

ÉTUDE SOMMAIRE DES TRANSPORTS SOLIDES SUR UN PETIT BASSIN DU NORD-CAMEROUN

par

M. Henri PELLERAY

*Ingénieur I. E. T. à Électricité de France
Chef du Service Hydrologique de L'ORSTOM au Cameroun*

A la demande de l'Ingénieur, ~~CHEF DE L'Arrondissement~~ Arrondissement des Travaux Publics de GAROUA, la Section d'Hydrologie de T.T.R.C.A.M. a entrepris en 1955 l'étude du ruissellement sur les petits bassins versants du NORD-CAMEROUN. Les résultats devaient permettre le calcul du débouché de nombreux ouvrages sur la future route GAROUA-MAROUA.

Afin d'obtenir des résultats utilisables rapidement, compte tenu du personnel disponible, un ingénieur hydrologue et quelques aides techniques africains recrutés sur place, il fut décidé, en accord avec les Travaux Publics, de concentrer les efforts sur le Mayo KERENG situé à 10 km au Nord de FIGUIL sur la route de BITSAR.

Les observations météorologiques et hydrologiques ont été immédiatement organisées sur les 4,0 km² du bassin versant alimentant le Mayo KERENG (1).

Parallèlement aux mesures de débit effectuées sur le Mayo principal par l'hydrologue, un africain suivit les variations du plan d'eau sur un déversoir installé sur le Mayo B. Ce ruisseau, affluent R.G. du Mayo KERENG, draine un bassin de 6,6 hectares.

Une deuxième campagne a été entreprise en 1956. La présence d'un agent technique européen a permis l'étude du ruissellement et la mesure des transports solides sur cet affluent.

I) ÉTUDE GÉOGRAPHIQUE SOMMAIRE DU MAYO B

A) SITUATION

Les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Latitude : 9°41 N

Longitude : 14°00 W

Le Mayo B se jette dans le Mayo KERENG, affluent du Mayo LOUTI qui, lui-même, conflue avec le Mayo KEBBI, 100 km en amont de GAROUA.

Son bassin versant couvre une surface de 6,6 hectares (Fig.n°1)

(1) Les résultats obtenus en 1955 ont été exposés dans une note publiée en 1956 "Etude du ruissellement sur le bassin versant expérimental du Mayo KERENG".

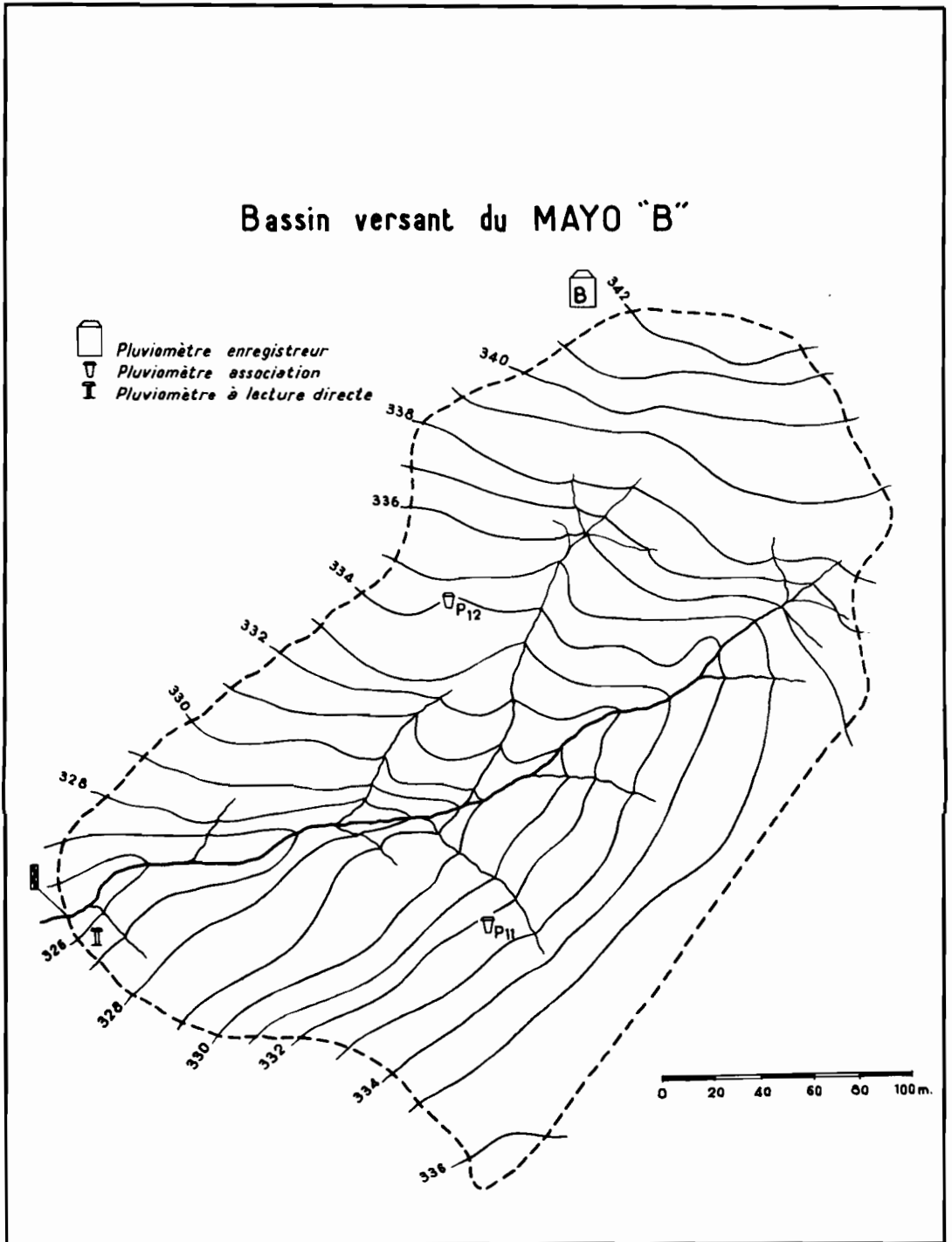


Fig. 1

Les coefficients de forme et de pente sont respectivement les suivants :

$$K_f = \frac{P}{2 \sqrt{\pi \times s}} = 1,16$$

$$K_p = \frac{d \times l}{S} = 0,063$$

P : périmètre

d : équidistance des courbes de niveau

S : surface

l : longueur des courbes de niveau

La pente moyenne est de : 2,3 %.

Notons, dès à présent, que la pente moyenne du Mayo n'est pas très élevée et que de nombreux Mayos du Nord-Cameroun ont des pentes bien supérieures.

La plus grande distance qu'une goutte d'eau doit parcourir pour arriver au déversoir de mesure est de : 400 mètres.

B - VÉGÉTATION

Le Mayo B se situe dans la zone de savane. Au début de la saison des pluies, le sol n'est protégé par aucune couverture végétale. Les herbes n'atteignent un développement important qu'au mois d'août. Elles commencent alors à jouer un rôle de frein dans le processus d'érosion. Les arbres sont assez nombreux sur le bassin versant. Leur densité à l'hectare varie de 950 en amont à 420 en aval. La taille moyenne de ces arbres est inférieure à 7 ou 8 m. De nombreuses espèces d'épineux sont représentées.

C - GÉOLOGIE - PÉDOLOGIE

Le Mayo B se développe entièrement sur les embréchites décomposées en surface. De nombreux filons de quartzites sont visibles dans le lit du Mayo.

Les sols sont sablo-argileux. On rencontre beaucoup de gravillons et cailloux de quartzite en surface et mélangés aux différents horizons. Les couches profondes sont très argileuses. La tarière rencontre la roche pour des profondeurs variant de 0,50 à 0,80 m.

Une analyse mécanique, les déterminations de la porosité et de l'humidité équivalente ont été réalisées au laboratoire de Pédologie de l'I.R.C.A.M. pour 9 échantillons de terre prélevés sur le bassin.

	Echan- tillons	% de terre fine				Graviers	Porosité	Humidité équival.
		Argile	limon	sable fin	sable gros			
I 81 24/1	1	15,3	8,2	43,5	28	26,9	32	19,3
I 81 24/2	2	32,2	9,5	36,0	24	13,9	39	25,1
I 81 24/3	3	16,25	10,0	38,0	38,3	1,73	36	18,6
I 5 S	4	29,0	9,2	38,6	25,0	15,1	32	28,4
I 5 F	5	13,6	10,9	51,2	28,0	57,6	34	
I 19 S	6	20,8	11,8	54,6	16,1	5,95	38	24,2
I 19 F	7	31,0	11,5	40,0	19,0	46,6	34	28,6
I 12 I 23/S	8	11,5	5,5	53,0	31,6	26,9	33	16,8
I 12 I 23/F	9	33,2	10,8	30,8	26,2	39,2	36	31,9
		Porosité = $\frac{\text{vol. des vides} \times 100}{\text{vol. total}}$						

D - CLIMATOLOGIE

Le bassin étudié est en zone tropicale pure. A GUIDER, station la plus proche de KERENG, les pluies présentent un total annuel moyen de 900 mm. Les averses se répartissent pratiquement de Mai à Octobre avec un maximum en Août. La violence des averses est déterminante dans le processus d'érosion par l'action mécanique des gouttes d'eau tombant sur le sol. Les intensités de pluie sont généralement fortes et peuvent atteindre 150 mm/h pendant quelques minutes.

II) ÉTUDE DES TRANSPORTS SOLIDES

A) GÉNÉRALITÉS

On appelle transport solide d'un cours d'eau tous les matériaux, des boues les plus fines aux rochers les plus gros, que le courant peut entraîner.

Deux rivières analogues, mais dont les bassins versants ont des caractéristiques géologiques et pédologiques très différentes, donneront des transports solides différents en qualité et en quantité.

On distingue trois modes de déplacements pour les matériaux solides :

- 1°) Le déplacement sur le fond
- 2°) La saltation
- 3°) La suspension

1°) Le déplacement sur le fond

Le déplacement sur le fond n'intervient qu'au moment des crues. Pour faire rouler des galets sur le fond du lit, il faut des vitesses élevées qui, en général, ne sont atteintes que pendant les hautes eaux.

2°) La saltation

C'est le mode de transport des éléments plus fins que les galets, c'est-à-dire les graviers et les sables grossiers. Les graviers sautent, progressent par bonds, au fond de la rivière et occupent donc, dans la section, une certaine hauteur dépendant de la vitesse et des caractéristiques des grains.

On explique la progression par saltation de la façon suivante : un grain glisse sur le fond du lit, puis rencontre un obstacle, il se bute alors sur cet obstacle. La différence de pression entre l'amont et l'aval du grain augmente, il bascule, puis est arraché, entraîné par le courant et, par gravité, retombe au fond où le processus recommence. Il est évident que les composantes multiples de la vitesse, qui caractérisent la turbulence, jouent un rôle important dans la saltation.

3°) La suspension

Les matériaux les plus fins, les limons et les argiles, par les effets combinés de la turbulence et des tensions superficielles, restent en suspension dans l'eau. Dans un même cours d'eau, la teneur de matières en suspension dépend de la vitesse moyenne et du régime d'écoulement. Il y a évidemment, suivant les sections, des échanges plus ou moins importants entre les trois modes de transport solide.

Les appareils de mesure sont très différents suivant le mode de transport que l'on veut mesurer.

On utilise généralement des nasses pour les éléments les plus gros. C'est un procédé simple, mais d'application difficile, pour des mesures de débit solide. Des procédés acoustiques ont été mis au point pour détecter le débit des entraînements et en déterminer l'intensité.

La saltation et la suspension sont mesurées à l'aide de turbidimètres et de bouteilles à clapets. Les résultats sont assez précis, mais il faut faire de nombreuses

mesures dans toute la section pour intégrer la totalité du débit solide. Ces mesures générales permettent de déterminer un point représentatif de la section, quand on veut procéder à des mesures continues et ponctuelles comme c'est le cas au pont de Mirabeau, sur la Durance.

Les chiffres de transport solide généralement annoncés sont déduits des mesures de suspension et de saltation, relativement plus faciles à réaliser que des mesures totales.

Dans le cas précis du Mayo B, la distinction entre charriage, saltation et suspension est impossible à faire car, même pour les très fortes crues, la profondeur dans la rivière reste faible et la turbulence est telle qu'un brassage puissant mélange tous les éléments, sans distinction de grosseur.

Expérimentalement, nous avons distingué deux modes de transport qui correspondent chacun au procédé mis en oeuvre pour les mesurer.

Les unités employées sont la dégradation spécifique D_s et la turbidité spécifique T_s .

La dégradation spécifique est le poids de terrain érodé par an et par kilomètre carré.

La turbidité spécifique est déduite de la dégradation par le rapport $T_s = \frac{D_s}{H_e}$, H_e étant l'indice d'écoulement.

Nous avons remarqué en 1955 que la zone de tranquillisation à l'amont du déversoir de mesures, installé sur le Mayo B, était encombrée par le sable après chaque tornade importante. Cette variation, difficilement contrôlable de la "pelle" amont, entache d'une erreur systématique les débits relevés en 1955. Nous avons donc résolu d'agrandir la section à l'amont du déversoir, de façon à créer un ralentissement de vitesse important, permettant d'une part un meilleur étalonnage du déversoir et, d'autre part, de recueillir le sable charrié par le Mayo et déposé dans la zone de vitesses faibles. Une fosse de décantation, d'environ 10 m³ à la cote de la crête du déversoir, a été aménagée. Le fond a été réglé à l'horizontale puis cimenté et nous avons protégé l'ensemble du ruissellement local par une murette cimentée. Nous pensions exécuter un lever topographique régulier de la fosse après chaque tornade et vider le sable toutes les semaines. L'expérience prouva qu'il fallait vider la fosse à chaque averse, les apports de plusieurs mètres cubes n'étant pas rares.

Les mesures étaient effectuées de la manière suivante :

Après chaque tornade, la fosse était vidée de l'eau qu'elle contenait. Le sable était extrait à l'aide d'un récipient de capacité connue. Nous avons ainsi une mesure simple et précise de la quantité de sable transportée. Le sable était ensuite déposé en tas conique. Après séchage au soleil, on prélevait un quart du tas et l'on formait un nouveau tas conique et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un échantillon d'une dizaine de kilos. Cet échantillon était alors ramené au camp de base où nous le faisons sécher au soleil. Une équipe d'employés africains tamisait l'échantillon sec sur les tamis prêtés par le laboratoire des Travaux Publics. Les différentes fractions retenues par les tamis étaient pesées et nous pouvions tracer alors les courbes granulométriques, qui s'expriment en pourcentage de passant au poids total, en fonction de la dimension des mailles des tamis. La courbe granulométrique a été calculée pour chaque échantillon et reportée sur un graphique logarithmique.

Pour obtenir le débit solide total, il ne restait qu'à prendre des échantillons liquides pendant chaque crue, pour tenir compte de la fraction des éléments en suspension qui passait sur le déversoir.

On mesurait donc, dans une section bien déterminée, d'une part le débit des matières en suspension et, d'autre part, le débit charrié sur le fond plus la petite fraction des éléments en suspension qui se déposaient dans la fosse où les vitesses étaient plus faibles que dans le lit de la rivière.

La mesure du transport en suspension s'effectuait de la façon suivante :

Dans l'abri installé près de la station de mesure du Mayo B, 6 bouteilles propres et numérotées étaient entreposées. Dès le début d'une tornade, les relevés de hauteur d'eau commençaient.

Lorsque le flot montait, un seau d'eau était prélevé sur le déversoir. Après agitation, on remplissait une ou deux bouteilles.

Deux autres prélèvements étaient effectués au maximum de débit et deux autres à la décrue.

Le prélèvement à l'aide d'un seau, pour rudimentaire qu'il soit, n'en reste pas moins la meilleure solution pour des débits, variant extrêmement vite. Après la tornade, les échantillons recueillis dans les bouteilles de 650 cc. étaient ramenés au camp de base. Là, les particules en suspension étaient précipitées à l'aide de quelques gouttes d'acide chlorhydrique.

En 1956, les Travaux Publics ont installé un laboratoire de mécanique des sols à Figuil pour le contrôle des terrassements. Nous avons pu obtenir l'autorisation d'utiliser le matériel, principalement étuves, trébuchet et tamis, pour le dépouillement rapide de nos mesures. Après précipitation, les échantillons étaient décantés puis étuvés à 105°. Le résidu sec était pesé au trébuchet. Quatre-vingt-deux échantillons ont été traités.

Les derniers échantillons n'ont pu être dépouillés sur place et ont été ramenés à Yaoundé. Nous en avons profité pour faire l'analyse granulométrique des corps en suspension au Laboratoire de Pédologie de l'I. R. C. A. M.

La méthode utilisée est la suivante :

On disperse les particules au maximum par agitation pendant plusieurs heures. On laisse reposer ensuite la solution et on opère des prélèvements à l'aide d'une sonde, à une hauteur déterminée au bout de temps croissants. La loi de Stokes permet de définir la dimension des particules et de les classer en argile, limon et sable fin.

On admet que :

	argile	<	0,002 mm
0,002	< limon	<	0,02 mm
0,02	< sable fin	<	0,2 mm

La méthode n'est précise que relativement et donne des écarts assez importants avec les concentrations mesurées sur résidu sec.

L'erreur absolue sur nos échantillons était systématiquement positive.

B) RÉSULTATS OBTENUS

1. - Charriage

Le charriage, tel que nous l'avons mesuré, comprend une faible proportion de matières en suspension et la totalité de la saltation.

Nous donnons (tableau I) le détail des répartitions granulométriques des échantillons de sable.

Nous avons tracé (Fig. n° 2) le faisceau des courbes granulométriques. Les courbes sont groupées et montrent que le matériau recueilli est plutôt grossier. Après chaque tornade, nous avons trouvé de nombreuses pierres mélangées au sable; les plus grosses ne passaient pas à l'anneau de 5 cm. Nous donnons dans le tableau II le poids de sable recueilli à chaque tornade. Nous indiquons également le volume de la pluie efficace et le débit maximum de la crue.

Pour passer du volume de sable au poids, nous avons procédé à une mesure de densité qui, pour du sable humide, nous a donné 1,4 tonne au mètre cube. Le même sable, desséché sous vide, nous a donné 1,56 tonne au mètre cube, densité typique, du sable siliceux.

TABLEAU I
RÉPARTITIONS GRANULOMÉTRIQUES

Dimen. des tamis	N° et dates des Tornades								
	20-6 4-8-56	21-6 5-8-56	24-6 14-8-56	25-6 16-8-56	33-6 5-9-56	34-6 7-9-56	35-6 9-9-56	42-6 28-9-56	41-6 27-9-56
4	78,75	94,04	79,13	82,5	93,9	96,5	83,5	80,5	96,4
2,5	73,4	90,23	75,00	79,55	87,2	90,9	78,5	75,6	93,9
1,60	64,8	81,87	66,75	72,4	76,0	81,6	70,4	68,0	88,0
1,25	58,2	75,1	60,1	66,6	66,6	72,2	64,6	60,8	83,3
0,80	45,5	60,7	45,8	53,6	50,0	56,1	51,6	48,3	71,4
0,63	38,0	46,2	40,2	43,1	39,5	45,6	39,9	37,1	61,2
0,40	20,4	24,7	24,0	24,9	25,5	31,0	22,0	19,0	40,4
0,315	11,2	12,8	14,9	16,5	18,0	20,6	12,9	10,0	21,4
0,16	2,2	1,7	2,5	2,5	5,0	7,0	2,4	1,8	5,3
0,08	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Poids des échant.	14 166g	4 392 g	2 250 g	8 806 g	2 275 g	2 645 g	3 296 g	6 981 g	2 314 g

Résultats donnés en % du poids total de l'échantillon

TABLEAU II
TRANSPORTS SOLIDES

n° des tornades	Date	Volume pluie efficace m³	Q max m³/sec	Poids sable déposé KG	Poids matières en suspension KG	Transport solide total KG
13-6	22-7-56	374	0,15	0	60	60
14-6	24-7-56	2114	0,62	2420	1200	3620
16-6	26-7-56	2387	0,64	2830	1100	3930
18-6	31-7-56	818	0,176	535	185	720
20-6	4-8-56	2784	1,74	6050	2250	8300
21-6	5-8-56	800	0,44	1390	170	1560
25-6	16-8-56	908	0,44	2460	300	2760
29-6	27-8-56	498	0,213	330	170	500
32-6	2-9-56	258	0,046	0	15	15
33-6	5-9-56	683	0,097	63	87	150
34-6	7-9-56	423	0,097	38	40	78
35-6	9-9-56	4570	1,68	3780	950	4730
36-6	12-9-56	323	0,02	0	3	3
37-6	13-9-56	2005	1,66	1740	700	2440
40-6	25-9-56	1320	0,417	440	200	640
45-6	4-10-56	680	0,355	176	189	379
46-6	4-10-56	317	0,062		14	
				22252	7633	29885

Courbes granulométriques des sables

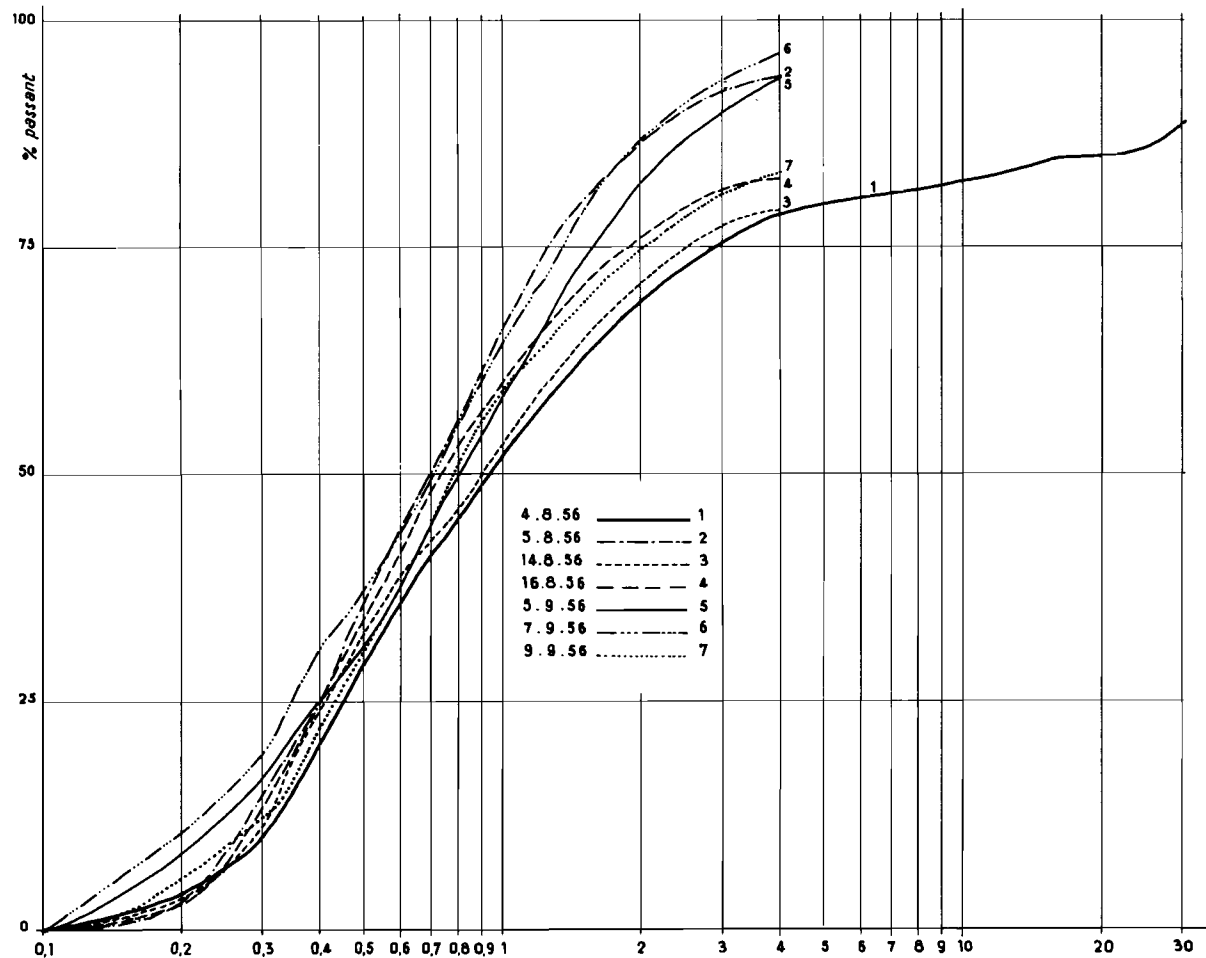


Fig. 2

Corrélation pluie-poids de sable charrié

Nous avons cherché à lier le poids de sable charrié à l'une des grandeurs qui caractérisent la pluie génératrice d'entraînement du sol. Dans une première série d'essais, nous avons tenté de tracer une courbe ayant en abscisse les volumes ruisselés et, en ordonnée, les volumes de sable correspondants. Les résultats n'étaient pas très concluants : dispersion énorme et apparemment, nulle tendance bien nette.

L'utilisation du volume efficace (1) a été plus fructueuse (fig.n° 3). La dispersion est tout de même très importante.

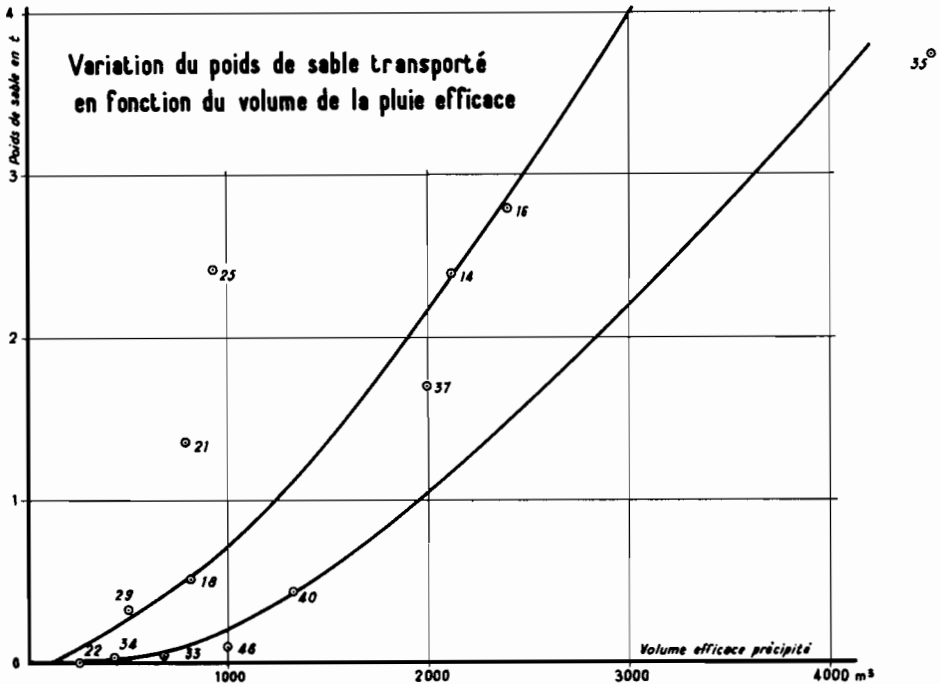


Fig. 3

Il semble que l'on puisse tracer deux courbes ayant une origine à peu près commune. Le faible nombre de mesures empêche toute conclusion certaine, mais nous pouvons faire déjà les quelques remarques suivantes :

1) Le volume de sable croît très vite avec le volume efficace précipité.

2) Les deux courbes correspondent grossièrement, l'une au début de la saison des pluies, tornades : 14 - 16 - 18 - 29, l'autre à la fin de la saison des pluies, tornades : 46 - 40 - 37 - 35.

L'influence de la végétation est très nette, et c'est peut-être la principale responsable de la dispersion que l'on enregistre.

3) Les deux courbes tracées délimitent une zone de corrélation entre les deux grandeurs. Nous ne pensons pas pouvoir définir autre chose pour chaque tornade que des tendances suivant la saison, c'est-à-dire la période végétative où elle se produit.

4) Il est curieux de noter, d'après les résultats exposés, que le volume de sable roulé est apparemment lié plus étroitement à la pluie violente qui frappe le sol qu'au volume écoulé dans la rivière et qui le véhicule. Ceci tendrait à prouver que la capacité de transport de la rivière est très supérieure au charriage mesuré.

(1) Pluie efficace : partie de l'averse qui détermine le ruissellement.

5) Les deux tornades aberrantes (la 21-6 et la 25-6) sont deux cas très particuliers.

La 21-6 a succédé à la tornade la plus violente de l'année et l'on conçoit qu'elle ne se soit pas produite dans les mêmes conditions initiales qu'une tornade ordinaire.

La 25-6 est très complexe. Il y a eu plusieurs maxima d'intensité et nous avons été conduits à ne considérer, comme pluie efficace, qu'environ la moitié de la pluie totale. Il est possible que la moitié qui n'a pas ruisselé, ait facilité les entraînements.

Remarquons, toutefois, que nous n'avons fait que des mesures globales de charriage. Si nous avions pu mesurer en même temps la quantité de matériaux charriés en une seconde et le débit liquide au même instant, nous aurions peut-être pu dégager une corrélation charriage-débit liquide. Les moyens mis à notre disposition ne nous permettaient pas une analyse aussi fine du phénomène. Les variations rapides dans le temps des quantités à contrôler rendraient d'ailleurs les mesures impossibles.

II. - Matières en suspension

Les mesures effectuées donnent une évaluation par défaut puisque les éléments les plus grossiers se sont déposés dans la fosse.

Les échantillons prélevés nous donnent la concentration en grammes par litre. Le tableau III fournit la liste des résultats obtenus. Nous donnons en regard des débits liquides instantanés correspondants. Nous en avons déduit le poids de matières en suspension transportées pour un débit liquide donné, en multipliant le débit par la concentration, ce qui suppose une répartition homogène de la concentration dans toute la section.

Corrélation débit - poids de matières en suspension transportées

Nous avons reporté les points sur un graphique (fig. n° 4). Il se dégage là aussi deux courbes distinctes qui, à notre avis, délimitent une zone de corrélation. Les limites correspondent probablement à deux états de la végétation : courbe supérieure, fin de saison sèche, début de saison humide et courbe inférieure, fin de saison des pluies.

On remarque dans le Nord-Cameroun une nette différence entre les mois d'Août, et de Septembre-Octobre. Au mois d'Août, les herbes sont encore basses et poussent lentement, les arbres sont déjà feuillus. Aux mois de Septembre et Octobre, les herbes atteignent leur plein développement et mesurent plus de 1 mètre de haut. A notre avis, ces herbes ont une influence primordiale sur le ruissellement. Elles ont un double effet sur l'érosion. D'une part, elles font un écran que la pluie doit d'abord "mouiller". Cet écran protège le sol contre le choc direct des gouttes d'eau. D'autre part, les racines enserrent les particules de terre et limitent les entraînements. Après une tornade, les herbes sont couchées par la pluie et le vent et la quantité d'eau qu'elles retiennent à leur surface est considérable. Sur chaque brin d'herbe, on peut compter plusieurs gouttes qui n'ont pu contribuer à l'érosion.

D'après nos observations sur le terrain, il n'est pas étonnant qu'entre début et fin de saison des pluies les entraînements soient réduits de plus de moitié, comme l'indique notre graphique.

La répartition des points expérimentaux, compte tenu de la date des mesures, confirme cette impression.

Il est à remarquer que les points se groupent volontiers en deux catégories correspondant, pour chaque crue élémentaire, à la crue et à la décrue. C'est assez net pour les faibles débits.

L'analyse granulométrique de certains échantillons permet de souligner la très forte teneur en argile des eaux du Mayo (tableau IV).

TABLEAU III
CONCENTRATIONS MESURÉES

N° des crues	Date	G/ L	Q liquide m³/sec	Q solide kg/ sec	N° des crues	Date	G/ L	Q liquide m³/sec	Q solide kg/ sec			
13-6	22-7-56	0,49	0,0016 C	0,0008	32-6	29-8-56	0,45	0,049 C	0,019			
		1,15	0,149 C	0,1710			0,40	0,03 D	0,012			
		0,57	0,002 D	0,0011			0,32	0,008 D	0,0025			
14-6	24-7-56	1,39	0,54 C	0,75	33-6	5-9-56	0,57	0,06 C	0,034			
		2,83	0,60 E	1,70			1,58	0,097 C	0,153			
		0,19	0,103 D	0,0196			0,66	0,078 D	0,051			
16-6	26-7-56	0,34	0,091 E	0,031	34-6	7-9-56	0,74	0,05 D	0,037			
		0,37	0,091 E	0,034			0,55	0,006 D	0,0033			
		0,22	0,117 C	0,026			0,82	0,097 E	0,080			
		0,25	0,98 D	0,02			0,75	0,078 D	0,059			
		0,22	0,072 D	0,016			0,31	0,037 D	0,011			
18-6	31-7-56	0,19	0,008 D	0,0015	35-6	9-9-56	0,51	0,032 D	0,016			
		0,29	0,017 C	0,0050			0,24	0,265 C	0,064			
		0,54	0,068 C	0,037			0,60	0,58 C	0,35			
20-6	4-8-56	0,25	0,19 D	0,0047	Perturbation							
		1,29	0,76 C	0,98	avale							
		1,77	1,74 E	3,1	0,24							
21-6	5-8-56	0,29	0,015	0,0043	0,20							
		0,37	0,44 C	0,163	0,33	0,51 D	0,17					
		0,37	0,44 C	0,163	0,48	0,80 C	0,38					
		0,26	0,051 D	0,0132	0,36	0,387 D	0,14					
24-6	14-8-56	0,28	0,043 D	0,012	0,43	0,186 D	0,080					
		1,00	0,62 C	0,62	0,16	0,019 C	0,003					
		0,14	0,81 C	0,113	0,26	0,009 D	0,0023					
25-6	16 } 8-56	0,46	0,418 C	0,192	36-6	12-9-56	0,18	0,58 C	0,104			
		0,62	0,44 C	0,272			0,62	1,40 C	0,87			
		0,48	0,051 D	0,025			0,53	0,71 D	0,376			
		0,45	0,043 D	0,019			0,51	0,48 D	0,244			
		0,17	0,007 D	0,0014			0,42	0,21 D	0,088			
29-6	27-8-56	0,17	0,007 D	0,0014	0,35	0,078 D	0,027					
		0,77	0,117 C	0,09	0,88	0,265 C	0,233					
		2,3	0,16 C	0,37	0,86	0,388 C	0,334					
		1,00	0,186 D	0,186	0,45	0,294 D	0,132					
		1,05	0,16 D	0,168	0,32	0,03 D	0,0096					
30-6	28-8-56	0,42	0,015 D	0,0063	40-6	25-9-56	0,94	0,138 C	0,13			
		0,40	0,012 D	0,0048			0,95	0,238 D	0,226			
		0,95	0,44 C	0,42			0,68	0,077 D	0,052			
		1,29	0,62 C	0,80			0,55	0,03 D	0,0165			
		0,83	Perturbation				45-6	4-10-56	0,43	0,06 C	0,0258	
		0,91	avale						0,58	0,043 D	0,025	
		0,03	0,186 D	0,0056								
0,12	0,06 D	0,0072										

C = crue

D = décroue

E = crue étalée

Variation du poids de matières en suspension transportées en fonction du débit

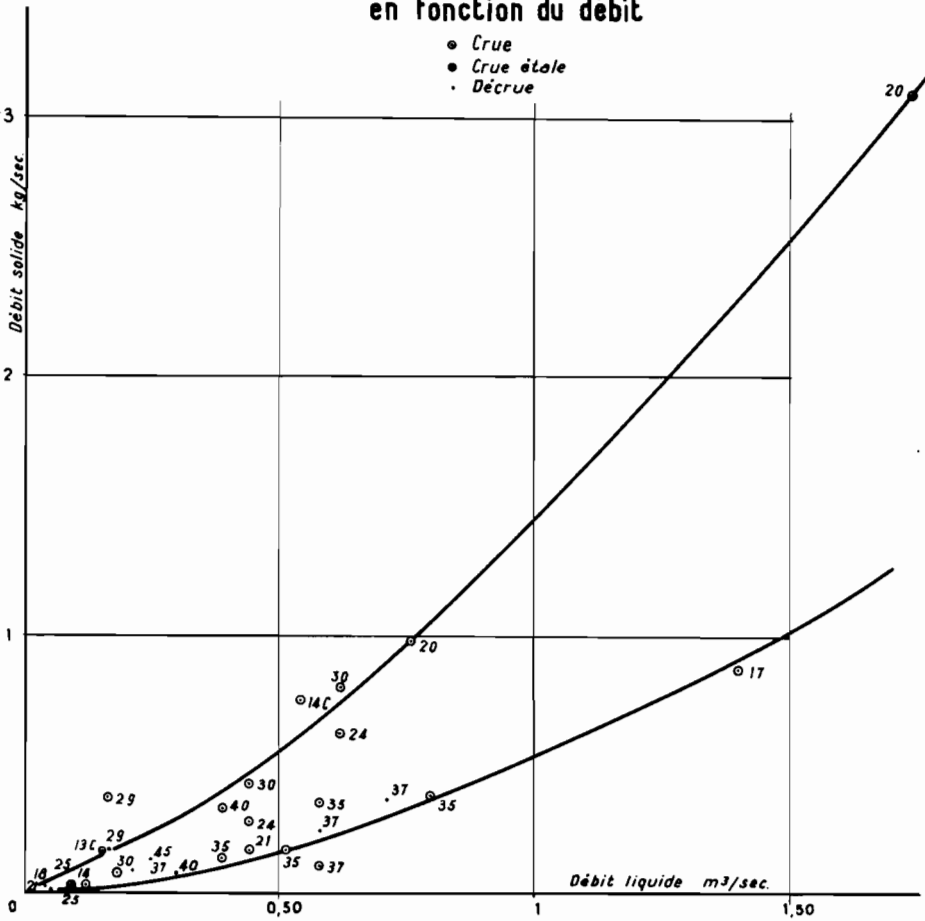


Fig. 4

TABLEAU IV

ANALYSE DES MATIÈRES EN SUSPENSION

N° des échantillons	% de solution			
	Argile	Limon	sable fin	Total
2	0,96	0,52	0,20	1,68
3	0,51	0,78	0,13	1,42
4	0,85	0,34	0,052	1,24
5	0,85	0,25	0,070	1,26
6	0,85	0,25	0,014	1,11
7	0,78	0,28	0,027	1,08
15	0,62	0,26	0,13	1,01
16	0,89	0,50	0,082	1,47
17	0,87	0,31	0,037	1,21
18	0,85	0,31	0,024	1,78
19	1,12	0,18	0,18	1,48
20	1,05	0,17	0,19	1,41
21	0,09	0,00	0,12	0,21
22	0,70	0,26	0,074	1,03



Vue générale du déversoir
et de la fosse à sable.



Mesure des hauteurs d'eau
et comptage des seaux de
sable extraits de la fosse.



Erosion en nappe au voisi-
nage du déversoir de
mesure.

(Photos H. Pelleray)



Tamisage des échantillons
de sable.

CONCLUSION

Les deux modes de transports solides étudiés ne présentent pas le même intérêt du point de vue Travaux Publics.

Les matières en suspension ne perturbent pas le fonctionnement des ouvrages réalisés sur les routes, car nous avons pu observer en laboratoire qu'il faut plusieurs minutes aux sables fins et limon pour se déposer en eaux calmes et plusieurs heures pour les matériaux argileux plus fins.

Les sables, au contraire, ont tendance à se déposer en tête des ouvrages surtout lorsque le débouché est insuffisant et que le plan d'eau s'élève à l'amont formant ainsi une vaste zone de décantation.

Du tableau II nous pouvons déduire les points suivants :

1) Une tornade importante (tornade de fréquence annuelle par exemple) peut transporter jusqu'à 8 tonnes de matières solides; 2 tonnes seront entraînées en suspension et 6 tonnes charriées. C'est donc un volume d'environ 4 m³ de sable qu'il faudra évacuer si l'on ne veut pas risquer un engorgement des buses. Le profil des formes à l'amont de l'orifice d'entrée est donc à soigner particulièrement. Il faut, d'autre part, donner à l'ouvrage un débouché et une pente tels qu'il y ait accélération locale du courant. Il est nécessaire de lever un profil en long du Mayo de part et d'autre de la route, de façon à se faire une idée de la pente qu'il faudra donner au radier et de la cote à laquelle on pourra le descendre.

2) Les résultats exposés ne concernent qu'une partie de la saison des pluies. Le total pluviométrique est de 761 mm pour la période observée. Si nous extrapolons les transports solides mesurés, charriage et suspension, proportionnellement au total pluviométrique de l'année, 1064 mm, nous obtenons 42 tonnes pour une superficie de 6,6 hectares. Ce chiffre correspond à une dégradation spécifique de 640 tonnes par an et par kilomètre carré. Il est voisin de ceux rencontrés sur les bassins versants montagneux et qui s'établissent entre 500 et 1.000 tonnes par km² et par an. Il a été mesuré 600 tonnes par an à la station de l'Archidiacre près de Serre-Ponçon sur la Durance et 1.000 tonnes par an au Pont Mirabeau.

Les climats subdésertiques et steppiques accusent des dégradations spécifiques de plusieurs milliers de tonnes par an. L'absence totale de végétation dans ces régions est la principale responsable de ces chiffres énormes.

A titre d'indication, les fleuves de plaine, comme la Seine ou la Loire, ne dépassent pas 20 à 30 tonnes par an et par km².

Les résultats acquis sur le bassin versant du Mayo B ne portent pas sur plusieurs années, comme il le faudrait pour donner des renseignements précis sur les dégradations spécifiques que l'on peut rencontrer dans le Nord-Cameroun. En fait, vus sous l'angle Travaux Publics, ils sont suffisants. Le problème de l'ensablement des petits ouvrages se pose plutôt à l'échelle d'une tornade que d'une saison des pluies. Il est plus important de savoir qu'un passage de buse drainant quelques hectares devra évacuer 6 tonnes de sable et 2 tonnes de matières en suspension en une heure plutôt que 20 tonnes de sable et 10 tonnes de matières en suspension en 5 mois.