

*NOTES TECHNIQUES  
DU CENTRE ORSTOM  
DE N'DJAMÉNA*

*N° 16*

LA MESURE DU DEBIT SOLIDE DES COURS D'EAU

Etude de transport solide - Mise en œuvre des méthodes  
Synthèse des résultats obtenus en République du Tchad



A. CHOURET

LA RECHERCHE DE BASE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT

## LA MESURE DU DEBIT SOLIDE DES COURS D'EAU

Etude du transport solide - Mise en oeuvre des méthodes  
Synthèse des résultats obtenus en République du Tchad

-----  
par

A. CHOURET

### INTRODUCTION

L'étude du débit solide des cours d'eau est un des aspects de l'Hydrologie de surface. La présente note se limite aux notions essentielles. On se référera à la bibliographie en annexe pour une information plus détaillée sur la méthodologie et les résultats obtenus. Un programme de recherches sur ce sujet a été entrepris par l'ORSTOM dans la cuvette tchadienne, depuis la bordure amont du bassin Logone-Chari jusqu'à sa partie aval, c'est-à-dire le lac Tchad et ses bordures.

L'application pratique de ces travaux est d'un intérêt immédiat et concerne directement l'activité économique du pays. En effet, les conséquences de l'érosion, qui détruit les sols et agit sur l'alluvionnement, par l'intermédiaire du transport solide des cours d'eau, sont dans certains cas extrêmement importantes. L'exhaussement des lits conduit à des inondations parfois dramatiques lorsqu'il s'agit d'agglomérations ou lorsque les alluvions déposées par les eaux sont stériles. Même dans le cas d'alluvions

fertilisantes, il est rare que l'on puisse se passer d'un contrôle onéreux au moyen de digues ou autres travaux fluviaux.

Il faut noter également comme autres conséquences du transport solide par les cours d'eau, le comblement progressif des retenues ou l'usure des machines hydrauliques.

## 1° GENERALITES ET RAPPELS THEORIQUES

### 1.1 - L'érosion continentale

La matière première du débit solide est due à l'érosion continentale, c'est-à-dire la désagrégation, sous toutes ses formes, du sol par les agents atmosphériques :

- la pluie (l'impact des gouttes de pluie provoque l'érosion pluviale surtout active sur les sols meubles)
- le vent
- les variations brutales de température
- les actions chimiques de l'eau et de l'air
- le ruissellement
- l'érosion fluviale
- le gel (facteur non négligeable en climat désertique, qui fait éclater les roches par congélation de l'eau absorbée),

Tous les matériaux arrachés au sol par l'érosion continentale finissent par atteindre le réseau hydrographique. Il faut ajouter également les matériaux apportés par l'érosion éolienne et pouvant venir d'autres bassins.

Dans le cas des régions tropicales, il convient de noter l'importance de l'effet saisonnier de la végétation sur l'érosion. En effet, dans ces régions, les pluies sont groupées en une saison bien déterminée, souvent de très courte durée. Or la répartition des pluies dans le temps est le facteur principal de l'évolution de la végétation.

Au début de la saison des pluies, la végétation herbacée est peu développée ou même inexistante : le sol nu est particulièrement sensible à l'érosion pluviale et les premières crues de l'année vont transporter une quantité importante de matériaux. A mesure que l'on avance dans la saison pluvieuse, le sol est protégé de l'érosion par le développement et la densité de la végétation : les eaux des rivières, pour des précipitations de même intensité, seront alors de moins en moins chargées.

### 1.2 - La capacité de transport solide

Les matériaux ainsi arrachés au sol rejoignent le réseau hydrographique. Ils sont transportés par le courant, si celui-ci en est capable, et constituent alors la charge solide. Sinon, ils se déposent dans le lit du cours d'eau et pourront être repris par une érosion ultérieure.

La possibilité de transport de la rivière est appelée capacité de transport solide qui peut, par exemple, être exprimée en tonnes par jour. Elle dépend principalement de la répartition des vitesses dans la section transversale considérée, donc du débit liquide. Elle varie d'amont en aval de la rivière, la loi de répartition des vitesses n'étant pas la même, pour un débit donné, dans toutes les sections. Elle varie également dans le temps, pour une section donnée, avec le débit liquide.

En résumé, l'érosion continentale fournit les matériaux et la capacité de transport solide les évacue.

### 1.3 - Aspects théoriques du problème du transport

Lorsque le canal d'écoulement a une forme régulière, une longueur suffisante, un fond constitué de matériaux de taille hétérogène et si la vitesse du courant est assez élevée, on observe les phénomènes suivants :

- les matériaux les plus fins sont entraînés par le courant sans jamais toucher le fond : c'est la suspension
- les matériaux les plus grossiers roulent ou glissent sur le fond sans jamais le quitter : c'est le transport de fond ou charriage

- certains matériaux de granulométrie intermédiaire progressent par bonds successifs, se trouvant tantôt sur le fond, tantôt au sein du liquide : c'est la saltation.

Les matériaux sont généralement classés selon leur diamètre apparent, par exemple :

Galets.....	64 à 4 000 mm
Gravier.....	2 à 64 mm
Sable.....	62 à 2 000 $\mu$ (1 000° de mm)
Limon.....	4 à 62 $\mu$
Argile.....	moins de 4 $\mu$

et leur forme intervient également dans le transport.

## 2° MESURE DU DEBIT SOLIDE DES COURS D'EAU

### 2.1 - Mesure du transport solide en suspension

Les instruments servant à mesurer le transport solide n'ont pas encore fait l'objet d'une uniformisation ou d'une normalisation. Les appareillages et les méthodes qui sont décrits ici sont ceux utilisés couramment par l'ORSTOM en Afrique tropicale et principalement en République du Tchad.

#### Principe de jaugeage du débit solide

En un point donné du cours d'eau, le débit solide en suspension est fonction de la concentration en matière solide, de la vitesse du courant et de l'élément de surface considéré autour de ce point.

$$\text{Débit solide} = \text{Concentration} \times \text{Vitesse} \times \text{Surface}$$

$Q_s \qquad C \qquad V \qquad S$

En théorie, pour connaître le débit solide en suspension dans l'ensemble de la section considérée, il faudrait pouvoir mesurer sa valeur en chaque point de celle-ci sur des éléments de surface aussi restreints que possible. En pratique on limite les observations à un nombre de points suffisants pour obtenir le débit liquide avec une précision meilleure que 10 % et à une distance assez éloignée du fond (50 cm) pour éliminer le phénomène de la saltation.

### Techniques opératoires sur le terrain<sup>\*</sup>

On procède en premier lieu comme pour la réalisation d'un jaugeage classique du débit liquide : ensemble de jaugeage avec saumon de 25 kg, treuil de mesure, porte à faux, monté sur un canot pneumatique ou autre. On déterminera donc d'abord, par ce procédé, la vitesse du courant aux points choisis pour les prélèvements.

Les concentrations, aux différents points de mesure, seront déterminées par des prélèvements effectués dans des récipients jaugés de 10 litres à l'aide d'un ajutage (fixé sur la tige métallique du saumon de telle façon qu'il soit toujours parallèle au courant) et d'une pompe type "Japy" placée près du treuil de mesure ~~sur~~ le porte à faux.<sup>\*\*\*</sup>

Les récipients utilisés sont de préférence ceux du type "dame-jeanne" de 10 litres, en verre et protégés par un panier plastique (protection pendant le transport et enlèvement rapide). Les récipients en verre assortis d'un tel genre de protection sont à préférer à tout autre type, en plastique par exemple, car il est possible de contrôler la propreté de la bouteille et de surveiller les opérations qui seront décrites au paragraphe suivant. Chaque dame-jeanne est soigneusement étalonnée et numérotée, le volume repéré par un trait indélébile.

### Techniques de laboratoire

Pour chaque prélèvement, on obtient le dépôt des particules en suspension par floculation en ajoutant un réactif acide et on laisse décanter pendant 24 heures. Le liquide surnageant dans les dames-jeannes est ensuite siphonné en évitant les perturbations.

---

<sup>\*</sup> Les techniques opératoires et les appareils de mesure de l'hydrométrie classique, avec leur mise en oeuvre pratique au Tchad, ont été décrits dans la Note technique n° 5.

<sup>\*\*\*</sup> D'autres appareils permettent d'effectuer ces prélèvements : sondes de Collet, turbisondes Neyrpic, bouteilles de Delft, échantillonneurs "Standard" américains etc... Leur emploi relève de conditions particulières et leur description n'entre pas dans le cadre de cette note.

Echelle:

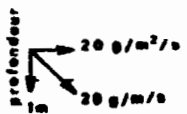


Fig.2 - Dépouillement du jaugeage

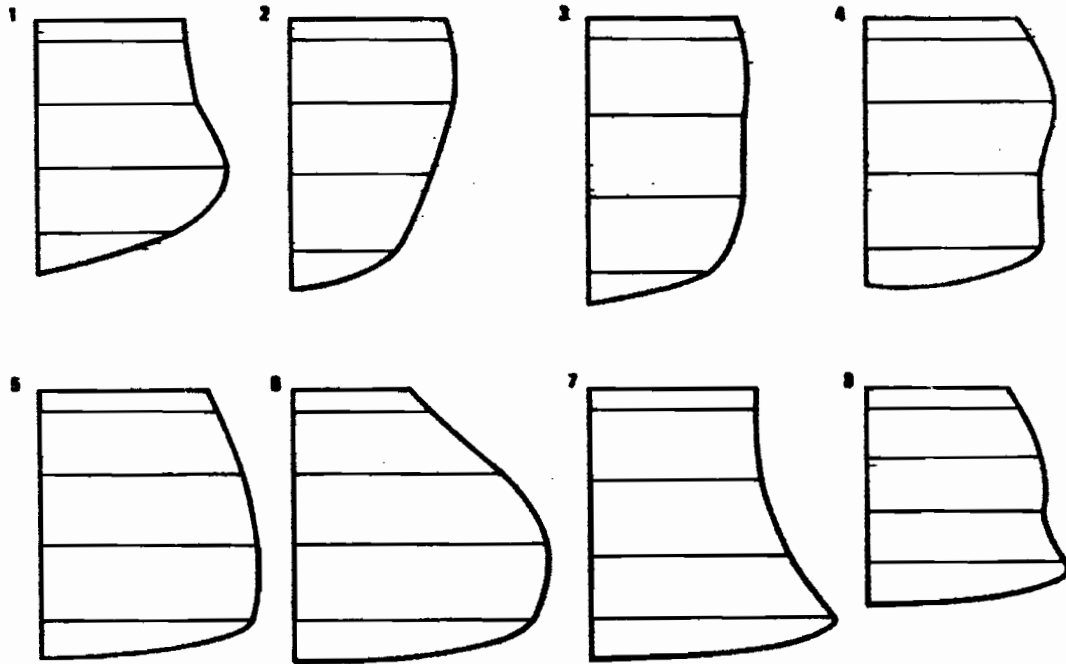
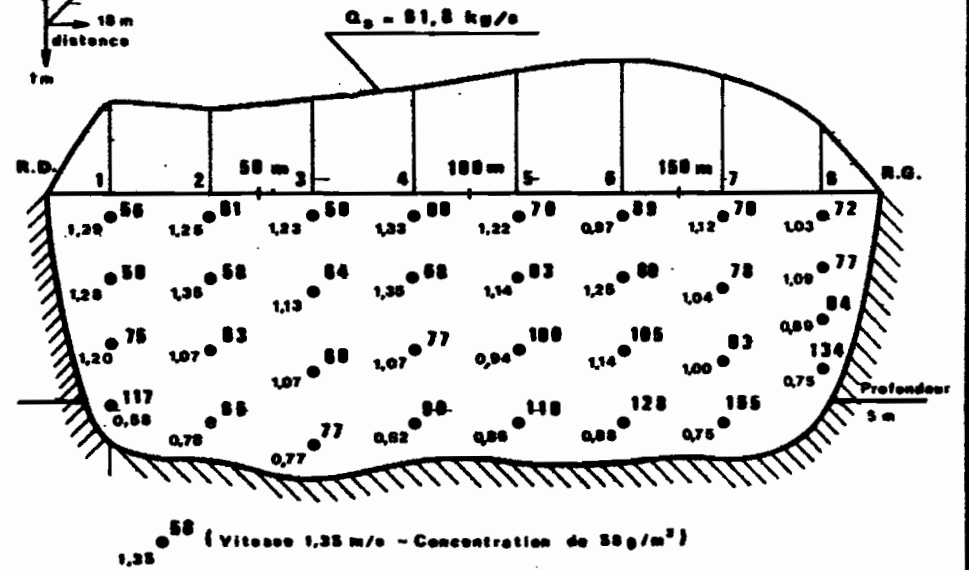
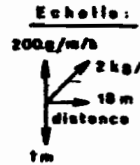


Fig.1 - Répartition des vitesses et des concentrations en matériaux en suspension dans la section du Bahr Sara à Manda le 25.8.68. Exemple d'une détermination complète (Jaugeage débit solide).



Après transvasement, les dépôts sont asséchés à l'étuve et pesés après dessiccation.

En rapportant le poids de sédiment sec au volume d'eau à l'origine, on peut calculer la concentration au point de prélèvement en mg/l, ou bien g ou kg/m<sup>3</sup> suivant l'importance de la charge solide.

Le dépouillement du jaugeage débit solide se fait d'abord pour chaque axe de mesures en fonction de la profondeur, en multipliant les concentrations par les vitesses aux points considérés, puis en extrapolant par calcul et représentation graphique à l'ensemble de la section (quantités de matières en suspension transportées en g ou kg/seconde).

Les figures 1 et 2 donnent un exemple d'un dépouillement de jaugeage débit-solide.

#### Simplification des techniques opératoires - Tarage du débit-solide des stations

Les opérations décrites ci-dessus concernent des déterminations complètes et sont extrêmement lourdes tant en ce qui concerne les calculs que les techniques de terrain. La précision obtenue, probablement meilleure que 10 % en moyenne, apparaît bien vite illusoire devant les variations dans le temps des concentrations.

Ces variations ont été étudiées à partir de 1969 par des prélèvements de surface dont la mise en oeuvre plus aisée permet d'augmenter la fréquence. Depuis 1971, celle-ci est devenue journalière pendant la saison des crues et hebdomadaire en étiage.

On a cherché alors à rattacher ces prélèvements de surface à la valeur vraie de la concentration moyenne  $C_M$  obtenue par une détermination complète (jaugeage).

A la suite d'un grand nombre de jaugeages effectués au Tchad, par conséquent sur des cours d'eau tropicaux généralement peu rapides (moins de 2 m/s) et chargés surtout d'éléments fins (moins de 500 g/m<sup>3</sup>), les cher-



cheurs de l'ORSTOM ont pu statistiquement relier les valeurs obtenues par des prélèvements en surface à la concentration moyenne des matériaux solides dans la section considérée.

Les mesures de débit solide dans les stations du réseau tchadien sont donc limitées depuis 1971 à trois prélèvements de surface dont on fait la moyenne qu'on ramène par calcul à la concentration vraie, la valeur du débit liquide étant calculée à partir de la hauteur d'eau lue à l'échelle limnimétrique.\* D'où une grande simplification des opérations qui compense largement la perte de précision et permet de manipuler des volumes beaucoup plus réduits avec un gain de temps appréciable.

## 2.2 - Mesure du transport de fond (charriage)

Une première méthode consiste à prélever les matériaux charriés dans un appareil disposé sur le fond du lit pendant un temps déterminé.

L'appareil de prélèvement est une nasse dont la partie arrière est constituée par un grillage qui ne laisse passer que les éléments très fins, l'autre face au courant étant libre. Sans qu'il soit nécessaire d'exposer cette question d'une manière détaillée, signalons que ces mesures présentent de grandes difficultés : en effet, le transport de fond est discontinu et la position de la nasse sur le fond intervient (creux ou bosse dans le cas d'un fond sableux). En outre, des erreurs sont dues au dragage du fond lors du relevage de l'appareil.

Dans le cas de petits bassins (moins de 1 km<sup>2</sup> pour les régions où l'érosion est active), la méthode de la fosse à sédiments donne de bons résultats.

La fosse à sédiments est un réservoir en béton construit dans le lit même de la rivière auquel succède un déversoir pour la mesure des débits liquides. Le but de la fosse est de réduire suffisamment les vitesses pour que la charge en suspension se dépose, celle-ci étant mesurée par des prélèvements à la sortie du déversoir, lui-même étalonné et servant à la mesure des débits liquides dont la variation est connue par un enregistrement limni-graphique.

---

\* Cf. note technique n° 5 (relation hauteur/débit).

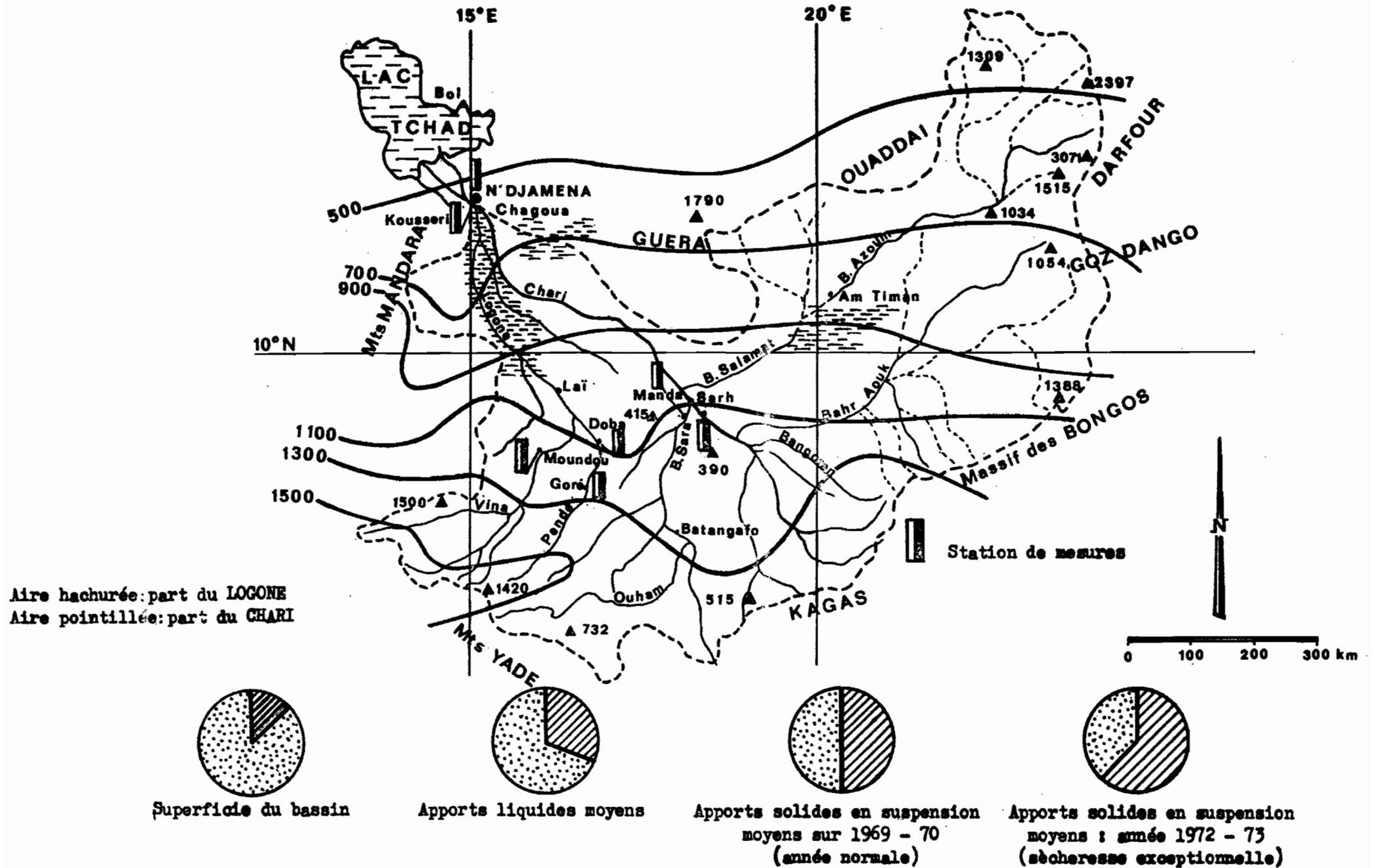


Fig. 3 - Le bassin versant du Chari à N'DJAMENA, isohyètes interannuelles en mm.  
(d'après CARRE, modifié)

Le volume des matériaux de charriage est mesuré soit dans la fosse elle-même par cubage, soit directement au moyen de récipients jaugés en vidant la fosse. D'autres méthodes font appel aux traceurs radio actifs pour le marquage des sédiments et nécessitent un appareillage complexe et coûteux.

### 3° SYNTHÈSE DES RESULTATS OBTENUS

On présentera ici les principaux résultats obtenus dans l'étude du transport solide en suspension sur les tributaires majeurs du lac Tchad (Chari et Logone). Cette étude est l'objet, depuis plusieurs années, de recherches pluridisciplinaires visant à déterminer l'aspect quantitatif et qualitatif du phénomène.

#### 3.1 - Le cadre géographique et climatique - Réseau hydrographique

Les conditions physico-climatiques du bassin tchadien sont très originales (climat tropical, relief peu accentué, vastes zones inondables, sous-bassins dissemblables). On constate de l'amont du bassin vers le lac une variation des principaux facteurs de l'érosion : la pluviosité annuelle diminue, le relief disparaît, les sols deviennent beaucoup plus perméables. Cette évolution des facteurs restreint vers l'aval l'aptitude à l'érosion et se retrouve également en tête du bassin en allant de l'ouest vers l'est (fig. 3).

Au regard du lac, les vastes bassins de l'Aouk et du Salamat sont des zones presque endoreïques du point de vue des apports liquides et à fortiori des apports détritiques. Donc, la zone amont de dégradation actuelle s'étend de la Vina au Bangoran (fig. 3).

La quasi-totalité des apports fluviaux au lac Tchad provient du Chari (64 %) et du Logone (31 %). Les zones d'apports sont pratiquement localisées dans la partie sud du bassin entre les latitudes 6° et 9° Nord, soumises à l'alternance tropicale saison sèche (Novembre à Mars)-saison des pluies (1 600 à 1 200 mm d'Avril à Octobre).

Vigoureux au sud-ouest, le relief s'adoucit peu à peu vers l'est : dans l'ordre, on distingue les hauts bassins du Logone, de la Pendé, du Bahr Sara, du Chari. Vers l'aval, les pentes deviennent rapidement très faibles, caractéristiques du bassin alluvionnaire du Logone-Chari au nord du 9ème parallèle et les écoulements vers les fleuves sont pratiquement inexistantes.

Les eaux de crue du Chari et Logone submergent les bourrelets de berge, donnent naissance à de nombreux défluent et alimentent des zones d'inondations de grande extension (Yaérés du Nord-Cameroun). Dans ces zones les pertes sont considérables (environ 40 % dans le cas typique des eaux du Logone en année normale) et les crues parviennent fortement écrêtées au lac Tchad.

### 3.2 - Choix des stations d'observations

Au niveau du parallèle 8°30' N qui délimite, à peu près, les zones d'érosion possible, le contrôle des transports solides en suspension est effectué à 5 stations dont on connaît bien l'importance hydrologique vis à vis du lac :

- Moundou sur le Logone, module interannuel : 398 m<sup>3</sup>/s, bassin versant : 33 970 km<sup>2</sup>
- Doba sur la Pendé : 140 m<sup>3</sup>/s, 14 300 km<sup>2</sup>
- Goré sur la Pendé (à partir de 1971) : 139 m<sup>3</sup>/s, 12 020 km<sup>2</sup>
- Manda sur le Bahr Sara : 526 m<sup>3</sup>/s, 79 600 km<sup>2</sup>
- Sarh sur le Chari : 325 m<sup>3</sup>/s, 193 000 km<sup>2</sup>

Par ailleurs, afin de faire le bilan séparé pour chacun des fleuves au niveau du transit à N'Djamena (12° N) et le total des apports au lac, pour un bassin de 600 000 km<sup>2</sup>, on opère un contrôle aux deux stations suivantes :

- Chagoua sur le Chari, module interannuel : 900 m<sup>3</sup>/s, bassin versant : 515 000 km<sup>2</sup>
- Kousseri sur le Logone : 380 m<sup>3</sup>/s, 85 000 km<sup>2</sup>

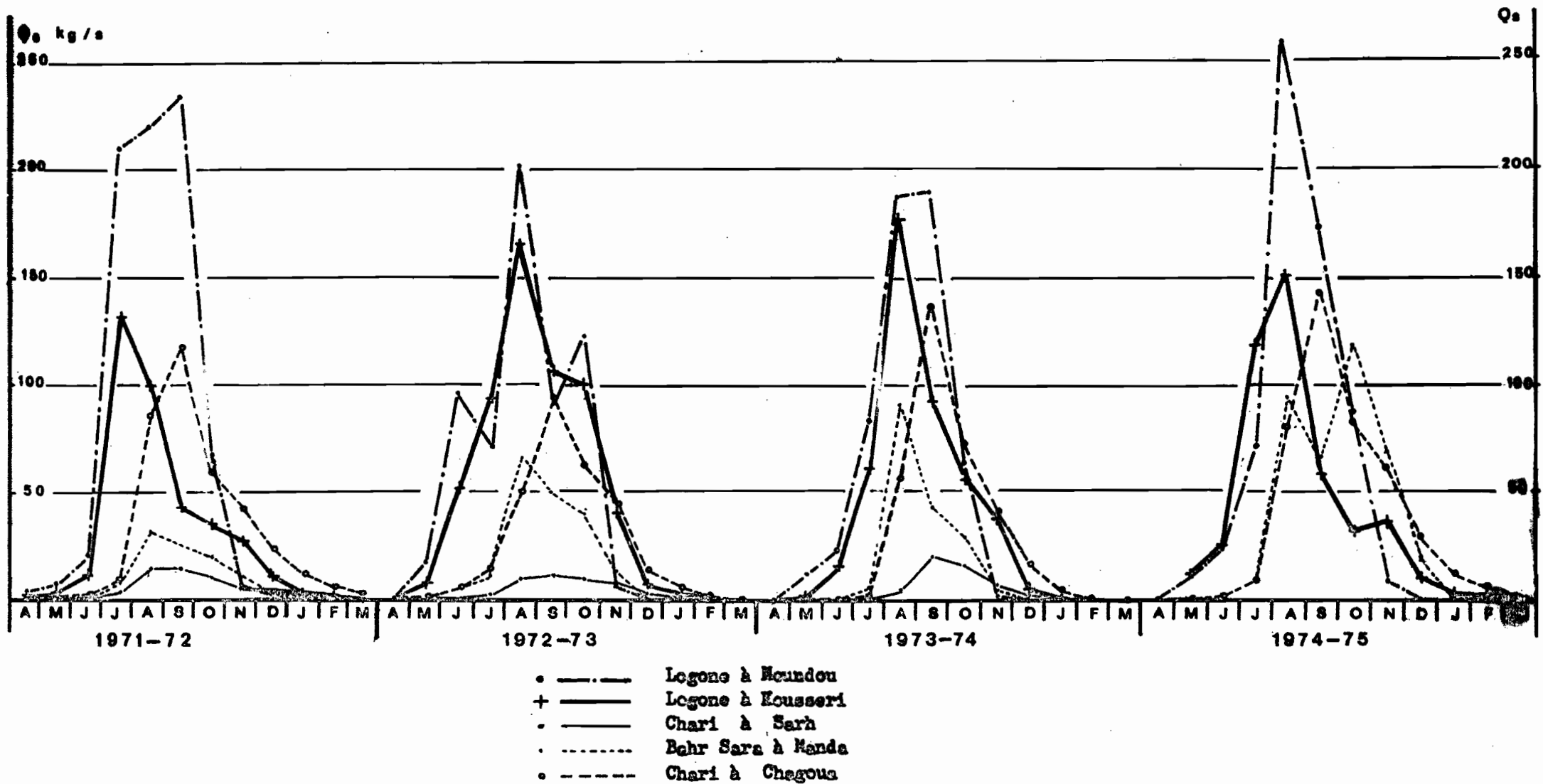


Fig. 4 - Evolution du débit solide moyen mensuel

### 3.3 - Résultats acquis

La période sur laquelle a porté l'étude (1969 à 1975) correspond à une phase d'hydraulicité médiocre, sauf en 1970 en particulier sur le bassin du Logone. Elle comprend les années de sécheresse exceptionnelle de 1972 et 1973.

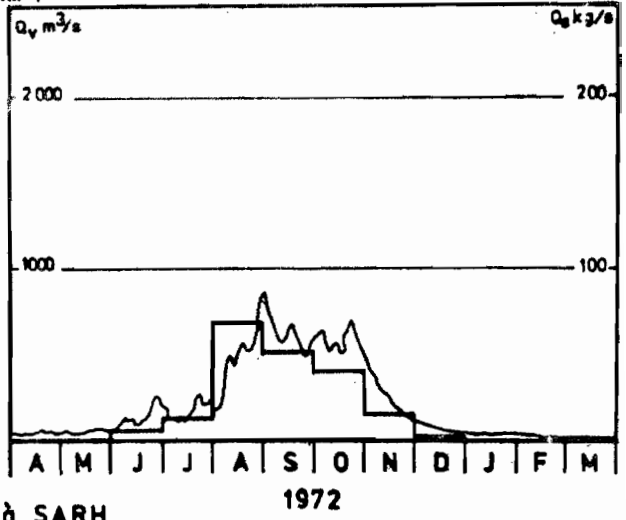
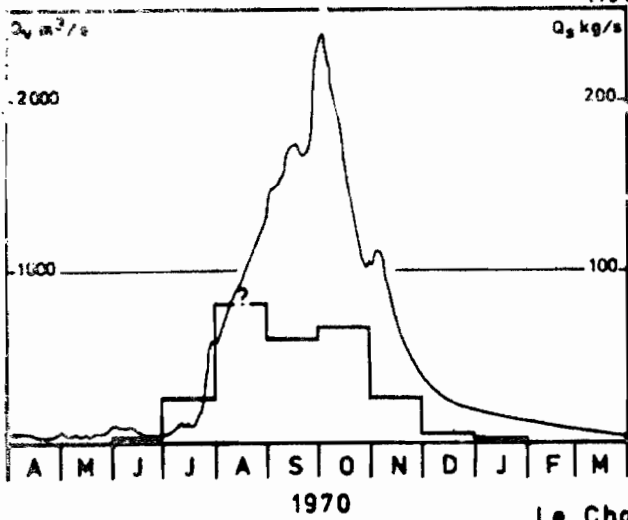
Malgré les aléas climatiques, les quantités de matières solides en suspension acheminées vers le lac Tchad et mesurées au niveau de N'Djamena présentent une certaine constance. Sur sept années d'observations, la valeur moyenne annuelle est de 2 400 000 tonnes. Sur une longue période, la valeur médiane serait probablement de l'ordre de 2 500 000 à 2 600 000 tonnes dont près de 60 % sont apportées entre Juillet et Septembre, au début de la montée des eaux.

En année normale, du fait du rôle des plaines d'inondation, les parts respectives du Chari et du Logone dans ce tonnage sont sensiblement égales, alors que les apports liquides du second ne sont que le tiers de ceux du Chari (fig. 3). Ceci s'explique par le fait que le Logone, à la suite des débordements, perd environ la moitié ou le tiers des apports solides mesurés sur son bassin amont. Sur le Chari, au contraire, on peut noter un gain de 20 %, parfois 50 %, entre la somme des exportations du Bahr Sara et du Chari supérieur et le tonnage transité à l'aval. L'érosion des berges paraît donc fournir dans ce cas plus de matériaux que les plaines n'en retiennent.

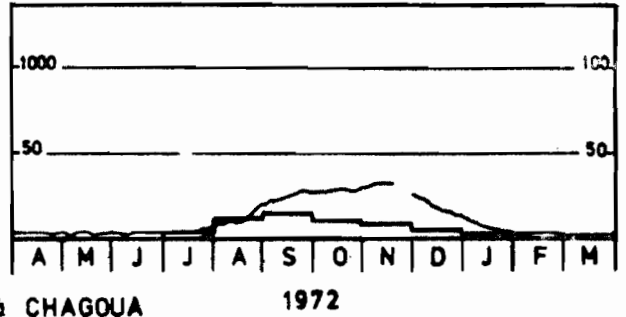
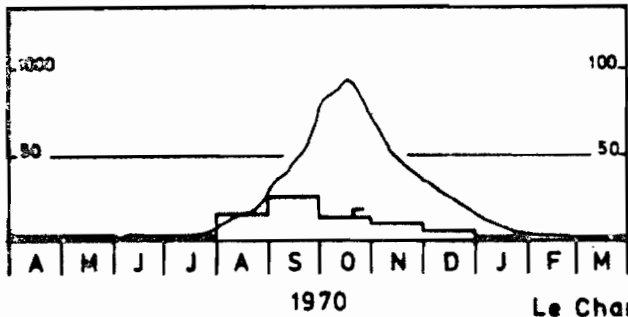
En année de sécheresse exceptionnelle, du fait de l'absence de débordement hors du lit principal, on ne note pas de pertes entre le tonnage mesuré à l'amont et à l'aval sur le Logone. Les quantités de matières solides acheminées par ce fleuve vers le lac sont alors bien supérieures à celles du Chari (fig. 3 et 4),

Pour chaque station, les données de base font apparaître une homogénéité relativement bonne des différentes valeurs principalement pour les concentrations, mais il n'existe pas de corrélation entre la concentration et le module, c'est-à-dire que la charge en suspension n'est pas liée directement à l'importance de la crue.

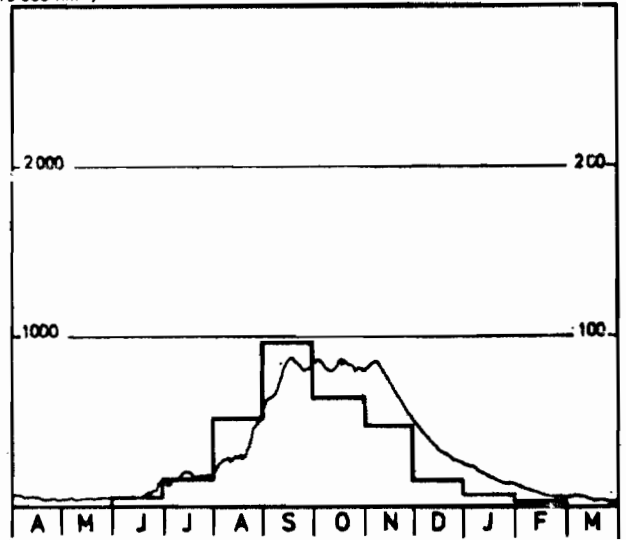
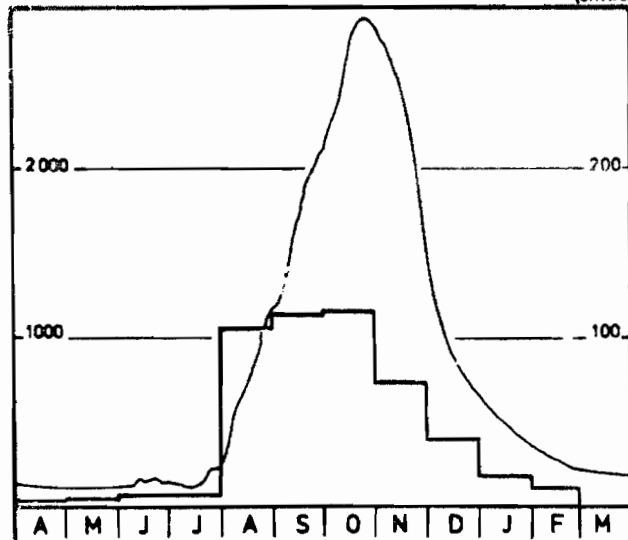
Le Bahr Sere à MANDA  
(79 600 km<sup>2</sup>)



Le Chari à SARH  
(environ 193 000 km<sup>2</sup>)



Le Chari à CHAGOUA  
(environ 515 000 km<sup>2</sup>)



□ = 35 000 tonnes ou 350 millions de m<sup>3</sup>

Fig.5 - HYDROGRAMMES JOURNALIERS (m<sup>3</sup>/s) et TRANSPORT SOLIDE MENSUEL (kg/s) dans le BASSIN du CHARI

Sur les bassins amont, la décroissance d'est en ouest de l'intensité de l'érosion, dans le même sens que le relief, apparaît nettement : l'érosion spécifique passe successivement de 80 à 25, puis 10, puis 2 tonnes/km<sup>2</sup>/an. Il est à noter que ces valeurs ne peuvent être utilisées que pour des comparaisons. En effet, dans ces régions, pour des bassins de 10 000 km<sup>2</sup> et plus, la signification physique de l'érosion spécifique n'est plus très claire car il y a sédimentation d'une partie des apports et érosion des berges, la nature même du bassin versant impliquant des variations régionales.

A l'ouest, les concentrations journalières en matériaux solides observées sur le haut bassin du Logone, voisines de 20 g/m<sup>3</sup> en fin de saison sèche, atteignent généralement des valeurs de l'ordre de 400 g/m<sup>3</sup> en Juillet et Août, période où se produit le maximum du transport (il a même été observé des charges de 800 g/m<sup>3</sup>). A l'est, les valeurs correspondantes rencontrées sur le Chari vont de 10 à 100 g/m<sup>3</sup> environ et le maximum du transport s'effectue plutôt en Août-Septembre.

Les fortes concentrations individualisent bien le Logone par rapport au Chari avant leur confluent. Les concentrations journalières maximales de 700 g/m<sup>3</sup> rencontrées à la station aval du Logone ne sont plus que de 200 g/m<sup>3</sup> sur le Chari. Il en est de même de la concentration annuelle moyenne (100 à 150 g/m<sup>3</sup> contre 50 g/m<sup>3</sup>).

Les concentrations maximales s'observent donc avec l'arrivée des premières crues. Elles croissent brutalement par suite du ruissellement sur sol sec et dénudé de végétation et atteignent leur maximum au début de la montée des eaux. Le débit solide maximal, plus ou moins étalé, est toujours nettement décalé par rapport au maximum du débit liquide (fig. 5 et 6).

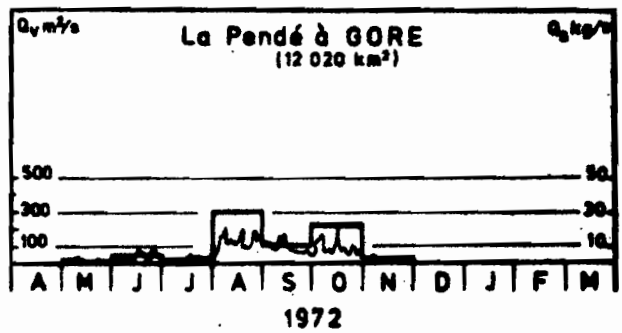
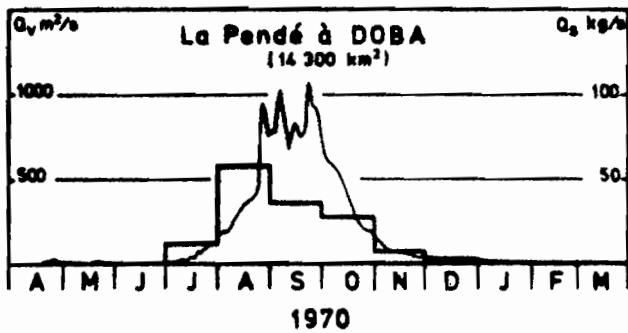
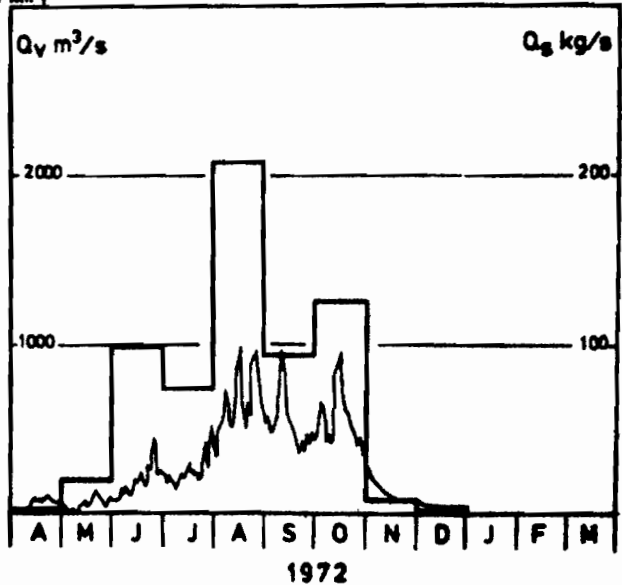
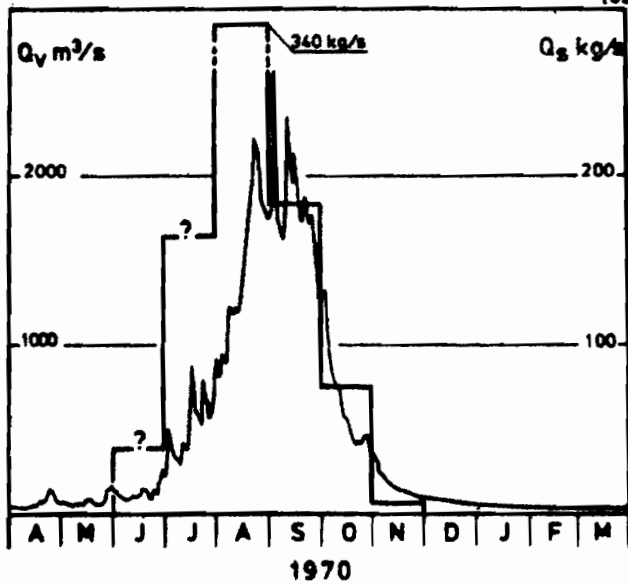
Les concentrations sont minimales pendant la saison sèche, sauf sur la station aval du Logone où, excepté en année de très faible hydraulité, elles se rencontrent à la fin de la saison des pluies à l'époque de la vidange des plaines d'inondation où la végétation a joué un rôle de filtre.

Les analyses granulométriques indiquent qu'en moyenne la



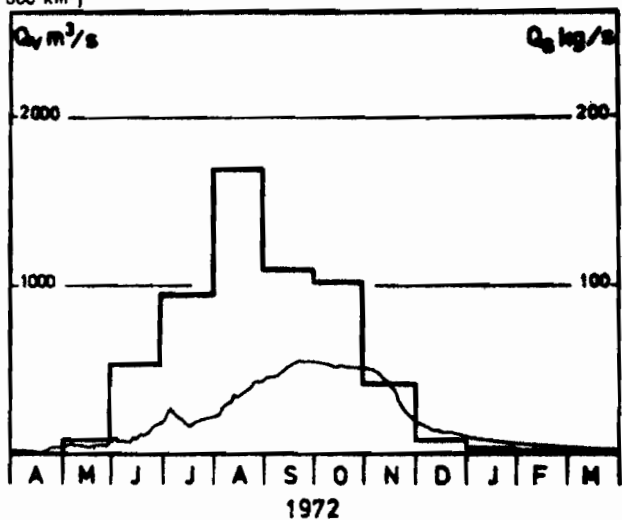
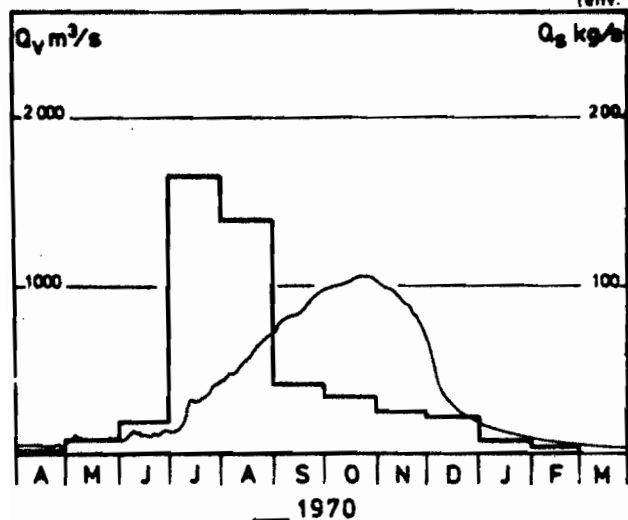
**Le Logone à MOUNDOU**

(33 970 km<sup>2</sup>)



**Le Logone à KOUSSERI**

(env. 85 000 km<sup>2</sup>)



□ = 35 000 tonnes ou 350 millions de m<sup>3</sup>

**Fig. 6 - HYDROGRAMMES JOURNALIERS (m<sup>3</sup>/s) et TRANSPORT SOLIDE MENSUEL (kg/s) dans le BASSIN du LOGONE**

charge en suspension est constituée d'argiles pour 55 % (en majorité de la kaolinite), le complément étant des limons et des sables.

## CONCLUSION

Les observations précédentes doivent être replacées dans le cadre plus général des grandes zones climatiques du milieu tropical, où les régimes hydrologiques, et par conséquent l'érosion, conditionnent le transport solide des cours d'eau.

Dans le cas des régimes équatoriaux, plus ou moins complexes (Côte d'Ivoire au sud de Bouake, le sud du Ghana, la côte du Benin, l'extrême sud du Nigéria, le sud du Gabon, la moitié sud et le nord du Moyen Congo, le sud du Cameroun), l'érosion est notable sur les pentes couvertes d'une végétation de graminées qui offrent une protection insuffisante. En zone forestière, l'érosion est faible mais non nulle. Ainsi, en Côte d'Ivoire, le régime du NZi à Zienoa (bassin de 33.150 km<sup>2</sup>) est de type équatorial de transition atténué. L'érosion spécifique varie de 5 à 13 tonnes/km<sup>2</sup>/an. Les valeurs des concentrations rencontrées à l'étiage sont de 20 à 100 g/m<sup>3</sup> et, en période de crue, de 150 à 200 g/m<sup>3</sup>.

En régime tropical pur, par exemple l'Aouk à Golongosso, la Tandjilé à Bologo, la Benoué à Riao, la majeure partie du bassin du Sénégal et les branches-mères de la Volta, l'érosion sur parcelles cultivées est forte mais la proportion de terres cultivées pour l'ensemble d'un bassin est faible,

Ainsi, pour des bassins supérieurs à 3 ou 4.000 km<sup>2</sup>, les concentrations ne dépassent pas 300 ou 400 g/m<sup>3</sup> en crue (vase, limon et sables fins) sauf dans les montagnes très cultivées du Nord-Cameroun (exemple du Mayo Louti) : 2.000 à 3.000 g/m<sup>3</sup>.

Si le régime du fleuve Chari à N'Djamena est de type tropical pur par suite de la dégradation du réseau et de la sécheresse relative dans la partie inférieure du bassin, par contre, aux stations amont retenues pour cette

étude, le régime est de type tropical de transition.

C'est ce type de régime qui caractérise le sud du bassin du Logone (exemples : le Logone à Moundou, la Pendé à Goré), le sud-ouest du Chari, les branches-mères du Niger, les fleuves côtiers de Guinée, la partie amont des fleuves côtiers de Côte d'Ivoire, le nord des bassins de l'Oubangui et du MBomou et le bassin méridional du Sénégal (exemple : la Falémé à Kidira). Dans ces régions, par suite de la couverture végétale assez dense, les transports solides sont peu importants en général, sauf dans les régions très cultivées, en quelques points où il y a surpâturage et dans les bassins à forte pente. En Côte d'Ivoire, sur le Bandama à Duibo (bassin de 32.200 km<sup>2</sup>, régime tropical de transition), l'érosion spécifique est de l'ordre de 15 tonnes/km<sup>2</sup>/an et les concentrations à l'étiage vont de 15 à 60 g/m<sup>3</sup> et atteignent 100 à 180 g/m<sup>3</sup> à l'époque des crues. Au Cameroun, sur le bassin (77.000 km<sup>2</sup>) de la Sanaga à Nachtigal, l'érosion spécifique est d'environ 30 tonnes/km<sup>2</sup>/an.

Pour les régimes mixtes comme celui qui caractérise le bassin du Bandama en Côte d'Ivoire (94.250 km<sup>2</sup>) : tropical de transition et équatorial de transition atténué, les exportations de matériel détritique sont supérieures à celles du Chari à N'Djamena (dégradation spécifique annuelle comprise entre 7 et 16 tonnes/km<sup>2</sup> contre 4 tonnes/km<sup>2</sup>). Elles sont voisines de celles du Congo (9 tonnes/km<sup>2</sup>/an) mais nettement inférieures à celles du Mississipi (64 tonnes/km<sup>2</sup>) et de l'Amazone (79 tonnes/km<sup>2</sup>).

En régime sahélien, l'érosion est forte par suite du faible revêtement végétal et peut être comparée à celle des cours d'eau d'Afrique du Nord. Quelques mesures effectuées sur le Bahr Azoum à Am Timan ont donné pour plus fortes concentrations, à la suite d'une importante tornade, des valeurs de 775 g/m<sup>3</sup>. Vers la fin de l'écoulement, le débit solide tombe rapidement à des valeurs inférieures à 50 g/m<sup>3</sup>.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSOCIATION INTERNATIONALE D'HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE (A.I.H.S.)  
publication n° 34 - Communications sur le mouvement des matériaux  
solides à l'Assemblée générale de Bruxelles, 1961, tome III, p. 97-161
- A.I.H.S., publication n° 43 - Communications de la Commission d'Erosion  
continentale à l'Assemblée générale de Toronto, septembre 1957, tome I,  
p. 58-409
- A.I.H.S., publication n° 53 - Communications de la Commission d'Erosion  
continentale à l'Assemblée générale de Helsinki, 1960, p. 7 à 213
- ARQUISOU (G.) - 1976 - Note technique sur la construction et l'exploitation des  
fosses à sédiments. Exemple du bassin représentatif de Sarki (République  
Centrafricaine).  
ORSTOM, N'Djamena, multigr., 7 p.
- BILLON (B.) - 1968 - Mise au point des mesures de débits solides en suspension  
(République du Tchad).  
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. V n° 2, 1968, p. 3-14
- CALLEDE (J.) - 1974 - Bassin représentatif de Sarki. Bilan de 5 années d'ob-  
servations (1968 à 1972).  
ORSTOM, Paris et Bangui, 120 p., annexes
- CARRE (P.) - 1972 - Quelques aspects du régime des apports fluviatiles de ma-  
tériaux solides en suspension vers le lac Tchad.  
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX n° 1, 1972, p. 19-45
- CHOURET (A.) - 1973 - Etude des transports solides en suspension au Tchad  
(Campagne 1971-1972).  
ORSTOM, N'Djamena, 12 p., annexes
- CHOURET (A.) - 1975 - Etude des transports solides en suspension au Tchad.  
Campagnes 1972-73, 1973-74, 1974-75. Bilan de 7 années d'observations  
(1968 à 1974).  
ORSTOM, N'Djamena, multigr., 24 p.
- CHOURET (A.) - 1975 - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise  
en oeuvre en République du Tchad.  
ORSTOM, N'Djamena, note technique n° 5, 10 p.
- CHOURET (A.) - 1977 - Régime des apports fluviatiles des matériaux solides  
en suspension vers le lac Tchad.  
ORSTOM, N'Djamena, multigr., 11 p.
- DUPONT (B.) - 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles  
données).  
Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. II, n° 2, 1970

- HOURS (R.), JAFFREY (P.) - 1959 - Application des isotopes radioactifs à l'étude des mouvements des sédiments et des galets dans les cours d'eau et en mer.**  
La Houille blanche, n° 3, 1959, p. 318-347
- MONNET (C.) - 1972 - Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte d'Ivoire. Evolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire.**  
Thèse de doctorat d'Etat - Université de Paris, 427 p.
- NOUVELOT (J. F.) - 1969 - Mesure et étude des transports solides en suspension au Cameroun.**  
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. VI, n° 4, 1969, p. 43-86
- NOUVELOT (J. F.) - 1972 - Méthodologie pour la mesure en réseau des transports solides en suspension dans les cours d'eau intertropicaux peu chargés.**  
Le régime des transports solides en suspension dans divers cours d'eau du Cameroun de 1969 à 1971.  
Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX, n° 1, 1972, p. 3-18 et 47-74
- ROCHE (M.) - 1963 - Hydrologie de surface.**  
ORSTOM, Paris, Gauthier-Villars éd., 430 p.
- ROCHE (M.) - 1973 - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad.**  
Thèse de doctorat d'Etat - Université de Paris VI, 398 p.

## **NOTES TECHNIQUES DEJA PARUES**

---

- N° 1** - L'ensemble Yaérés - Bas-Chari - Lac Tchad et la production piscicole au Tchad -  
par A. ILTIS
- N° 2** - La cartographie des sols et la notion de régionalité -  
Ses applications au Tchad -  
par J. HERVIEU
- N° 3** - Les polders du Lac Tchad - Milieu naturel et formation des sols -  
Conséquences de la sécheresse -  
par M. RIEU
- N° 4** - Les ressources en protéines au Tchad - Disponibilités et  
orientations nouvelles -  
par A. CORNU
- N° 5** - Les méthodes de mesures en hydrologie et leur mise en oeuvre  
en République du Tchad -  
par A. CHOURET
- N° 6** - Les poissons du fleuve Chari - Clef de détermination -  
par L. LAUZANNE
- N° 7** - Mils et Sorghos du Tchad - Caractères, sélection et exigences  
culturales -  
par S. ASSEGNINOU et J. HERVIEU
- N° 8** - Le Lac Tchad et son système d'alimentation - Conséquences des  
périodes de sécheresse -  
par A. CHOURET
- N° 9** - Effets de la sécheresse sur les peuplements de poissons dans le  
Lac Tchad et le Delta du Chari -  
par V. BENECH
- N° 10** - Les techniques de pêche pratiquées dans la région du Lac Tchad  
et du Bas-Chari -  
par J. FRANC
- N° 11** - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad  
1) Historique - Organisation - Fonctionnement
- N° 12** - Evolution géologique récente du bassin du Tchad -  
par P. MATHIEU
- N° 13** - Utilisation du sol et possibilités d'irrigation dans la région de  
N'Djamena -  
par C. TOBIAS
- N° 14** - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad  
2) Contribution à la connaissance du milieu physique naturel
- N° 15** - Les activités de l'ORSTOM en République du Tchad  
3) Recherches biologiques et Sciences humaines