

## TRANSPORTS SOLIDES ET QUALITE DES EAUX AU CAMEROUN

-----  
J.C. OLIVRY, E. NAAH

Le Cameroun présente une grande diversité des régimes hydro-climatiques, du Sud au Nord entre la forêt équatoriale et les limites du Sahel, de l'Ouest à l'Est entre la mousson de la façade atlantique et les lignes de grains de l'Afrique Centrale ; à la grande diversité des paysages phytogéographiques qui en découle s'ajoute celle d'un substratum géologique et d'un relief très variés. Ces éléments sont déterminants pour les régimes des transports solides et dissous. A partir d'études diverses, on a tenté de regrouper ici les principales caractéristiques de la dégradation mécanique et chimique des sols camerounais.

### Les transports solides dans le Sud du Cameroun

. La Sanaga et le Mbam :

Les principales mesures ont été faites sur le plus grand bassin hydrographique du Cameroun, la Sanaga, dont les deux tributaires principaux (Sanaga s.s. et Mbam) drainent 130 000 km<sup>2</sup> sous un climat du type tropical de transition.

Le bassin du Mbam, situé sur formations du socle, se particularise par l'importance des épanchements volcaniques et une forte anthropisation sur les hauts plateaux du pays bamiléké.

L'étude des variations saisonnières des concentrations journalières des matières en suspension (MES) montrent que celles-ci augmentent très rapidement en début de saison des pluies et passent en quelques jours de quelques dizaines de g/m<sup>3</sup> à plus de 100 g/m<sup>3</sup>. Cette augmentation de la turbidité est liée au démarrage plus ou moins rapide de la saison des pluies. Le maximum a lieu généralement en juillet et peut atteindre plus de 400 g/m<sup>3</sup> sur le Mbam. Puis après une période assez soutenue, une nette décroissance de la turbidité apparaît peu avant le maximum des débits, puis s'amplifie à partir d'octobre avec la décrue (cf. fig. 1).

La comparaison des régimes des transports solides du Mbam et de la Sanaga montre que la dégradation spécifique annuelle est de 85 T/km<sup>2</sup>/an sur le Mbam contre 28 T/km<sup>2</sup>/an pour la Sanaga et que la concentration moyenne passe de 160 à 58 g/m<sup>3</sup> entre Mbam et Sanaga. Les différences entre les régimes des transports solides des deux cours d'eau sont donc importantes en dépit de caractéristiques hydropluviométriques assez comparables. Les transports du Mbam paraissent entièrement conditionnés par ceux du Noun qui draine la région volcanique de l'Ouest caractérisée par des zones de culture importantes.

L'incidence du milieu modelé par l'homme est sensible jusqu'à l'embouchure de la Sanaga. L'ensemble du bassin subit une dégradation spécifique interannuelle de l'ordre de 44 T/km<sup>2</sup>, soit un transport annuel à l'océan de 6 000 000 tonnes dont 2 500 000 tonnes en provenance des zones de cultures de l'Ouest (où des dégradations ponctuelles allant jusqu'à 12 000 T/km<sup>2</sup>/an ont été mesurées sur cendres et lapillis).

. Autres cours d'eau :

Que ce soit sur le Mungo à l'Ouest ou sur le bassin de la Sangha, du Nyong ou du Niem au Sud et à l'Est, la grande forêt humide constitue une bonne protection contre l'érosion mécanique. Les quelques mesures et bilans effectués aboutissent à des dégradations spécifiques de l'ordre de 5 à 10 T/km<sup>2</sup>/an.

Dans tous les cas de ces fleuves et rivières du Sud-Cameroun, la part du charriage peut être négligée devant celle des suspensions.

#### Les transports solides dans le Nord du Cameroun

Le Nord du pays est soumis au climat tropical pur caractérisé par une longue saison sèche et une saison des pluies de juin à octobre.

A travers l'étude du Mayo Tsanaga à Bogo, on a identifié trois périodes dans les variations de concentration en suspensions :

- une période de nettoyage du sol nu (mi-juin/mi-juillet) avec des concentrations moyennes supérieures à 3 kg/m<sup>3</sup> ;

- une période de décroissance rapide des concentrations (jusqu'à  $2 \text{ kg/m}^3$ ) correspondant au développement progressif d'une végétation essentiellement herbacée ;
- une période de stabilisation des concentrations (entre  $1,5$  et  $1 \text{ kg/m}^2$ ), à partir de la mi-août, la protection végétale étant maximale.

La dégradation spécifique de ce cours d'eau peut être estimée à  $210 \text{ T/km}^2/\text{an}$  au niveau des suspensions parvenant à son exutoire vers la cuvette tchadienne.

Ici, le charriage ne peut plus être négligé ; des mesures effectuées sur le haut bassin (Mokolo) donnent un rapport suspension - charriage de  $280/130 \text{ (T/km}^2/\text{an)}$ .

D'autres mesures permettent de retenir les dégradations moyennes pour la région de  $250 \text{ T/km}^2/\text{an}$  pour les suspensions et  $100 \text{ T/km}^2/\text{an}$  pour le charriage.

Sur le bassin de la Bénoué ( $64\ 000 \text{ km}^2$ ), le charriage a été évalué à  $140 \text{ T/km}^2/\text{an}$  et les suspensions portent sur  $200 \text{ T/km}^2/\text{an}$ .

A cette apparente homogénéité, on doit opposer les études localisées sur petits bassins donnant une érosion globale de  $640 \text{ T/km}^2/\text{an}$  sur le Mayo Kereng (dont les  $2/3$  en charriage), et de moins de  $20 \text{ T/km}^2/\text{an}$  sur le Risso pour un bassin très bien protégé par la savane arborée lors d'une année à très faible hydraulicité.

### Conclusions sur les transports solides

Le régime des transports solides est principalement dépendant des critères végétation et zone climatique ; l'érosion continentale dépend pour l'essentiel de l'évolution du sol et de sa couverture végétale au cours de la saison des pluies. En milieu naturel, la dégradation passe de 1 à 20 suivant qu'il s'agisse de bassins sous forêt équatoriale ( $10 \text{ T/km}^2/\text{an}$ ) ou sous climat tropical de transition ( $30 \text{ T/km}^2/\text{an}$ ) ou en zone tropicale pure ( $200 \text{ T/km}^2/\text{an}$  pour les suspensions,  $100 \text{ T/km}^2/\text{an}$  pour le charriage). Au delà d'un certain seuil de précipitation annuelle qui correspond au régime tropical de transition ( $1\ 300 - 1\ 400 \text{ mm}$ ), la turbidité moyenne ne varie pas avec l'hydraulicité tandis qu'en régime tropical pur, la turbidité moyenne est apparue d'autant plus forte que l'hydraulicité était faible.

Les variations zonales du Nord au Sud du Cameroun sont caractérisées par une diminution de l'érosion, liée au passage graduel d'une végétation herbacée saisonnière à la forêt équatoriale pérenne, par une diminution, en pourcentage, du diamètre des particules transportées avec décroissance du rapport charriage/suspensions, puis au Sud du pays à une proportion de matières dissoutes croissante montrant que l'érosion chimique prend une place de plus en plus importante dans les processus d'érosion en milieu équatorial.

### Qualité des eaux et transports dissous

#### Variations spatiales de la chimie des eaux au Sud Cameroun

L'essentiel des analyses et bilans de l'altération chimique a porté sur la moitié Sud du Cameroun où l'érosion chimique alimente une bonne part des flux de matières exportées par les cours d'eau.

Une trentaine de cours d'eau ont été étudiés. L'analyse globale des résultats sur la physico-chimie de ces eaux montre que celles-ci appartiennent à une même famille caractérisée par des faibles minéralisations et des rapports entre éléments assez voisins. Les variations saisonnières montrent le schéma classique de plus fortes concentrations des eaux en période d'étiage (restitution par vidange des nappes souterraines plus chargées) avec les processus de dilution lors de la reprise des écoulements de surface.

Des variations spatiales ont été mises en évidence avec des concentrations nettement plus faibles à l'Ouest qu'au Sud-Est correspondant à l'importance prise par les recouvrements volcaniques à l'Ouest et les sols jeunes qui en découlent.

Les alcalino-terreux ont de faibles concentrations (0,1 à 0,3 me/l) sur les grands bassins, mais peuvent aller jusqu'à 1 me/l sur les bassins à volcanisme récent. Le titre hydrotimétrique total peut alors dépasser 10° français.

Les alcalins (Na, K) présentent les mêmes variations Sud-Est - Nord-Ouest (on passe de concentration de Na de 0,05 me/l à 0,64 me/l).

Au niveau des chlorures et sulfates, les variations ne sont pas significatives. Pour les bicarbonates, la variation du Sud-Est au Nord-Ouest est de l'ordre de 1 à 40, avec des valeurs de plus de 2 me/l sur les cendres volcaniques du plateau Bamoun.

L'appauvrissement des sols en silice par une ferrallitisation plus ou moins avancée est traduit au niveau du cours d'eau par des concentrations pouvant varier de 6 mg/l (Nyong) à 40 mg/l au Mont Cameroun (Tiko) et à Foubot (Plateau Bamoun).

Pour le fer, les plus fortes concentrations relevées en saison des pluies pourraient indiquer la part prise par les effets du ruissellement et la prise en compte des microsuspensions dans le transport des matières dissoutes.

Le pH, acide sur le Nyong, de même que sur les rivières à zones marécageuses situées plus au Sud, devient de plus en plus basique en passant de la Sanaga, au Mbam et du Mbam aux régions volcaniques récentes des provinces de l'Ouest.

L'augmentation globale des concentrations du Sud-Est au Nord-Ouest des provinces méridionales du Cameroun est liée au substratum géologique mais aussi à son degré d'altération (pédogénèse). La ferrallitisation joue un rôle déterminant dans la minéralisation des eaux. A en juger par l'épaisseur des sols qui dépasse souvent 15 m, le processus prend vraiment sa mesure à l'échelle géologique sur les bassins sous forêt équatoriale (Nyong) ; la ferrallitisation est moins avancée sur la Sanaga et le Mbam et très récente sur les terrains volcaniques jeunes. Ceci explique la "hiérarchie" des concentrations observées. Le lessivage et la percolation des sols épais et anciens déjà appauvris en silice et en bases alcalines et alcalino-terreuses n'amènent sur le Nyong notamment que de faibles mises en solution.

#### Bilans de l'érosion sur le Nyong, la Sanaga et le Mbam.

Un exemple des variations saisonnières du débit de matières dissoutes (kg/s) a été donné dans la figure 2. On relèvera un tonnage nettement inférieur pour le Nyong et des fluctuations assez proches de celles des régimes hydrologiques.

Au niveau du bilan on relève que la silice (et le fer) représentent 45 % de la charge totale sur le Nyong, 38 % sur la Sanaga et 33 % sur le Mbam.

Les concentrations moyennes annuelles (en mg/l) sont respectivement :

- pour la silice (fer) de 7,8, 14,7 et 17,1
- pour les ions majeurs de 9,7, 24,3 et 34,8

ce qui donne des valeurs totales de 17,5, 39,0 et 51,9 mg/l pour le Nyong, la Sanaga et le Mbam.

La dégradation chimique spécifique est donc pour ces mêmes bassins de 6,5, 14,0 et 20,5 T/km<sup>2</sup>/an.

On a réuni les principaux résultats caractérisant les bassins étudiés à la page suivante.

### Conclusions

Dans le Nord du pays, la charge dissoute ne peut être négligée même si en valeur relative elle ne représente qu'un faible pourcentage de la charge totale provenant pour plus de 90 à 95 % de l'érosion mécanique.

Pour les hauts bassins de la Bénoué du Faro ou de la Vina (écoulements pérennes), on peut estimer que les matières dissoutes représentent une dégradation spécifique de l'ordre de 7 T/km<sup>2</sup>/an donc tout à fait comparable à celle mesurée sur bassins forestiers à ferrallitisation ancienne.

La figure 3 propose une carte regroupant les principaux résultats de cette étude dont l'objectif était ici d'évoquer rapidement la zonalité des régimes d'érosion au Cameroun.

	Unité	Nyong à MBalmayo	Sanaga à Nachtigal	Mbam à Goura
Superficie du bassin	km <sup>2</sup>	13 600	76 000	42 000
Pluviométrie moyenne	mm	1 600	1 610	1 760
Module	m <sup>3</sup> /s	154	1 150	762
Coeff. d'écoulement	%	22,2	29,5	32,4
Volume écoulé	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	4,84	36,1	24,2
Débit spécifique	l/s/km <sup>2</sup>	11,3	15,1	18,1
Erosion mécanique (suspensions, dégradation spécif.)	T/km <sup>2</sup> /an	10	28	85
Erosion chimique ions majeurs	"	3,6	8,7	13,7
silice et fer	"	2,9	5,3	6,7
Total	"	6,5	14,0	20,4
Erosion globale	"	17	42,0	105
Tonnage global exporté	10 <sup>3</sup> T	220	3 200	4 400

PRINCIPAUX RESULTATS CARACTERISANT LES BASSINS

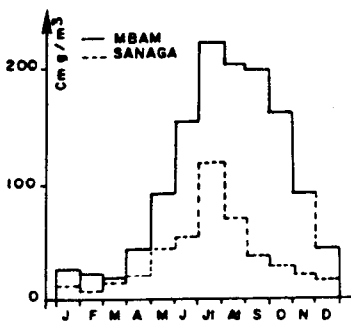
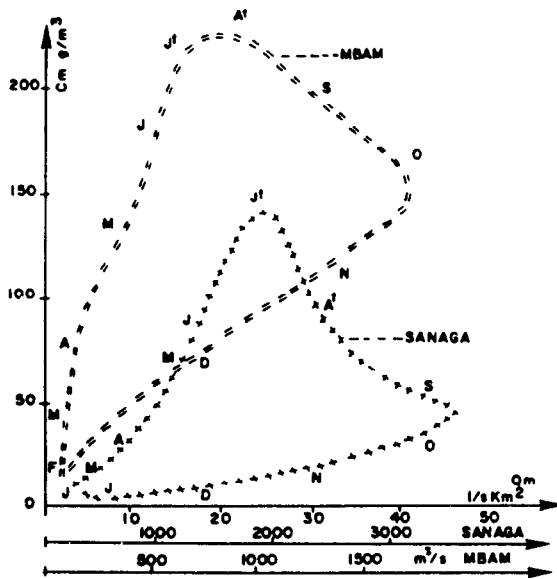
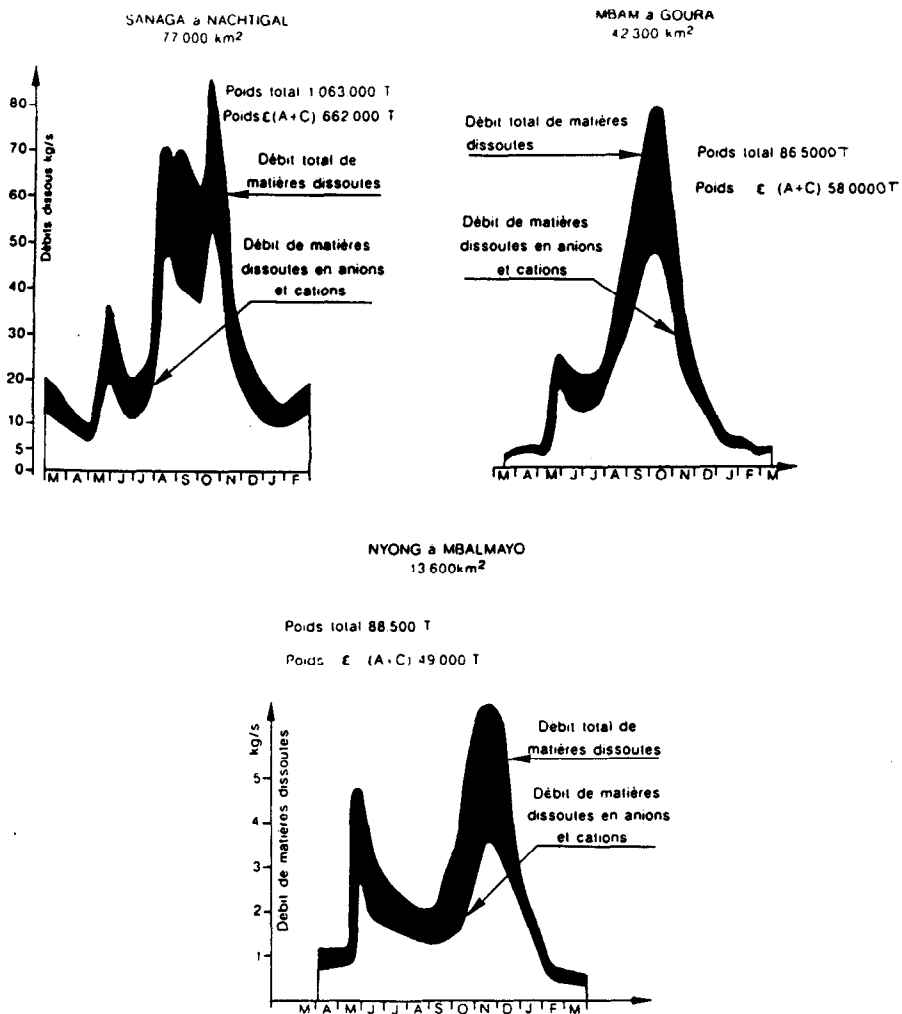


Fig. 1 VARIATION DES CONCENTRATIONS DES MATIERES EN SUSPENSION DU MBAM ET DE LA SANAGA EN FONCTION DES DEBITS ET MOIS PAR MOIS



Fig. 2 TRANSPORTS DISSOUS EN 1973 - 1974

■ Représentation du poids de silice et de fer



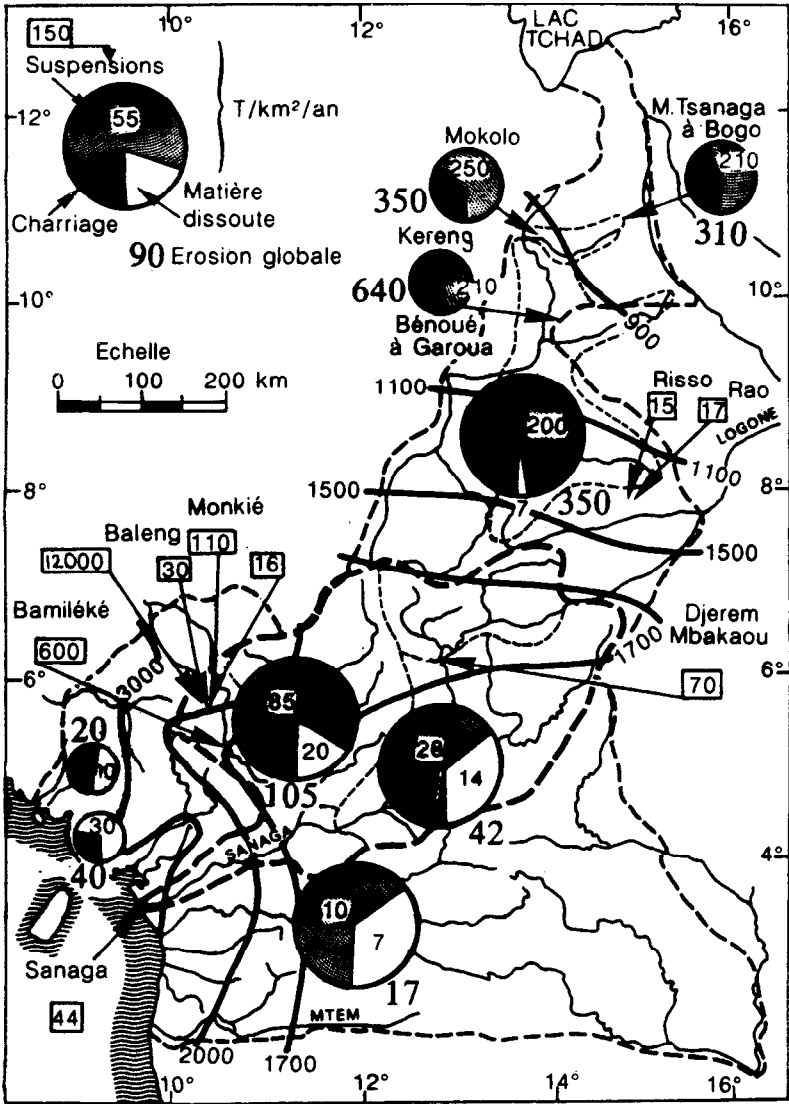


Fig. 3 LA DEGRADATION SPECIFIQUE (érosion mécanique et chimique) AU CAMEROUN.

## DISCUSSION

Pour compléter l'intervention d'E. NAAH, J.C. OLIVRY précise deux points sur les analyses physico-chimiques qui ont été effectuées au sud du Cameroun dans un milieu couvert par une forêt tropicale humide et sur des petits bassins.

- 1) Il y a une variation Est-Ouest qui correspond à deux états des sols différents. L'Est correspond à une zone où la forêt est depuis très longtemps le climax, les sols sont très profonds et l'exportation de matières chimiques par lessivage a déjà eu lieu. La ferrallitisation est achevée et on a des sols ferrallitiques. L'Ouest correspond à une zone volcanique où les sols sont moins profonds et où la charge dissoute des bassins est supérieure. La ferrallitisation est active ou encore actuelle, selon G. PEDRO.
- 2) Sur le graphique fer-silice présenté, le fer correspond à du fer microparticulaire et non à du fer sous forme dissoute. Il s'agit de suspensions qui correspondent à une exportation liée au ruissellement de surface.