

Régime des apports fluviaux de matériaux solides en suspension vers le Lac Tchad: synthèse des études de l'ORSTOM en République du Tchad

A. Chouret

Résumé. Les conditions physico-climatiques très originales du bassin tchadien ont conduit l'ORSTOM, dans le cadre d'une étude multidisciplinaire, à entreprendre depuis plusieurs années des mesures systématiques du transport solide en suspension sur les principaux tributaires du lac Tchad.

Le contrôle des apports fluviaux de matériaux solides en suspension est effectué:

- d'une part au niveau du parallèle 8° 30' N qui délimite, à peu près, les zones d'érosion possible en des stations dont on connaît bien l'importance hydrologique vis à vis du lac
- d'autre part au niveau de N'Djaména (12° N) pour faire le bilan séparé pour chacun des fleuves et le total des apports du lac sur un bassin de 600 000 km².

Après la mise au point de la méthodologie, une analyse statistique de la précision des mesures liée à la densité des prélèvements a permis de préciser le tarage débit solide des stations.

La période d'observation correspond dans l'ensemble à une phase d'hydraulicité médiocre. L'éventail des crues va cependant depuis une hydraulicité relativement forte comme en 1970 sur le bassin du Logone aux années exceptionnellement déficitaires de 1972 à 1973. On note une constance des apports de matières solides en suspension vers le lac et une bonne homogénéité des différentes valeurs des données de base en particulier pour les concentrations sur chaque bassin. L'individualisation du bassin du Logone par rapport à celui du Chari est bien mise en évidence, de même que la décroissance à l'aptitude à l'érosion de l'ouest vers l'est sur les bassins amont.

Le rôle des plaines d'inondations, caractéristique de la cuvette tchadienne apparaît ici nettement.

The regime of the suspended sediment yield in the rivers to Lake Chad: summary of studies by ORSTOM in the Republic of Chad

Abstract. Because of the very unusual physical and climatic features in the Lake Chad basin, ORSTOM have conducted a study of the suspended load in the main tributaries feeding the lake. The measurements continued for a period of several years and were within the framework of a multidisciplinary study.

The suspended sediment yield in the rivers was measured

(1) at latitude 8° 30' N, which roughly delineates the zone of erosion for the stations which are hydrologically significant for Lake Chad, and

(2) at N'Djaména (12° N), to ascertain the separate yields for each river and the total yield for the basin of 600 000 km².

After establishing the methodology, the sediment discharges at the stations were determined from a statistical analysis of the accuracy of the measurements and their density.

The observations period (1969-1974) covers a range of flows from the relatively high flows in 1970 which resulted in floods in the Logone basin to the exceptionally low flows in 1972 and 1973: on the whole corresponding to a period of low flow. The suspended sediment load to the lake is steady and the basic data for each basin are found to be uniform, particularly so for sediment concentration. The Logone basin is shown to have an individual character with reference to the Chari basin. A trend of decreasing erosion in the upstream basins from west to east was noticed.

The role of the flood plains which are characteristic of the Chad basin appears to be significant.

INTRODUCTION

L'étude du transport solide en suspension sur les principaux tributaires du lac Tchad fait, depuis plusieurs années, l'objet de recherches pluridisciplinaires visant à déterminer

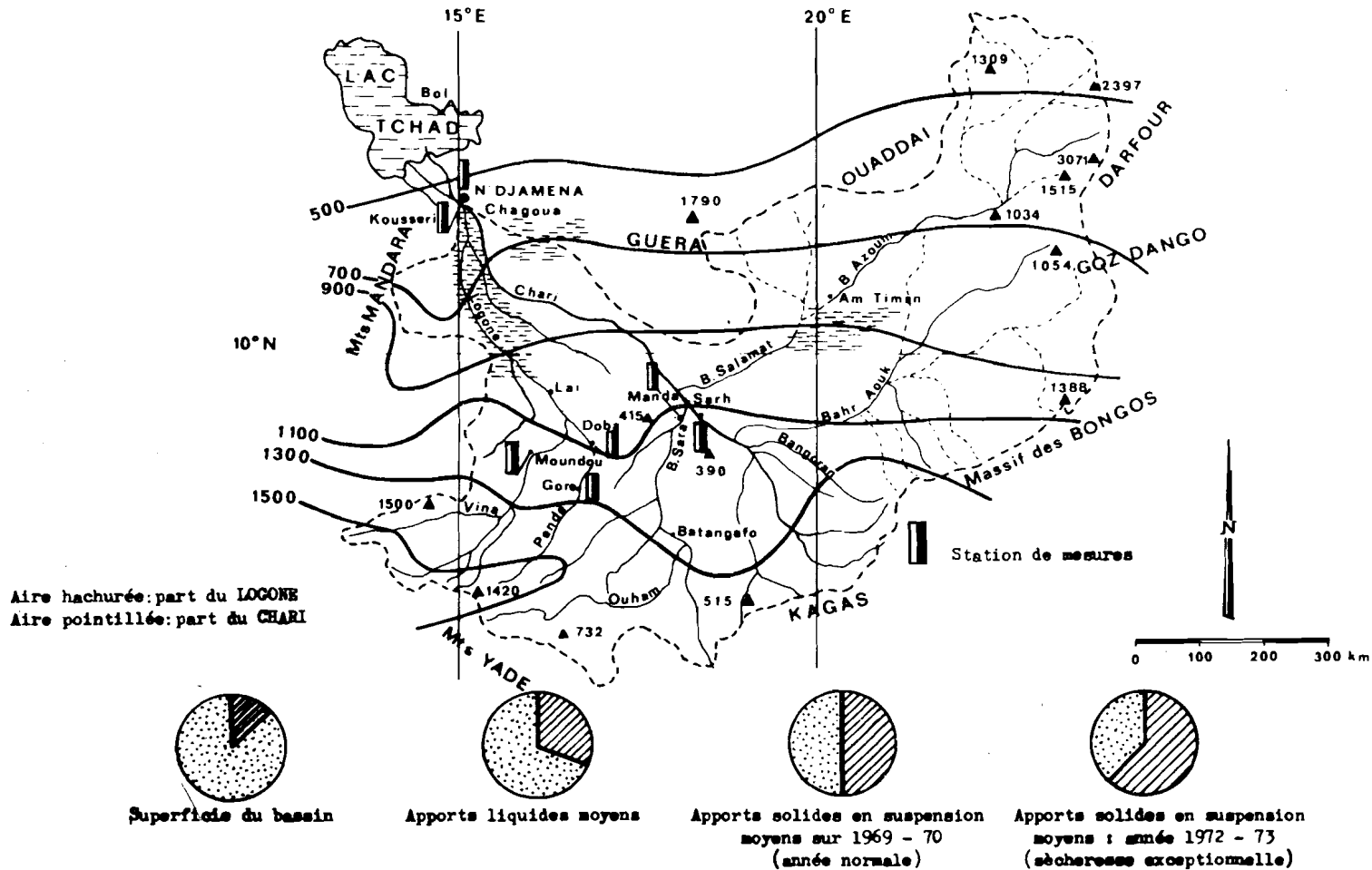


FIGURE 1. Le bassin versant du Chari à N'Djaména, isohyètes interannuelles en mm [d'après Carré (1972) modifié].

l'aspect quantitatif et qualitatif du phénomène.

LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE – RESEAU 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 de plus en plus défavorable des principaux facteurs de l'érosion: la pluviosité annuelle est divisée par 2 ou 3, le relief disparaît, les sols deviennent beaucoup plus perméables. Cette évolution des facteurs dans le sens d'une diminution de l'aptitude à l'érosion se retrouve également en tête du bassin en allant de l'ouest vers l'est (Fig.1).

Au regard du lac, les vastes bassins de l'Aouk et du Salamat sont des zones quantitativement presque endoreïques du point de vue des apports liquides et à fortiori des apports détritiques.

La zone amont de dégradation actuelle ira donc de la Vina au Bangoran.

La quasi-totalité des apports fluviaux au lac Tchad provient du Chari (64 pour cent) et du Logone (31 pour cent). Les zones d'apports sont pratiquement localisées dans la partie sud du bassin entre les latitudes 6° et 9° N, soumises à l'alternance tropicale saison sèche (novembre à mars) – saison des pluies (1600 à 1200 mm d'avril à octobre). Vigoureux au sud-ouest, le relief s'adoucit peu à peu en s'éloignant vers l'est: dans l'ordre, hauts bassins du Logone, de la Pendé, du Bahr Sara, du Chari. En allant vers l'aval, les pentes deviennent rapidement très faibles et caractéristiques du bassin alluvionnaire du Logone–Chari au nord du 9^{ème} parallèle; 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) où les pertes sont considérables (environ 40 pour cent dans le cas typique du Logone en année normale); enfin elles parviennent fortement écrêtées au lac Tchad.

METHODOLOGIE – CHOIX DES STATIONS D'OBSERVATIONS

Les techniques et méthodes ont été principalement mises au point pour leur application pratique au Tchad par Billon (1968): emploi d'un dispositif de jaugeage classique pour la mesure des vitesses et du débit liquide – détermination de la concentration par prélèvement dans des récipients jaugés de 10 L à l'aide d'un ajutage et d'une pompe – dépôt des particules par addition de 2 cm³ HCl puis siphonnage, étuvage et pesée du résidu sec.

Par la suite, une analyse statistique de la précision des mesures liée à la densité des prélèvements a mis en évidence la possibilité d'une résultat significatif obtenu à partir d'un à trois prélèvements en surface pour des cours d'eau peu rapides et chargés d'éléments fins (Carré, 1972).

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

- Moundou sur le Logone, module interannuel: 398 m³/s, bassin versant: 33 970 km².
- Doba sur la Pendé: 140 m³/s, 14 300 km².
- Goré sur la Pendé (à partir de 1971): 139 m³/s, 12 020 km².
- Manda sur le Bahr Sara: 526 m³/s, 79 600 km².
- Sarh sur le Chari: 325 m³/s, 193 000 km².

d'autre part, au niveau du transit à N'Djamena (12° N) pour faire le bilan séparé pour

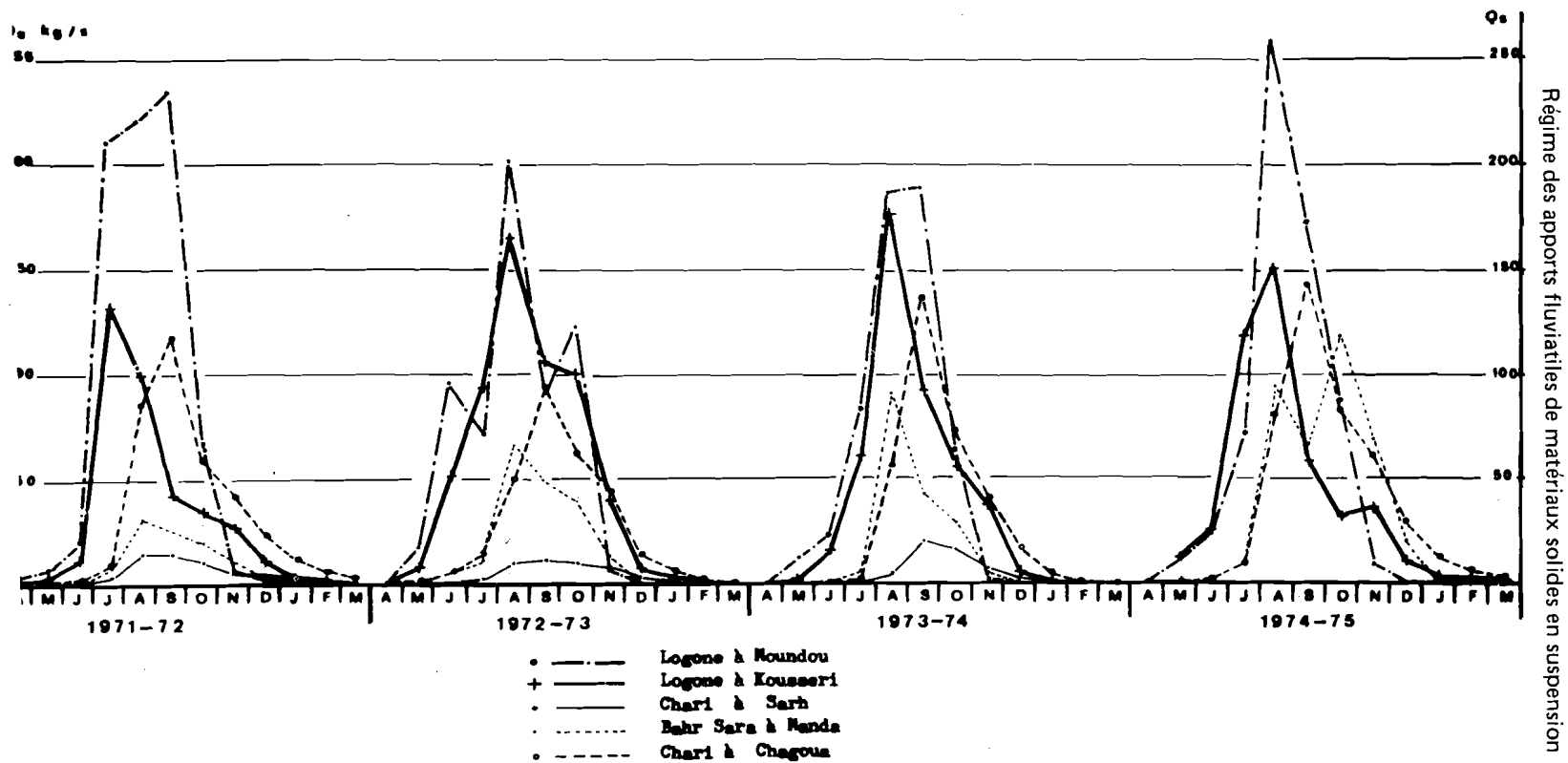


FIGURE 2. Evolution du débit solide moyen mensuel.

chacun des fleuves et le total des apports au lac, sur un bassin de 600 000 km² à partir des deux stations suivantes:

- Chagoua sur le Chari, module interannuel: 900 m³/s, bassin versant: 515 000 km².
- Kousseri sur le Logone: 380 m³/s, 85 000 km².

RESULTATS

La période sur laquelle a porté l'étude (1969 à 1974) correspond à une phase d'hydraulicité médiocre, sauf en 1970 sur le bassin du Logone. Elle comprend les années de sécheresse exceptionnelle de 1972 et 1973.

Cependant, les quantités de matières solides en suspension acheminées vers le lac Tchad et mesurées au niveau de N'Djamena présentent une certaine constance. Sur six 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 pour cent 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, à l'inverse des débits liquides (Figs.1 et 2). Le Logone perd environ la moitié ou le tiers des apports solides mesurés sur son bassin amont. Mais sur le Chari, on peut noter un gain de 20 pour cent, parfois 60 pour cent, entre le tonnage transité à l'aval et la somme des exportations du Bahr Sara et du Chari supérieur. L'érosion des berges paraît donc fournir ici plus de matériaux que les plaines n'en retiennent.

Par contre, 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.2).

Pour chaque station, les données de base font apparaître une homogénéité relative-ment bonne des différentes valeurs principalement pour les concentrations. Il n'existe aucune corrélation entre la concentration et le module.

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 successive-ment de 80 à 25 puis 10 puis 2 tonnes km⁻² an⁻¹. 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 km² et plus, la signification physique de l'érosion spécifique n'est plus très claire d'une part puisqu'il y a sédimentation d'une partie des apports et érosion des berges, d'autre part du fait même de la nature du bassin versant.

A l'ouest, les concentrations en matériaux solides observées sur le haut bassin du Logone, voisines de 20 g/m³ en fin de saison sèche, atteignent généralement des valeurs de l'ordre de 400 g/m³ en juillet et août, période où se produit le maximum du transport (il a même été observé des charges de 800 g/m³); à l'est, les valeurs correspondantes rencontrées sur le Chari vont de 10 à 100 g/m³ 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 maximales de 700 g/m³ rencontrées à la station aval du Logone ne sont plus que de 200 g/m³ sur le Chari. Il en est de même de la concentra-tion annuelle moyenne (100 à 150 g/m³ et 50 g/m³).

Les concentrations maximales se rencontrent 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 (Figs.3 et 4).

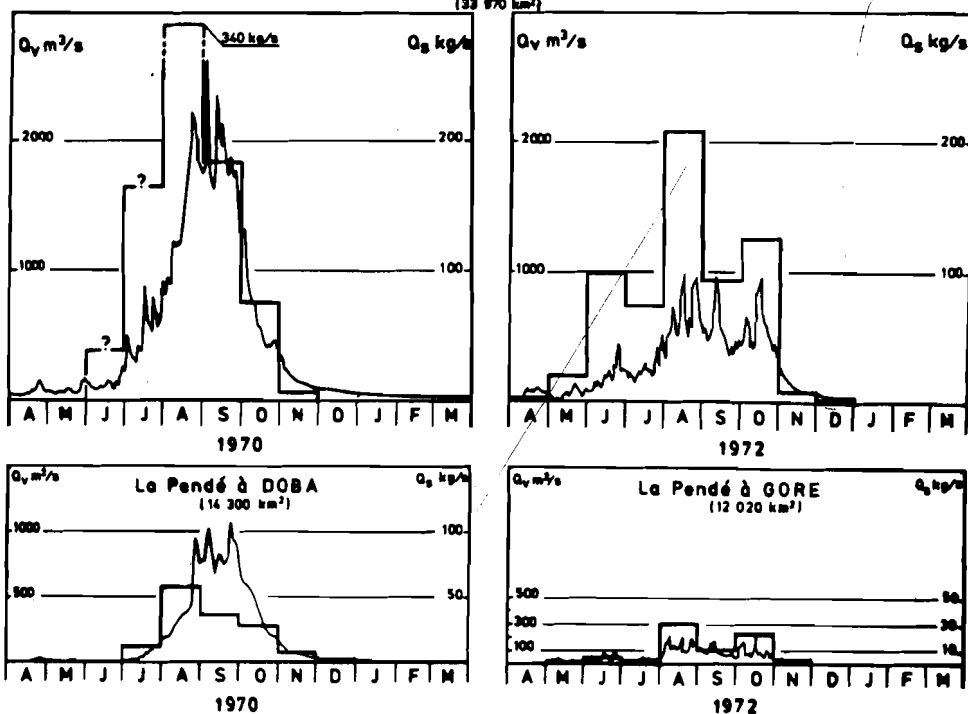
Le Logone à MOUNDOU(13 970 km²)

FIGURE 3. Hydrogrammes journaliers [m³/s] et transport solide mensuel [kg/s] dans le bassin du Logone.

Les concentrations sont minimales pendant la saison sèche, sauf sur la station aval du Logone où, excepté en année de très faible hydraulicité, 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.

NATURE MINÉRALOGIQUE DES MATÉRIEAUX TRANSPORTÉS EN SUSPENSION

Les analyses granulométriques indiquent qu'en moyenne 55 pour cent de la charge en suspension est constituée d'argiles et le complément de limons et de sables. Par ailleurs,

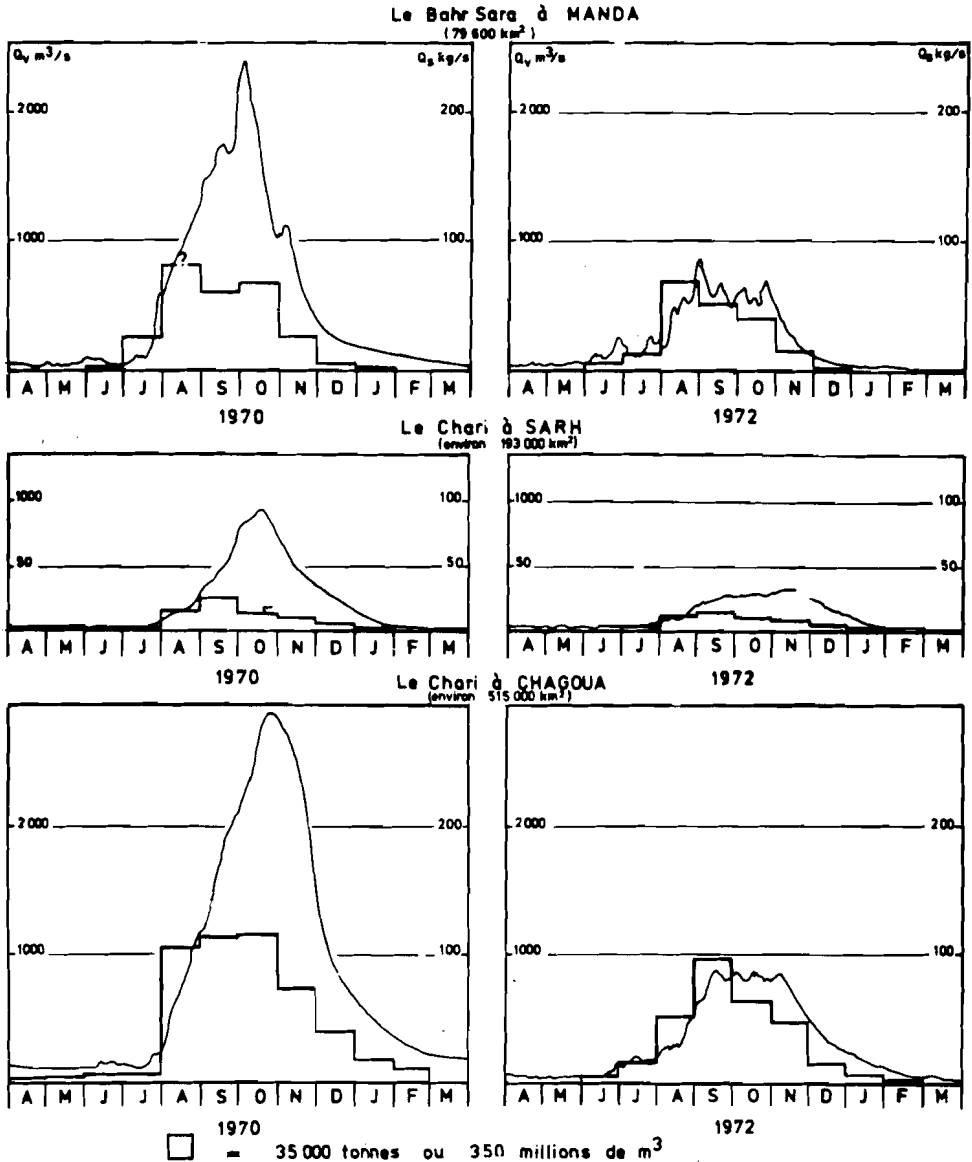


FIGURE 4. Hydrogrammes journaliers [m³/s] et transport solide mensuel [kg/s] dans le bassin du Chari.

l'analyse diffractométrique aux rayons X révèle une très large dominance de la kaolinite puis du quartz et la présence d'illite (un peu ou traces). A l'exception du Bahr Sara à Manda, les feldspaths sont en faibles quantités ou à l'état de traces. Identifiée dans le Logone, la gibbsite (un peu ou traces) n'apparaît pas aux autres stations. La montmorillonite dont on trouve des traces à Moundou est généralement très peu abondante (un peu ou traces) aux stations aval du Logone et du Chari. Environ 1.5 million de tonnes de kaolinite est déversé annuellement dans le lac. Carré (1972) en soulignant la nature kaolinitique des apports pose ainsi le problème de la sédimentation dans le lac Tchad où prédomine la montmorillonite (Dupont, 1970).

REFERENCES

- Billon, B. (1968) Mise au point des mesures de débits solides en suspension (République du Tchad). *Cah. ORSTOM, série Hydrol. V*, no.2, 3-14.
- Carré, P. (1972) Quelques aspects du régime des apports fluviatiles de matériaux solides en suspension vers le lac Tchad. *Cah. ORSTOM, série Hydrol. IX*, no.1, 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.
- Dupont, B. (1970) Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données). *Cah. ORSTOM, série Géol. II*, no.2.
- Roche, M. A. (1973) Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du Lac Tchad. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Paris.