 à 440).

Ces exemples montrent que pour pouvoir utiliser le BUFFLE NOIR avec précision, il faudrait faire tous les jours une analyse précise des précipitations sur le bassin. Les seules indications des pluviomètres du Service d'Annonce des Crues ne sont pas suffisantes. La grande difficulté est de pouvoir obtenir régulièrement et en temps utile les renseignements du Service Météorologique. Jusqu'à présent, ils ne nous parvenaient que très irrégulièrement et le nombre des stations nous les transmettant a toujours été trop faible pour entreprendre une étude sérieuse.

Des essais de corrélation entre les hauteurs de pluies sur le bassin et les débits ont d'ailleurs été effectués en calculant les volumes d'eau tombés tous les 10 jours et aussi tous les 5 jours. Nous n'avons obtenu aucun résultat valable.

Une dernière remarque au sujet de la régularité des crues. Depuis 1954, nous avons toujours observé une montée plus ou moins rapide fin Juillet début Août amenant le niveau à GAROUA à une cote comprise entre 450 à 550.

Un deuxième maximum compris entre 7,00 et 7,30 se produit dans la première quinzaine de Septembre.

En Octobre, du 4 au 10, il se produit également une pointe de crue qui est en général moins élevée que celle de Septembre pour la BENOUE à GAROUA.

La BENOUE à OURO BOKI présente les mêmes maxima mais, par suite d'une crue importante du FARO, au cours de la première semaine d'Octobre, la pointe du mois d'Octobre est toujours plus élevée que celle de Septembre.

Au mois d'Août, le niveau peut rester à peu près étale, comme en 1955, ou bien baisser rapidement comme cela a été le cas en 1954. La pluviométrie sur le bassin au cours du mois de Juillet peut donner des indications précieuses. En 1954, la fin du mois de Juillet et le début du mois d'Août n'ont que peu ou pas de précipitations et cela sur l'ensemble du bassin. GAROUA ne reçoit du 16 Juillet au 18 Août que 50,5 mm. A NGAOUNDERE au cours de la même période, on observait des précipitations assez abondantes et soutenues du 16 au 23 Juillet donnant la crue de fin Juillet à GAROUA et ensuite une période plus sèche du 23 Juillet au 17 Août au cours de laquelle seules deux ou trois précipitations atteignent 20 mm.

En 1955, par contre les pluies en Juillet et début Août ont été bien réparties et abondantes sur tout le bassin, assurant ainsi à la BENOUE un débit important et très régulier.

La décrue s'annonce au cours de la première quinzaine d'Octobre (dates extrêmes depuis 1954, le 5 Octobre en 1957 et le 16 Octobre en 1955). La décrue la plus rapide a été observée à GAROUA en 1957. Le niveau a baissé de 2,50 m en 8 jours soit en moyenne 30 cm par jour, on a enregistré, le 14 Octobre, une baisse de 55 cm.

En 1955, le niveau a baissé à partir du 8 Octobre à la vitesse moyenne de 2,40 en 15 jours soit 16 cm/jour.

En tenant compte des temps de propagation du maximum de la crue et en les appliquant à la décrue du mois d'Octobre nous avons essayé d'établir une corrélation entre la décrue à RIAO et la décrue à GAROUA pour les années 1954 à 1957. Nous avons obtenu quatre courbes de corrélation différentes. Le tracé d'une courbe moyenne entraînerait des décrues de \pm 30 cm dans la prévision des hauteurs à GAROUA à partir de celles de RIAO.

Ces courbes pourront donc donner seulement une idée de la hauteur à GAROUA à partir de celle observée à RIAO, mais pour faire une prévision, il faudra tenir compte de la façon dont se développe la crue et essayer de voir si elle ne peut pas être identifiée à une courbe déjà observée.

Il en est de même pour les hauteurs prévues à OURO BOKI.

CONCLUSIONS -

Le problème de la prévision des crues est très complexe. Pour espérer obtenir une bonne précision, il faudrait pouvoir disposer d'un très grand nombre d'années d'observations, comme c'est le cas dans les pays d'Europe.

N'ayant actuellement que quatre années d'observations complètes, il nous a paru sage de commencer par bien observer les phénomènes et de faire des prévisions au bout de la deuxième année, à partir des hauteurs d'eau. Les résultats ne furent pas brillants et les prévisions étaient données en 1955 12 heures seulement à l'avance. En 1956 et 1957, des essais de révisions à 24 heures ont été faits et ont donné des résultats acceptables. Nous pensons qu'il faut continuer d'annoncer des niveaux à partir des hauteurs d'eau pendant quelques années encore.

Cependant, l'extrapolation des diagrammes de variation des hauteurs d'eau devra être faite avec souplesse et être guidée par l'expérience et par l'interprétation intelligente des dernières observations pluviométriques et limnimétriques.