

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

A. CHOURET

**RÉGIME DES APPORTS FLUVIATILES
DES MATÉRIAUX SOLIDES EN SUSPENSION
VERS LE LAC TCHAD**

Janvier 1977

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE N'DJAMÉNA



D8
CHO

14.480

REGIME DES APPORTS FLUVIATILES DE MATERIAUX
SOLIDES EN SUSPENSION VERS LE LAC TCHAD

SYNTHESE DES ETUDES DE L'ORSTOM
EN REPUBLIQUE DU TCHAD

REGIME OF THE RIVER CONTRIBUTIONS OF
SUSPENDED LOAD CARRIED TO LAKE CHAD

SUMMARY OF STUDIES UNDERTAKEN BY ORSTOM IN THE
REPUBLIC OF CHAD



25 NOV. 1977

A. CHOURET

Janvier 1977

D 8
CHO

14.480

R E S U M E

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 fluviatiles de matériaux solides en suspension est effectué :

- d'une part au niveau du parallèle $8^{\circ}30'$ 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'Djamena (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.

A B S T R A C T

The very original physical and climatological conditions in Lake Chad Basin have led ORSTOM to undertake during several years, within the framework of a multi-disciplinary survey, systematic collection of data of suspended load carried by the main tributaries to Lake Chad.

Checking of the river contributions in solid materials in suspension is carried out on the one hand at the level of latitude $8^{\circ}30'$ N which roughly delineates the areas of possible erosion at stations where the hydrological importance vis a vis the lake is very well known, and on the other, at the level of N'Djamena (12° N) to make a separate balance for each of the rivers and the total contribution to the lake from a basin of 600,000 km².

After having established the methodology, a statistical analysis of the precision of measures linked to the density of samples collected allowed the exact calculation of the sediment discharge at the stations.

The period of observation corresponds on the whole to a bad phase of hydraulicity. The flow covered stretches from a period of relatively high hydraulicity as in 1970 in the Logone Basin to the exceptionally deficitary years of 1972 and 1973. A constant contribution in solid materials in suspension to the lake can be noted as well as a good homogeneity of the different values of the basic data in particular for the concentration in each basin. The specificity of the Logone Basin when compared with that of the Chari is put in evidence, as is the decline in tendency to erosion from west to east in the upstream basins.

The role of the flood plains, characteristic of the Chad Basin, is significantly brought out.

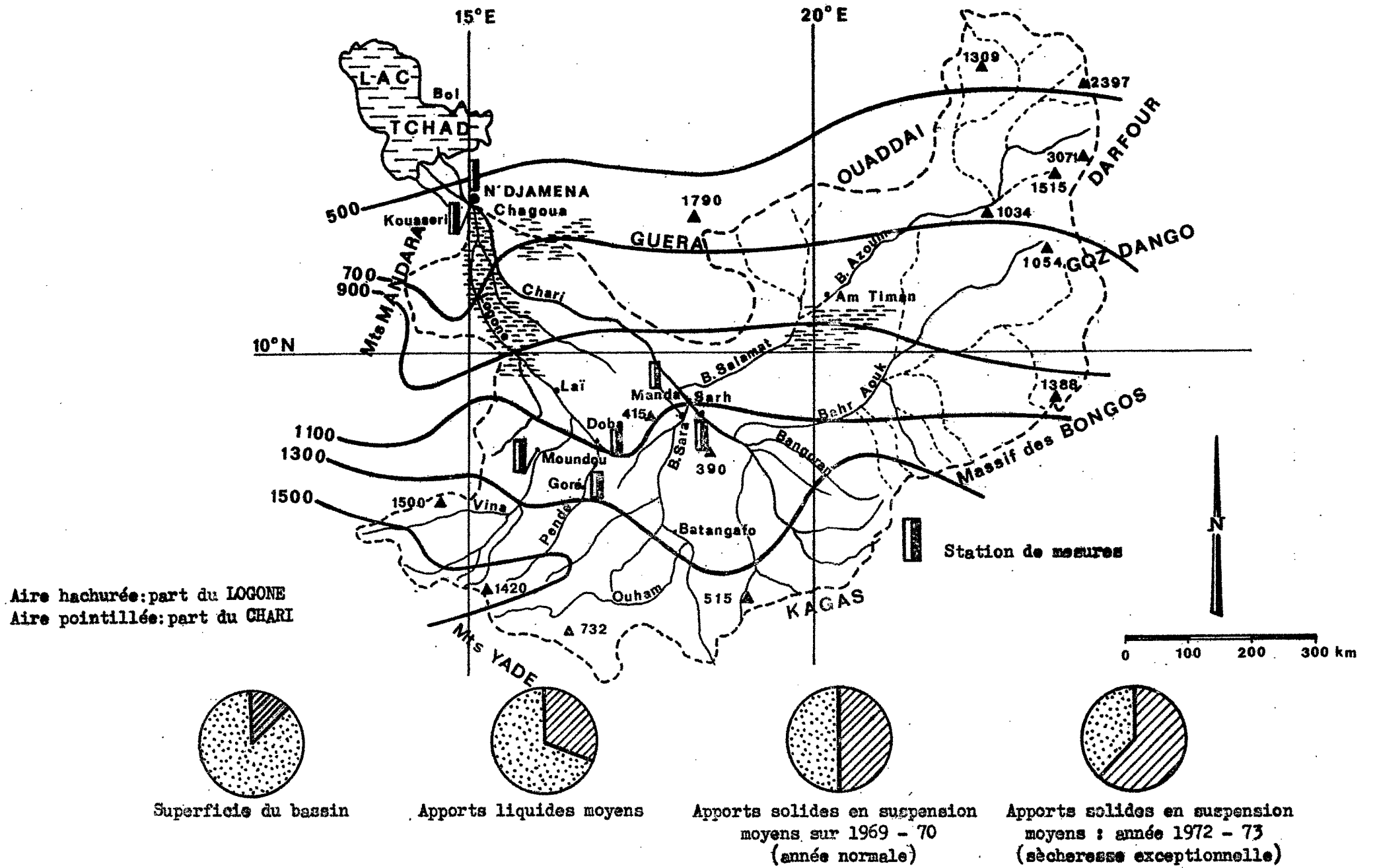


Fig. 1 - Le bassin versant du Chari à N'DJAMENA, isohyètes interannuelles en mm.
(d'après CARRE, modifié)

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 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 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.

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 inexistants.

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 % 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 B. BILLON en 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 ajustage et d'une pompe - dépôt des particules par addition de 2 cm³ HCl puis siphonnage, étuvage et pesée du résidu sec.

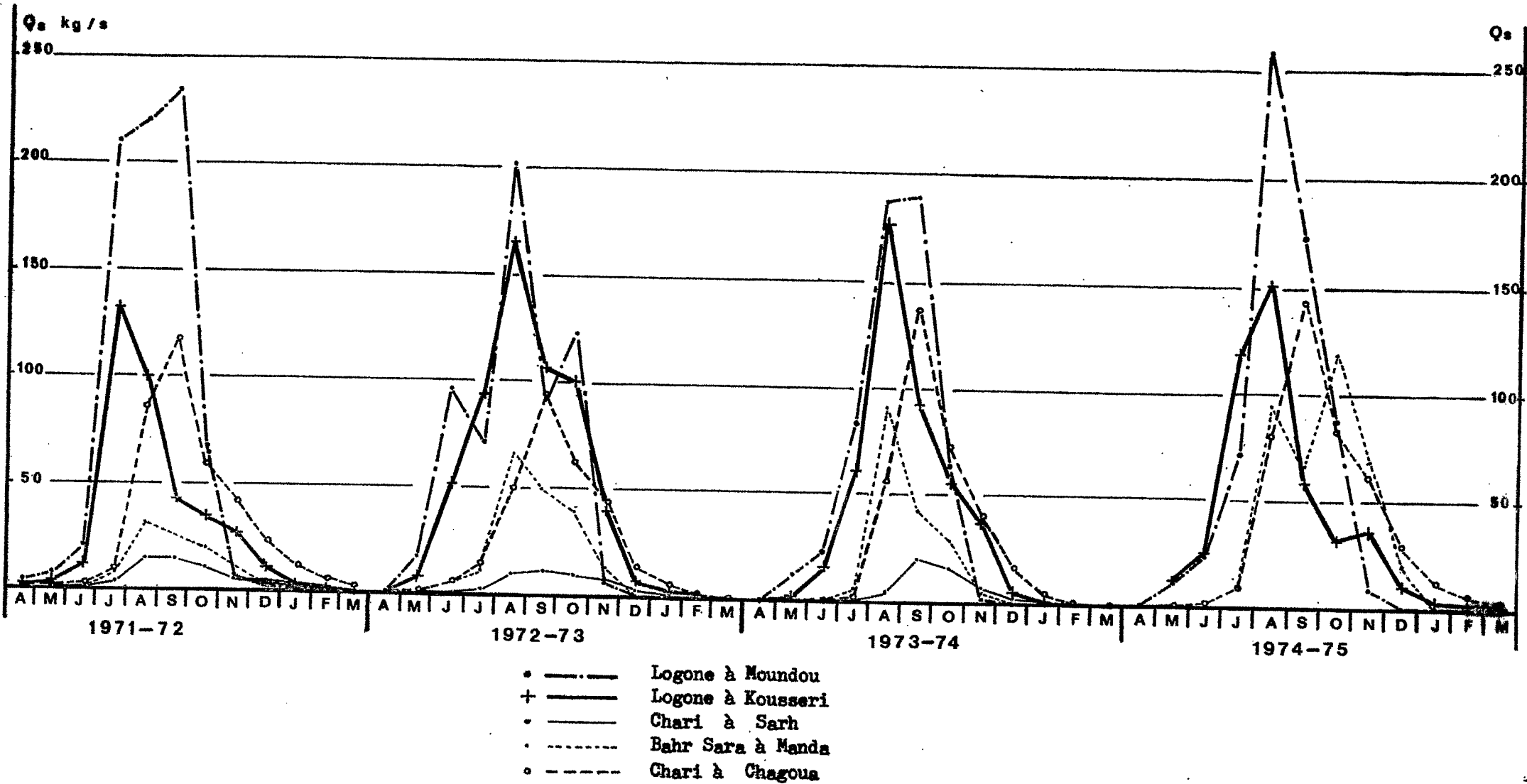


Fig. 2 - Evolution du débit solide moyen mensuel

Par la suite, une analyse statistique de la précision des mesures liée à la densité des prélèvements a mis en évidence la possibilité d'un 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).

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 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

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, sur un bassin de 600 000 km², on opère un contrôle aux 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 en particulier sur le bassin du Logone. Elle comprend les années de sécheresse exceptionnelle de 1972 et 1973.

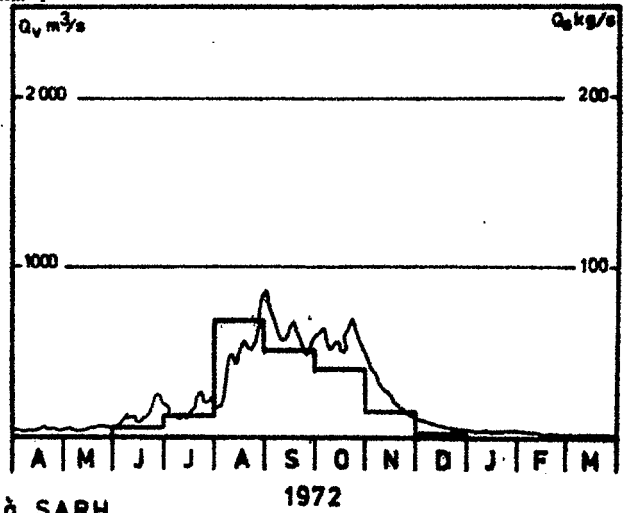
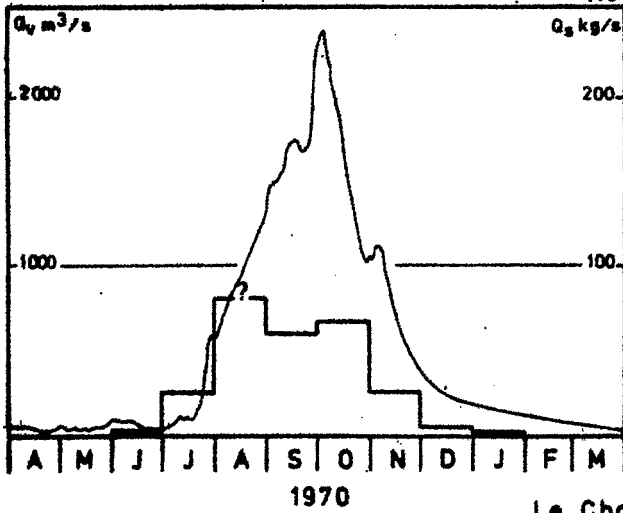
Malgré les aléas climatiques, les quantités de matières solides en suspension acheminées vers le lac Tchad et mesurées au niveau de N'Djamena présentent une certaine constance. Sur six années d'observations, la valeur moyenne annuelle est de 2 400 000 tonnes. Sur une longue période, la valeur médiane serait probablement de l'ordre de 2 500 000 à 2 600 000 tonnes dont près de 60 % 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 (fig. 1 et 2). Le Logone perd environ la moitié ou le tiers des apports solides mesurés sur son bassin amont. Sur le Chari, on peut noter un gain de 20 %, parfois 50 %, entre le tonnage transité à l'aval et la somme des exportations du Bahr Sara et du Chari supérieur.

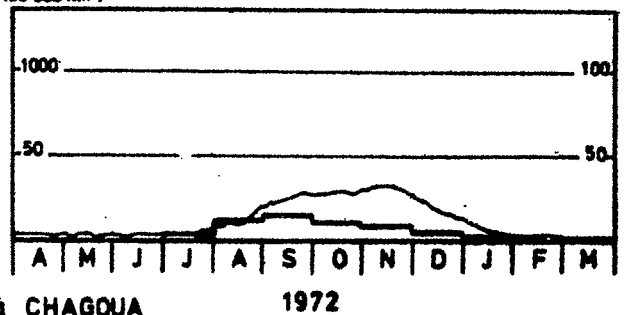
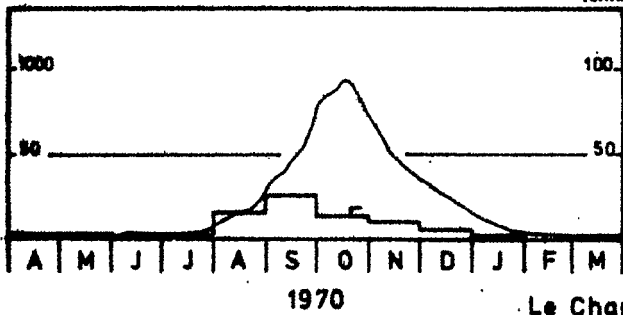
L'érosion des berges paraît donc fournir dans ce cas plus de matériaux que les plaines n'en retiennent.

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.

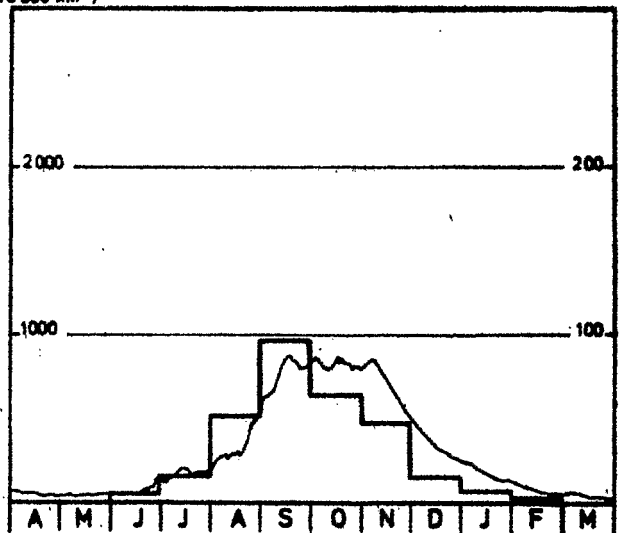
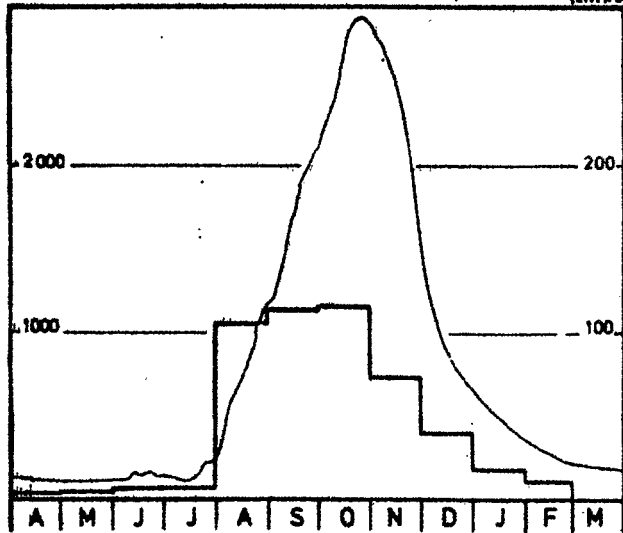
Le Bahr Sara à MANDA
(79 600 km²)



Le Chari à SARH
(environ 193 000 km²)



Le Chari à CHAGOUA
(environ 515 000 km²)



□ 1970 = 35 000 tonnes ou 350 millions de m³

Fig.3- HYDROGRAMMES JOURNALIERS (m³/s) et TRANSPORT SOLIDE MENSUEL (kg/s) dans le BASSIN du CHARI

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 relativement 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 successivement de 80 à 25 puis 10 puis 2 tonnes/km²/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 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 journalières 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 concentration annuelle moyenne (100 à 150 g/m³ contre 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 (fig. 3 et 4).

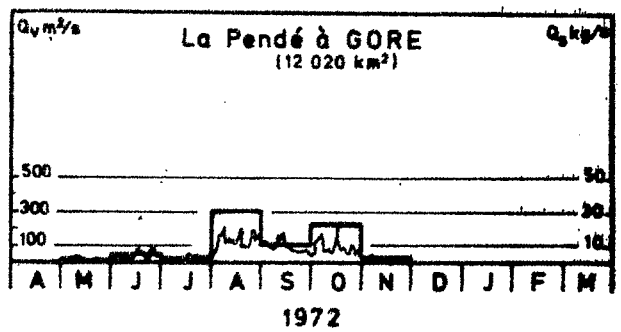
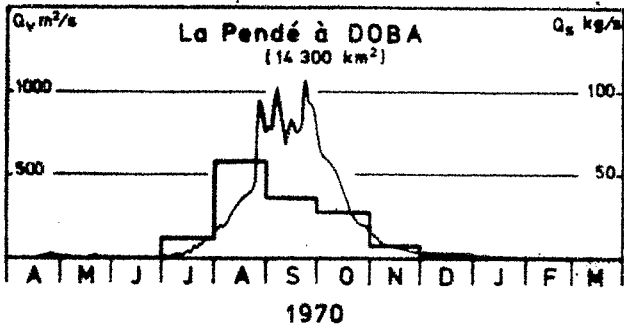
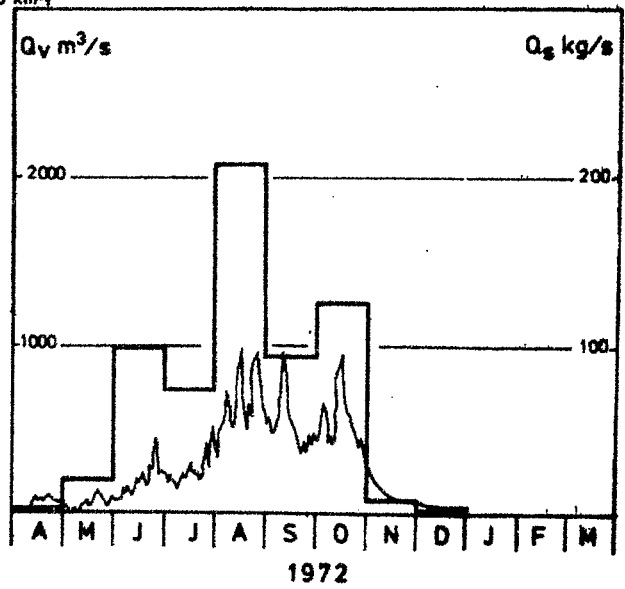
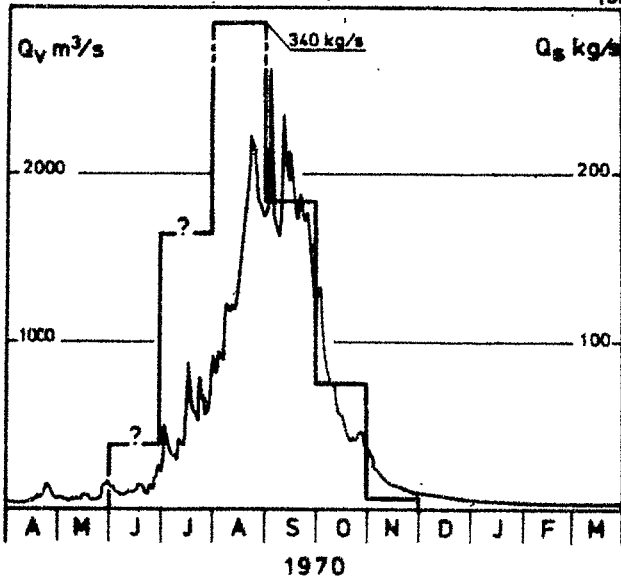
Les concentrations sont minimales pendant la saison sèche, sauf sur la station aval du Logone où, excepté en année de très faible hydraulité, elles se rencontrent à la fin de la saison des pluies à l'époque de la vidange des plaines d'inondation où la végétation a joué un rôle de filtre.

NATURE MINÉRALOGIQUE DES MATÉRIAUX TRANSPORTÉS EN SUSPENSION

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

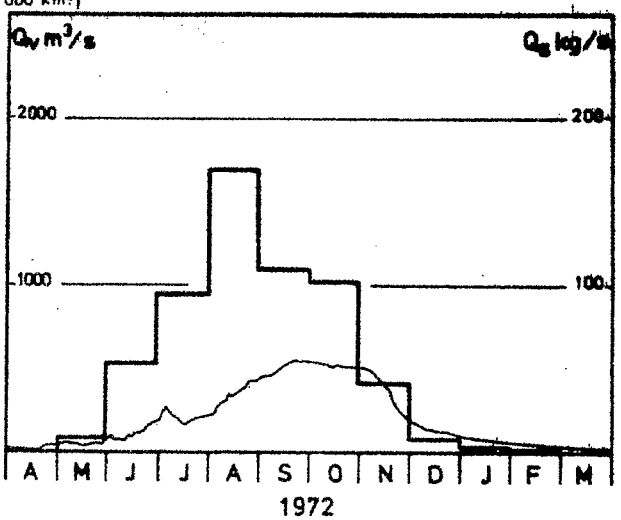
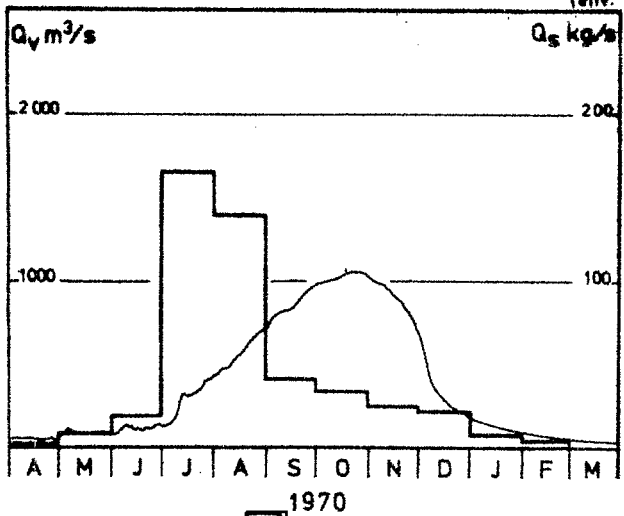
Le Logone à MOUNDOU

(33 970 km²)



Le Logone à KOUSSERI

(env. 85 000 km²)



□ = 35 000 tonnes ou 350 millions de m³

Fig.4 - HYDROGRAMMES JOURNALIERS (m^3/s) et TRANSPORT SOLIDE MENSUEL (kg/s) dans le BASSIN du LOGONE

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. P. 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 BIBLIOGRAPHIQUES

- BILLON (B.) - 1968 - Mise au point des mesures de débits solides en suspension (République du Tchad).
Cah. ORSTOM, série Hydrol., vol. V n° 2, 1968, p. 3-14
- CARRE (P.) - 1972 - Quelques aspects du régime des apports fluviaux de matériaux solides en suspension vers le lac Tchad.
Cah. ORSTOM, série 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.
- DUPONT (B.) - 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données).
Cah. ORSTOM, série Géol., vol. II, n° 2, 1970
- 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, 398 p.

O. R. S. T. O. M.

Direction générale :

24, rue Bayard, 75008 PARIS

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY

Centre O.R.S.T.O.M. de N'djaména :

B. P. 65 - N'DJAMÉNA (Tchad)

IMP. S. S.-C. Bondy
O. R. S. T. O. M. Éditeur
Dépôt légal :