

Transports solides en suspension au Cameroun

J. C. Olivry

Résumé. Depuis 1966, les hydrologues de l'ORSTOM ont mis au point une méthodologie relativement simple de mesures de transports solides en suspension qui a permis d'entreprendre des études précises sur le régime de ces transports au Cameroun, notamment pour trois grands bassins: la Sanaga à Nachtigal, le Mbam à Goura et la Tsanaga à Bogo. La dégradation spécifique annuelle de la Sanaga est de 28 tonnes/km²; celle du Mbam atteint 85 tonnes/km². Les turbidités moyennes annuelles sont respectivement de 58 et 160 g/m³. Cette différence entre les deux bassins s'explique par l'importance de l'agriculture en pays Bamileké, 6 000 000 tonnes d'argiles et limons sont transportés chaque année jusqu'à l'océan. Dans le Nord-Cameroun, la dégradation spécifique annuelle atteint 210 tonnes/km² pour la Tsanaga à Bogo; avec des turbidités annuelles comprises entre 1000 et 1600 g/m³, l'alluvionnement de la Tsanaga dans le Yaéré se situe autour de 300 000 tonnes/an. L'érosion continentale au Cameroun dépend principalement de l'évolution du sol et de sa couverture végétale pendant la saison des pluies.

Suspended load in Cameroun

Abstract. Since 1966 ORSTOM hydrologists have been using a simple methodology to measure suspended load in Cameroun. This has enabled a precise study to be made of the transport regime in three large basins: the Sanaga at Nachtigal, the Mbam at Goura and the Tsanaga at Bogo. For the Sanaga basin the specific annual degradation is 28 tonnes/km², and that for the Mbam basin is 85 tonnes/km². The average annual concentrations are 58 and 160 g/m³ respectively. The difference between these two basins is explained by the importance of agriculture in the Bamileké district. Six million tonnes of sediment are transported to the ocean each year. For the Tsanaga basin at Bogo in north Cameroun the specific degradation reaches 210 tonnes km⁻² year⁻¹, and the average annual concentration is between 1000 and 1600 g/m³. The amount of suspended sediment transported from the Tsanaga to the Yaere is about 300 000 tonnes/year. The erosion in Cameroun occurs mainly in the wet season and is highly dependent on soil and vegetative cover.

INTRODUCTION

Avec la mise au point d'une méthodologie relativement simple et adaptée au Cameroun, les hydrologues de l'ORSTOM ont entrepris depuis 1966 de nombreuses études sur les transports solides, en suspension. Ces études se sont surtout attachées à définir le régime de ces transports et à préciser le bilan de l'érosion continentale, en particulier sur trois grands bassins dont deux soumis au climat tropical de transition (Sanaga et Mbam), et un soumis au climat tropical pur (Tsanaga) (Fig.1). A ce stade de nos travaux, outre une évaluation assez précise des transports en suspension, un certain nombre d'observations permet de dégager qualitativement les facteurs déterminants de l'érosion continentale au Cameroun.

MESURES DES TRANSPORTS SOLIDES DANS LES REGIONS SOUMISES AU CLIMAT TROPICAL DE TRANSITION**La Sanaga à Nachtigal**

La station de Nachtigal contrôle un bassin versant de 77 000 km² dont le sous-sol est formé principalement de roches métamorphiques et éruptives. Les sols, ferrallitiques dans leur ensemble, sont recouverts d'une végétation composée de 30 pour cent de

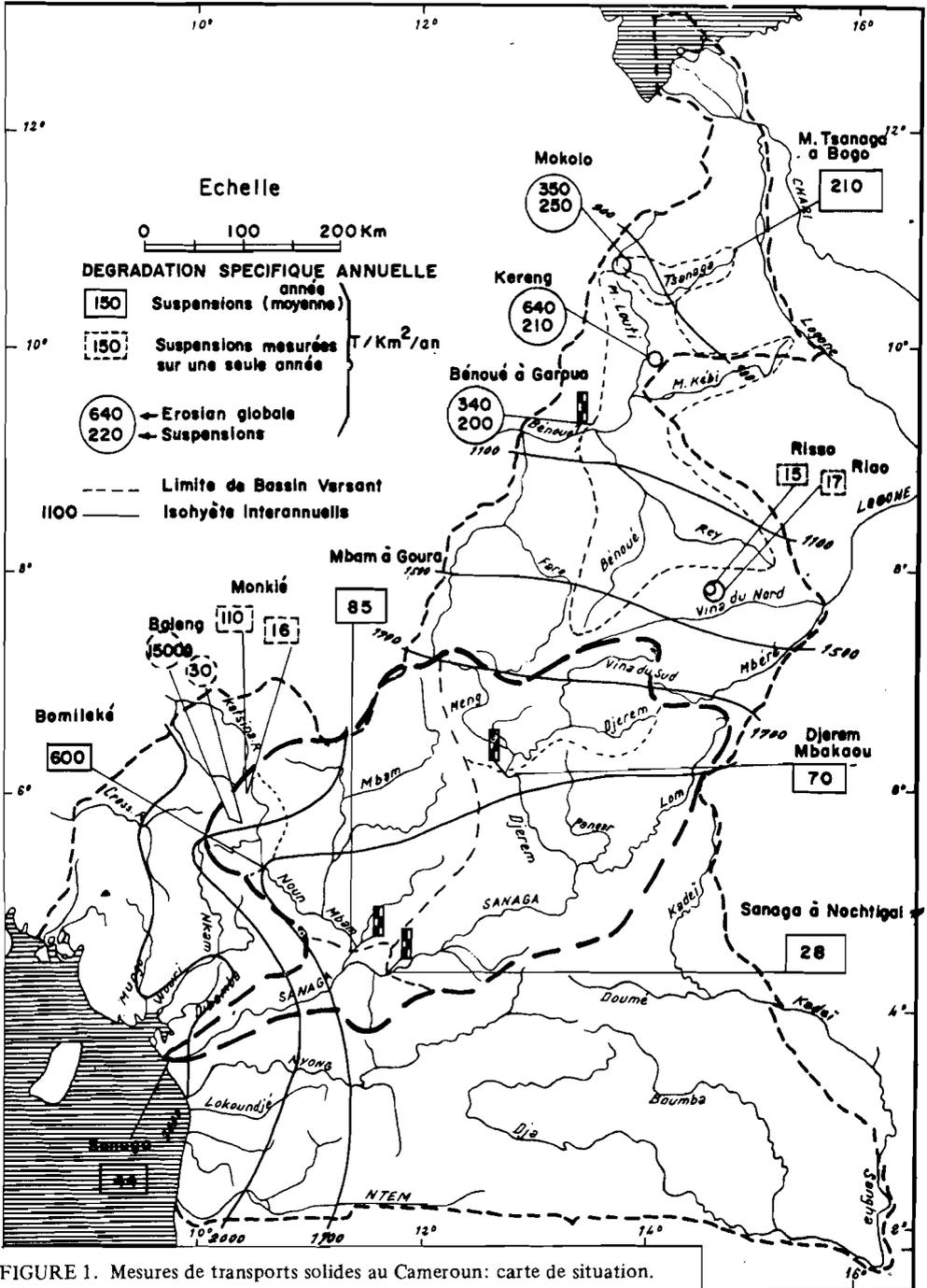


FIGURE 1. Mesures de transports solides au Cameroun: carte de situation.

forêt et de 70 pour cent de savanes avec galeries forestières. Avec une hauteur pluviométrique interannuelle de 1580 mm, le module spécifique de $15.3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ traduit un coefficient d'écoulement de 30.5 pour cent.

L'analyse des mesures de transports solides permet de dégager certaines constantes

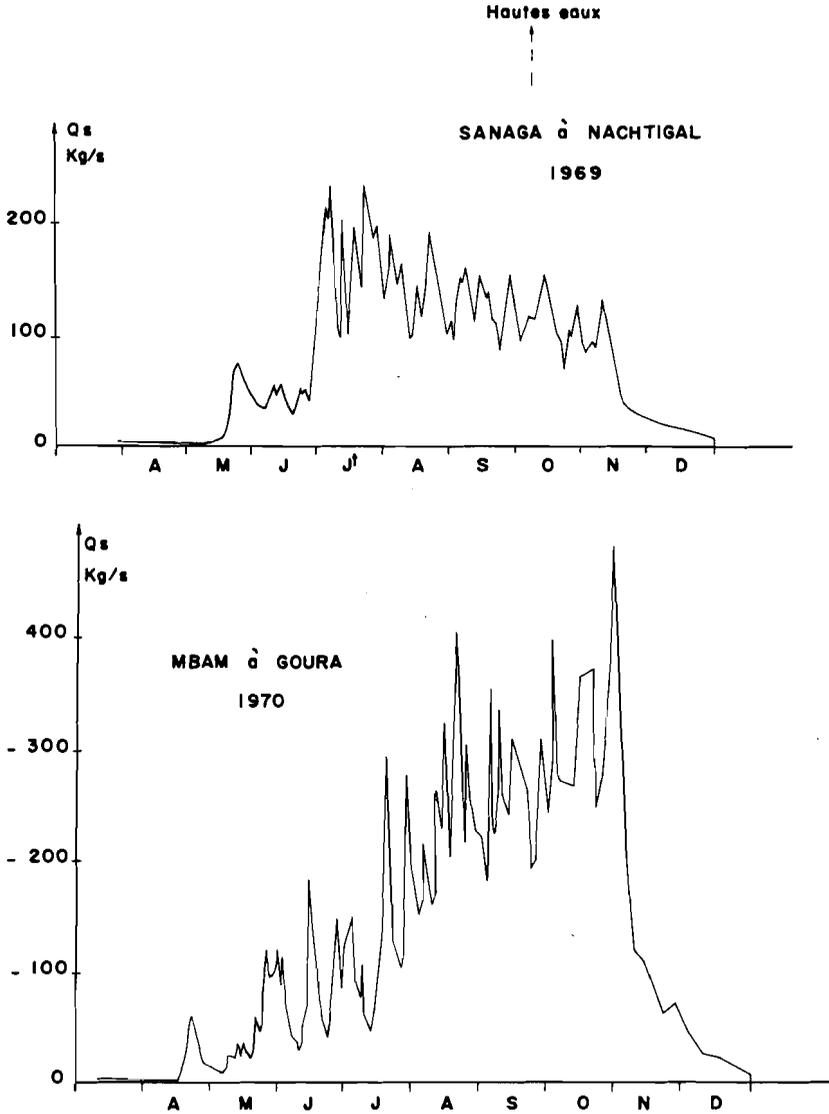


FIGURE 2. Variations-type des débits solides moyens journaliers [kg/s] sur la Sanaga et le Mbam.

dans le régime de l'érosion continentale sur le bassin de la Sanaga (Figs.2 et 3). Les variations saisonnières de la concentration moyenne montrent que:

(a) En début de saison des pluies (mars à juillet), la turbidité augmente très fortement en fonction du débit (de 10 g/m^3 à plus de 100 g/m^3 avec des débits passant de 200 à $1500 \text{ m}^3/\text{s}$). Les premières pluies, suffisamment importantes pour ruisseler, nettoient littéralement la surface du sol et leur répartition dans le temps joue donc un rôle important.

(b) En pleine saison des pluies, de juillet à octobre, alors que les débits augmentent fortement, la concentration décroît jusqu'à des valeurs de 50 à 30 g/m^3 en septembre-octobre. Le développement de la végétation réduit l'action mécanique de la pluie.

(c) En fin de saison des pluies et en saison sèche, la turbidité décroît rapidement.

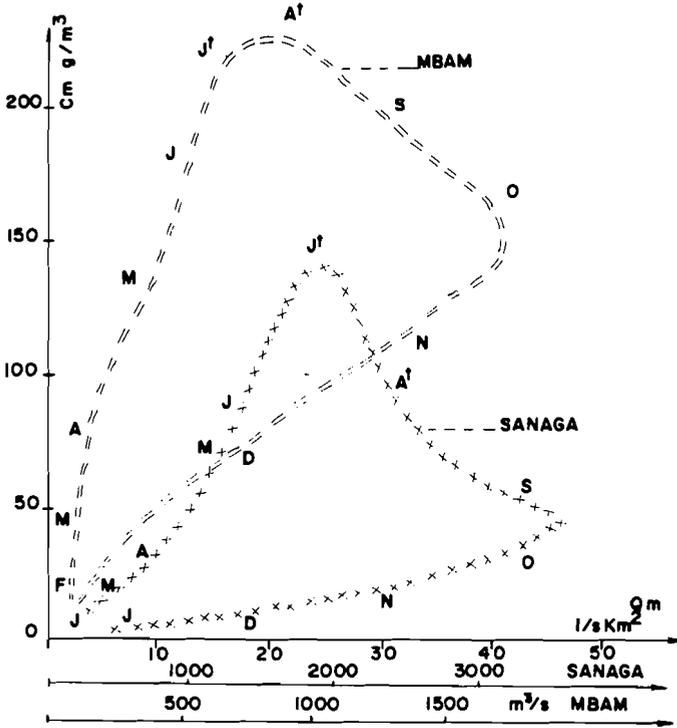


FIGURE 3. Variations moyennes des concentrations journalières en fonction des débits journaliers sur la Sanaga et le Mbam.

Les plus forts transports solides s'observent en début de saison des pluies malgré des débits relativement faibles. La dégradation spécifique annuelle de la Sanaga à Nachtigal peut être estimée en année moyenne à $28 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$, ce qui correspond, pour une hydraulicité médiane, à une turbidité moyenne de 58 g/m^3 . Le poids de matières transportées correspondant est de 2 150 000 tonnes.

Le Mbam à Goura

La station de Goura contrôle un bassin versant de $42\,300 \text{ km}^2$ comparable à celui de la Sanaga. L'étude des variations saisonnières des concentrations journalières moyennes montre une évolution identique à celle de la Sanaga en début de saison des pluies (Figs.2 et 3). Le maximum de turbidité qui a lieu généralement en juillet peut être décalé en juin ou en août et dépasse 300 g/m^3 .

Les principales caractéristiques de l'érosion annuelle des quatre années d'observation ont été reportées ci-dessous (Tableau 1). Au cours de ces quatre années, l'hydraulicité

TABLEAU 1

	1970	1971	1972	1973
Matières transportées en milliers de tonnes	3 408	2 792	2 513	2 492
Module [m^3/s]	682	562	524	528
Volume écoulé [10^6 m^3]	21 508	17 723	16 525	16 651
Concentration moyenne [g/m^3]	158	158	152	150
Dégradation spécifique [tonnes $\text{km}^{-2} \text{ an}^{-1}$]	81	66	59	59
Lame équivalente de sol érodé [10^{-2} mm]	6.2	5.1	4.5	4.5

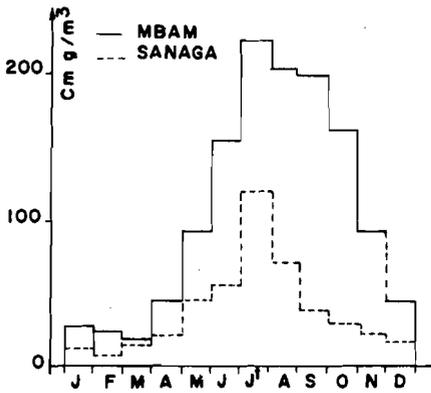


FIGURE 4. Variations interannuelles de la concentration moyenne mensuelle sur le Mbam et la Sanaga.

du Mbam n'a cessé de baisser. Le déficit hydrologique est de près de 30 pour cent en 1972 et 1973. La période de retour de ces deux années est plus que centennale. La turbidité moyenne annuelle est pratiquement constante et ne dépend pas de l'hydraulicité. Le poids de matières transportées en année moyenne serait de 3 600 000 tonnes, ce qui correspond à une dégradation spécifique interannuelle de $85 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$.

Les variations interannuelles de ces transports solides en suspension sont directement liées à celles des modules.

Comparaison du régime des transports solides sur le Mbam et la Sanaga

La comparaison des régimes des transports solides du Mbam et de la Sanaga montre que:

(1) La dégradation spécifique annuelle est de $85 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$ pour le Mbam, $28 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$ pour la Sanaga, soit une érosion 3 fois supérieure pour le Mbam.

(2) La concentration moyenne est de 160 g/m^3 pour le Mbam, 58 g/m^3 pour la Sanaga.

(3) Les variations saisonnières de la concentration montrent que celle-ci reste élevée en pleine saison des pluies sur le Mbam, décroît rapidement dès juillet sur la Sanaga. La turbidité restant importante durant presque toute la saison des pluies sur le Mbam, on observe, au contraire de la Sanaga, les plus forts transports solides au moment des plus hautes eaux. Les différences entre les régimes des transports solides des deux cours d'eau sont donc importantes. Or le milieu physique des deux bassins est sensiblement le même. En fait, les transports solides sur le Mbam paraissent entièrement conditionnés par ceux du Noun, affluent de rive droite. Le Noun draine une région montagneuse volcanique, les Pays Bamiléké et Bamoun, caractérisée par des zones de culture importantes. Cette incidence des zones de culture est apparue nettement dans les mesures effectuées sur petites parcelles d'érosion.

La turbidité élevée du Mbam pendant la saison des pluies s'explique aussi par l'entretien régulier des terres de culture. Les mesures effectuées montrent une relative stabilité de la concentration moyenne annuelle (Fig.4), permettant de relier directement le tonnage de matières transportées à l'hydraulicité de l'année. Cette relation directe entre érosion et hydraulicité-pluviosité semble être une caractéristique du climat tropical de transition, pour lequel la dégradation spécifique doit se situer autour de $30 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$ en milieu naturel.

L'incidence du milieu modelé par l'homme (cultures Bamiléké), est sensible jusqu'à l'embouchure de la Sanaga. La dégradation spécifique annuelle de l'ensemble du bassin

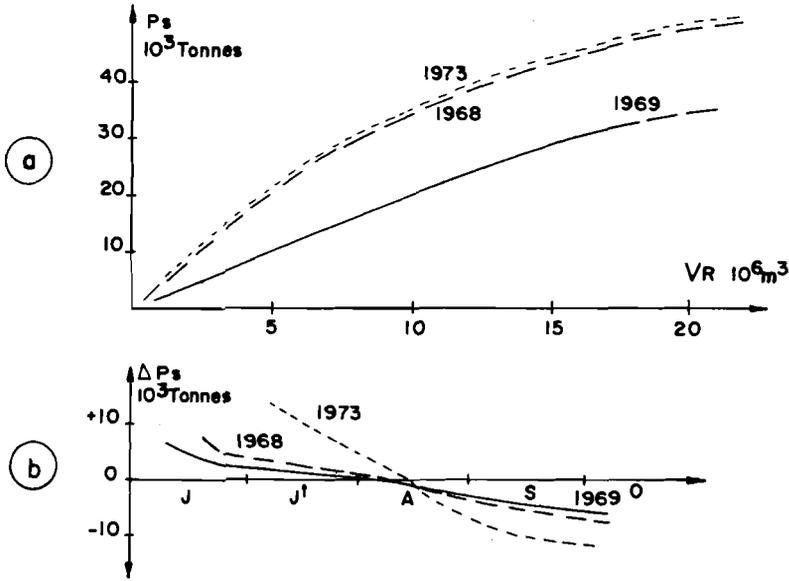


FIGURE 5. Tsanaga à Bogo: transports solides et volumes ruisselés (a) et correction de date (b) pour $V_R > 2 \times 10^6 m^3$.

de la Sanaga peut être estimée à $44 \text{ tonnes km}^{-2} \text{ an}^{-1}$. Le cours rapide du fleuve assure en année moyenne, le transport jusqu'à la mer de 6 000 000 de tonnes de limons et argiles, dont 2 500 000 tonnes en provenance des zones de cultures de l'ouest.

MESURES DES TRANSPORTS SOLIDES EN REGIME TROPICAL PUR

Le Nord-Cameroun est soumis au climat tropical pur caractérisé par une longue saison sèche et une saison des pluies de juin à octobre. La Tsanaga à Bogo (1535 km^2), aux latitudes de Maroua et Mokolo, a fait l'objet de mesures systématiques portant sur trois années (Figs.5 et 6). Les variations de la turbidité permettent de dégager trois périodes:

(a) de la mi-juin à la mi-juillet, le couvert végétal est trop réduit pour protéger efficacement le sol et les concentrations moyennes sont supérieures à 3000 g/m^3 . Il y a 'nettoyage' du sol nu.

(b) de la mi-juillet à la mi-août, quand la végétation essentiellement herbacée commence à prendre de l'importance, la concentration moyenne décroît rapidement jusqu'à moins de 2000 g/m^3 .

(c) dès la deuxième quinzaine d'août, les variations sont beaucoup moins sensibles, la protection végétale étant maximale. La concentration moyenne se situe entre 1500 et 1000 g/m^3 .

Ci-après (Tableau 2), le bilan annuel des transports solides de la Tsanaga.

L'érosion n'est en 1973 que de 15 pour cent inférieure à la normale pour 37 pour cent de déficit dans l'écoulement par rapport à l'année moyenne. Il semble donc que la forte irrégularité interannuelle des régimes hydrologiques en zone tropicale ne se retrouve pas au niveau du bilan de l'érosion annuelle. Pour une année de faible hydraulité, les fortes turbidités conduiront à une dégradation spécifique comparable à celle d'années à forte hydraulité pour lesquelles la turbidité est en moyenne plus faible. La hauteur annuelle des précipitations ne paraît pas jouer un rôle déterminant dans les variations de la dégradation des sols. La dégradation spécifique moyenne interannuelle du Mayo Tsanaga à son arrivée dans le yaéré (Cuvette tchadienne) peut être

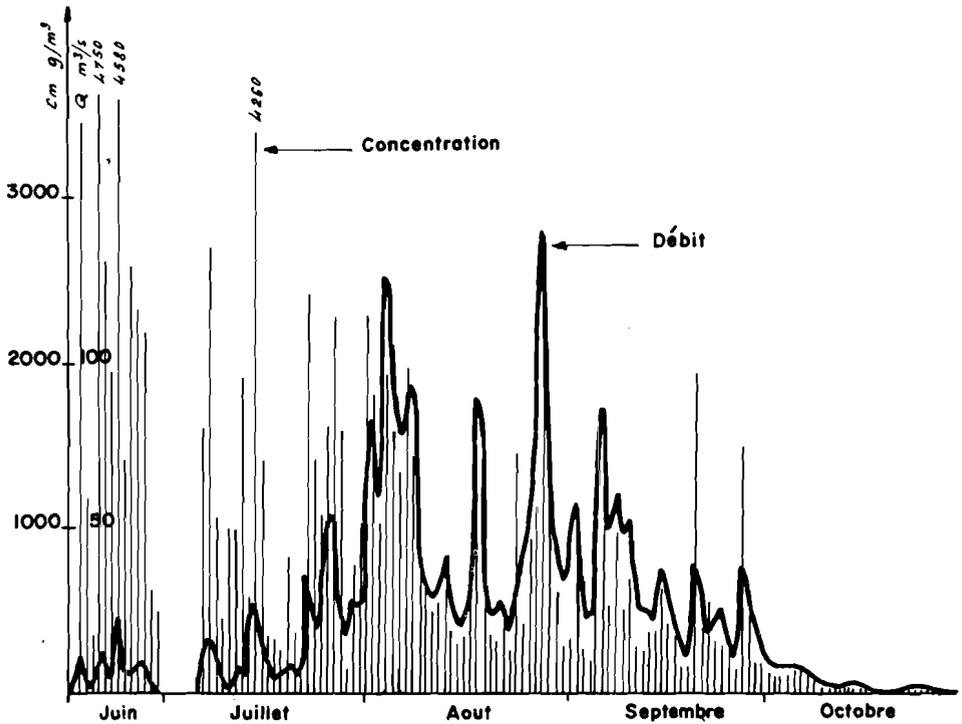


FIGURE 6. Tsanaga à Bogo: variations de la concentration moyenne et du débit moyen journalier en 1969.

TABLEAU 2

	1968	1969	1973
Poids total tonnes de matières transportées	325 510	328 760	271 225
Dégradation spécifique annuelle [tonnes/km ²]	212	214	177
Concentration moyenne [g/m ³]	1 270	1 170	1 590
Pluviométrie annuelle [mm]	823	984	(800)
Volume écoulé [10 ³ m ³]	256 310	280 990	168 570
Lame d'eau écoulée [mm]	167	183	110
Coefficient d'écoulement [%]	20	18.6	13.7

estimée à 210 tonnes km⁻² an⁻¹. L'apport moyen annuel du Mayo Tsanaga dépasse 300 000 tonnes. D'autres mesures effectuées à l'échelle de petits bassins versants montrent une grande diversité des valeurs de l'érosion, diversité liée aux conditions locales telles que nature des sols, relief et végétation. Pour les grands bassins, une certaine homogénéité apparaît. Il semble que la dégradation spécifique globale des régions du Nord-Cameroun se situe pour les transports en suspension aux environs de 200 tonnes km⁻² an⁻¹

CONCLUSIONS

Les mesures effectuées au Cameroun ne donnent qu'une estimation par défaut de l'érosion (transports par charriage, dépôts intermédiaires échappant aux mesures). Les études sur parcelles ou petits bassins sont encore trop ponctuelles pour permettre d'analyser quantitativement le rôle des nombreux facteurs intervenant dans l'érosion

continentale, objet de ce colloque. Mais à l'échelle de grands bassins il y a intégration de paramètres géomorphologiques hétérogènes en caractéristiques moyennes. Celles-ci permettent de rattacher le régime des transports solides aux seuls critères végétation et zone climatique. Ainsi l'érosion continentale au Cameroun dépend principalement de l'évolution du sol et de sa couverture végétale au cours de la saison des pluies.

Au-delà d'un certain seuil de précipitation annuelle qui correspond au régime tropical de transition (1300–1400 mm), la turbidité moyenne ne varie pas avec l'hydraulicité, tandis qu'en régime tropical pur, la turbidité moyenne est d'autant plus forte que l'hydraulicité est faible.

Ces études permettent de dégager les variations zonales de l'érosion du nord au sud du Cameroun caractérisées par:

- Diminution de l'érosion liée au passage graduel d'une végétation herbacée saisonnière à la forêt équatoriale perenne.

- Diminution en pour cent du diamètre des particules transportées, avec décroissance du rapport charriage/suspension. En climat équatorial, cette tendance aboutit à une proportion de matières dissoutes ou colloïdales (érosion chimique) non négligeable par rapport aux matières en suspension (érosion mécanique).