

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

A. CHOURET

**ETUDE DES TRANSPORTS SOLIDES  
EN SUSPENSION AU TCHAD**

**Campagnes 1972 - 73**

**1973 - 74**

**1974 - 75**

BILAN DE 7 ANNEES D'OBSERVATIONS ( 1968 - 1974 )

Octobre 1975

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

D8  
CHO

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE NDJAMÉNA



13514

ETUDE DES TRANSPORTS SOLIDES EN SUSPENSION AU TCHAD

Campagnes 1972 - 73

1973 - 74

1974 - 75

Bilan de 7 années d'observations (1968 - 1974)

A. CHOURET

Octobre 1975

D8  
CHO

18 FEV. 1976



13514

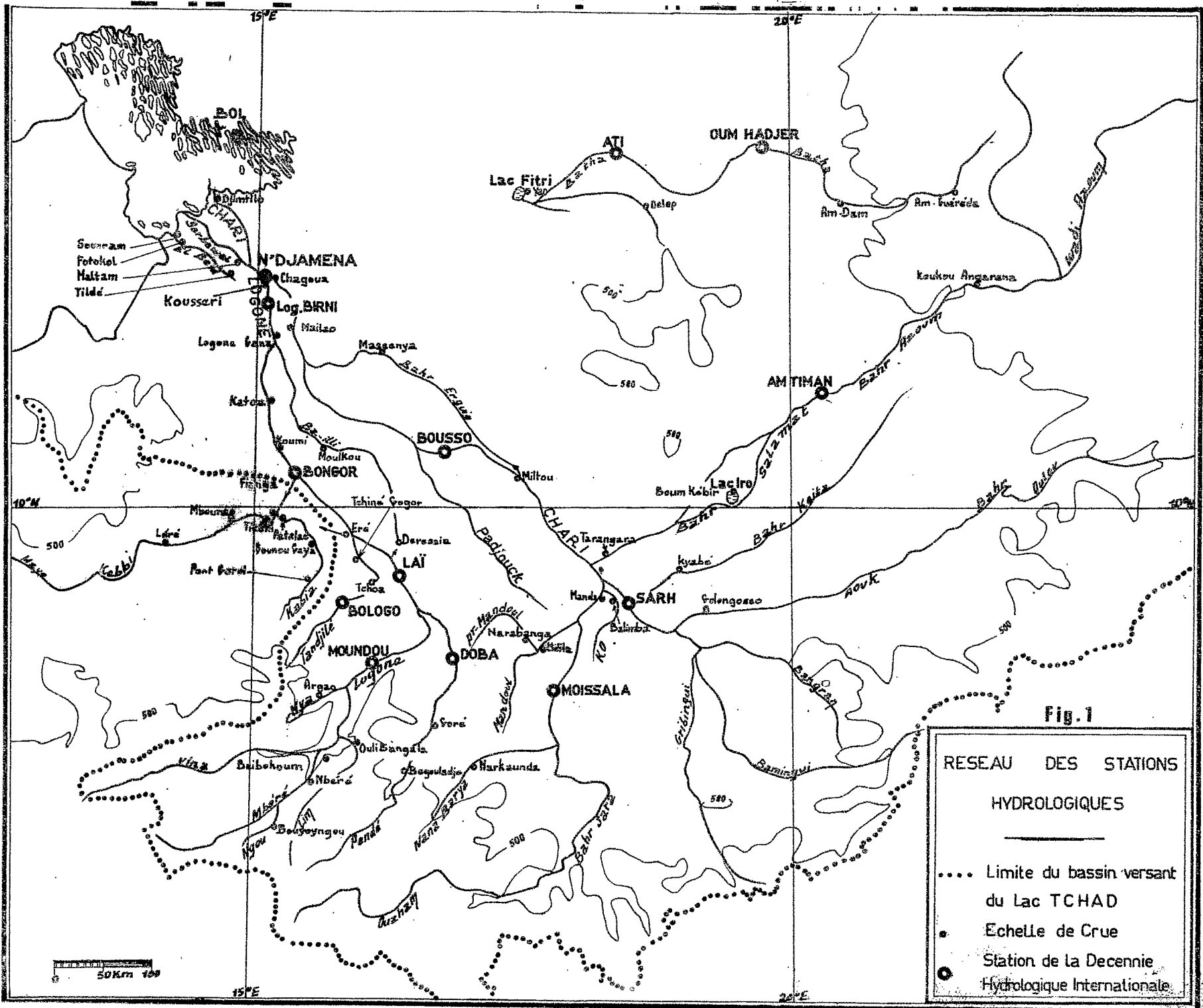


Fig. 1

**RESEAU DES STATIONS  
HYDROLOGIQUES**

..... Limite du bassin versant  
du Lac TCHAD

• Echelle de Crue

○ Station de la Decennie  
Hydrologique Internationale

## I N T R O D U C T I O N

Cette note fait le point des observations concernant l'étude des transports solides en suspension effectuées sur les bassins du Chari et du Logone, en République du Tchad.

Les premiers travaux ont commencé en 1967, principalement pour la mise au point de la méthodologie (BILLON, 1968, [1]).

Cette étude a été poursuivie et complétée ensuite par des mesures sur le terrain qui ont permis d'étalonner, comme nous le montrerons ci-après, les différentes stations représentatives retenues. On a pu déterminer ainsi les principales caractéristiques du transport solide en suspension dans le système hydrologique Chari-Logone, de quantifier la part respective des différents bassins dans les apports solides vers le lac Tchad et de déterminer le tarage débit-solide des stations, c'est à dire le calcul d'un coefficient  $k$  permettant de passer de la valeur de la concentration en  $g/m^3$ , obtenue à partir d'un à trois échantillons recueillis en surface, à la valeur réelle déterminée par un jaugeage complet (CARRE, 1972, [5]).

A partir de 1971, trois prélèvements de surface (rive droite, milieu, rive gauche) ont été effectués quotidiennement en vue de préciser la valeur mensuelle du débit solide et d'étudier les variations de la concentration en sédiments.

Les principales stations retenues à partir de 1971 sont pour le bassin du Chari (fig.1) :

le Chari à Chagoua	: 515 000 km <sup>2</sup> , $k = 1,05$
le Chari à Sarh	: 193 000 km <sup>2</sup> , $k = 1,03$
le Barh Sara à Manda	: 79 600 km <sup>2</sup> , $k = 1,06$

pour le bassin du Logone

le Logone à Kousseri	: 85 000 km <sup>2</sup> , $k = 1,10$
le Logone à Moundou	: 33 970 km <sup>2</sup> , $k = 1,05$
la Pendé à Goré	: 12 020 km <sup>2</sup> , $k = 1,05$

plus deux stations, la Mbéré à Mbéré (7 430 km<sup>2</sup>) en 1971-72 et le Logone à Baïbokoum (22 200 km<sup>2</sup>) en 1972-73 pour préciser les très fortes concentrations trouvées à Moundou. Ces valeurs sont comparées à celles trouvées sur le bassin versant de Sarki en R.C.A. (CALLEDE, 1974, [4]).

Les résultats de la campagne 1971-72 ont fait l'objet d'un rapport (CHOURET, 1973, [6]).

Dans cette présente note, il nous a paru intéressant de comparer les résultats obtenus au cours des campagnes 1972-73 et 1973-74, pendant lesquelles l'hydraulicité fut particulièrement très faible, principalement en 1972-73, à ceux des campagnes précédentes et de 1974, dont l'hydraulicité se rapproche à nouveau de la moyenne, pour présenter ainsi un bilan de cette étude.

Toutes les données hydrologiques de base des fleuves et rivières étudiés sont rassemblées dans les Monographies ORSTOM [2] et [3] et les principales caractéristiques des stations retenues sont résumées dans les tableaux de cette note.

Pour donner une idée précise de l'hydraulicité exceptionnellement faible au cours des campagnes 1972-73 et 1973-74, la figure 2 représente les hydrogrammes caractéristiques du Chari à N'Djamena, c'est à dire en aval du confluent Logone-Chari, (bassin versant de 600 000 km<sup>2</sup>), après quarante quatre années d'observations.

Tableau I - Caractéristiques des crues du Chari à N'Djamena.

Année	H. max. m. (0 à 285,82 m)	Q max. m <sup>3</sup> /s	Module m <sup>3</sup> /s	Volume annuel 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
1972 - 73	4,35	1.435	543	17,2
1973 - 74	5,55	2.130	570	18,0
Médiane	7,86	3.690	1.280	40
1961 - 62	9,10	5.160	1.700	53,7

Bien que la crue de 1973-74 ait un débit maximal supérieur à celui de 1972-73, les deux modules sont voisins et peuvent être considérés comme de fréquence centennale sèche. Le module 1961-62 est cinquantennal humide et correspond à la plus forte crue enregistrée depuis le début des observations.

Il est intéressant de comparer les apports totaux de matière en suspension vers le lac Tchad au niveau de N'Djamena au cours de ces différentes campagnes et de voir quelle est la part respective du Chari et du Logone dans ces apports, principalement en 1972 et 1973 où ce dernier fleuve n'a eu pratiquement aucun déversement.

Les caractéristiques hydrologiques des années 1968 à 1974 pour les différents bassins sont résumées dans les chapitres suivants.

La figure 3 présente les isohyètes interannuelles sur le territoire de la République du Tchad. Les figures 4 et 5 schématisent les caractères généraux de la pluviométrie en 1972 et 1973. Sur ces deux cartes, les principales isohyètes interannuelles ont été reportées ainsi que, pour quelques postes pluviométriques représentatifs, les hauteurs de précipitations tombées au cours de ces deux années avec les pourcentages par rapport à la normale. De la même façon, la figure 6 résume la situation en 1974 qui marque un retour à une pluviométrie normale.

Parallèlement à l'étude des transports solides en suspension vers le lac Tchad, nous présentons ici un bilan des apports en fer. Cette étude est la suite de celle effectuée de 1969 à 1973 par J. LEMOALLE [9] de la section Hydrobiologie du Centre ORSTOM de N'Djamena en liaison avec le programme "transport solide en suspension" de la section Hydrologie. L'importance du fer dans les eaux du lac Tchad ayant été reconnue tant pour la sédimentologie que pour la productivité de ses eaux, il a paru intéressant de poursuivre cette étude et de comparer les résultats à ceux déjà obtenus de 1970 à 1972.

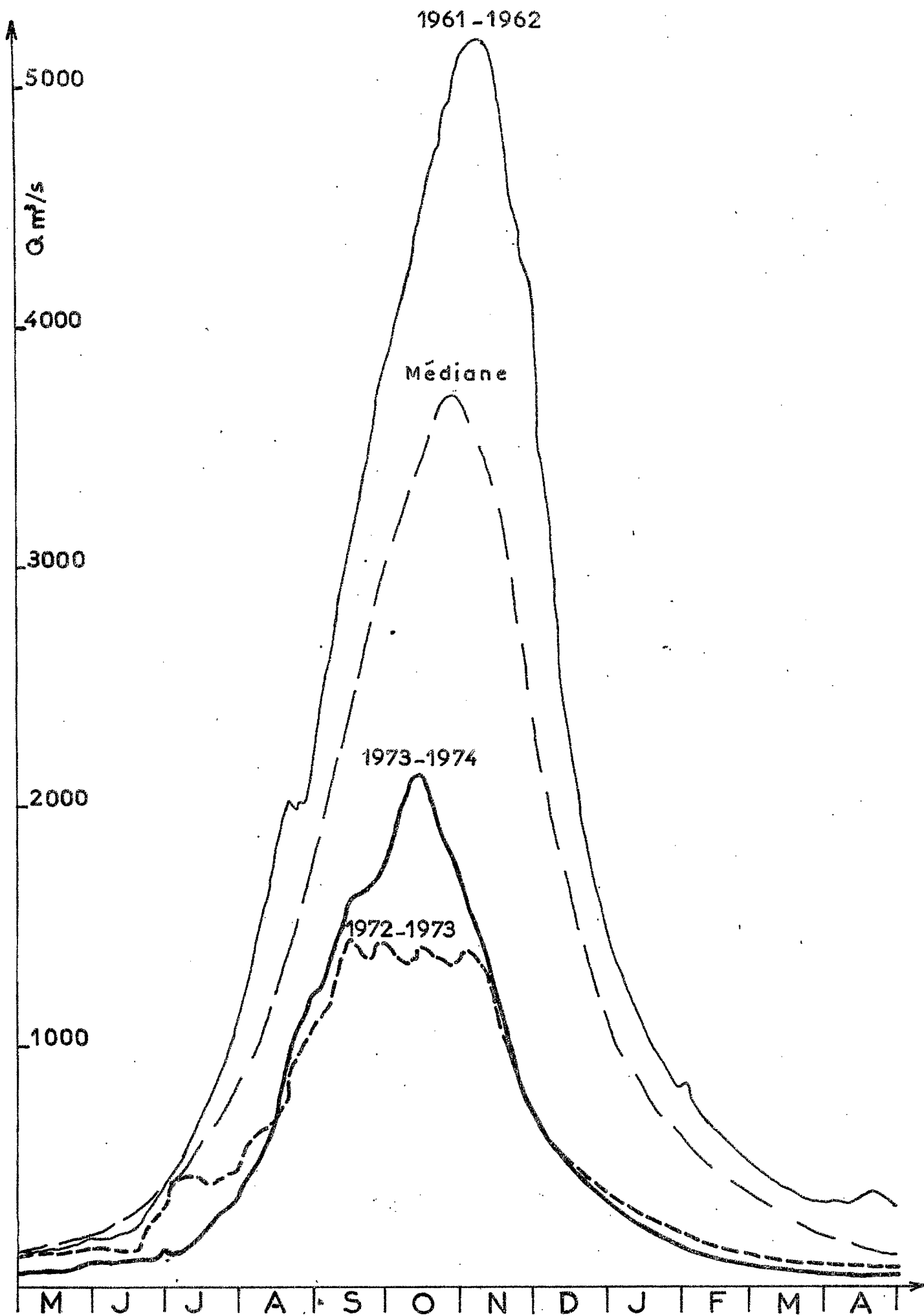
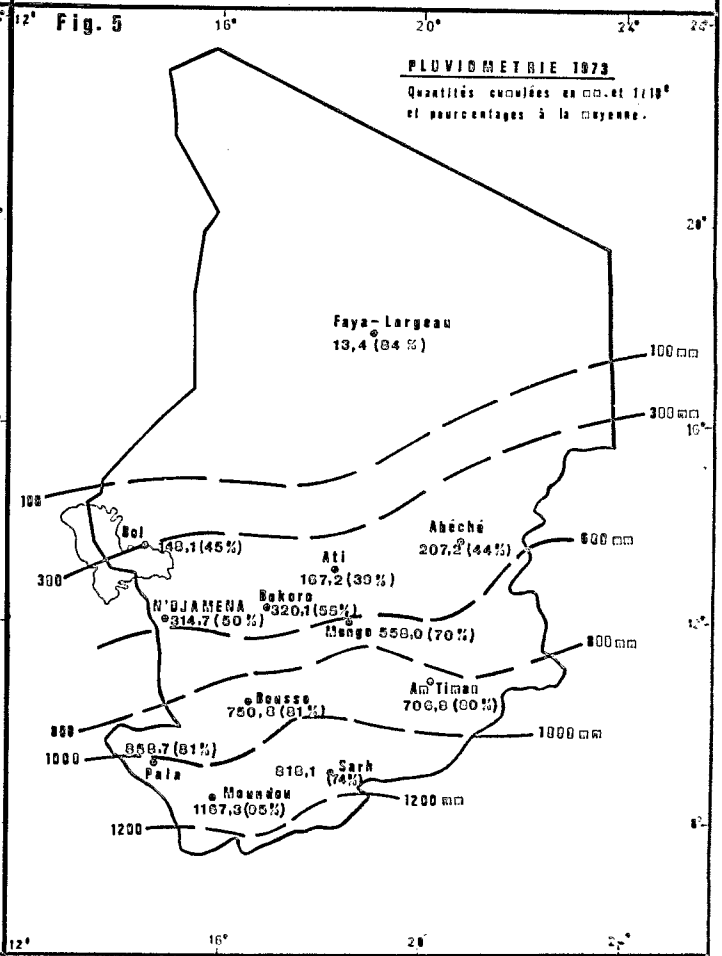
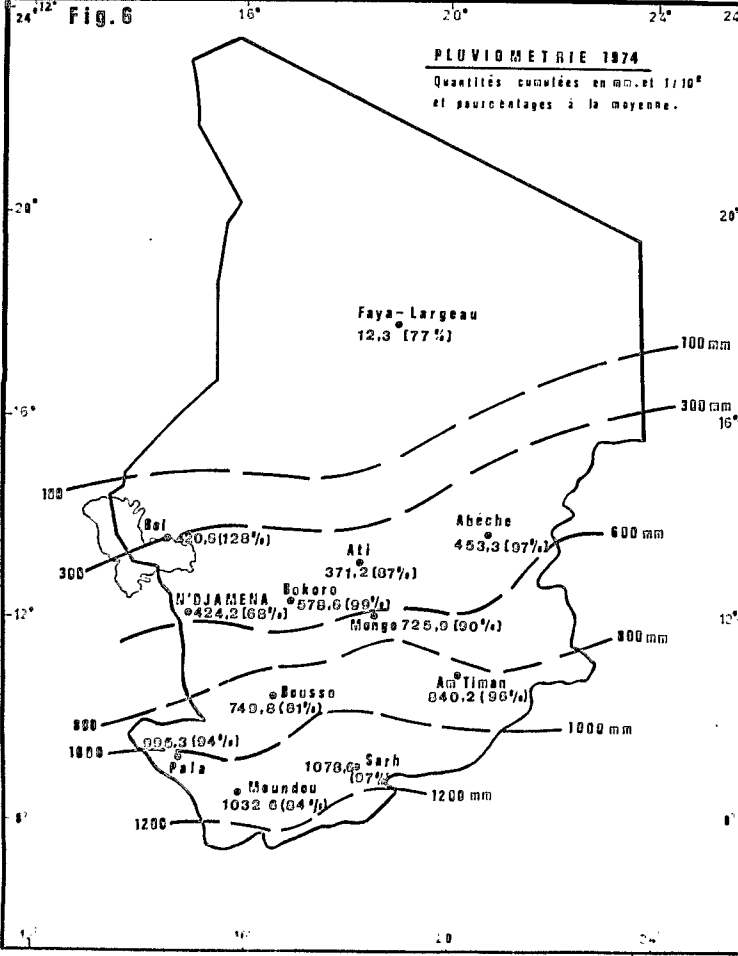
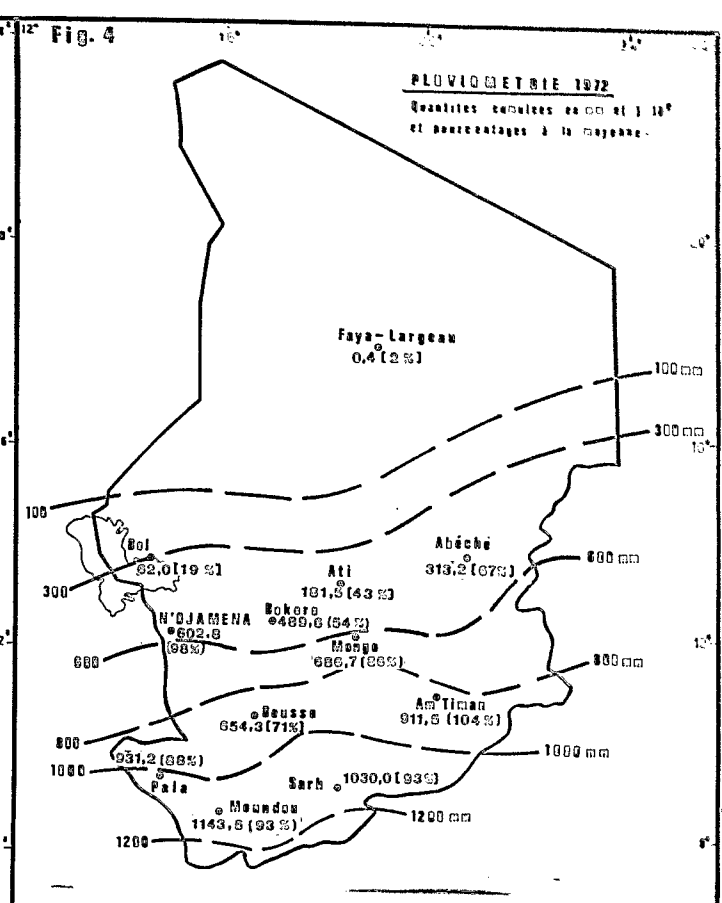
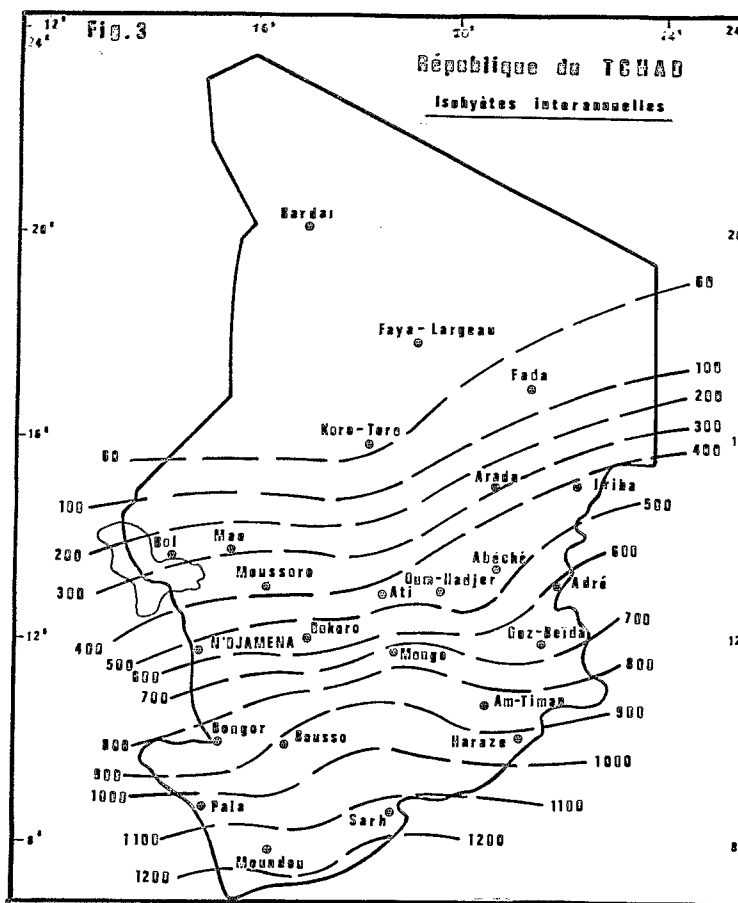
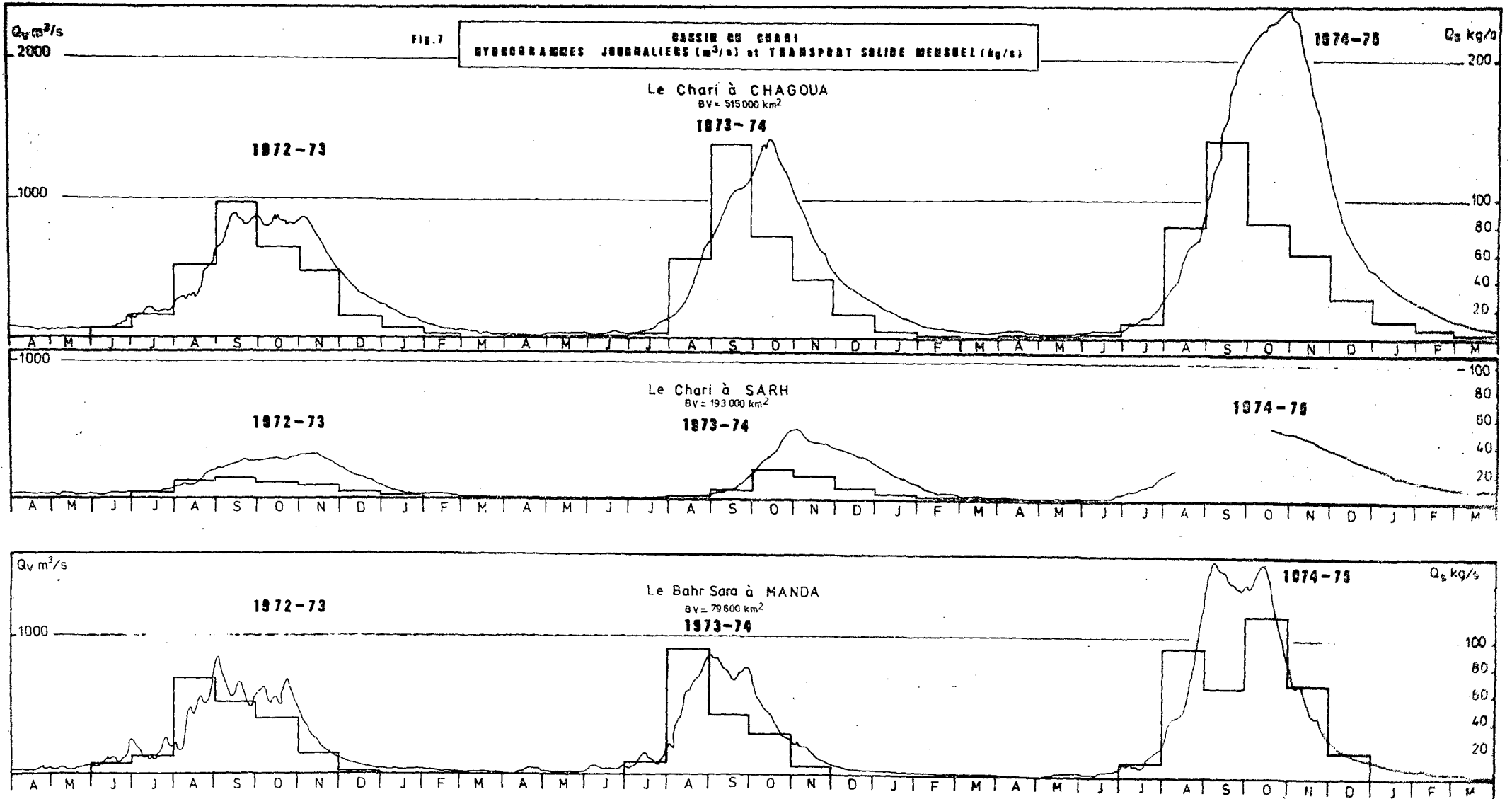


Fig. 2 - Hydrogrammes caractéristiques du Chari à N'Djaména .







## 1 - LE BASSIN DU CHARI

### 1 - 1 Le Bahr Sara à Manda (79 600 km<sup>2</sup>)

Les données de base du transport solide en suspension à la station de Manda, ainsi que les paramètres hydrologiques principaux pour les différentes campagnes sont rassemblés dans le tableau II dans lequel on trouvera :

- 1ère colonne : le module  $M$  en m<sup>3</sup>/s et entre parenthèses le module spécifique  $m$  en l/s.km<sup>2</sup> ;
- 2ème colonne : le transport solide annuel moyen  $R$  en kg/s et entre parenthèses la dégradation spécifique en T/km<sup>2</sup>/an ;
- 3ème colonne : la concentration en sédiments, moyenne annuelle  $C$  en g/m<sup>3</sup> ;
- 4ème colonne : la concentration minimale mesurée  $C$  min. en g/m<sup>3</sup> avec sa date d'occurrence.
- 5ème colonne : la concentration maximale mesurée  $C$  max. en g/m<sup>3</sup> et sa date d'occurrence ;
- 6ème colonne : le débit solide journalier maximal mesuré  $Q_s$  en kg/s et sa date d'occurrence ;
- 7ème colonne : le débit maximal annuel de crue  $Q_v$  et sa valeur spécifique  $q_v$  en l/s.km<sup>2</sup> avec sa date d'occurrence.

En ce qui concerne les 2ème et 7ème colonnes, il faut bien noter qu'étant donné la morphologie du bassin du Logone et du Chari, en particulier l'étendue des plaines d'inondation, la dégradation spécifique n'a pas de signification physique et, pour les stations aval, il en est de même des débits spécifiques.

Pour les modules et les débits de crue, les valeurs médianes et caractéristiques principales sont également indiquées.

-- La crue de 1972-73 est très faible et le module est de fréquence cinquantennale sèche.

La figure 7 représente l'hydrogramme journalier en m<sup>3</sup>/s et le transport solide mensuel en kg/s. L'hydrogramme montre bien la faiblesse de la crue par rapport à une année normale, il faut en particulier noter l'étalement du maximum de la crue qui est une des caractéristiques de l'année hydrologique 1972-73 sur le bassin du Chari, principalement aux stations aval, mais qui est déjà apparent sur le Bahr Sara à Manda.

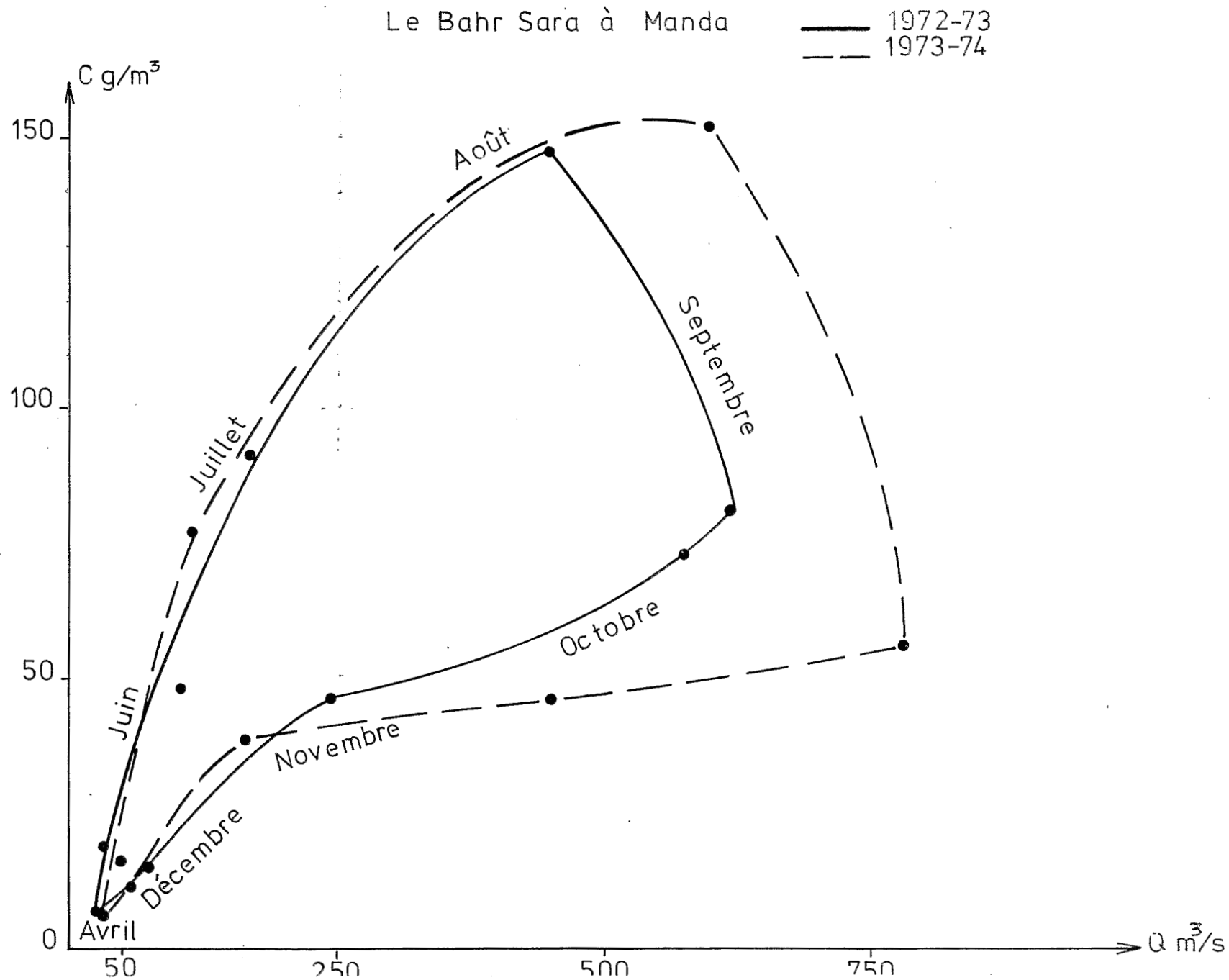
TABLEAU II

Données de base du transport solide en suspension  
à la station de MANDA sur le BAHR SARA (79 600 km<sup>2</sup>)

Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (e T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1968-1969	435 (5,4)	27,0* (10,6)	62*	23* 18-4-69	171* 26-7-68	108* 16-8-68 25-8-68	1 340 (16,7) 31-8-68
1969-1970	455 (5,7)	23,0 (9,2)	51	13* 20-4-70	138* 29-7-69	117* 2-9-69	1 540 (19,3) 23-9-69
1970-1971	513 (6,4)	23,0 (9,2)	45		219* 25-7-70	108* 29-7-70 132 13-10-70	2 390 (30,0) 4-10-70
1971-1972	400 (5,0)	10,0 (4,1)	20	4 fin 04-71	123 21-7-71	87,4 31-8-71	2 147 (27) 27-9-71
1972-1973	201 (2,5)	17,5 (6,9)	46	7 1.2-3-73	526(1) 9-8-72	183(2) 9-8-72	851 (10,8) 1-9-72
1973-1974	195 (2,4)	15,2* (6,0)	36*	4 mars 74	248 10-8-73	124 10-8-73	874 (11,0) 1-9-73
1974-1975	376 (4,7)	31,7 (12,5)	56	6 avril 74	192 début 74	180 17-10-74	1 579 (19,8) 7-9-74
Médiane	526 (6,6)						1 990 (24,9)
Décennale sèche	334 (4,2)						
Cinquanten- nale sèche	217 (2,7)						

\* Valeur indicative ou estimée  
(1) Valeur isolée, moyenne des C<sub>max</sub> entre 120 et 200 g/m<sup>3</sup>  
(2) Valeur isolée.

Fig.8 — Variation de la concentration moyenne en fonction du débit



Le transport solide est maximum en août ( $Q_s$  max. journalier = 183 kg/s, le 9/8/72) et décroît ensuite rapidement.

Le graphique de la figure 8 met en évidence l'évolution de la concentration moyenne mensuelle en fonction du débit et suivant l'époque de l'année. La concentration croît rapidement avec la montée des eaux jusqu'en août. La valeur maximale journalière de 526 g/m<sup>3</sup> mesurée le 9 août 1972 n'est qu'une valeur isolée, la moyenne des plus fortes concentrations journalières se situe entre 120 et 200 g/m<sup>3</sup> ce qui concorde avec des observations antérieures.

Le transport annuel en suspension est de 551 000 tonnes.

-- La crue du Bahr Sara en 1973-74 est semblable à celle de 1972-73. Le module est plus faible mais reste compris dans l'intervalle de confiance à 95 % de la valeur cinquantennale sèche. Cependant, sur la figure 7, le tracé de l'hydrogramme journalier, qui met encore bien en évidence la faiblesse de la crue, ne présente plus comme l'année passée un étalement du maximum.

La variation de la concentration moyenne (fig.8) est comparable à celle de 1972-73. C'est un phénomène que nous retrouverons pour la plupart des stations étudiées. En 1971-72 [6], cette courbe était différente, la concentration augmentait rapidement de juin à juillet avec les premières crues et variait peu jusqu'en août.

Le transport annuel en suspension est de 480 000 tonnes.

-- La crue enregistrée en 1974-75 sur le Bahr Sara à Manda (fig.7) marque un retour à une hydraulité se rapprochant des valeurs moyennes bien que le module soit encore faible et de l'ordre de la valeur décennale sèche. Notons cependant que l'hydrogramme présente deux pointes de crue bien marquées ce qui se traduit par deux valeurs du débit solide moyen mensuel, une en août et une autre, plus forte, en octobre ( $Q_s$  max. journalier = 180 kg/s le 17/10/74) ce qui n'avait pas été observé les années précédentes. La concentration journalière est toutefois maximale en août (192 g/m<sup>3</sup>).

La variation de la concentration en fonction du débit n'est évidemment plus comparable à la courbe des années 1972 et 1973 ni, comme ce sera le cas pour les stations étudiées aux paragraphes suivants, avec celle de 1971. On verra en effet que l'on observe deux évolutions identiques de la concentration moyenne en fonction du débit et de l'époque de l'année, l'une au cours des campagnes 1972-73, 1973-74 et l'autre en 1971-72 et 1974-75, principalement aux stations aval du Chari et du Logone.

Le transport solide en suspension en 1974-75 est de 1 000 000 de tonnes, soit environ le double des deux années précédentes et bien supérieur aux valeurs trouvées depuis 1968 (Tableau IX). Cela est à mettre en relation avec les deux pointes de crue de l'hydrogramme dont la deuxième a eu pour effet une forte augmentation de la valeur du débit solide en suspension au cours du mois d'octobre. Nous retrouverons les conséquences de ce caractère de l'hydraulité du Bahr Sara en 1974 lorsque nous examinerons le bilan des apports solides à la station de Chagoua.

Le tableau II des données de base du transport solide en suspension à Manda met en évidence les faibles valeurs mesurées au cours de la campagne 1971-72, valeurs inférieures à celles trouvées lors des années exceptionnelles de 1972 et 1973.

En 1971, le débit maximal observé est de fréquence médiane mais le module est de l'ordre de la valeur décennale sèche. L'examen de l'hydrogramme journalier peut, semble-t-il, apporter une explication par comparaison avec les années suivantes. Il faut noter tout particulièrement le fait qu'il ne présente qu'une seule pointe de crue bien individualisée et de très courte durée par rapport aux enregistrements des autres années. Le tonnage annuel au cours de cette campagne 1971-72 est le plus faible noté depuis le début des observations à cette station et cela est à comparer avec le fort tonnage trouvé en 1974 en rapport avec les caractéristiques de l'hydrogramme.

Au cours de cette étude, seule l'année hydrologique 1970-71 est une année médiane, si on considère le module, et même forte dans le débit maximal de crue. Les valeurs principales caractérisant les données de base du transport solide (débit solide annuel, concentrations) sont cohérentes et du même ordre de grandeur, compte tenu des cas particuliers des années 1971, 1974 et des explications que nous avons avancées et du fait des années d'hydraulicité exceptionnellement déficitaire de 1972 et 1973.

Rappelons ici les mesures faites sur l'Ouham (Bahr Sara) à Batangafo (bassin de 44 700 km<sup>2</sup>) en 1969-70, année d'hydraulicité faible (GAC, 1970, [97]). La concentration moyenne annuelle a été de 41 g/m<sup>3</sup> et la dégradation spécifique de 9,3 tonnes/km<sup>2</sup>/an.

1 - 2 Le Chari à Sarh (193 000 km<sup>2</sup>).

Sur le tableau III sont rassemblées les données de base du transport solide en suspension à la station de Sarh.

Il faut noter la faiblesse générale des modules mesurés à cette station amont du Chari. Depuis le début de l'étude, aucun n'est supérieur à la valeur décennale sèche et les années 1972-73 et 1973-74 sont de fréquence centennale sèche.

Seuls les débits maximaux de crue de 1970-71 et 1974-75 sont voisins de la médiane.

Pour les années de 1972-73 et 1973-74, on retrouve les caractéristiques générales observées sur le bassin du Chari : fréquence exceptionnelle, étalement du maximum de la crue en 1972-73 (fig.7) avec maximum en novembre, plus fort débit maximal en 1973-74 ( $Q_{max}$  à la fin septembre) mais modules du même ordre de grandeur.

Il est à noter la faiblesse de la crue de 1969-70 dont le débit maximal est inférieur de 1973-74. Le module est en dessous du décennal sec.

L'année hydrologique 1974-75 marque un retour à des conditions d'hydraulicité plus normales. La valeur du débit maximal se rapproche de la médiane mais le module reste compris dans l'intervalle de la fréquence décennale sèche. Les données du transport solide en suspension de cette

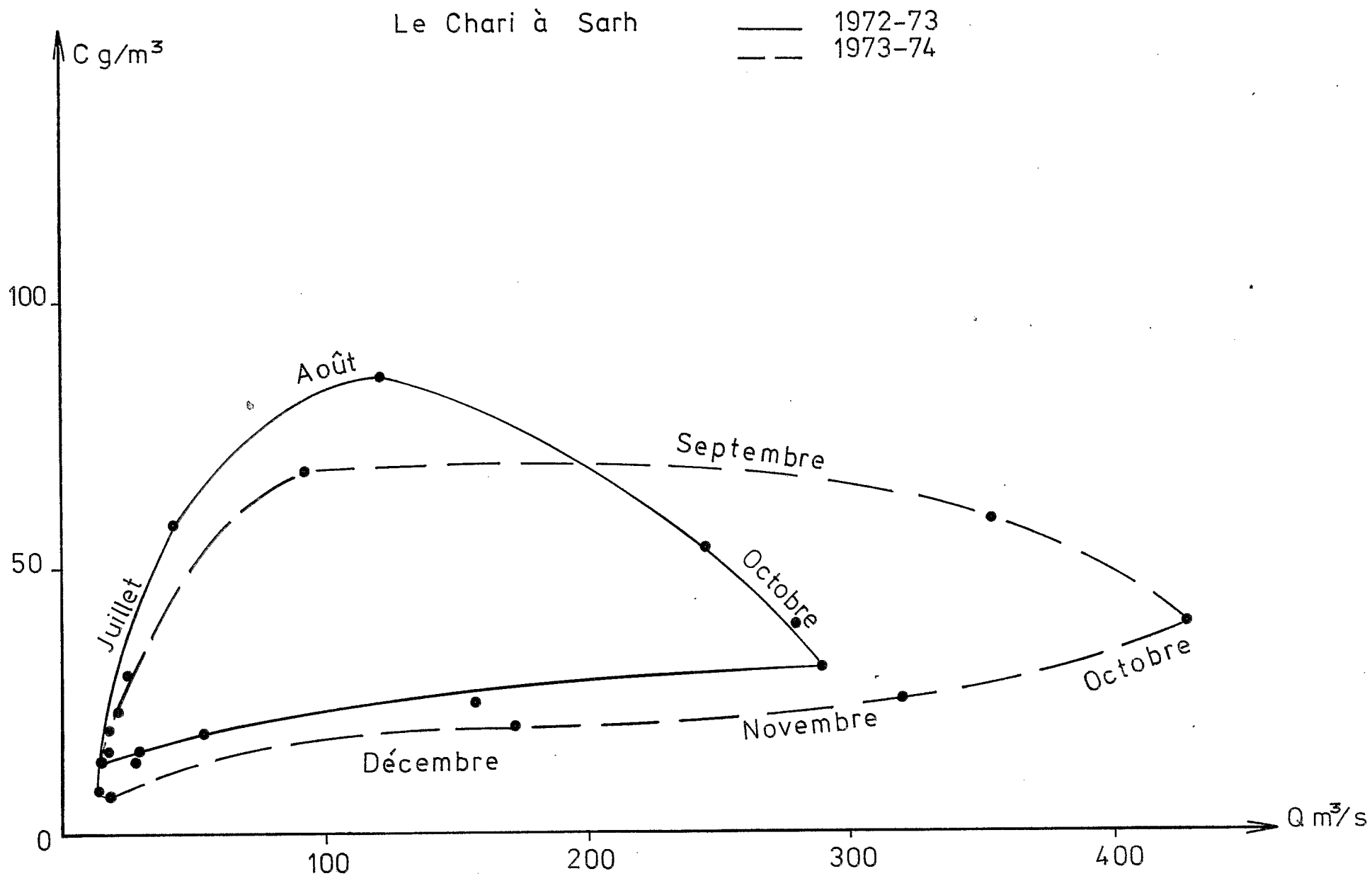
TABLEAU III

Données de base du transport solide en suspension  
à la station de SARH sur le CHARI (193 000 km<sup>2</sup>)

Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (e T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1968-1969	217 (1,12)	8,0* (1,3)	39*	19* 17-4-69	102* 3-7-68	22,3* 21-8-68	588 (3,04) 7-10-68
1969-1970	190 (0,98)	6,5 (1,1)	34	11* 21-4-70	86* 29-7-69	25,7* 2-9-69	477 (2,47) 16-10-69
1970-1971	210 (1,09)	6,5 (1,1)	31	13 à 20* Oct. 70 Début 71	101* Août 70	20,8* 16-9-70	936 (4,9) 17-10-70
1971-1972	219 (1,13)	4,0 (0,65)	29	4,1 Début Mai 71	120 18-7-71	19,8 29-8-71	803 (4,1) 18.21-10-71
1972-1973	108 (0,56)	4,0 (0,65)	33	8,0 Mars 73	100 Août 72	18,5 26-8-72	319 (1,65) 5-11-72
1973-1974	128 (0,66)	4,8 (0,78)	27	8,0 Mars 74	107 Août 73	21,0 Sept. 73	511 (2,65) 2-10-73
1974-1975	(246*) (1,27)						910* (4,7) Mi-Oct. 74
Médiane	325 (1,68)						1 030 (5,3)
Décennale sèche	214 (1,11)						
Centennale sèche	123 (0,64)						

\* Valeur indicative ou estimée.

Fig.9 - Variation de la concentration moyenne en fonction du débit



campagne ne sont pas communiquées, des difficultés de recrutement d'un agent local pour les opérations de prélèvement sur le terrain et le manque de personnel technique pour le contrôle nous ont amené à éliminer les quelques résultats obtenus.

En 1972 et 1973, le transport solide est maximal en septembre. En 1972, il marque ensuite une décroissance moins franche qu'en 1973 en liaison avec les caractéristiques de l'hydrogramme (fig.7).

La variation de la concentration (fig.9) montre une croissance très nette des valeurs du début de la saison des pluies jusqu'en août. La décroissance est plus nettement accusée en 1972-73 qu'en 1973-74. Les années antérieures (1971-72, [67]) présentaient une allure de l'évolution de la concentration différente, le maximum se produisant à la fin juillet et les valeurs moyennes restant sensiblement identiques de juillet à août.

Le transport solide annuel en suspension est de 126 000 tonnes en 1972-73 et de 152 000 tonnes en 1973-74.

Le tonnage est voisin de celui trouvé au cours de la campagne 1971-72 où, comme pour Manda, les valeurs des débits solides étaient très faibles. De 1968 à 1970, le tonnage annuel était de l'ordre de 205 à 260 000 tonnes.

Le tableau III fait apparaître une bonne concordance des valeurs des données de base du transport solide en suspension pour les concentrations et le débit solide.

### 1 - 3 Le Chari à Chagoua (515 000 km<sup>2</sup>)

Les données de base du transport solide en suspension à la station de Chagoua sont reportées sur le tableau IV.

— La crue du Chari à Chagoua en 1972-73 est extrêmement faible, le module est de fréquence centennale sèche. L'hydrogramme de la figure 7 fait apparaître un débit maximal étalé sur près de deux mois.

Le débit solide moyen mensuel est maximal en septembre ( $Q_s$  max. journalier = 204 kg/s le 13/9/72) et décroît ensuite régulièrement.

La concentration croît rapidement jusqu'en août (fig.10) avec l'augmentation du débit liquide puis reste sensiblement égale jusqu'en septembre. On observe ensuite une baisse brutale jusqu'en octobre. La concentration maximale journalière est de 230 g/m<sup>3</sup> le 13/9/72.

Le transport solide annuel en suspension est de 819 000 tonnes.

Si l'on compare ce tonnage à la somme des apports solides du bassin amont (Chari à Sarh et Bahr Sara à Manda) on note que le gain entre l'amont et l'aval a été de l'ordre de 20 %. Ce qui est en accord avec les résultats trouvés au cours des campagnes précédentes, exception faite de celle de 1971-72 (50 %) pour laquelle nous avons déjà remarqué les faibles valeurs mesurées sur le bassin amont. Une explication de ce gain important entre les bassins amont et l'aval peut être recherchée dans le phénomène de l'érosion des berges.



Fig.10 — Variation de la concentration moyenne en fonction du débit

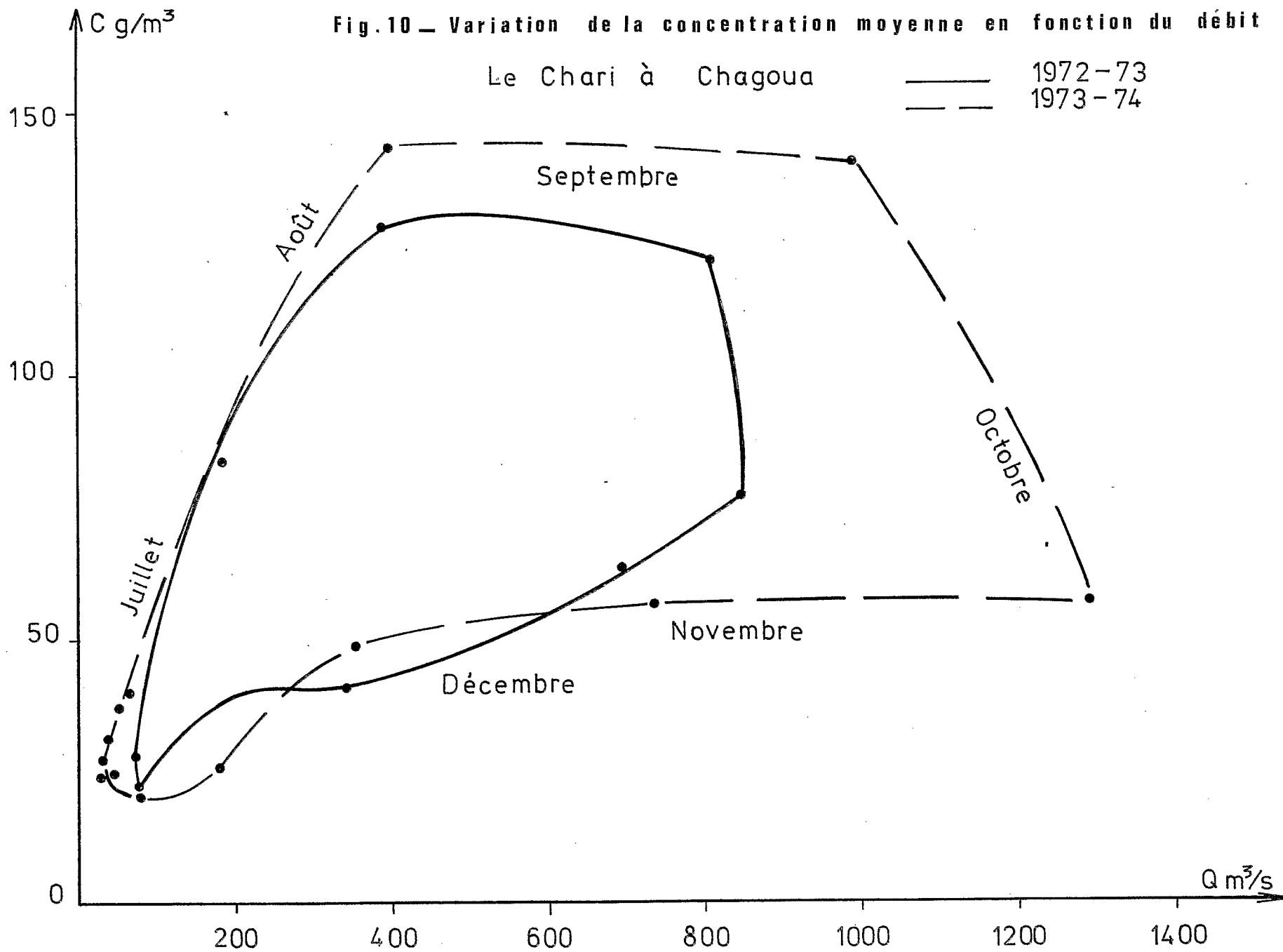


TABLEAU IV

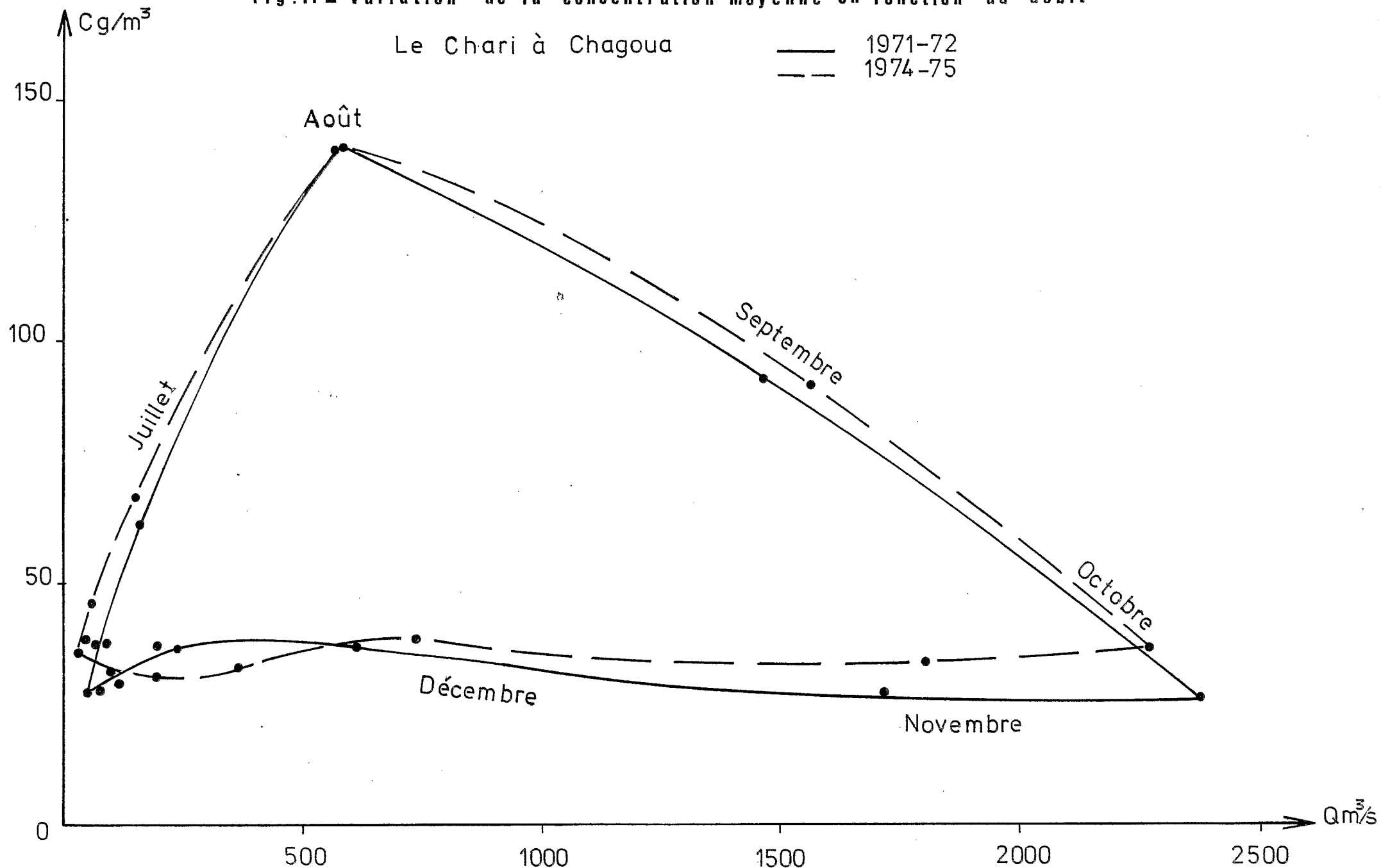
Données de base du transport solide en suspension  
à la station de CHAGOUA sur le CHARI (515 000 km<sup>2</sup>)

Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (c T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1969-1970	692 (1,34)	39,4 (2,4)	57	23* 4-4-70	155* 20-8-69	176* 27-8-69	1 890 (3,67) 23-10-69
1970-1971	819 (1,59)	42,5 (2,6)	52	23* 4-11-70	212* 10-8-70	253* 21-10-70	2 880 (5,59) 25-10-70
1971-1972	642 (1,25)	31,7 (1,9)	49	18 31-3-72	180 27-8-71	160 30-8-71	2 530 (4,9) 12-10-71
1972-1973	315 (0,61)	26,0 (1,6)	62	19 mars 73	230 13-9-72	204 13-9-72	897 (1,74) 13-9-72
1973-1974	354 (0,68)	28,5 (1,7)	54	20 fév. 74	240 22-8-73	225 21-9-73	1 440 (2,79) 13-10-73
1974-1975	657 (1,27)	35,9 (2,2)	51	30 début 75 et 74	200 9-8-74	180 4-9-74	2 380 (4,6) 31-10-74
Médiane	870 (1,69)						2 800 (5,4)
Décennale sèche	590 (1,14)						

Fig.11 - Variation de la concentration moyenne en fonction du débit

Le Chari à Chagoua

— 1971-72  
- - 1974-75



--La crue de 1973-74 présente un débit maximal encore très faible mais nettement supérieur à celui de l'année passée. Cependant, le module annuel est du même ordre de grandeur et de fréquence centennale sèche.

La figure 7 met bien en évidence la différence entre les hydrogrammes de ces deux années, en 1973-74 la pointe de crue est bien nette et suivie d'une décroissance rapide des débits.

Le débit solide mensuel suit bien la forme de la crue avec un décalage d'un mois par rapport au maximum du débit liquide. Il est maximal en septembre ( $Q_{s,max,journalier} = 225 \text{ kg/s}$  le 21/9/73).

La variation de la concentration moyenne en fonction du débit et de l'époque de l'année (fig. 10) est identique à celle observée au cours de la campagne précédente. La concentration maximale journalière mesurée est du même ordre de grandeur qu'en 1972 ( $240 \text{ g/m}^3$  le 22/8/73).

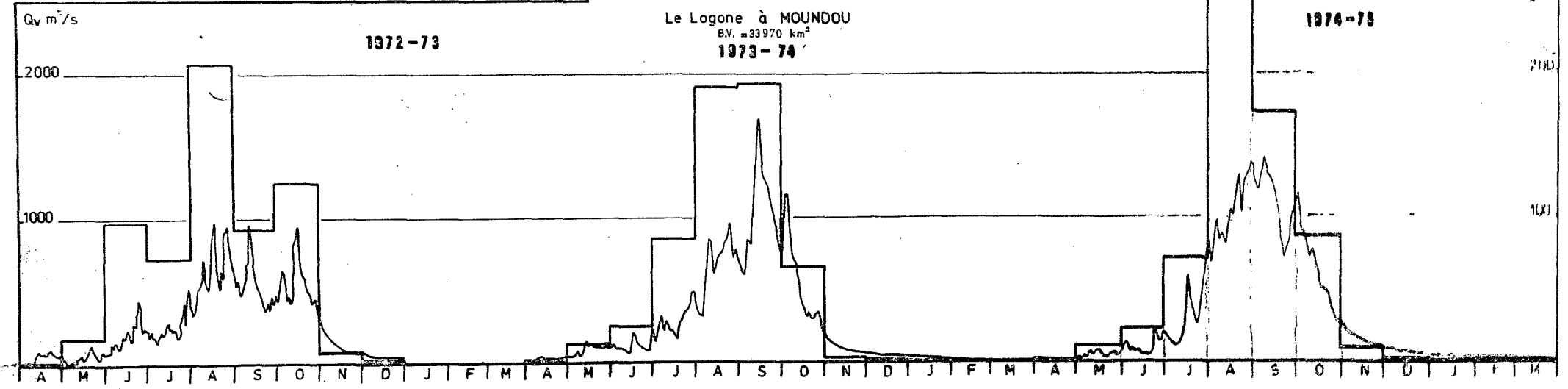
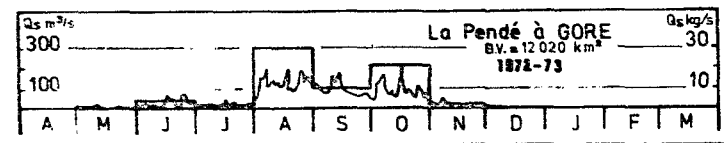
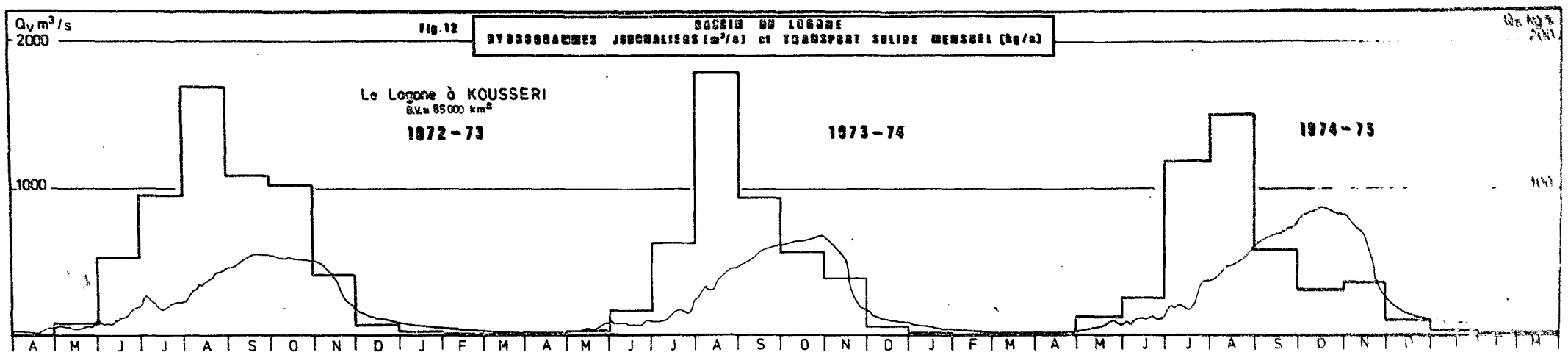
Le transport solide annuel transité à Chagoua est de 900 000 tonnes, légèrement supérieur à celui de l'année passée. Entre l'amont et l'aval, on observe cette fois-ci un gain d'environ 30 %.

-- La crue de 1974-75 marque un retour vers les années normales. Le débit maximal est proche de la médiane mais le module est faible. Elle est voisine de la crue de 1971-72. Notons que, au cours de cette étude, seule la crue du Chari à Chagoua en 1970-71 correspond à une crue médiane.

On retrouve sur la figure 7, les mêmes caractéristiques de l'évolution du transport solide en suspension que pour les années précédentes ( $Q_{s,max,journalier} = 180 \text{ kg/s}$  le 4/9/74).

La variation de la concentration en fonction du débit (fig. 11) est cette fois différente de celle des deux années précédentes exceptionnelles. On note toujours une augmentation brutale de la concentration avec l'arrivée de la crue jusqu'à un maximum en août (concentration maximale journalière =  $200 \text{ g/m}^3$  le 9/8/74) mais suivie d'une décroissance rapide en septembre et octobre. Cette évolution est absolument identique à celle observée lors de la campagne 1971-72.

Le tonnage annuel est de 1 135 000 tonnes. La part du bassin amont est mal connue du fait de l'absence de données en 1974 pour la station de Sarh. On peut cependant tenter une approximation en considérant les résultats de la campagne 1970-71 où l'hydraulicité du Chari à Sarh a été comparable à celle de l'année 1974-75 et à celle de 1971-72. Le tonnage mesuré à cette station a été respectivement de 206 et 126 000 tonnes. On peut estimer le tonnage de 1974 à environ 150 000 tonnes. Dans cette hypothèse, et considérant le fort apport exceptionnel de cette année du Bahr Sara à Manda (1 000 000 de tonnes), il n'y aurait donc pas eu de gain entre l'amont et l'aval du bassin et pour la première fois depuis le début des observations on aurait enregistré des pertes. Nous avons vu que cette quantité importante de matière en suspension à Manda était due à la deuxième pointe de la crue qui s'est produite à la fin de la saison des pluies. On peut penser que l'augmentation du transport solide aura été brève et limitée au seul bassin du Bahr Sara à Manda, une bonne partie de cette recrudescence des apports solides pouvant sédimenter facilement du fait de la décroissance rapide des débits liquides. Dans tous les cas, au cours de cette campagne, le gain entre le bassin amont et aval aura été très faible.



## 2 - LE BASSIN DU LOGONE

### 2 - 1 Le Logone à Moundou (33 970 km<sup>2</sup>).

Le tableau V rassemble les données de base du transport solide en suspension à la station de Moundou depuis le début des observations.

Sur le bassin du Logone à Moundou, les deux premières campagnes ont été marquées par une forte hydraulité en particulier 1969-70 dont le module est de fréquence décennale humide.

-- La crue 1972-73 a un module de fréquence centennale sèche. L'hydrogramme (fig.12) traduit bien la faiblesse exceptionnelle de cette crue qui présente entre août et octobre plusieurs pointes sensiblement de même valeur.

Le débit solide moyen mensuel est caractérisé par les fortes valeurs du mois d'août suivies d'une remontée en octobre où l'on a mesuré le plus fort débit solide journalier ( $Q_{s,max.} = 551 \text{ kg/s}$  le 14/10/72).

La concentration journalière est maximale à la fin juin (876g/m<sup>3</sup>). La figure 13 traduit bien la montée brutale de la valeur moyenne de la concentration en fonction du débit jusqu'en juin. Elle décroît ensuite jusqu'en juillet et reste sensiblement constante jusqu'en août pour atteindre les faibles valeurs de septembre suivies d'une remontée bien nette en octobre qui correspond à la dernière pointe de crue très marquée de l'hydrogramme.

Le transport solide annuel en suspension est de 1 670 000 tonnes, valeur plus faible que les années précédentes.

-- La crue de 1973-74 dont le débit maximal est bien supérieur à celui de la crue de 1972-73 a un module également de fréquence centennale sèche. L'hydrogramme (fig.12) est moins étalé pour la période des hautes eaux et présente une forte pointe en septembre.

Le transport solide moyen mensuel en suspension présente des fortes valeurs bien individualisées en août et septembre qui correspondent au maximum de la montée des eaux.

La concentration journalière est ici encore maximale à la fin juin (826 g/m<sup>3</sup>). L'évolution de la concentration moyenne en fonction du débit (fig.13) est différente de celle de l'année passée. En particulier la pointe de crue du mois d'octobre, peu marquée au cours de la baisse du débit liquide par rapport au maximum de septembre n'influence pas la variation de la concentration moyenne.

Le tonnage annuel transporté en suspension est de 1 520 000 tonnes.

-- La crue du Logone à Moundou en 1974-75 présente des caractéristiques intéressantes. En effet, le débit maximal ( $Q_v = 1404 \text{ m}^3/\text{s}$ ) est inférieur à celui de l'année précédente (1660 m<sup>3</sup>/s) mais son module est bien supérieur, de fréquence décennale sèche et comparable à celui de l'année 1971-72.

L'hydrogramme de la figure 12 présente des valeurs maximales en août et septembre suivies d'une autre pointe en octobre.

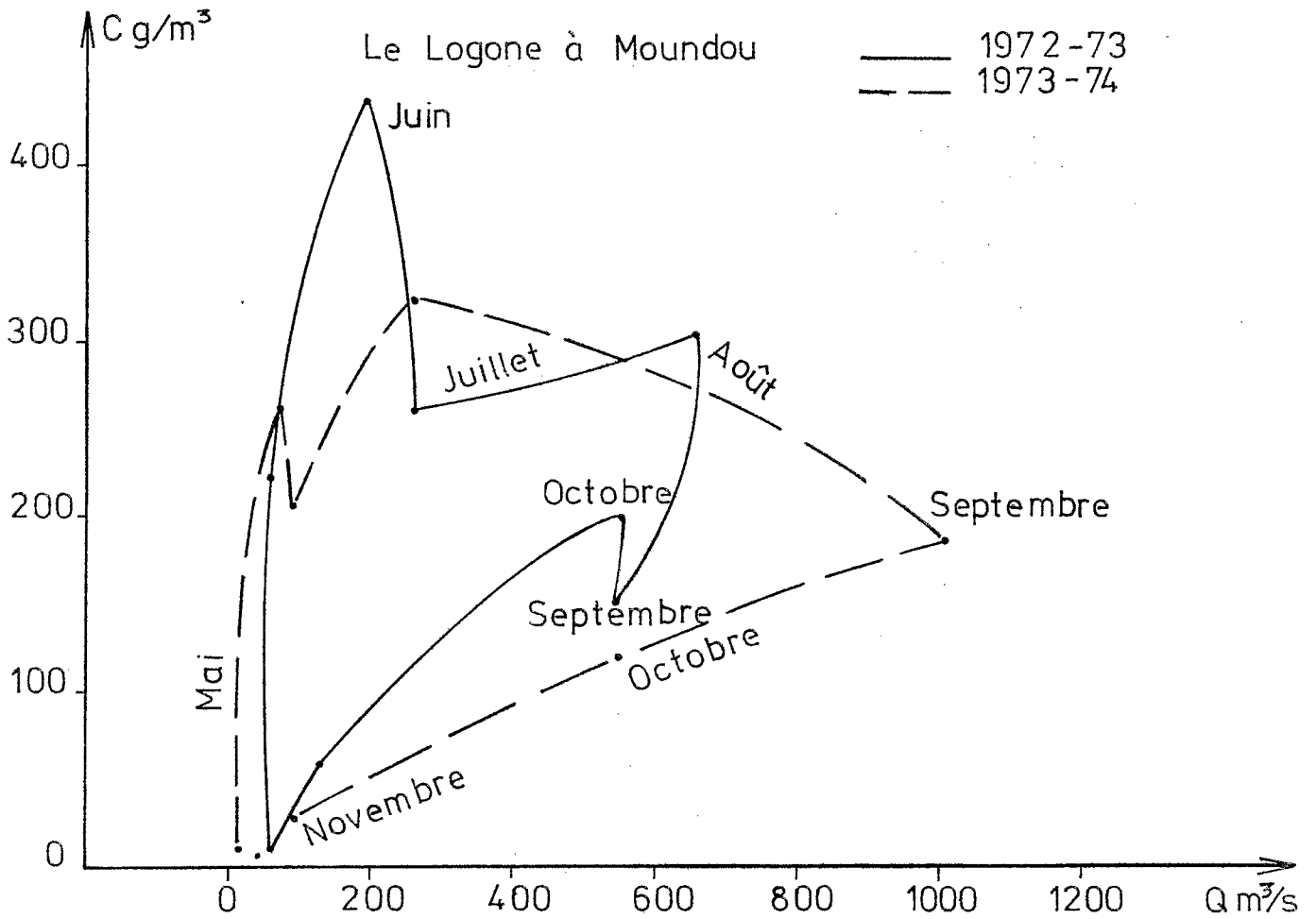
TABEAU V

Données de base du transport solide en suspension  
à la station de MOUNDOU sur le LOGONE (33 970 km<sup>2</sup>)

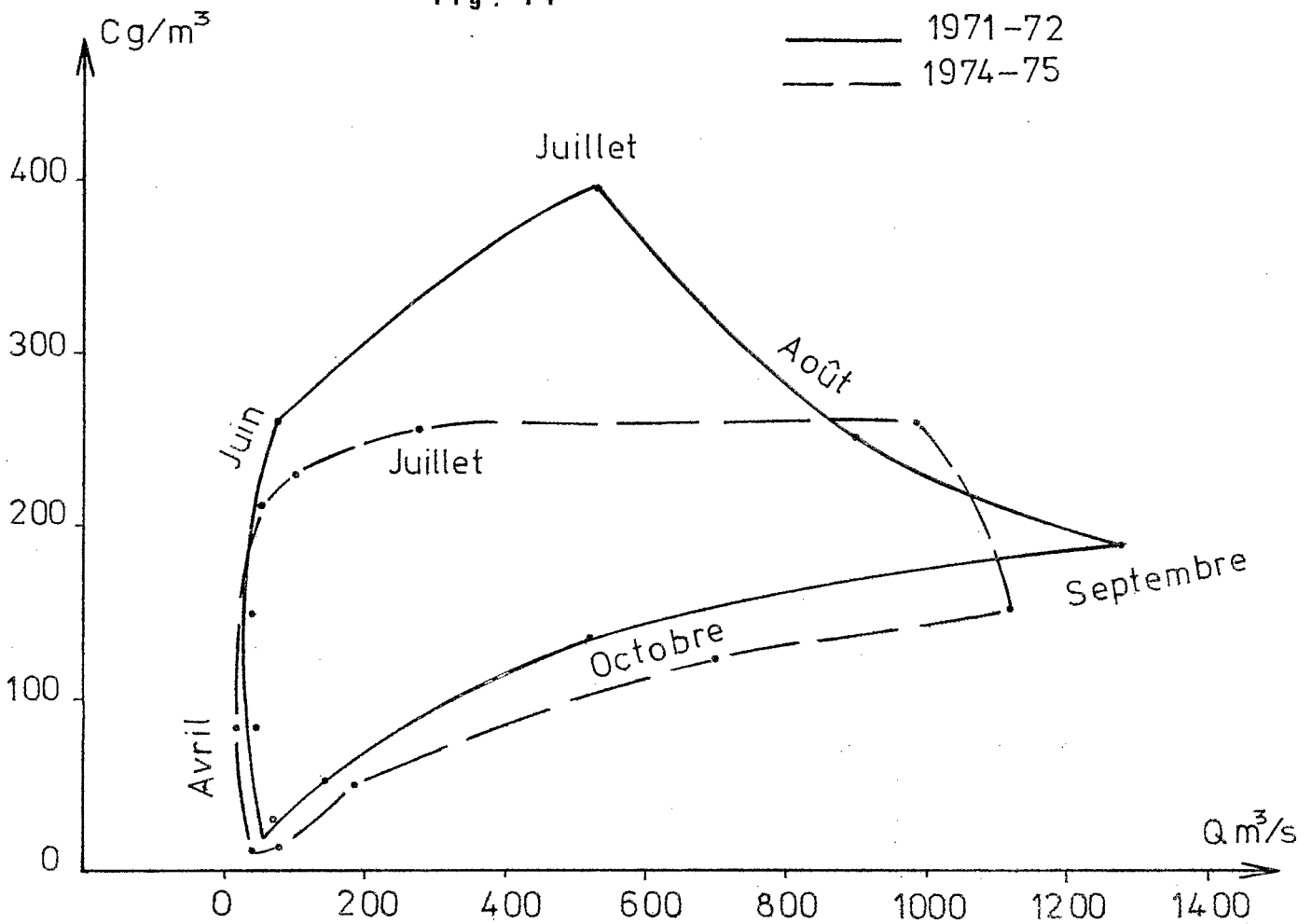
Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (e T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1969-1970	506 (14,8)	70 (65)	138	11 à 20* début 70	403* 27-6-69	431* 30-8-69	2 650 (78) 20-9-68
1970-1971	427 (12,5)	70 (65)	163	10 à 20* début 71	508* 4-7-70	490* 26-8-70	2 610 (77) 4-9-70
1971-1972	309 (9,0)	66 (62)	135	13 mars 72	835 19-7-71	832 19-7-71	1 760 (52) 10-9-71
1972-1973	216 (6,3)	53 (49)	143	7 déc. 72 janv. 73	876 24-6-72	551 14-10-72	965 (28) 27-8-72
1973-1974	239 (7,0)	48 (45)	122	10 début 74 avril 73	826 fin juin 73	530 12-9-73	1 660 (49) 15-9-73
1974-1975	302 (8,9)	53* (49)	120*	8 janv. 75	702 19-7-74	450 7-8-74	1 404 (41) 11-9-74
Médiane	398 (11,7)						2 100 (62)
Décennale humide	486 (14,3)						3 000 (88)
Décennale sèche	310 (9,1)						
Centennale sèche	240 (7,1)						

\* Valeur indicative ou estimée

Fig.13 - Variation de la concentration moyenne en fonction du débit



- Fig. 14 -





Le transport solide mensuel en suspension est marqué par une forte valeur bien individualisée en août où l'on note le maximum du débit solide journalier (450 kg/s, le 7/8/74).

La variation de la concentration moyenne en fonction du débit (fig. 14) est caractérisée par un palier de juillet à août qui fait suite à une augmentation brutale de mars à juin en liaison avec la montée rapide des eaux.

A cette station amont du Logone, il n'existe pas de comparaison possible pour l'évolution de la concentration entre les différentes campagnes (1972, 1973 et 1971, 1974) comme sur le bassin du Chari.

Le transport solide annuel en suspension est de 1 675 000 tonnes, quantité égale à celle de l'année 1972-73 et bien inférieure à celle de 1971-72 dont le module est identique. Nous verrons cependant des points de comparaison entre les résultats des années 1971-72 et 1974-75 lorsque nous examinerons le bilan des apports à la station aval de Kousseri.

Il faut noter sur le tableau V la bonne homogénéité qui existe pour les données de base du transport solide en suspension à Moundou, principalement en ce qui concerne les valeurs des concentrations et du débit solide maximal.

On notera également, malgré la faible hydraulicité des trois dernières campagnes, les valeurs très fortes de l'érosion spécifique mesurées à cette station au cours de l'étude.

Outre le rôle vraisemblablement non négligeable de l'érosion des berges en amont de Moundou, où les modifications du lit du Logone sont les plus importantes, les résultats de la campagne 1971-72 ont mis en évidence les apports quantitatifs de matériaux solides en suspension très importants fournis par le bassin de la Mbéré à Mbéré pour une superficie pourtant réduite (7430 km<sup>2</sup>).

A cette station de Mbéré, lors de la campagne 1971-72 où l'hydraulicité est médiane, l'érosion spécifique a été de 212 tonnes/km<sup>2</sup>/an, la concentration maximale journalière égale à 2700 g/m<sup>3</sup> et 1 580 000 tonnes de matériaux solides en suspension ont été acheminés vers le Logone.

En 1972-73, année de très faible hydraulicité, une campagne de prélèvements effectuée sur le Logone à Baïbokoum (22 200 km<sup>2</sup>) a permis également de confirmer ces fortes valeurs. La concentration maximale journalière mesurée a été de 1120 g/m<sup>3</sup> à la mi-juin 1972. Le transport annuel estimé est d'environ 1 500 000 tonnes et l'érosion spécifique de l'ordre de 70 tonnes/km<sup>2</sup>/an.

---

Note : Par rapport aux données publiées dans le rapport de campagne 1971-72 [ 6 ], les valeurs des tableaux V et IX sont légèrement différentes. Elles ont été corrigées après la modification d'un barème ancien de traduction hauteur-débit qui, lors de la rédaction du rapport précédent, avait été utilisé pour la station de Moundou.

Ces valeurs sont à comparer à celles déjà acquises sur l'érosion des petits bassins dans le haut bassin du Logone. Ainsi, sur le bassin représentatif de Sarki en R.C.A., à la naissance de la Lim, les résultats suivants ont été trouvés [4] :

Pour la Kouï à Sarki ( $97,6 \text{ km}^2$ ), l'érosion spécifique en année moyenne est de  $80 \text{ tonnes/km}^2/\text{an}$ . Elle est de  $160 \text{ tonnes/km}^2/\text{an}$  pour la Mbilabi à Nana ( $3,9 \text{ km}^2$ ).

## 2 - 2 La Pendé à Goré ( $12\ 020 \text{ km}^2$ ).

Les premières observations de cette étude sur la Pendé ont été effectuées à la station de Doba (bassin de  $14\ 300 \text{ km}^2$ ), au cours des campagnes de 1969-70 et 1970-71.

Les données de base sont rassemblées dans le tableau VI.

La crue de l'année 1969-70 est médiane, celle de 1970-71 est de l'ordre de la fréquence décennale humide. Les valeurs caractéristiques du transport solide en suspension sont voisines dans les deux cas [5].

A partir de 1971, la station de Goré, située plus à l'amont (bassin versant de  $12\ 020 \text{ km}^2$ ) a été retenue. Les résultats des campagnes de 1971 à 1973 sont consignés dans le tableau VII .

En 1971, des grandes difficultés rencontrées dans le recrutement d'un observateur local sérieux et l'insuffisance du personnel technique de surveillance nous ont amené à abandonner définitivement cette station.

La crue de la Pendé en 1971-72 a un débit maximal supérieur à la médiane mais son module est de l'ordre de la valeur décennale sèche. Les deux modules de 1972-73 et 1973-74 sont de fréquence centennale sèche bien que le débit maximal de la crue de 1973-74 ait été nettement supérieur à celui de l'année précédente.

Les valeurs des données de base du transport solide en suspension (tableau VII) mettent en évidence une bonne homogénéité pour les trois campagnes bien que les résultats de 1973 soient incomplets.

Le transport solide annuel en suspension est de l'ordre de 350 à 380 000 tonnes de 1969 à 1971 et de 220 000 tonnes seulement en 1972.

## 2 - 3 Le Logone à Kousseri ( $85\ 000 \text{ km}^2$ ).

Les données de base du transport solide en suspension à la station de Kousseri sur le Logone sont présentées dans le tableau VIII.

La plus forte crue observée dans la série est celle de la campagne 1970-71. Les modules des années hydrologiques 1972-73 et 1973-74 sont de fréquence cinquantennale à centennale sèche. L'année 1974-75 est voisine de celle de 1971-72.

Sur la figure 12, on note encore un étalement des valeurs maximales de l'hydrogramme en 1972-73 ce qui se répercute sur le diagramme du débit solide mensuel moyen.

TABLEAU VI

Données de base du transport solide en suspension  
à la station de DOBA sur la PENDE (14 300 km<sup>2</sup>)

Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (e T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1969-1970	144 (10,1)	11,2 (24,6)	78	20 à 23* début 70	394 5-7-69	50 à 55* 26-7 au 14-8-69	858 (60) 23-9-69
1970-1971	156 (10,9)	11,9 (26,1)	76	10 à 20* début 71	398* 17-7-70	95* 28-8-70	1 060 (74) 24-9-70
Médiane	140 (9,8)						734 (51)
Décennale humide	169 (11,8)						915 (64)

TABLEAU VII

Données de base du transport solide en suspension  
à la station de GORE sur la PENDE (12 020 km<sup>2</sup>)

1971-1972	102 (8,6)	12* (31,5)	70*	10 avril 71	380 18-7-71	77 31-7-71	762 (64) 10-9-71
1972-1973	33,8 (2,8)	7 (18,7)	78	10 début 73	813(1) 21-10-72	85 18-8-72	195 (16) 18-8-72
1973-1974	54,9 (4,5)			10	305 20-8-73		373 (31) 22-9-73
Médiane	139 (11,6)						652 (54)
Décennale sèche	115 (9,5)						

\* Valeur indicative ou estimée  
(1) Valeur isolée

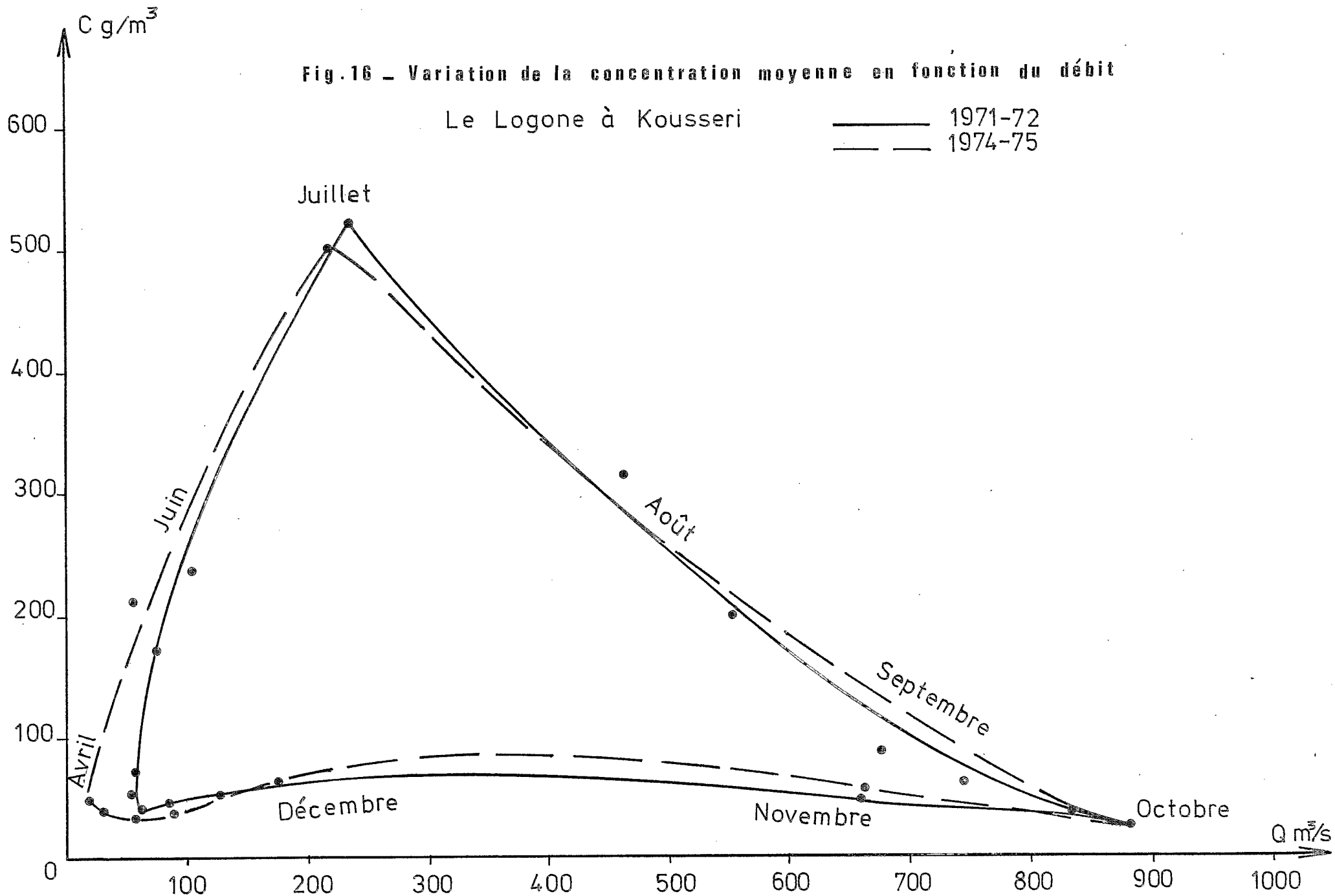
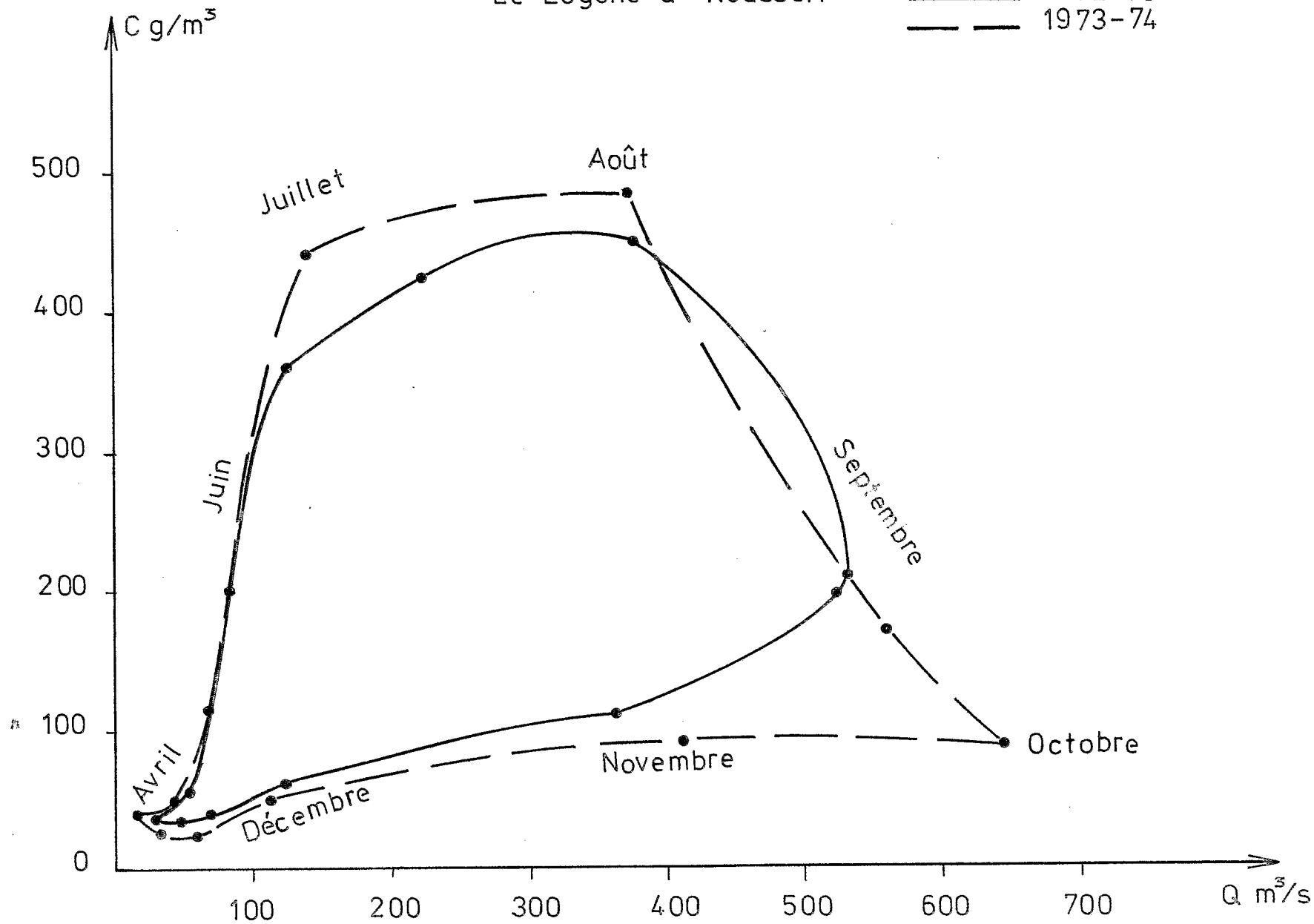


Fig. 15 - Variation de la concentration moyenne en fonction du débit

Le Logone à Kousseri

— 1972-73  
 - - - 1973-74



En 1973-74, le débit solide mensuel présente un maximum bien individualisé au mois d'août. C'est ce que l'on observe également en 1974-75 malgré les fortes valeurs mesurées en juillet (fig. 12). Le maximum du débit solide moyen mensuel est toujours nettement décalé (2 mois environ) par rapport au maximum du débit liquide.

Malgré la diversité des crues enregistrées, il faut noter la grande homogénéité des valeurs des données de base du transport solide en suspension à cette station.

De même que pour la station aval du Chari, on peut ici aussi sur le Logone définir deux types de variation de la concentration moyenne en fonction du débit de l'époque de l'année : une pour les années moyennes de 1971-72 et 1974-75 (fig. 16). Dans ce dernier cas, le diagramme de l'évolution de la concentration est marqué par une augmentation rapide des valeurs de mars à juillet suivie ensuite d'une décroissance aussi rapide jusqu'en octobre où se produit le minimum de concentrations à la vidange des plaines d'inondation, valeur inférieure à celles de fin de saison sèche. Dans le premier cas, par contre, la concentration moyenne varie peu entre juillet et août et, principalement pour 1972-73, les valeurs continuent à décroître lentement d'octobre à la fin de la saison sèche.

Les quantités annuelles transportées en suspension arrivant à la station aval du Logone, avant son confluent avec le Chari, sont présentées dans le tableau IX. Si l'on compare ces valeurs à celles trouvées à l'amont à la station de Moundou, le rôle des plaines d'inondation est nettement mis en évidence principalement lors des années exceptionnelles de très faible hydraulicité de 1972-73 et 1973-74 où le Logone n'a eu pratiquement aucun déversement.

Alors qu'en année normale, la moitié ou le tiers du tonnage transitant à Moundou est perdu dans les plaines d'inondation avant l'arrivée à Kousseri, en 1972-73 il n'y a eu aucune perte notable entre l'amont et l'aval du bassin. En 1973-74, 80 % du tonnage amont est arrivé à l'aval. En 1974-75, année pour laquelle nous avons déjà noté la faiblesse de la crue à Moundou (Q max. inférieur à celui de 1973-74, module supérieur mais de l'ordre de la valeur décennale sèche), 70 % seulement des quantités de matières solides en suspension mesurées à l'amont sont arrivées à Kousseri, ce qui indique un retour à des conditions d'hydraulicité normale où à nouveau les débordements dans les plaines d'inondation sont intervenus (fig. 17 à 20).

## C O N C L U S I O N S

-- Apports au lac Tchad au niveau de N'Djamena :

Les différentes quantités annuelles transportées en suspension au cours de cette étude sont reportées sur le tableau IX.

En année normale, du fait du rôle des plaines d'inondation, les pertes respectives du Chari et du Logone dans le tonnage arrivant au niveau de N'Djamena sont sensiblement égales. C'est ce que l'on note de 1969-70 à 1971-72 et que l'on trouve à nouveau en 1974-75. Par contre, en 1972-73 et 1973-74, les apports du Logone à Kousseri, voisins de ceux de Moundou du fait de l'absence de pertes par débordement hors du lit principal, ont été bien supérieurs à ceux du Chari à Chagoua.

TABLEAU VIII

Données de base du transport solide en suspension,  
à la station de KOUSSERI sur le LOGONE (85 000 km<sup>2</sup>)

Année	M en m <sup>3</sup> /s (m en l/s.km <sup>2</sup> )	R kg/s (e T/km <sup>2</sup> /an)	C <sub>an</sub> g/m <sup>3</sup>	C <sub>min</sub> g/m <sup>3</sup> et date	C <sub>max</sub> g/m <sup>3</sup> et date	Q <sub>s</sub> kg/s et date	Q <sub>v</sub> en m <sup>3</sup> /s (q <sub>v</sub> en l/s.km <sup>2</sup> ) et date
1969-1970	384 (4,52)	42,6 (15,8)	111	28* 24-10-69 30- 1-70	656* 9-7-69	207et202* 9-7-69 23-7-69	980 (11,5) 5-11-69
1970-1971	373 (4,39)	39,3 (14,6)	105	13* 14-10-70	813* 11-7-70	232* 24-7-70	1 060 (12,5) 24-10-70
1971-1972	305 (3,6)	32,4 (12)	111	20 9-10-71	900 23-7-71	320 30-7-71	918 (10,8) 21.23-10-71
1972-1973	213 (2,5)	49,8 (18,5)	174	30 fév. 73	668 24-6-72	257 17-8-72	565 (6,6) 20-9-72
1973-1974	209 (2,46)	38,3 (14,2)	144	25 Janv. 74	840 6-8-73	299 18-8-73	681 (8,0) 26-10-73
1974-1975	283 (3,3)	37,3 (13,8)	140	27 Janv. 75	673 3-7-74	255 12-8-74	855 (10,0) 18-10-74
Médiane	380 (4,5)						900 (10,6)
Décennale sèche	330 (3,9)						

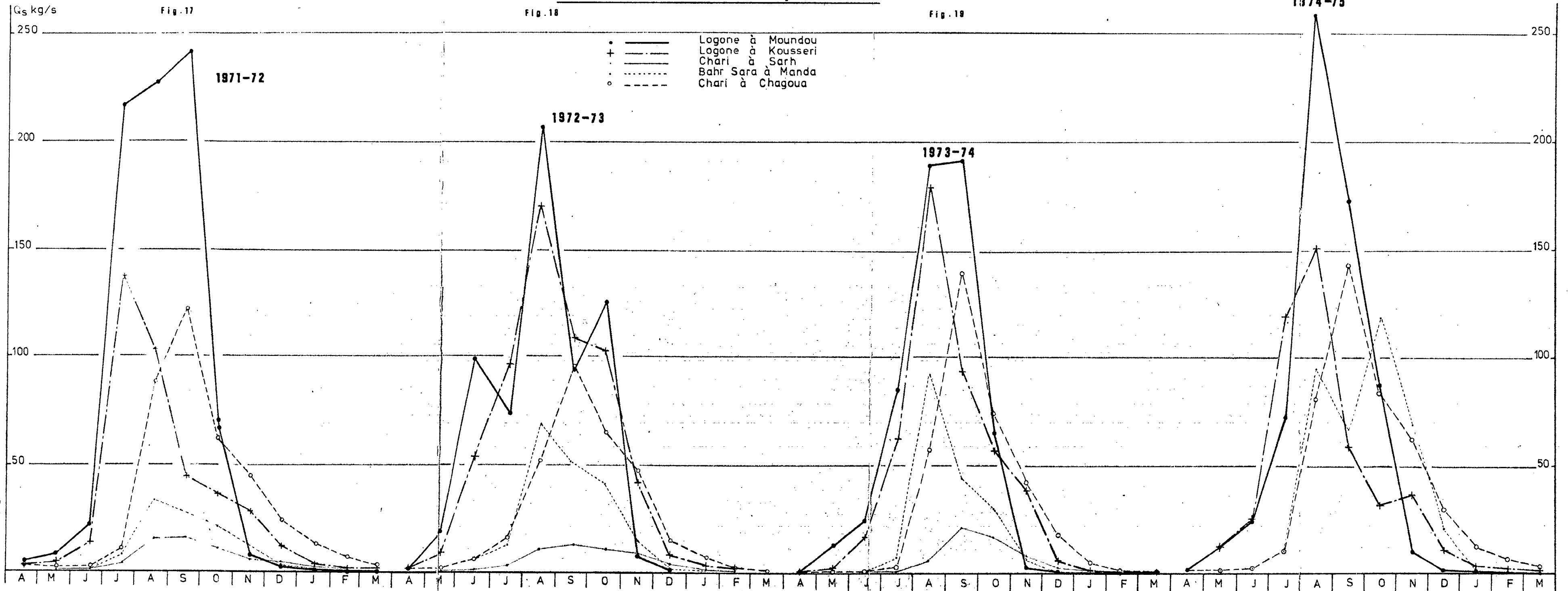
TABLEAU IX

Quantités annuelles transportées en suspension aux principales stations suivies depuis le début de l'étude.

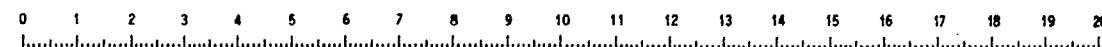
Fleuve	Station	Année	Milliers de tonnes
LOGONE	MOUNDOU	1969-70	2 210 ✓
		1970-71	2 200 ✓
		1971-72	2 090 ✓
		1972-73	1 670 ✓
		1973-74	1 520
		1974-75	1 675
	KOUSSERI	1969-70	1 347
		1970-71	1 238
		1971-72	1 025
		1972-73	1 575
		1973-74	1 210
		1974-75	1 180
PENDE	DOBA	1969-70	350 ✓
		1970-71	375 ✓
	GORE	1971-72	380 ✓
		1972-73	220 ✓
CHARI	SARH	1968-69	267
		1969-70	204
		1970-71	206
		1971-72	126
		1972-73	126
		1973-74	152
	CHAGOUA	1969-70	1 246
		1970-71	1 346
		1971-72	1 000
		1972-73	819
		1973-74	900
		1974-75	1 135
BAHR SARA	MANDA	1968-69	852 ✓
		1969-70	733
		1970-71	730
		1971-72	316
		1972-73	551
		1973-74	480
		1974-75	1 000
Totaux des apports au lac Tchad au <u>niveau de N'Djamena</u>		1969-70	2 593
		1970-71	2 584
		1971-72	2 025
		1972-73	2 394
		1973-74	2 110
		1974-75	2 315



Evolution du débit solide moyen mensuel



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDQCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdpggyjlt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDQCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwxfkhdpggyjlt 7142385690



Ces phénomènes sont bien mis en évidence sur les graphiques des figures 17 à 20 montrant l'évolution du débit solide au cours des différentes campagnes de 1971-72 à 1974-75.

Sur la figure 17 (campagne 1971-72), comparée à celle de la campagne 1974-75 (fig. 20) le tracé de l'évolution du débit solide montre bien la faible importance de la crue de cette dernière année sur le Logone à Moundou comme nous l'avons déjà noté. La figure 17 traduit bien également la faiblesse des apports du Chari en particulier de son bassin amont au cours de l'année 1971-72, le minimum étant atteint en 1972-73 à Chagoua.

A la fin de cette étude, l'échantillonnage de crues d'hydraulicité diverse y compris les campagnes exceptionnelles de 1972-73 et 1973-74 est assez complet. On remarque cependant que les quantités acheminées vers le lac et mesurées au niveau de N'Djamena présentent une certaine constance. Sur six années d'observations, la moyenne du transport solide annuel en suspension est de 2 337 000 tonnes pour lesquelles nous avons vu les parts respectives du Logone et du Chari suivant l'hydraulicité de l'année considérée. Etant donné la faible hydraulicité de la période étudiée, la valeur médiane des apports, sur une longue période des apports au lac Tchad au niveau de N'Djamena, serait probablement de l'ordre de 2 500 000 à 2 600 000 tonnes/an.

Pour l'ensemble du bassin, l'érosion spécifique moyenne est de l'ordre de 4 tonnes/km<sup>2</sup>/an, chiffre sans signification physique étant donné la nature du bassin versant.

Pour évaluer le tonnage total réel arrivant au lac Tchad, il faudrait en outre prendre en considération la part due au charriage de fond. Aucune mesure n'a été effectuée jusqu'à présent à l'échelle du bassin, on estime cependant que, en Afrique Tropicale, le charriage de fond ne dépasse pas 20 % du transport en suspension et est peut-être très inférieur.

-- Les données de base du transport solide en suspension, compte tenu des remarques déjà faites en particulier au sujet des campagnes de 1972-73 et 1973-74 font apparaître une homogénéité relativement bonne des différentes valeurs principalement pour les concentrations. Il n'existe aucune corrélation entre la concentration et le module.

Les fortes concentrations ainsi que l'érosion spécifique individualisent bien le Logone par rapport au Chari avant leur confluent. L'érosion spécifique moyenne qui est de l'ordre de 15 tonnes/km<sup>2</sup>/an à Kousseri n'est que d'environ 2 tonnes/km<sup>2</sup>/an à Chagoua. Les concentrations maximales de 700 g/m<sup>3</sup> rencontrées en moyenne au cours de cette étude sur le Logone à l'aval ne sont plus que de l'ordre de 200 g/m<sup>3</sup> à Chagoua sur le Chari. Il en est de même de la concentration annuelle moyenne (100 à 150 g/m<sup>3</sup> et 50 g/m<sup>3</sup>).

Les concentrations maximales se rencontrent toujours en juillet-août 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. Elles sont minimales pendant la saison sèche sauf à Kousseri 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.

Ces valeurs minimales sont alors inférieures à celles de la fin de la saison sèche.

La décroissance de l'aptitude à l'érosion de l'ouest vers l'est du bassin est également bien mise en évidence, la dégradation spécifique varie de 60 tonnes/km<sup>2</sup>/an environ à Moundou, 25 sur la Pendé, 10 à Manda et 1 tonne/km<sup>2</sup>/an à Sarh. Cela correspond, peut-être, à un relief de plus en plus mou lorsque l'on va de l'Adamaoua aux affluents méridionaux de l'Aouk.

BILAN DES APPORTS EN FER AU LAC TCHAD

1973 - 1974  
1974 - 1975

Cette étude a été menée à partir de trois prélèvements hebdomadaires en surface, corrigés par le coefficient de passage à la concentration réelle, aux stations de Chagoua sur le Chari et de Kousseri sur le Logone, donc au niveau de N'Djamena, les pertes entre cette ville et le lac étant considérés comme négligeables.

Les analyses ont été faites au laboratoire du centre ORSTOM de N'Djamena et nous ne nous étendrons pas ici sur la méthodologie utilisée [9]. On estime que le fer dosé au cours de cette étude est le fer susceptible de réagir assez facilement dans le milieu naturel sous l'effet de variations du milieu physicochimique ou biologique. On définit le fer réactif (LEMOALLE, J. - 1974) comme étant le fer qui est en solution après 10 minutes d'ébullition de l'échantillon brut en milieu HCl 4 %.

Bien que les volumes d'eau écoulés aient décliné de 1970-71 à 1972-73, les apports en fer ont augmenté : 98, 110 et 147 milliers de tonnes pour les trois années hydrologiques successives, ce qui met en valeur le rôle des plaines d'inondation qui n'a pas joué la dernière année, par suite d'une hydraulité exceptionnellement déficitaire.

L'année 1973-74 étant encore très faible, il est intéressant de comparer ces résultats et de les confronter à ceux de 1974-75, année qui se rapproche d'une année normale pour les débits maximaux de crue, mais dont les modules sont plus faibles que les valeurs décennales sèches. L'année 1974-75 est comparable à celle de 1971-72 aux deux stations étudiées.

#### LE LOGONE A KOUSSERI :

Nous retrouvons ici les caractéristiques générales déjà décrites lors de l'étude du transport solide en suspension.

Le Logone est toujours bien individualisé par rapport au Chari. Les fortes concentrations en fer apparaissent en juillet-août (31,4 g/m<sup>3</sup>, le 17 août 1973). En 1974, la concentration maximale n'a pas dépassé 26 g/m<sup>3</sup>.

A partir de la mi-août, les concentrations diminuent très rapidement.

En 1974, pendant les mois de novembre et décembre, on observe une légère augmentation de la charge en fer alors que les concentrations sont plus faibles 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. Elles sont minimales à la fin de la saison sèche.

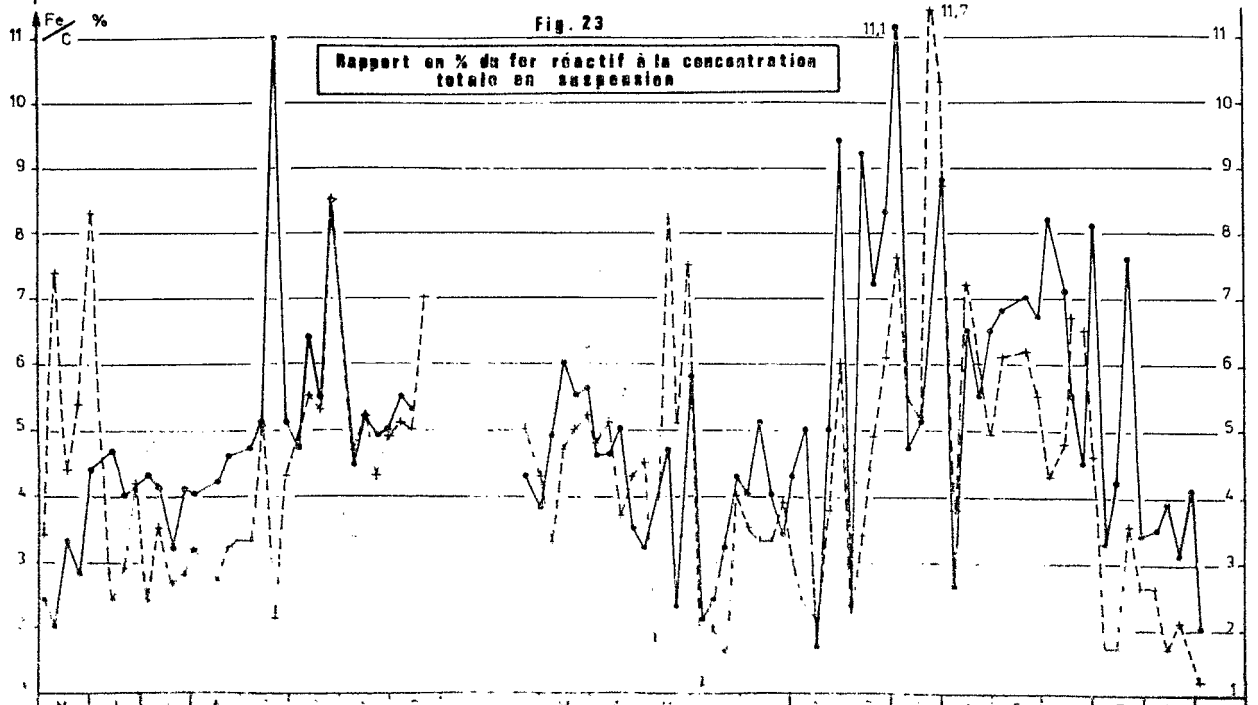
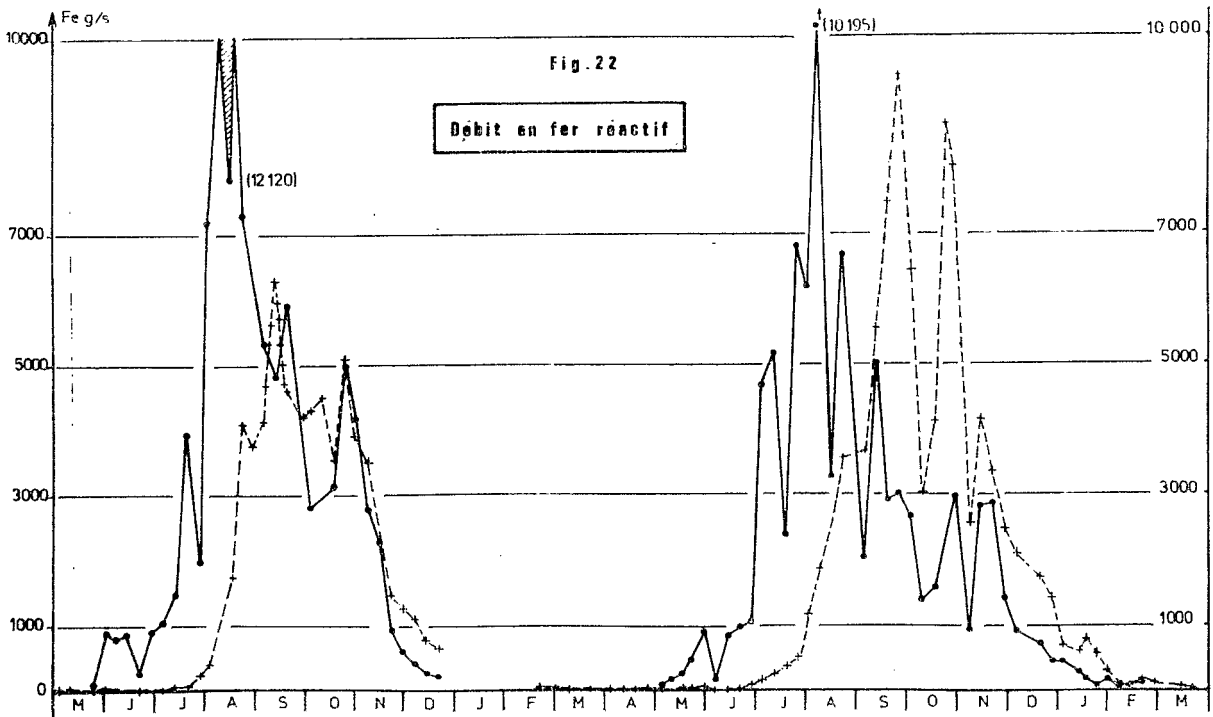
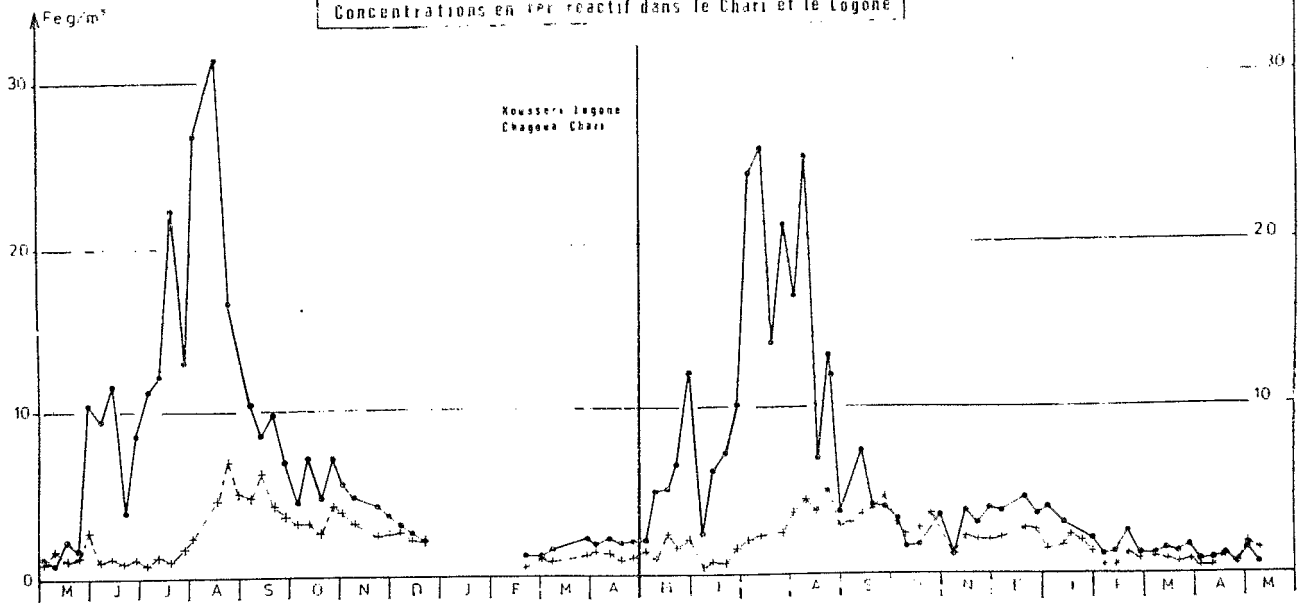
Le tonnage actuel de fer transité à Kousseri a été de 62 000 tonnes en 1973-74, valeur supérieure à celle apportée par le Chari à Chagoua (41 000 tonnes) alors qu'en années normales les tonnages acheminés par le Chari et le Logone et mesurés au niveau de N'Djamena sont à peu près égaux (cf. tableau X). Ainsi en 1974-75, le Chari a apporté 55 000 tonnes et le Logone 53 000 tonnes.

Cependant il faut comparer ce tonnage du Logone en 1973-74 (62 000 tonnes) à celui trouvé en 1972-73 (102 000 tonnes), année de même hydraulité.

1973-74

1974-75

Concentrations en fer réactif dans le Chari et le Logone



Une explication peut ici encore être cherchée d'une part dans les caractéristiques hydrauliques de ces deux années exceptionnelles et d'autre part par l'examen de la forme des hydrogrammes.

La crue de l'année 1972-73 est marquée par un étalement des maximums et il n'y a eu aucun écoulement de l'El Beïd mesuré à Fotokol. Comme nous l'avons vu pour l'étude du transport solide en suspension, pratiquement tout le tonnage mesuré à Moundou est arrivé à Kousseri.

En 1973-74, par contre, bien que les modules soient tous les deux de fréquence centennale sèche, le maximum de la crue est supérieur et ne présente plus l'étalement de l'année passée. Cela est très marqué sur le bassin amont (figure 12) et se traduit à l'aval par les valeurs très groupées en juillet et août pour les concentrations en fer mesurées à Kousseri, contrairement à ce qui avait été observé en 1972-73 (197 et figure 12). Enfin en 1973-74, les pertes dans les plaines d'inondation, bien que très faibles par rapport à une année normale, ont cependant été de l'ordre de 20 % comme nous l'avons vu pour les matières solides transportées en suspension.

#### LE CHARI A CHAGOUA :

Les concentrations maximales en fer réactif se produisent en août-septembre, elles ne dépassent pas 6 à 7 g/m<sup>3</sup>.

En 1973-74, le tonnage transité à Chagoua est de 41 000 tonnes, valeur inférieure à celle de 1972-73. En 1974-75, le tonnage (55 000 tonnes) est voisin de celui trouvé en 1970-71 et 1971-72 et il est à peu près égal à celui apporté par le Logone.

Le tableau X présente le bilan des apports en fer réactif vers le lac Tchad depuis 1970.

Tableau X - Bilan des apports en fer au lac Tchad.

	CHARI A CHAGOUA	LOGONE A KOUSSERI	TOTAL
1970 - 71	52 000 tonnes	46 000 tonnes	98 000
1971 - 72	59 000	51 000	110 000
1972 - 73	44 500	102 000	146 500
1973 - 74	41 000	62 000	103 000
1974 - 75	55 000	53 000	108 000

En année moyenne, l'ordre de grandeur des apports en fer réactif au lac Tchad par le Chari après son confluent avec le Logone est d'environ 100 000 tonnes.

Sur les figures 21 à 23 sont reportées les concentrations en fer réactif, le débit en fer et le rapport en % du fer réactif à la concentration totale en suspension dans le Chari et le Logone au cours des campagnes

1973 - 74 et 1974 -75.

Pour faciliter la comparaison avec les résultats des campagnes précédentes, la même représentation a été adoptée que pour les figures de la publication [9].



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BILLON (B.) - 1968 - Mise au point des mesures de débits solides en suspension (République du Tchad)  
Cah. ORSTOM série Hydrol. vol. V N°2, pp 3 - 14
- [2] BILLON (B.),--BOUCHARDEAU (A.) et al. - 1967 - Monographie hydrologique du Logone, t IV. interprétation des données du Logone supérieur.  
ORSTOM - Paris 65 p.
- [3] BILLON (B.), GUISCAFRE (J.), HERBAUD (J.), OBERLIN (G.) - 1974 - Le bassin du fleuve Chari.  
ORSTOM, Paris, Monographie hydrologique, 450 p.
- [4] CALLEDE (J.) - 1974 - Bassin représentatif de Sarki (1968 à 1972)  
ORSTOM, Paris et Bangui, 120 p., annexes .
- [5] 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, pp 19-45
- [6] CHOURRET (A.) - 1973 - Etude des transports solides en suspension au Tchad (campagne 1971-1972).  
ORSTOM, N'Djamena, 12 p. annexes.
- [7] CHOURRET (A.), DURAND (J.R.) - 1972 - Note sur la crue exceptionnellement faible du Chari à Fort-Lamy en 1972 et ses incidences sur le niveau du lac Tchad.  
ORSTOM - N'Djamena, 7 p.
- [8] GAC (J.Y.) et al. - 1970 - Les transports solides de l'Ouham à Batangafo.  
ORSTOM, Bangui
- [9] LEMOALLE (J.) - 1974 - Bilan des apports en fer au lac Tchad (1970 - 1973).  
Cah. ORSTOM, série Hydrobiol., vol. VIII N° 1, 1974, pp. 35 -40.
- [10] 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 Ndjaména :*

B. P. 65 - NDJAMÉNA (Tchad)

