

M. A. ROCHE *

Première estimation des apports en sels au Lac Tchad par le Chari

SOMMAIRE

Introduction	56
I. — PHYSICO-CHIMIE DES EAUX DU BASSIN DU CHARI	59
1. — Méthodes de mesures et d'analyses.	59
2. — Présentation des analyses chimiques.	60
3. — Températures.	60
4. — Mesures de pH.	63
5. — Résidu soluble et poids total des ions.	64
6. — Compositions ioniques.	64
6.1. — Anions.	64
6.2. — Cations	65
6.3. — Évolutions des compositions ioniques.	66
7. — Teneurs en sels reconstitués.	67
8. — Conductivité.	67
8.1. — Valeurs et variations annuelles.	67
8.2. — Corrélations conductivité - teneurs en sels.	68
II. — TONNAGE DE SELS TRANSPORTÉ PAR LE CHARI	71
1. — Reconstitution des débits du Chari à Chagoua et du Logone à Fort-Foureau.	71
2. — Courbes annuelles des débits de sels et tonnage global transporté.	72
3. — Tonnage des différents sels transportés.	73
Conclusion	75

* Chargé de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

INTRODUCTION

Au siècle dernier, les explorateurs qui découvrirent le Lac Tchad furent étonnés par la faible salinité de ses eaux. Les premières analyses chimiques d'eau, essentiellement celles de chlorures, furent présentées dans les documents scientifiques de la mission TILHO (1906-1909) où étaient déjà émises les hypothèses de la « dénatronisation automatique par le simple jeu de ses crues et de ses assèchements successifs » et des pertes dans « une nappe souterraine » pour expliquer la non-salinisation du Lac.

Il faut ensuite attendre 1957 pour que l'étude de la salinité soit de nouveau abordée. GURCHARD, E. (1957) traça la première carte de la conductivité des eaux. BOUCHARDEAU, A. (1957) établit un premier bilan hydrologique du Lac, démontrant ainsi le rôle primordial des apports en eau du Chari. La carte des conductivités lui permit de préciser (1958) l'hypothèse des pertes marginales au profit des nappes souterraines et de présenter un essai de calcul de ces pertes après avoir établi le bilan saisonnier sommaire des apports en sels par le Chari pour l'année 1955. L'étude de DIELEMAN, P. J. et RIDDER, N. A. (1963) sur le polder de Bol Guini constitua la première démonstration hydrogéologique du phénomène. SCHNEIDER, J. L. (1966) précise certaines relations entre le Lac et la nappe phréatique et mentionne à l'occasion un apport global annuel du Chari d'environ deux millions de tonnes.

Cette présente note sur les apports en sels au Lac Tchad par le Chari constitue une ébauche de la première partie de l'étude entreprise depuis 1966 sur la physico-chimie des eaux (ions majeurs, éléments traces et isotopes) du Lac, de ses tributaires et de ses émissaires dans l'espace et le temps. L'étude finale visera à la connaissance des cycles des sels du système du Lac Tchad et devrait fournir en outre les éléments nécessaires à l'approche de nombreux problèmes tant hydrologiques que géochimiques ou biologiques. Elle est adjacente à celles menées par CHERVÉRY, C. sur les polders et MAGLIONE, G. sur les natronières.

Les sels des eaux du Lac Tchad proviennent d'une part des apports fluviaux du Chari, de l'El Beïd, de la Komadogou et du Yedseram, d'autre part des apports par les vents et les pluies.

1. — APPORTS MÉTÉORIQUES

Vents.

C'est la partie des apports la plus délicate à évaluer et il est difficile d'avancer un ordre de grandeur.

BOCQUIER, G. et GAVAUD, M. (1964) ont présenté une analyse de poussières recueillies après la nuit du 17 février 1962 dans le Kadzell (me/100 g) :

Ca	Mg	Na + K	Cl	SO ₄	CO ₃	TOTAL	impuretés %
188,0	120,0	54,0	12,0	84,0	266,0	724,0	80,8

DUPONT, B. (1967) a estimé, par des mesures effectuées de juillet 1966 à février 1967, un apport annuel de sédiments (99 % de grains de quartz) de 110 t/km².an à Fort-Lamy, ce qui représenterait un apport total de 2,75.10⁸ t au Lac. Il faut toutefois souligner que les méthodes de prélèvements utilisés peuvent ne pas être entièrement satisfaisantes en ce qui concerne les apports chimiques.

C'est probablement l'Harmattan qui joue le rôle le plus important. Il souffle de secteur Nord-Est de novembre à avril et arrive sur le Lac après avoir balayé les régions désertiques septentrionales, en particulier les natronières immédiatement voisines.

La mousson de secteur Sud-Ouest apporte de mai à octobre des sels d'origine marine; cependant, cet apport doit être relativement réduit compte tenu de l'éloignement de l'Océan Atlantique.

Les vents de poussières qui précèdent les tornades doivent, par contre, contribuer pour une grande part à l'apport de sels en cette saison.

Ces apports sont certainement plus importants que ceux des pluies et il n'est pas impossible qu'ils soient à l'échelle de ceux du Chari.

Eaux de pluies.

Pour une pluviométrie comprise entre 250 et 300 mm, ERIKSSON, E. évalue à 300 kg/km². an les précipitations salines (chlorures et sulfates d'origine essentiellement marine) sur les « steppes sèches » au sud du Sahara. Ceci représenterait des concentrations moyennes de 1 à 2 mg/l et un apport de 7.10³ t sur les 24 000 km² du Lac.

Deux pluies de juin (6,0 mm) et août (29,5 mm) 1965 avaient des conductivités de 10 et 7 μmhos cm⁻¹ (DUPONT, B.).

Nous avons mesuré les conductivités des eaux des premières averses de 1967 recueillies au pluviographe du Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy :

Date	Hauteur de pluie (mm)	C 25° (μmhos cm ⁻¹)
23-4	22,2	50
10-6	6,6	330
11-6	9,9	109
16-6	2,9	162
19-6	7,7	82
23-6	17,4	52
29-6	3,2	24 (pas de tornade)

La pluie dissout et ramène au sol les poussières et les sels mis en suspension avant l'orage. Ainsi s'expliquerait, en plus d'un apport secondaire de sels marins, la conductivité de ces eaux. Ces valeurs paraissent cependant trop élevées, d'autant plus que les concentrations des eaux de pluies devraient être en moyenne plus faibles que celles des rivières. En fait, le dépôt de sels, accumulé dans l'entonnoir du pluviographe entre deux pluies et en particulier immédiatement avant l'averse, est dissous par l'eau et vient ainsi augmenter la concentration. Ceci est appuyé par les relations qui apparaissent entre la conductivité et la hauteur de pluie. On se montrera donc réservé sur l'interprétation de telles mesures. Au cours de campagnes ultérieures, des précisions pourront être apportées par la mise en œuvre de techniques appropriées.

Les tornades de poussières diminuant au cours de l'hivernage, il est probable que la salinité des eaux de pluies diminue de même.

Sur le Lac, les vents de poussières sont moins entretenus au-devant de l'orage et l'effet doit être amoindri.

Les précipitations sur le Lac, avec une valeur interannuelle estimée aux environs de 8.10⁹ m³, ne représentent que 12 % des apports liquides. D'après ce qui est exposé précédemment, l'apport en sels par les pluies devrait donc être inférieur à 12 %.

2. — APPORTS FLUVIAUX

Le Chari fournit 95 % des apports fluviaux au Lac, l'El Beïd 4 %, la Komadougou et le Yedseram moins de 1 %. C'est donc le Chari qui apporte de loin la plus grande part de sels. Étant donné les situations géographiques des tributaires secondaires, on peut s'attendre à des teneurs en sels des eaux sensiblement analogues pour l'El Beïd et un peu plus fortes pour le Yedseram et la Komadougou, c'est-à-dire que les valeurs finales annoncées pour le Chari représenteront légèrement moins de 95 % de la totalité des sels déversés dans le Lac par ses tributaires.

Afin d'évaluer la nature et la teneur des différents sels transportés par le Chari, nous étudions dans un premier chapitre la physico-chimie des eaux. Les méthodes de mesures et d'analyses auront été préalablement énoncées. Tous les résultats connus sur l'ensemble du bassin du Chari à son delta seront étudiés, mais plus particulièrement ceux situés entre Fort-Lamy et le Lac. La recherche de corrélations entre la salinité et la conductivité des eaux fera l'objet de discussions et permettra d'aborder le second chapitre.

Ce second chapitre aboutira à l'estimation du poids de sels transportés au Lac au cours des années 1958-1959 et entre 1961 et 1966 puis de 1932 à 1966. Les conductivités, mesurées ces années-là, chaque semaine sur le Chari et sur le Logone à Fort-Lamy, seront traduites en poids de sels par litre. Après reconstitution des débits journaliers à Chagoua et à Fort-Foureau, les courbes annuelles de débit de sels seront tracées. Par planimétrie, elles permettront de calculer le poids de sels global apporté au Lac et par suite les poids de différents sels susceptibles de cristalliser.

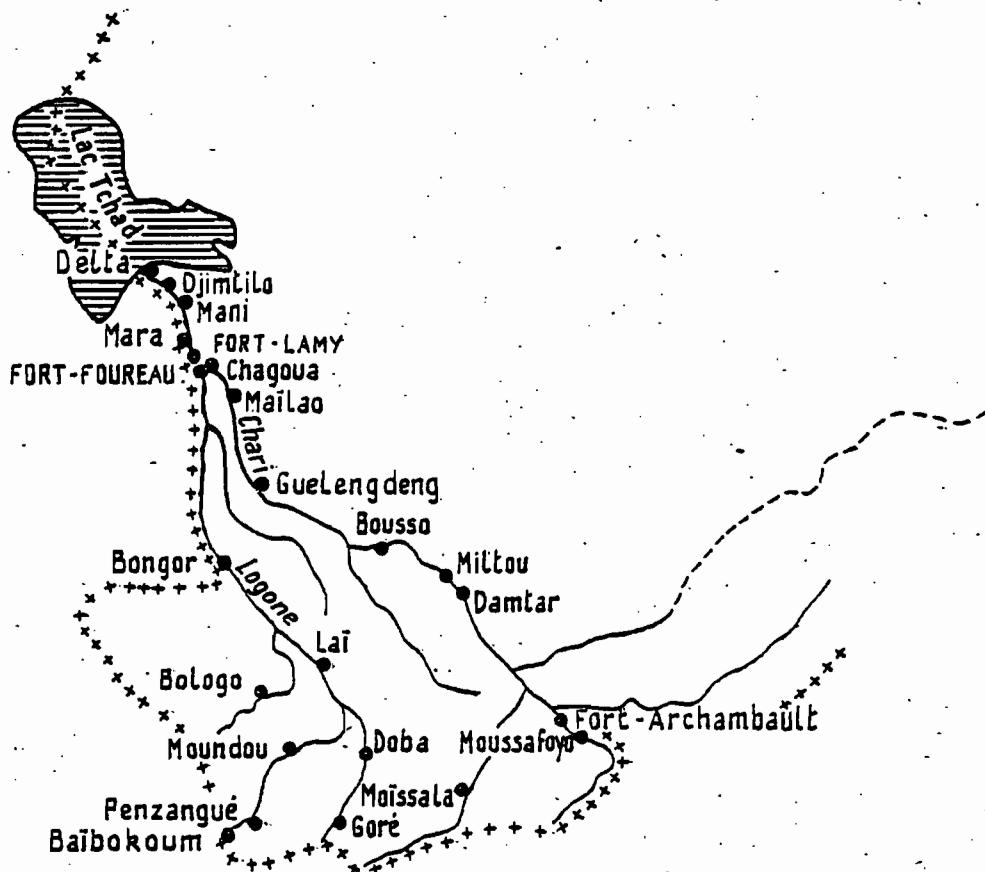


FIG. 1. — Stations de prélèvement dans le bassin du CHARI.

I. — PHYSICO-CHIMIE DES EAUX DU BASSIN DU CHARI

1. — MÉTHODES DE MESURES ET D'ANALYSES

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Chimie du Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy sous la direction de CHANUT, J. Les eaux ont été préalablement filtrées puis préparées en vue des différents dosages.

1.1. — La température a été mesurée sur place soit directement dans l'eau, soit après prélèvement dans un seau. Aucune différence n'a été constatée entre ces deux méthodes.

1.2. — Le pH a été mesuré au laboratoire, le plus tôt possible après l'arrivée des échantillons, avec un pH-mètre PHOTOVOLT. L'erreur de mesure est de l'ordre de 0,1 unité. Pour les eaux du Chari en aval de Fort-Lamy, étudiées en octobre 1966, les mesures ont été effectuées sur place avec un pH-mètre comparateur HELLIGE. On apprécie 0,1 unité et il apparaît de loin préférable d'opérer sur place, le pH variant assez fortement au cours du stockage des échantillons.

1.3. — La conductivité, ramenée à 25 °C, a été mesurée au laboratoire avec un conductimètre PHILIPS. La température de correction a été lue jusqu'en novembre 1966 avec une précision de 1 °C, puis au 1/10. Les mesures d'octobre 1966 ont été effectuées sur place avec un appareil du même genre PR 9 500, alimenté par une batterie 12 V par l'intermédiaire d'un convertisseur à transistors. Ce système est plus précis et beaucoup plus commode d'emploi pour une grande série de mesures.

Nous avons installé sur la pinasse une alimentation en eau continue de la cellule, ce qui permet de réaliser la mesure à n'importe quel moment : le principe est celui du tube de PIROR. Lorsque le bateau est en marche, une prise d'eau, constituée par un entonnoir fixé au stabilisateur de la pinasse et prolongé par un tuyau de caoutchouc, amène l'eau à la cellule fixée dans la cabine.

$$\text{La conductivité est : } C = \frac{f}{KR} = \frac{A}{R}$$

f est un coefficient de correction en fonction de la température, K le coefficient de cellule, R la résistance lue sur l'appareil.

L'erreur sur C est entraînée par celles sur f et R :

$\frac{\Delta f}{f}$: On peut admettre une erreur maximale de 0,5 degré due en particulier à l'emploi de différents thermomètres non corrigés, à l'erreur de lecture et éventuellement à un mauvais équilibre thermique lors de la lecture.

Pour une gamme de température de 15° à 40°, l'erreur maximale est de 1,1 à 0,5 %.

Des mesures, faites à différentes températures sur une eau du Chari et de l'Archipel de Bol, ont permis de contrôler la table de correction utilisée.

$\frac{\Delta R}{R}$: D'après PHILIPS, pour l'échelle I utilisée, l'erreur relative de mesure est de 1,5 % au milieu de l'échelle et augmente lentement vers les extrémités jusqu'à un maximum de 3 %. Dans ces valeurs de l'erreur de mesure, l'erreur de lecture est comprise. Nous avons vérifié à plusieurs opérateurs l'erreur de lecture qui apparaît très faible.

Le coefficient de cellule est théoriquement invariable et sans erreur. Nous avons vérifié à plusieurs reprises, avec des solutions étalons de K , Cl , $N/10$, $N/50$ et $N/100$, les coefficients des différentes cellules utilisées.

Ces coefficients restent valables après plusieurs campagnes de mesures. Les valeurs mesurées ne s'écartaient pas en effet de plus de 2 à 3 %, et pour la solution $N/100$ de 1 à 2 % (les valeurs de C mesurées sont encore inférieures) ce qui est en accord avec la somme des erreurs commises sur f et R ; il faut tenir également compte de l'erreur sur le titre des solutions étalons.

En conclusion, l'erreur totale maximale sur une valeur de la conductivité est inférieure à 5 %.

1.4. — Les résidus solubles ont été mesurés après filtration des eaux sur filtre DURIEUX 200. L'échantillon, de 500 à 2 000 cc, est évaporé sur plaque chauffante puis pesé avec une précision de 1 mg. (Ceux des eaux prélevées en octobre 1966 ont été mesurés par MAGLIONE, G.).

1.5. — Analyses ioniques.

Les chlorures, carbonates et bicarbonates sont dosés par volumétrie, les sulfates par gravimétrie, les alcalino-terreux par complexométrie et les alcalins par photométrie.

2. — PRÉSENTATION DES ANALYSES CHIMIQUES

Les tableaux I et II mentionnent les résultats d'analyses des eaux du Chari et du Logone. Étant donné le but poursuivi, nous présentons ces résultats en milligramme/litre.

Les stations de prélèvement sont indiquées sur la carte de la figure 1. Les eaux ont été échantillonnées en 1965 et 1966 par DUPONT, B., en octobre 1966 par MAGLIONE, G. et celles de 1967 par nous-mêmes. Les prélèvements ont été effectués entre la surface et 0,4 mètre de profondeur, au milieu du lit, sinon le plus loin possible de la rive. La représentativité d'un prélèvement sur une transversale a été étudiée par DUPONT, B. à Fort-Foureau le 23 novembre 1965; des études plus complètes sont en cours à ce sujet. Les résultats d'analyses (bas du tableau I), montrent que, mise à part une eau prélevée au bord de la rive, la répartition des sels est relativement homogène dans la section. Les lettres *a*, *b* ... etc., se rapportent aux différentes verticales auxquelles ont été effectués des prélèvements de surface.

Le diagramme d'analyse utilisé est inspiré du diagramme de PIPER. Dans le triangle, les coordonnées d'un point sont déterminées par $100 rCa/rp^+$ (1) en fonction de $100 rMg/rp^+$ ou de $100 r(Na + K)/rp^+$. Dans le parallélogramme un point est déterminé par $100 \frac{rCa + rMg}{rNa + rK}$ en fonction de la concentration totale en me/l ou de rCO_3H , ce qui, pour ces eaux, revient en principe au même puisque CO_3H est le seul anion présent en quantité importante. Ce diagramme permet une lecture directe des caractéristiques des eaux.

3. — TEMPÉRATURES

Des mesures isolées de la température de l'eau en surface, ont été effectuées par divers chercheurs à différentes époques (GRAS, R., ILLIS, A. et LEVEQUE-DUWAT, S. 1966). Les résultats concordent bien avec ceux des mesures relevées toute l'année 1957 par BLACHE, J. (1964), à Fort-Lamy.

Mois	7 h	12 h	18 h	23 h
Janvier	20,6	21,4	21,6	21,7
Février	19,4	20,7	20,9	—
Mars	24,0	24,6	24,3	—
Avril	25,3	29,5	29,2	27,8
Mai	29,6	30,9	30,3	30,0
Juin	29,4	30,8	31,2	30,4
Juillet	27,7	28,6	28,9	29,1
Août	27,5	29,7	28,2	28,3
Septembre	27,3	27,8	27,8	27,6
Octobre	29,1	29,6	29,7	29,3
Novembre	26,6	27,2	27,3	27,1
Décembre	22,7	24,4	24,6	24,4

(1) *r* signifie que les teneurs sont exprimées en milliéquivalents par litre.
p désigne la teneur en ions dissous, soit positifs (*p*⁺), soit négatifs (*p*⁻).

TABLEAU I

Hydrochimie du Logone et de ses affluents

Lieu	Date	pH	C 25° µmhos cm ⁻¹	R.S. mg/l	Teneurs en mg/l								
					Ca	Mg	Na	K	p ⁺	SO ₄	CO ₂ H	p ⁻	p
Baibo-koum	3- 5-67	7,0	60	(72)	5,6	1,4	2,8	2,1	11,9	0	33,6	33,6	45,5
Pend-zange	24- 3-66	8,2	—	—	8,0	2,4	4,6	3,9	18,9	0	61,0	61,0	79,9
Moundou	12-65	8,0	—	—	4,0	4,8	5,8	Tr	14,6	0	61,0	61,0	75,6
	3- 5-67	7,3	124	(117)	9,6	4,8	6,7	5,9	27,0	0	73,2	73,2	100,2
Goré	12-65	8,1	—	—	6,0	2,4	5,8	Tr	14,2	0	54,9	54,9	69,1
	24- 3-66	8,2	—	—	8,0	2,4	6,4	3,9	20,7	0	61,0	61,0	81,7
	4- 5-67	6,9	83	(88)	7,2	2,4	5,5	2,7	17,8	0	48,8	48,8	66,6
Doba	4- 5-67	7,1	58	(70)	5,6	1,9	3,5	2,0	13,0	0	30,5	30,5	43,5
Lai	26- 3-66	8,1	—	—	6,0	2,4	3,7	3,9	16,0	0	48,8	48,8	64,8
	8- 4-66	8,1	—	—	6,0	2,4	3,5	3,9	15,8	0	48,8	48,8	64,6
	29- 4-67	7,2	67	(77)	7,2	1,9	3,0	1,6	13,7	0	42,7	42,7	56,4
Bologo	2- 5-67	7,0	34	(53)	3,2	4,8	2,3	2,0	12,3	0	27,5	27,5	39,8
Bongor	12-65	8,0	—	—	4,0	2,4	3,5	Tr	9,9	0	48,8	48,8	58,7
	27- 4-67	7,5	70	(79)	7,2	1,9	3,5	2,0	14,6	0	42,7	42,7	57,3
Fort-Foureau	23-11-65	7,5	—	—	6,0	2,4	5,1	2,3	15,8	0	48,8	48,8	64,6
	30- 3-66	8,1	77	(84)	8,0	2,4	4,1	3,9	18,4	0	61,0	61,0	79,4
	27- 1-67	7,7	63	(74)	5,6	2,9	3,2	1,6	13,3	0	42,7	42,7	56,0
	1- 3-67	7,2	74	69	9,0	4,8	2,5	2,0	18,3	0	45,8	45,8	64,1
	19- 4-67	6,7	72	88	8,0	2,4	4,0	2,1	16,5	0	48,8	48,8	65,3
	18- 5-67	7,1	74	79	8,0	1,9	3,5	2,0	15,4	Tr	45,8	45,8	61,2

Transversale du Logone à Fort-Foureau

Lieu	Date	pH	Teneurs en mg/l									
			Ca	Mg	Na	K	p ⁺	Cl	SO ₄	CO ₂ H	p ⁻	p
a Fort-Foureau	23-11-65	7,2	16,0	7,2	6,9	4,7	34,8	0	1,9	109,8	111,7	146,5
b	»	7,7	6,0	2,4	5,1	2,3	15,8	0	0	48,8	48,8	64,6
c	»	7,6	6,0	2,4	5,3	2,7	16,4	0	0	42,7	42,7	59,1
d	»	7,5	8,0	2,4	5,1	2,3	17,8	0	1,9	48,8	50,7	68,5
e	»	7,5	6,0	2,4	5,1	2,3	15,8	3,5	0	42,7	46,2	62,1
f	»	7,6	8,0	1,2	4,8	2,3	16,4	0	0	42,7	42,7	59,1
g	»	7,5	6,0	2,4	5,1	2,3	15,8	0	0	51,9	51,9	67,7
Médiane	»	7,5	6,0	2,4	5,1	2,3	15,8	0	0	48,8	48,8	64,6

TABLEAU II

Hydrochimie du Chari et de ses affluents

Lieu	Date	pH	C 25° µmhos cm ⁻¹	R.S. mg/l	Teneurs en mg/l								
					Ca	Mg	Na	K	p ⁺	SO ₄	CO ₂ H	p ⁻	p
Moïssala	12-65	8,9	—	—	4,0	1,2	3,5	Tr*	8,7	0	42,7	42,7	51,4
	25- 3-66	8,1	—	—	6,0	1,2	3,7	Tr	10,9	0	61,0	61,0	71,9
	5- 5-67	7,3	58	(70)	5,6	3,4	2,5	2,1	13,6	0	36,6	36,6	50,2
Moussa-foyo	25- 3-66	8,1	—	—	6,0	1,2	3,5	Tr	10,7	0	48,8	48,8	59,5
Fort-Archambault	12-65	10,4	—	—	4,0	2,4	3,5	Tr	9,9	0	42,7	42,7	52,6
	6- 5-67	7,3	65	(75)	7,2	3,4	2,7	2,0	15,3	0	39,7	39,7	55,0
Kyabe	6- 5-67	7,2	110	(107)	4,0	2,4	4,6	4,3	15,3	0	45,8	45,8	61,1
Damtar	25- 3-66	8,1	—	—	6,0	2,4	3,5	Tr	11,9	0	48,8	48,8	59,5
Miltou	7- 5-67	7,3	85	(90)	7,2	1,9	3,8	3,1	16,0	0	51,9	51,9	67,9
Bouso	8- 5-67	7,2	67	(77)	7,2	2,9	3,0	2,0	15,1	0	39,7	39,7	54,8
Gueleng-deng	8- 4-66	8,1	—	—	6,0	2,4	3,5	Tr	11,9	0	48,8	48,8	60,7
Mailao	19-11-65	7,5	—	—	4,0	2,4	3,5	2,3	12,2	0	36,6	36,6	48,8
Chagoua	30- 3-66	8,1	66	(76)	6,0	3,6	3,7	3,9	17,2	0	48,8	48,8	66,0
	30- 1-67	7,7	70	(79)	4,8	2,9	3,9	1,6	13,2	0	42,7	42,7	55,9
	1- 3-67	7,2	73	76	8,0	1,8	3,7	2,3	15,8	0	45,8	45,8	61,6
	19- 4-67	6,9	66	76	6,4	2,4	3,1	2,0	13,9	+	39,7	39,7	53,6
	18- 5-67	7,3	76	95	7,2	2,9	3,2	2,1	15,4	0	42,7	42,7	58,1
Fort-Lamy	15- 3-66	8,2	66	(76)	8,0	4,0	3,5	3,9	19,4	0	48,8	48,8	68,2
Mara	19-10-66	7,1	49	77	3,2	3,8	2,3	2,0	11,4	6,2	33,6	39,8	51,2
	16- 5-67	7,5	71	48	6,4	2,4	3,7	2,1	14,6	0	42,7	42,7	57,3
Djimtilo	20- 3-66	8,1	66	(76)	6,0	4,0	3,5	3,9	17,4	0	48,8	48,8	66,2
	19-10-66	7,2	49	77	4,0	2,9	2,3	2,0	11,2	6,2	36,6	42,8	54,0
	17- 1-67	8,8	58	(70)	5,6	2,4	3,9	2,0	13,9	0	39,7	39,7	53,6
	3- 3-67	6,9	67	74	8,0	1,4	4,8	2,3	16,5	0	45,8	45,8	62,3
	24- 3-67	7,3	64	75	4,8	2,9	2,8	2,7	13,2	0	39,7	39,7	52,9
	16- 5-67	7,4	71	74	7,2	1,9	3,6	2,1	14,8	0	48,8	48,8	63,6
Delta	20-10-66	7,1	50	97	3,2	2,9	2,3	2,0	10,4	0	36,6	36,6	47,0
	3- 3-67	7,1	66	75	8,0	1,0	3,9	2,3	15,2	0	45,8	45,8	61,0
	24- 3-67	7,3	65	78	5,6	2,9	2,8	2,0	13,3	0	39,7	39,7	53,0

* Tr : < 0,5 me/l

Il existe deux maximums, un en mai-juin avec 31°, l'autre en octobre avec 30° et un minimum en février avec 19°.

Quelques températures mesurées lors de nos missions sont présentées ci-dessous :

1966 Mara - Djimtilo,	les 19 et 20 octobre,	3 mesures :	de 30°0 à 30°4
Mara - Delta,	les 14 et 15 novembre,	10 mesures :	de 25°3 à 27°7
1967 Fort-Lamy - Delta,	les 16 et 17 janvier,	14 mesures :	de 20°4 à 21°7
Mani - Delta,	le 3 mars,	4 mesures :	de 21°7 à 21°8
Mani - Delta,	le 10 avril,	3 mesures :	de 26°4 à 27°8
Djimtilo,	le 24 mars,		24°8
Delta,	le 24 mars,		24°8
Bac de Fort-Lamy,	le 1 ^{er} mars,		RD 20°8 RG 21°4
Chagoua,	le 3 mars,		20°2
Chagoua,	le 10 mai,		29°5
Chagoua,	le 24 mai,		29°3
Chagoua,	le 31 mai,		30°6
Fort-Foureau,	le 3 mars,		20°3
Fort-Foureau,	le 8 mars,		22°5
Fort-Foureau,	le 10 mai,		29°0
Fort-Foureau,	le 24 mai,		29°3
Fort-Foureau,	le 31 mai,		30°4

4. — MESURES DE pH

Des mesures du pH des eaux du Chari entre Fort-Lamy et Djimtilo ont été effectuées sur place par GRAS, R. à l'aide d'un comparateur HELLIGE :

Lieu	Date	Heure	pH
Djimtilo	10- 9-64	07 h 15	7,2
	9-10-64	08 h 15	7,2
Kobro	8-10-64	16 h 45	7,2
Dougia	20- 1-65	15 h 30	7,6
Moulouang	21- 1-65	07 h 00	7,7
Gourmadjo	21- 1-65	15 h 30	7,7

D'autres mesures des eaux du Chari et du Logone sont mentionnées dans les tableaux I et II.

Le pH mesuré sur place apparaît toujours très légèrement alcalin, entre 7,1 et 7,7. Ceux mesurés au laboratoire peuvent atteindre des valeurs plus élevées et il est fort probable qu'ils ont augmenté pendant le stockage des eaux.

Il est très important de noter qu'en un même point des variations journalières dues à la photosynthèse des algues du phytoplancton peuvent, au cours de la journée, atteindre plusieurs dixièmes d'unité.

5. — RÉSIDU SOLUBLE ET POIDS TOTAL DES IONS

5.1. — Résidu soluble RS.

Sur l'ensemble du bassin les résidus solubles mesurés s'échelonnent de 58 mg/l (avec une valeur extrême de 34) à 97 mg/l, suivant les stations et l'époque de l'année (tableaux I et II). Les valeurs entre parenthèses ont été calculées par corrélation avec les conductivités.

A Chagoua et Fort-Foureau, les valeurs mesurées varient de 69 à 95 mg/l et celles déduites des conductivités de 50 à 91 mg/l sur toutes les années d'observation. Les variations saisonnières seront abordées avec l'étude des conductivités.

5.2. — Poids total des ions p.

Le poids total des ions dissous varie de 40 à 100 mg/l sur l'ensemble du bassin (tableaux I et II). A Chagoua et Fort-Foureau, les variations observées ont été respectivement de 56 à 66 mg/l et de 56 à 79 mg/l. Sur toute la période de mesure des conductivités, on déduit par corrélation des valeurs extrêmes de 34 et 74 mg/l.

Le poids total des ions dissous peut s'écarter de celui du résidu soluble pour plusieurs raisons dont l'importance doit varier suivant la concentration des eaux.

Il existe probablement, en plus des ions analysés, d'autres ions tels les nitrates, les phosphates, la silice, etc., qui augmentent le poids total. Cependant seule la silice doit être suffisamment importante pour créer un écart notable. Certains minéraux, en particulier les sels de sodium, contiennent de l'eau de constitution qui vient augmenter le poids du résidu sec. Il est aussi possible que certaines particules argileuses très fines traversent les filtres et viennent s'ajouter au poids mesuré. Cependant avec un effet contraire, une partie des bicarbonates cristallisent en carbonates lors de l'évaporation, ce qui a pour effet de diminuer le poids total des ions. Ainsi p' , le poids total des ions calculé après avoir transformé les bicarbonates en carbonates, représente la valeur extrême limite du poids global de sels cristallisables.

6. — COMPOSITIONS IONIQUES

6.1. — Les anions.

6.1.1. — Les chlorures.

Les chlorures sont inexistantes ou probablement à très faibles concentrations et n'ont pu être mis en évidence sauf pour un point de la transversale effectuée à Fort-Foureau pour lequel il a été trouvé une teneur de 0,1 me/l. Il va sans dire que cette valeur semble douteuse.

6.1.2. — Les sulfates.

Les sulfates n'ont pu, dans la plupart des cas, être mis en évidence. Quatre analyses ont révélé de faibles teneurs de sulfates.

6.1.3. Les bicarbonates.

Les carbonates sont absents ce qui semble normal puisqu'en principe ils n'existent pas à des pH inférieurs à 8,3. Par contre, les bicarbonates prédominent nettement sur tous les autres ions. Suivant les stations et les saisons, les teneurs s'échelonnent de 0,55 à 1,25 me/l sur l'ensemble du bassin ce qui correspond à des poids de 33,6 à 76 mg/l ou encore de 65,4 à 84,8 % du poids total des ions. A Chagoua et Fort-Foureau les teneurs observées sont comprises entre 0,65 et 0,80 me/l (39,7 et 48,8 mg/l) et 0,70 à 1,0 me/l (42,7 à 61,0 mg/l), soit pour le Chari 74 à 76 % du poids total des ions et pour Fort-Foureau de 71 à 77 %.

6.2. — Les cations.

6.2.1. — Les alcalino-terreux Ca et Mg.

Sur l'ensemble du bassin les teneurs observées en calcium varient de 0,16 à 0,84 me/l (3,2 à 16,8 mg/l) soit de 5,3 à 14,1 % du poids total des ions. Les teneurs s'échelonnent à Chagoua de 0,24 à 0,40 me/l (4,8 à 8,0 mg/l) soit de 8,6 à 12,9 % du poids total et à Fort-Foureau de 0,28 à 0,45 me/l (5,6 à 9,0 mg/l) soit de 9,2 à 14,1 % du poids total.

De même pour le magnésium, les teneurs observées sont comprises de 0,08 à 0,4 me/l (1,0 à 4,8 mg/l) ou de 1,6 à 12,0 % sur l'ensemble du bassin, de 0,15 à 0,3 me/l ou 2,9 à 5,5 % du poids total à Chagoua, et de 0,16 à 0,4 me/l ou 3,0 à 7,5 % à Fort-Foureau.

Le rapport caractéristique rCa/rMg est en général supérieur ou très voisin de 1. Il est à remarquer que la somme des deux cations est assez constante : $0,30 < rCa + rMg < 0,64$ soit aussi $1,5 < dh < 3,2$.

6.2.2. — Les alcalins Na et K.

Sur l'ensemble du bassin, les teneurs en sodium varient de 0,1 à 0,29 me/l (2,3 et 6,7 mg/l) ou 3,9 à 8,2 % du poids total. Il a été observé à Chagoua de 0,13 à 0,17 me/l (3,1 3,9 mg/l) ou de 5,5 à 7 % du poids total, à Fort-Foureau de 0,11 à 0,22 me/l (2,5 à 5,1 mg/l) ou 3,9 à 7,8 % du poids total.

Les teneurs en potassium sont souvent faibles et non dosables mais peuvent atteindre des concentrations de 0,15 me/l (5,9 mg/l) ou 7,0 % du poids total. A Chagoua et Fort-Foureau, les teneurs se répartissent entre 0,04 et 0,1 me/l ou 2,9 à 4,9 % du poids total.

Le titre natronique $5r(Na + K - Cl)$, que l'on peut adopter pour caractériser le déficit chloro-alcalin, est égal à la teneur en alcalin (exprimée en me/l) multipliée par 5 étant donné que celle en chlore est nulle.

6.2.3. — Eléments traces.

Trois eaux prélevées par Maglione, G. le 19 et 20 octobre 1966 entre Fort-Lamy et le delta ont été analysées par Pinta, M. à Bondy. Les résultats sont les suivants en γ/l (ou mg/m^3).

	Mn	Pb	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Ni	Ti	Cr	Sr	Ba	Li	Rb	Total
Mara	6	1,8	0,2	0,6	1,2	1,8	18	0,2	18	1,2	60	60	0,2	0,6	170
Djimtolo	8	2,4	0,2	0,8	1,8	2,4	24	0,2	24	1,6	80	80	0,2	0,8	226
Delta	10	3	0,2	1	2	3	30	0,3	30	3	100	100	0,3	1	284

Les teneurs en éléments traces semblent croître entre Mara et le delta, de 1,5 à 1,7 (2,5 pour le Cr) fois la valeur initiale. Les totaux passent de 170 mg/m^3 à Mara à 284 mg/m^3 au delta.

Les poids des différents éléments se répartissent ainsi dans chaque eau :

$$Sr = Ba > Zn = Ti > Mn > Pb = Cu$$

$$60 \text{ à } 100 \text{ } mg/m^3 \quad 1,8 \text{ à } 3 \text{ } mg/m^3$$

$$V \neq Cr > Sn = Rb > Ni = Li > Mo$$

$$1,2 \text{ à } 3 \text{ } mg/m^3 \quad 0,2 \text{ } mg/m^3$$

Il est délicat de tirer des conclusions de ces quelques résultats isolés. On peut évidemment calculer un ordre de grandeur des apports en éléments traces mais sans pouvoir déjà en préciser les limites car les teneurs varient certainement au cours de l'année.

6.3. — Évolutions des compositions ioniques.

Sur les diagrammes d'analyses (fig. 2, 3, 4 et 5), les nuages des points représentatifs des eaux du Logone et du Chari en amont et en aval de Fort-Lamy se superposent. Ce sont des eaux bicarbonatées sans cations très prédominants ou à tendance calcique légèrement marquée.

FIG. 2. — Diagramme d'analyse d'eau. Répartition des formules caractéristiques.

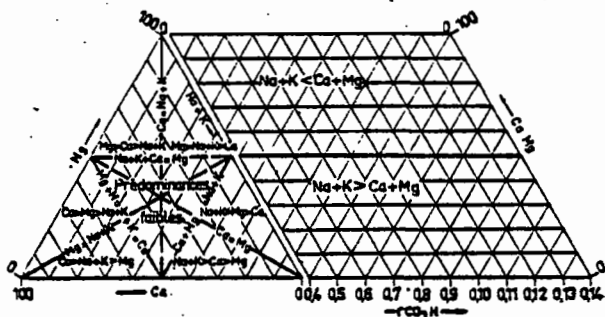
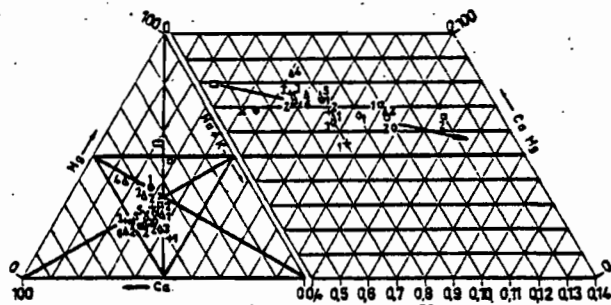
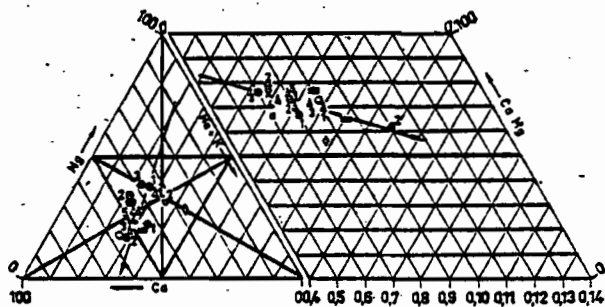


FIG. 3. — Diagramme d'analyse d'eau du LOGONE et de ses affluents.

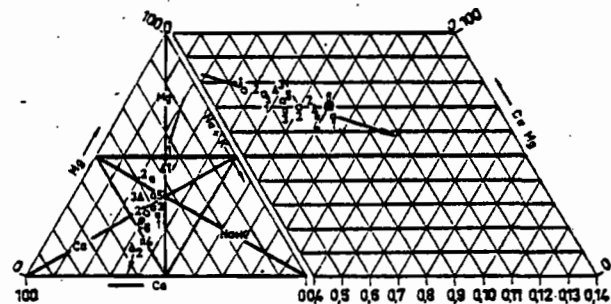


- | | | |
|---------------------|---------------------------|------------------|
| • Baibakoum 3-5-67. | ○ Pendzangou 24-3-68 | x Deba 4-5-67 |
| □ Bogola 2-5-67. | ○ Bangor 1: 12-68 | + Laf 1: 28-3-68 |
| □ Moundou 1: 12-65. | 2: 27-4-67 | 2: 8-4-68 |
| ○ Garé 1: 12-65. | △ Fort-Fourau 1: 23-11-65 | 2: 30-3-68 |
| 2: 26-3-68. | 3: 30-1-67 | 3: 29-4-67 |
| 3: 4-5-67. | 4: 1-3-67 | 5: 19-5-67 |



- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| • Moissala 1: 12-65 | + Guelangdang 8-4-68 |
| 2: 25-3-68 | □ Moilao 19-11-65 |
| 3: 5-5-67 | △ Chagous 1: 30-3-65 |
| ○ Houssafouye 25-3-66 | 2: 30-1-67 |
| ○ Fort Archambault 1: 12-65 | 3: 1-3-67 |
| 2: 8-5-67 | 4: 19-4-67 |
| ○ Kyaba 8-5-67 | 5: 18-5-67 |
| □ Demter 25-3-68 | ■ Miltou 7-5-67 |
| | x Beussa 8-5-67 |

FIG. 4. — Diagramme d'analyse d'eau du Chari et de ses affluents en amont de Fort-Lamy.



- | | | |
|-----------------------|--------------------|------------|
| • Fort Lamy 15-3-68 | ○ Mara 1: 19-10-68 | 2: 18-5-67 |
| △ Delta 1: 20-10-66 | 2: 3-3-67 | 3: 24-3-67 |
| □ Djimtilo 1: 20-3-66 | 2: 19-10-67 | 3: 17-1-67 |
| 4: 31-3-67. | 5: 24-3-67. | 6: 16-5-67 |

FIG. 5. — Diagramme d'analyse d'eau du Chari en aval de Fort-Lamy.

Les valeurs les plus faibles ont été certes observées en amont sur la Tandjilé, la Pendé et le Bahr Sara mais certaines presque équivalentes l'ont été en aval. Seul le grand nombre de prélèvements actuellement en cours permettra de préciser les règles de variations des caractéristiques en fonction des bassins, de la distance vers l'aval et du temps. Cependant, les variations dans le temps à Fort-Lamy seront abordées plus loin avec l'étude des conductivités.

On peut déjà pourtant dégager certains traits généraux sur les diagrammes d'analyses.

Il ressort du diagramme en trapèze que le rapport $r \left(\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{Na} + \text{K}} \right)$ est toujours inférieur à 1 mais croît avec les concentrations totales, passant en moyenne de 0,2 pour 0,4 me/l de $r \text{CO}_3\text{H}$ soit $rp \neq 0,8$ me/l à 0,6 - 0,7 pour $rp \neq 2$ me/l.

Les diagrammes en triangle permettent d'étudier les compositions plus finement.

Dans le bassin du Logone, la plus grande partie des eaux a pour formule caractéristique : $\text{Ca} \geq \text{Na} + \text{K} \geq \text{Mg}$.

Pour le bassin du Chari en amont de Fort-Lamy, l'évolution des compositions en fonction de la teneur globale apparaît avec certaines eaux. Avec des concentrations croissantes on observe : $\text{Ca} = \text{Mg} > \text{Na} + \text{K}$ avec prédominance très faible, puis $\text{Ca} > \text{Mg} \geq \text{Na} + \text{K}$; $\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} > \text{Mg}$. Dans ce cas, la prédominance du Ca peut s'accroître.

Les eaux de Kyabé qui proviennent des vastes plaines du Salamat présentent un faciès différent : $\text{Na} + \text{K} > \text{Ca} = \text{Mg}$.

En aval de Fort-Lamy, l'évolution est nette avec l'augmentation des teneurs totales. On passe de $\text{Mg} > \text{Ca} \geq \text{Na} + \text{K}$ à $\text{Ca} > \text{Na} + \text{K} \geq \text{Mg}$ avec prédominance plus nette des teneurs en calcium.

On a là probablement les faciès chimiques normaux en fonction des teneurs globales des eaux du Logone et du Chari. Cette évolution pourrait s'expliquer par les solubilités différentes des sels ou par des échanges de bases, en particulier avec celles fixées aux micelles argileuses.

7. — TENEURS EN SELS RECONSTITUÉS

Les sels dissous sont des bicarbonates. Par des cycles minéralogiques ou biologiques plus ou moins complexes, ces ions donneront naissance à différentes espèces minérales. Quels que soient les processus qui présideront à ces genèses, ce sont finalement les teneurs en cations qui détermineront les teneurs potentielles de ces différents minéraux dans les eaux du Chari. Les rapports en poids étant $\frac{\text{cation}}{p} = x$ et $\frac{\text{cation}}{\text{Minéral}} = y$ on obtient $\frac{\text{Minéral}}{p} = \frac{x}{y}$, en admettant que le cation ne donne que cette espèce minérale. Par exemple dans les eaux de Fort-Foureau et Chagoua, le sodium représente 3,9 à 7,8 % du poids total des ions, dans le natron ($\text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), il représente 8,04 % du poids; on calcule ainsi que les teneurs éventuelles en natron seraient comprises entre 48 et 97 % du poids total des ions si tout le sodium cristallisait en ce minéral.

8. — CONDUCTIVITÉ

8.1. — Valeurs et variations annuelles.

La conductivité d'une eau est fonction des ions en solutions et dépend de plusieurs facteurs tels le degré d'ionisation, la valence des ions, la mobilité des ions. Ainsi par exemple la conductivité est très sensible à la concentration en H^+ libres, une augmentation du pH entraîne une diminution de la conductivité. Certaines recherches ont été effectuées sur la conductivité en fonction des concentrations ioniques (MARTIN, R. 1958).

La conductivité des eaux du Chari et du Logone a été mesurée toutes les semaines de juillet 1958 à avril 1959, en novembre et décembre 1959 et d'août 1961 à maintenant. Les prélèvements se font en surface à une cinquantaine de mètres de chaque rive à la traversée du bac de Fort-Lamy.

Les résultats sont présentés dans les tableaux III, en annexe. La figure 6 représente les courbes annuelles de variation de la conductivité des eaux des deux fleuves.

Les variations peuvent être notables d'une semaine à l'autre, mais il est curieux de constater qu'elles sont très souvent synchrones aux deux stations. Il se pourrait qu'il y ait une cause biologique liée aux variations de pH sous l'influence du phytoplancton.

Les conductivités des eaux du Logone sont voisines de celles du Chari. Le Logone tend cependant en général, à avoir des conductivités plus fortes. Les valeurs s'échelonnent de 35 à 80 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ suivant les périodes de l'année, quelques-unes peuvent atteindre toutefois 30 et 87 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$.

Les conductivités moyennes annuelles ont été déduites des valeurs obtenues par planimétrie des courbes $Q_C = f(t)$ et $Q_P = f(t)$. Elles s'échelonnent de 47,6 à 56,7 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ (1962) avec une valeur moyenne de 51,9 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ sur les 7 années.

A partir d'un minimum situé entre le 1^{er} et le 10 août, les conductivités augmentent lentement avec la remontée en flèche des eaux du Chari et du Logone jusqu'à un maximum situé fin avril début mai. Cette augmentation de la salinité se produit avec quelques pointes secondaires plus ou moins marquées. Elle correspond à toute la pointe de crue du Chari, pour laquelle il peut se produire une pointe à peine marquée de la conductivité, à toute la décrue où l'on note généralement un maximum secondaire de la conductivité en février et aux basses eaux à la fin desquelles correspond le maximum de conductivité signalé.

Cette croissance de la salinité s'explique chronologiquement par le début du ruissellement intensif qui lessive de grandes surfaces (pointe éventuelle d'octobre-novembre) puis par la fin de la vidange des plaines inondées où les eaux se chargent par dissolution du sel des terrains et par évaporation (pointe secondaire de février). Enfin le maximum d'avril-mai est dû à l'apport d'eaux souterraines et à l'évaporation particulièrement intense qui s'exerce sur les eaux de surface.

Les eaux des premières petites crues de mai et juin apparaissent moins chargées, cependant ce n'est qu'avec l'amorce de la grande crue que le minimum situé entre 30 et 40 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ sera atteint les premiers jours d'août. Ce minimum est beaucoup plus net que le maximum.

Certaines variations pourraient s'expliquer par les apports conjugués de différents affluents et zones d'inondation mais le plus curieux est de constater que les premiers ruissellements produisent en général les eaux les moins chargées de l'année. En fait, les premières pluies ne suffisent pas à saturer les terrains ou à remplir les zones topographiquement déprimées où les sels se sont concentrés pendant la saison sèche et ce n'est qu'avec une certaine pluviométrie que ces zones ruisselleront, alimentant alors les rivières en eaux plus chargées.

8.2. — Corrélations Conductivité - Teneurs en sels.

Afin de pouvoir traduire les résultats de conductivité en quantité de sels, diverses corrélations ont été établies. Les mesures ont été effectuées en 1965, 1966 mais surtout en 1967 sur les eaux du même système hydrologique couvrant l'ensemble du bassin du Chari, du Lac Tchad et de la nappe aquifère marginale au nord-est du Lac.

On peut ainsi définir les limites des conductivités de ces eaux :

- 30 à 100 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$: Chari, eaux libres et îlots bancs de la partie sud-est du Lac;
- 50 à 1 600 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$: Lac;
- 130 à plusieurs centaines de mille de $\mu\text{mhos cm}^{-1}$: nappes marginales.

Seuls les résultats d'analyses des eaux du bassin du Chari sont mentionnés ici, ceux des autres eaux seront présentés ultérieurement avec l'étude hydrochimique du Lac Tchad.

Dans ces diverses corrélations, les poids sont exprimés en mg/l et les conductivités en $\mu\text{mhos cm}^{-1}$.

8.2.1. — Corrélation résidu soluble - conductivité $RS = f(C)$.

120 mesures simultanées du résidu soluble RS et de la conductivité C définissent une courbe de corrélation entre ces deux caractéristiques (fig. 7). Cette courbe peut se décomposer en un certain nombre de droites dont les équations sont mentionnées dans le tableau IV. De 30 à

300 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$, intervalle où se situent les conductivités des eaux du bassin du Chari, la relation est $RS = 0,713 C + 29$.

Pour $100 < C < 15\ 000 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ $RS < C$.

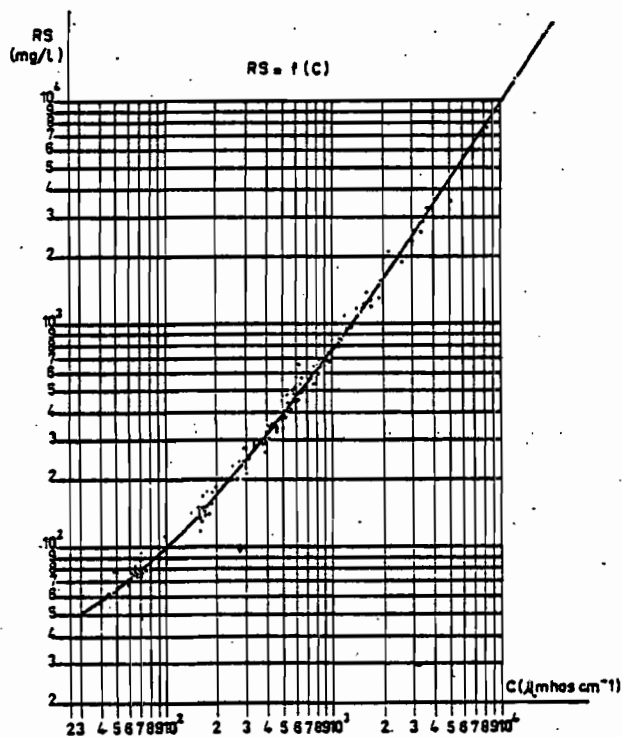


FIG. 7. — Corrélation : résidu soluble. Conductivité.

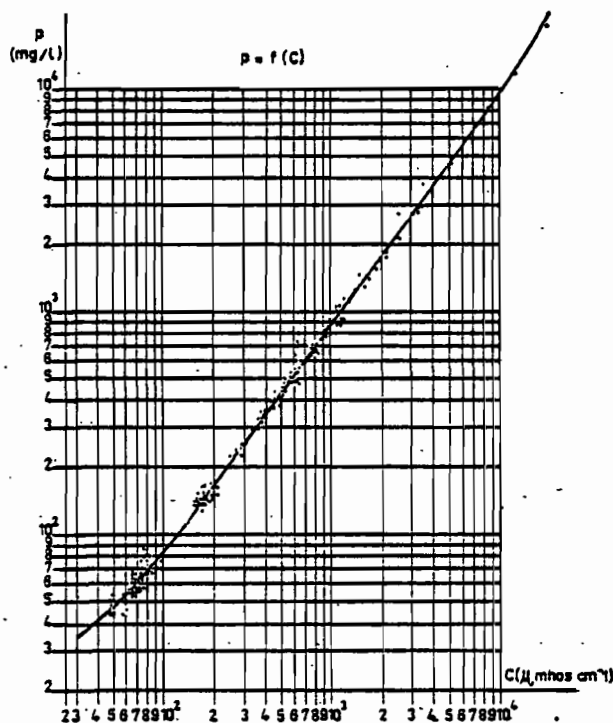


FIG. 8. — Corrélation : poids d'ions en solution. Conductivité.

8.2.2. — Corrélation poids des ions dissous - conductivité $p = f(C)$.

160 valeurs du poids total des ions dissous et de la conductivité permettent de tracer une courbe de corrélation (fig. 8). Cette courbe a été décomposée en plusieurs droites dont les équations figurent dans le tableau IV. De 30 à 110 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ la corrélation est $p = 0,700 C + 13$, nous l'utiliserons pour traduire les conductivités en poids d'ions dissous dans les eaux du Chari et du Logone. De 125 à 5 000 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ la corrélation est également définie par : $p = C^{0,975}$.

Pour $42 < C < 12\ 400 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ $p < C$.

Pour $C < 210 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ $RS > p$ pour une même conductivité.

8.2.3. — Corrélation poids des ions (avec CO_2 combiné) - conductivité $p' = f(C)$.

160 valeurs de la conductivité et du poids total des ions (les bicarbonates étant convertis en carbonates) définissent une bonne corrélation (fig. 9). Les équations obtenues suivant les gammes de conductivités sont présentées dans le tableau IV. De 30 à 80 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ la corrélation est $p' = 0,370 C + 10$ et de 80 à 300 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ $p' = 0,555 C$.

Pour $C < 21\ 000 \mu\text{mhos cm}^{-1}$ $p' < C$.

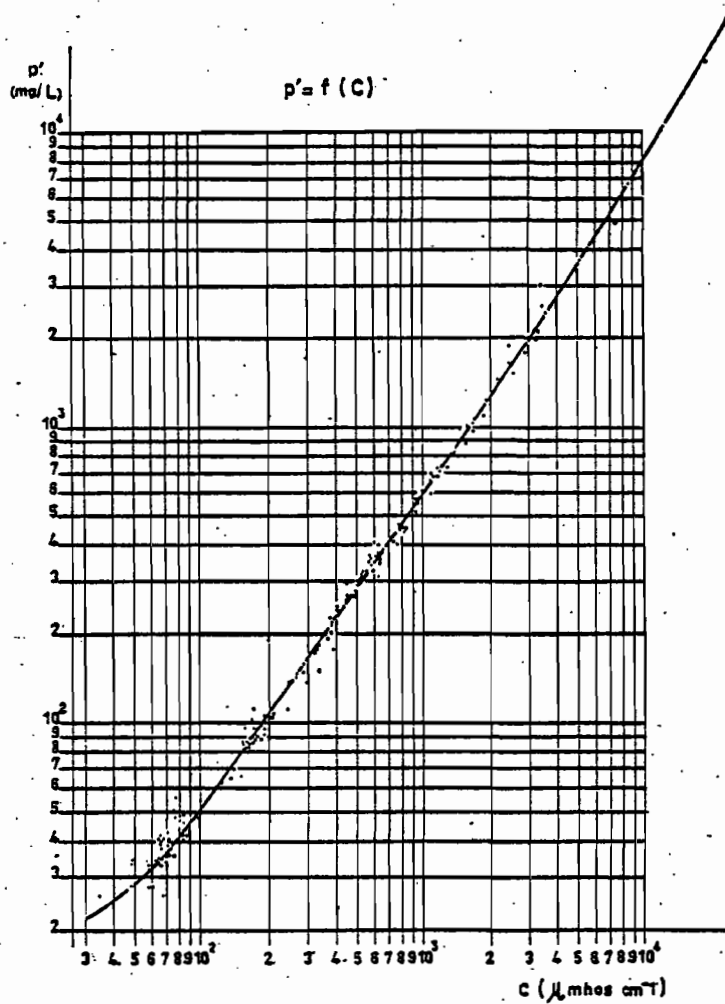


FIG. 9. — Corrélation : poids d'ions (avec CO₂ combiné). Conductivité.

TABLEAU IV

Corrélations Salinité - Conductivité (fig. 7, 8, 9)

Les poids sont exprimés en mg/l et les conductivités à 25 °C en μmhos cm⁻¹

C	RS = f(C)	p = f(C)	p' = f(C)
30 - 80	RS = 0,713 C + 29	p = 0,700 C + 13	p' = 0,370 C + 10
80 - 110	—	—	p' = 0,555 C
110 - 300	—	p = 0,845 C - 3	—
300 - 1 500	RS = 0,733 C + 24	p = 0,870 C - 13	p' = 0,626 C - 34
1 500 - 4 000	RS = 0,845 C - 150	p = 0,932 C - 50	p' = 0,710 C - 190
4 000 - 7 000	RS = 0,955 C - 525	p = 0,932 C - 200	p' = 0,817 C - 620
7 000 - 10 000	RS = 1,061 C - 1 225	p = 1,004 C - 695	p' = 0,927 C - 1 350
10 000 - 20 000	RS = 1,132 C - 1 930	p = 1,265 C - 3 200	p' = 1,105 C - 3 130

II. — TONNAGE DE SELS APPORTÉ AU LAC

1. — RECONSTITUTION DES DÉBITS DU CHARI A CHAGOUA ET DU LOGONE A FORT-FOUREAU

Pour reconstituer ces débits (et niveau du Lac Tchad), nous avons utilisé les données hydrologiques établies aux stations de Logone-Gana, Logone-Birni, Mailao et Fort-Lamy de 1958 à 1966 par BILLON, B. et ses prédécesseurs.

Les courbes de débits ont été tracées, ce qui a permis une étude critique très serrée des résultats (fig. 6).

Par comparaison entre les hydrogrammes à Logone-Birni et à Logone-Gana, nous avons pu diminuer les débits de pointe à cette dernière station pour recréer l'étalement de la crue vers l'aval.

Les débits du Logone à Fort-Foureau ont été reconstitués à partir de ceux à Logone-Birni jusqu'en 1961, puis à partir de ceux à Logone-Gana jusqu'en 1965.

Un décalage moyen de 2 jours a été adopté pour Logone-Birni et de 3 jours pour Logone-Gana.

Les débits du Chari à Chagoua ont été reconstitués par différence de ceux du Logone et du Chari à Fort-Lamy.

Ils ont été comparés à ceux obtenus à partir de Mailao, en comptant un décalage moyen de 2 jours. La correspondance est satisfaisante jusqu'à 2 200 m³/s, ensuite la courbe d'étalonnage de Mailao donne des valeurs beaucoup trop élevées.

Voici le détail de la reconstitution des débits de la période 1958-1966 (années calendaires).

1958-1960 : Les débits à Fort-Lamy et Logone-Birni sont connus, on obtient ainsi ceux à Fort-Foureau et Chagoua.

1961 : Les débits du Chari à Fort-Lamy sont connus ainsi que ceux du Logone à Logone-Gana. On en déduit ceux à Fort-Foureau puis, par différence, ceux à Chagoua.

1962 : Les débits à Fort-Lamy sont connus sur toute l'année et ceux à Logone-Gana jusqu'au 31 mai. Les débits à Fort-Foureau et à Chagoua sont ainsi reconstitués jusqu'au 31 mai.

Les débits à Chagoua sont ensuite déduits de ceux à Mailao jusqu'au 20 septembre, date à laquelle les débits dépassent 2 200 m³/s. Nous avons en effet, jusqu'à ces débits, observé pour les autres années une bonne concordance des valeurs avec celles déduites de Logone-Gana. Par différence, on obtient les débits du Logone à Fort-Foureau jusqu'au 20 septembre.

Du 20 septembre au 31 décembre, on a préféré évaluer les débits du Logone à Logone-Gana en tenant compte de l'étalement de la crue. Étant donné la régularité des pointes de crues et l'hydraulicité de l'année, l'erreur entraînée reste faible. On en déduit ensuite les débits à Chagoua.

1963 : Les débits à Fort-Lamy sont connus. Ils le sont aussi à Logone-Gana sauf en janvier et février pour lesquels ils ont été évalués. On obtient ainsi les débits à Fort-Foureau puis à Chagoua.

1964 : Les débits à Fort-Foureau sont connus. Ils le sont également à Logone-Gana sauf pour certaines fins de mois, août en entier et une bonne partie de décembre. Cependant, par interpolation on reconstitue la crue annuelle sans grandes erreurs. Les débits à Chagoua sont obtenus par différence.

1965 : Les débits à Fort-Lamy sont connus ainsi que ceux à Logone-Gana. Quelques courtes lacunes existent mais ne sont pas gênantes. On obtient ainsi les débits à Fort-Foureau et par différence ceux à Chagoua.

1966 : Les débits à Fort-Lamy sont connus. Ceux à Logone-Gana le sont seulement jusqu'au 22 avril. Le poids de sels transporté sera obtenu par corrélations.

Par planimétrage des hydrogrammes on obtient les volumes annuels écoulés à Fort-Foureau, Chagoua et Fort-Lamy. Ces résultats sont présentés dans le tableau V. Ils permettent de connaître la proportion des apports en volume du Chari et du Logone. La précision sur l'estimation des volumes écoulés est très bonne.

2. — COURBES ANNUELLES DE DÉBIT DE SELS ET TONNAGE GLOBAL TRANSPORTÉ

Soit Q et p les débits journaliers et poids de sels dissous du Chari à Fort-Lamy, Q_1 et p_1 ceux à Chagoua, Q_2 et p_2 ceux à Fort-Foureau.

Les valeurs journalières des débits de sels à Fort-Lamy sont calculées par :

$$Qp = Q_1 p_1 + Q_2 p_2$$

Par planimétrage des courbes $Qp = f(t)$, on obtient le poids total d'ions dissous transporté annuellement (fig. 6) :

$$T = \int_{t_1}^{t_2} Qp dt$$

l'année hydrologique est comptée du 1^{er} avril au 31 mars, t_1 et t_2 correspondant à ces dates.

Les résultats sont présentés dans le tableau V. Pour les 7 années observées, on aboutit à un total de $14 \cdot 10^9$ t, les valeurs se répartissent de $1,4 \cdot 10^9$ t à $2,6 \cdot 10^9$ t avec une moyenne de $2,0 \cdot 10^9$ t. Ces 7 années sont très représentatives comprenant des crues moyennes, faibles ($29,2 \cdot 10^9$ m³) et fortes ($52,1 \cdot 10^9$ m³).

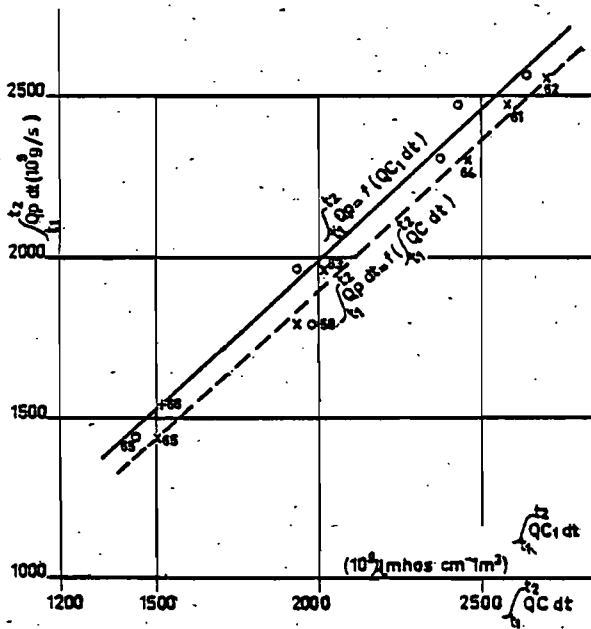


FIG. 10. — Corrélations :

$$\int_{t_1}^{t_2} Qp dt = f \left(\int_{t_1}^{t_2} QC_1 dt \right)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} Qp dt = f \left(\int_{t_1}^{t_2} QC dt \right)$$

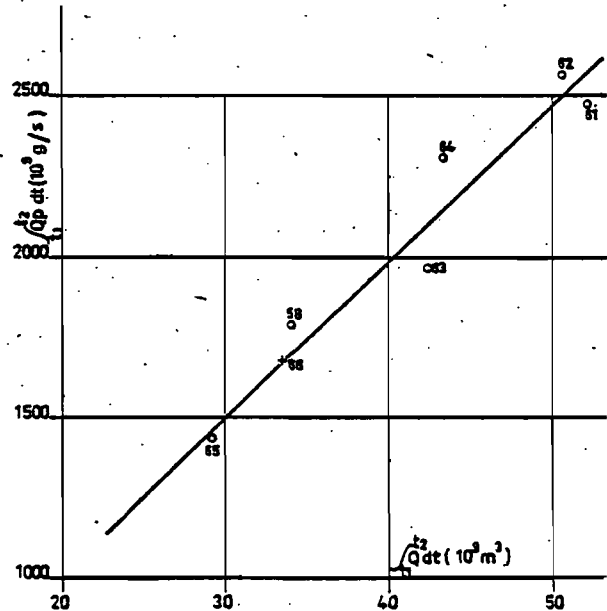


FIG. 11. — Corrélations :

$$\int_{t_1}^{t_2} Qp dt = f \left(\int_{t_1}^{t_2} Q dt \right)$$

La corrélation
$$T = f \left(\int_{t_1}^{t_2} QC_1 dt \right)$$

permet de connaître le poids de sels transporté annuellement en fonction du débit à Fort-Lamy et de la conductivité à Chagoua (fig. 10). Une valeur de T pour l'année 1966 a été ainsi déterminée à 1 545 000 tonnes.

La corrélation
$$T = f \left(\int_{t_1}^{t_2} Q dt \right) = f(V)$$

peut également permettre une estimation du poids de sels transporté annuellement en fonction du volume écoulé (fig. 11).

Ceci s'explique par les faibles amplitudes de la salinité et ses variations régulières; étant donné les faibles concentrations, c'est finalement le débit et par suite le volume écoulé qui est le facteur principal de la quantité de sels transportée.

Pour 1966, la quantité de sels déterminée par cette corrélation est de 1 680 000 t.

On adoptera pour cette année la moyenne des valeurs trouvées, soit 1 612 000 t.

Cette dernière corrélation permet également des évaluations pour toutes les années dont on connaît le volume écoulé. On trouve ainsi pour la période 1932-1966 une valeur minimale de $1,2 \cdot 10^6$ t en 1940 ($23 \cdot 10^9$ m³), maximale de $2,7 \cdot 10^6$ t en 1955 ($54 \cdot 10^9$ m³) et moyenne de $2,2 \cdot 10^6$ t ($42 \cdot 10^9$ m³). Ces résultats s'écartent peu de ceux observés en 1965 et 1962. D'après BILLON, B. sur la période 1870-1966 les volumes écoulés extrêmes auraient été de 15 et $60 \cdot 10^9$ m³/s. En admettant que la corrélation soit valable pour ces valeurs, on aboutit à des poids extrêmes $0,7 \cdot 10^6$ t et $3,0 \cdot 10^6$ t.

Le débit de sels peut ainsi passer de 7,7 kg/s lors d'un étiage prononcé (1958) à 260 kg/s pour une forte crue (1962), le débit moyen interannuel étant de 70 kg/s (1958-1966).

La valeur moyenne de $2,2 \cdot 10^6$ représente un débit spécifique de 37 kg/km²/an sur les 600 000 km² du bassin. En fait cette superficie est tout à fait théorique, une bonne partie étant pratiquement endoréique.

À partir de ces tonnages transportés, connaissant le volume écoulé, on peut calculer les teneurs moyennes annuelles en ions dissous des différentes années (tableau V). Sur les 7 années étudiées, elles varient de 46,3 à 53,2 avec une moyenne de 49,5 mg/l.

On peut ainsi retrouver à l'aide des corrélations conductivité - teneurs en sels (tableau IV) les conductivités moyennes annuelles et, par suite, les résidus solubles moyens annuels. Avec un résidu soluble moyen interannuel de 66 mg/l, on calcule ainsi par exemple de 1932 à 1966 un apport moyen interannuel de $2,8 \cdot 10^6$ t.

3. — TONNAGE DES DIFFÉRENTS SELS TRANSPORTÉS

Dans la première partie (§ 7), nous avons calculé les proportions des différents ions ou minéraux en fonction du poids total des ions dissous. À partir de ces résultats et des tonnages d'ions dissous transportés, on peut évaluer un ordre de grandeur des poids annuels des différents ions qui transitent et des poids maximaux de divers minéraux qui seraient éventuellement susceptibles de se déposer dans le Lac ou les nappes et mares situées autour du Lac.

Prenons pour exemple le sodium et le natron :

Les teneurs en sodium observées variant de 3,9 à 7,8 % du poids total des ions, les tonnages de sodium, transités de 1932 et 1966 à Fort-Lamy, auraient été compris entre un minimum de $47 \cdot 10^3$ à $94 \cdot 10^3$ t (1940) et un maximum de $105 \cdot 10^3$ à $211 \cdot 10^3$ t (1955). La moyenne des teneurs en sodium et celle des tonnages transportés fournissent un tonnage de sodium moyen annuel de $132 \cdot 10^3$ t.

Pour le natron on calcule ainsi, avec des teneurs potentielles comprises entre 48 et 97 % du poids total, un transport maximal de $5,8 \cdot 10^6$ à $1,2 \cdot 10^6$ t en 1940, de $1,3 \cdot 10^6$ à $2,6 \cdot 10^6$ t en 1955 et une moyenne interannuelle de $1,7 \cdot 10^6$ t.

TABLEAU V

Volumens écoulés par le Logone et le Chari à Fort-Lamy

Poids de sels apporté au Lac Tchad

Année	V ₁ 10 ⁹ m ³	V ₂ 10 ⁹ m ³	V 10 ⁹ m ³	% V Logone	T (tonnes)	p (mg/l)	C (µmhos cm ⁻¹)
1957	22,74	12,17	34,91	34,9	—	—	—
1958	21,39	12,68	34,07	37,2	1 793 664	52,6	56,7
1959	27,13	11,99	39,12	30,6	—	—	—
1960	—	—	—	—	—	—	—
1961	38,60	13,48	52,08	25,9	2 477 952	47,6	49,5
1962	38,58	11,88	50,46	23,5	2 560 890	50,8	53,5
1963	30,10	12,27	42,37	29,0	1 963 008	46,3	47,6
1964	31,10	12,24	43,34	28,2	2 305 152	53,2	56,7
1965	18,83	10,37	29,20	35,5	1 434 240	49,1	51,5
1966	(22,56)	(11,00)	33,56	(32,8)	1 612 000	48,0	50
Total 1958 et 1961-1966	201,16	83,92	285,08	—	14 146 906	—	—
Moyenne 1958 et 1961-1966	28,73	11,99	40,73	29,4	2 020 887	49,6	51,9

Conclusion

Cette note fait le point des connaissances hydrochimiques acquises sur le Chari et ses affluents et permet de préciser le programme d'études en cours sur la physico-chimie du système hydrologique du Lac Tchad.

Les apports en sels par le Chari au Lac ont pu être estimés à Fort-Lamy où ils représentent légèrement moins de 95 % des apports de tous les tributaires et plus de 83 % des apports totaux par les fleuves et les précipitations. Certaines interprétations ont pu être limitées par la précision des analyses, toutefois l'erreur sur les évaluations finales est assez réduite car les charges solubles étant faibles, c'est finalement le volume écoulé, mesuré avec une bonne précision, qui reste le facteur déterminant des quantités de sels transportées.

Les valeurs à retenir pour Fort-Lamy sont les suivantes :

Eaux de pluies récoltées en juin 1967 au pluviographe de Fort-Lamy: de 24 à 330 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$. Ces résultats peuvent être faussés par les poussières recueillies entre deux averses.

Températures: de 19 à 31° suivant l'époque de l'année (température moyenne mensuelle de l'air 23 à 32°).

pH: de 7,1 à 7,7.

Résidus solubles RS: de 50 à 91 mg/l suivant l'époque de l'année.

Poids total des ions dissous p: de 34 à 74 mg/l. Moyennes annuelles de 46,3 à 53,2. Moyenne interannuelle 49,5 mg/l.

Chlorures: en quantités non dosables avec les méthodes volumétriques.

Sulfates: même remarque que pour les chlorures.

Carbonates: inexistantes.

Bicarbonates: de 0,65 à 1,0 me/l soit de 71 à 77 % du poids total des ions dissous.

Alcalino-terreux et alcalins :

Ca = de 0,24 à 0,45 me/l ou de 8,6 à 14,1 % du poids total des ions dissous;

Mg = de 0,15 à 0,4 me/l ou de 2,9 à 7,5 % du poids total; $0,30 < r\text{Ca} + r\text{Mg} < 0,64$;

Na = de 0,11 à 0,22 me/l ou de 3,9 à 7,8 % du poids total;

K = de traces à 0,15 me/l ou de zéro à 7,0 % du poids total.

Ces eaux sont bicarbonatées, sans cations prédominants ou à tendance légèrement calcique.

$0,2 < r \left(\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{\text{Na} + \text{K}} \right) < 0,4$ pour $0,8 < r p < 2$ me/l.

Le faciès chimique avec l'augmentation de la charge soluble semble évoluer de :

$r\text{Mg} > r\text{Ca} > r\text{Na} + \text{K}$ vers $r\text{Ca} > r\text{Na} + \text{K} > r\text{Mg}$

Eléments traces :

Sr = Ba > Zn = Ti > Mn > Pb = Cu >

60 à 100 mg/m³ 1,8 à 3 mg/m³

V ≠ Cr > Sn = Rb > Ni = Li > Mo

1,2 à 3 mg/m³ 0,2 mg/m³

Conductivité: Généralement de 35 à 80 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ suivant l'époque de l'année, valeurs extrêmes observées : 30 et 87 $\mu\text{mhos cm}^{-1}$.

Minimum les premiers jours d'août avec l'amorce de la grande crue, maximum fin avril début mai à la fin de l'étiage.

Corrélations conductivité - salinité :

$$RS = 0,713 C + 29 \text{ de } 30 \text{ à } 300 \mu\text{mhos cm}^{-1}$$

$$p = 0,700 C + 13 \text{ de } 30 \text{ à } 110 \mu\text{mhos cm}^{-1}$$

$$p' = 0,370 C + 10 \text{ de } 30 \text{ à } 80 \mu\text{mhos cm}^{-1}$$

$$p'' = 0,555 C \quad \text{de } 80 \text{ à } 300 \mu\text{mhos cm}^{-1}$$

Apports du Logon : 29 % des apports liquides totaux sur 7 années bien représentatives.

Débits d'ions dissous (Ca, Mg, Na, K, CO₃H) : débit observé maximum 260 kg/s, minimum (observé) 7,7 kg/s. Débit journalier moyen interannuel (1932-1966) 70 kg/s. Débit spécifique moyen interannuel (1932-1966) 3,67 t/km²/an ou 116 mg/km²/s.

Tonnages globaux d'ions dissous transités de 1932 à 1966 :

— de 1958 à 1966 : de 1,4.10⁶ t (pour 29,2.10⁹ m³ en 1964) à 2,6.10⁶ t (pour 50,5.10⁹ m³ en 1962) avec une moyenne de 2,0.10⁶ t (pour 40,7.10⁹ m³);

— de 1932 à 1966 : Minimum évalué par corrélation de 1,2.10⁶ t (pour 23.10⁹ m³) à 2,7.10⁶ t (pour 54.10⁹ m³) avec une moyenne de 2,2.10⁶ tonnes.

— de 1870 à 1966 : Minimum de 0,7.10⁶ t (pour 15.10⁹ m³) à 3,0.10⁶ t (pour 60.10⁹ m³).

Tonnages des différents ions et minéraux transités (1932-1966). Exemple du sodium : de 47.10³ à 211.10³ t suivant les années et les pourcentages adoptés, moyenne interannuelle voisine de 1,3.10⁵ tonnes. Exemple du natron (valeurs maximales éventuellement susceptibles de cristalliser) : de 5,8.10⁵ à 2,6.10⁶ t, moyenne interannuelle 1,7.10⁵ tonnes.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie générale ne concernant pas le bassin tchadien

- ANONYME. — Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States salinity Laboratory staff. *Agricult. Hand Book*, n° 160, 160 p.
- ANONYME. — 1961. — Les problèmes de la salinité dans les régions arides. *Actes du Colloque de Téhéran*. Unesco, Paris (1961), 395 p., 110 fig., 110 tabl., bibliogr.
- ANONYME. — 1966. — Tables océanographiques internationales. Relation conductivité-salinité des eaux de mer. Nat. Inst. of Ocean. of Great Britain and Unesco.
- CASTANY (G.). — 1963. — *Traité pratique des eaux souterraines*. Dunod, Paris, 657 p.
- COX (R. A.). — 1963. — *Progress in océanography. The salinity problem*. Ed. Dr. Sears. Pergamon press.
- CONRAD et ROCHE (M. A.). — 1965. — Étude stratigraphique et hydrogéologique de l'extrémité méridionale de la Hamada du Guir. *Bull. Soc. géol. de France* (7), VII, 1965, p. 695-712.
- CARBONNEL (J. P.) et GUISCAPRE (J.). — 1962. — Grand Lac du Cambodge. Sédimentologie et Hydrologie. O.R.S.T.O.M., 401 p., 99 fig.
- COLOMBANI (J.). — 1966. — Premiers résultats des mesures de qualité des eaux au Togo et au Dahomey. Contribution à la méthodologie des mesures systématiques des débits solides en suspension. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Lomé, 12 p., annexe, fig.
- CONRAD (G.), FONTES (J.), LETOLLE (R.) et ROCHE (M. A.). — 1966. — Étude isotopique de l'oxygène des eaux de la Haute Saoura (Sahara Nord Occidental). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 262, p. 1058-1061, 7 mars 1966, série D.
- DUBREUIL (P.). — 1961. — Aménagement des lacs Télé et Faguibine. Étude hydro-climatique. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 78 p.
- DUSSART (B.). — 1966. — *Limnologie*. Gauthier-Villars, Paris, 678 p.
- ENIKEFF (M. G.). — 1939. — Le transport des sels dissous par le Niger en 1938. *C. R. Ac. Sc.*, t. 209, p. 229-231, juil. 1939.
- HALLOPEAU (J.). — 1960-1961. — Les équilibres carboniques dans les eaux. *Rev. Terres et Eaux*, n° 35, p. 230, avril 1960-janvier 1961.
- KUFFERATH (J.). — 1951. — Représentation graphique et classification chimique rationnelle en types des eaux naturelles. Inst. roy. de Sc. nat. de Belgique, *Bull.*, tome XXVII, n° 43 et 45, 1951.
- LERIQUE (J.). — 1965. — Étude de la remontée de la marée et de la salinité dans les rivières Komo, Mbeï et Awebé. Serv. hydrol. O.R.S.T.O.M.
- LIVINGSTONE (D. A.). — *Chemical composition of rivers and lakes. Data of geochemistry*, Duke Univers., Durham, North Carolina.
- MANGIN (J. Ph.). — 1963. — Étude des phénomènes actuels d'érosion, de transport et de sédimentation conduisant à des dépôts alternants. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 5, séance du 6 mai 1963, p. 153.
- MANGIN (J. Ph.), LECOLLE (J.), MATHIEU (Ph.), MONNET (Cl.), PINTA (S.), SIRCOULON (J.). — 1967. — Géochimie des eaux naturelles; le transport en solution par un fleuve de Côte-d'Ivoire. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 262, 23 mai 1967.
- MARGAT (J.). — 1962. — Mémoire explicatif de la carte hydrogéologique au 1/50 000^e de la plaine du Tafilalt. *Edit. du Serv. géol. du Maroc*. Rabat, 242 p.
- MARGAT (J.). — 1963. — Notice explicative du diagramme logarithmique d'analyse d'eau. B.R.G.M., Paris, DS. 63. A. 31, avril 1963.

- MARTIN (R.). — 1958. — Relation entre la résistivité des eaux et leur composition chimique. *Rev. de l'Inst. Français du Pétrole*, juin 1958, XIII, n° 6, p. 985-996.
- MONITION (L.). — 1966. — Les graphiques à base trilinéaire représentatifs de la composition chimique des eaux souterraines. Le diagramme en losange. B.R.G.M.
- MONTAGNE (P.). — 1965. — Sur un procédé simple d'étude des eaux d'un bassin versant par le moyen d'analyses écrites sous forme réduite. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 260, 15 février 1965, gr. 10.
- PINTA (M.). — 1962. — Recherche et dosage des éléments traces. Dunod, Paris, 726 p.
- ROCHE (M.). — 1962. — Hydrologie de surface. Gauthier-Villars, Paris, 166 p.
- RICHARD (C.) et NGUYEN VAN CU. — 1961. — Relation entre la résistivité d'une eau et son taux de minéralisation. Modification de la règle de Dorochevski. *Rev. L'eau*, janvier 1961, p. 22-24.
- ROCHETTE (C.). — 1964. — Remontée des eaux marines dans le Sénégal. Serv. hydrol. O.R.S.T.O.M., Paris, avril 1964; 81 p., annexe.
- SCHOELLER (H.). — 1962. — Les eaux souterraines. Masson et Cie éd., Paris, 642 p., 187 fig., bibliogr.
- SCHOELLER (H.). — Hydrologie des régions arides. Progrès récents. Unesco.
- TALLING (J. F.) - (I. B.). — 1965. — The chemical composition of african lake waters. *Int. Rev. ges hydrobio.* 50, 3, 1965, 421-463.
- TRESCASES (J. J.). — 1965. — Bilan géochimique de l'altération des péridotites en Nouvelle-Calédonie. O.R.S.T.O.M., Nouméa, août 1965.
- WILMS (D. A.), HAUTE VAN (A. A.), RAND (M. C.). — 1963. — Équilibres des carbonates dans les eaux naturelles. *Conférence à la « Convencion mundial de ingeniera quimica »*, Mexico city, 17-21 octobre 1963.

Bibliographie concernant le bassin tchadien

- ANONYME. — 1956. — Régime de l'El Beid. Supplément 1955 à la monographie du Logone inférieur. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., avril 1956.
- ANONYME. — 1959. — Polder de Bol. Débit d'infiltration. Étude des vents. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., mars 1959, 2 notes, 10 p., 5 fig.
- ANONYME. — 1959. — Évaluation du débit d'infiltration dans le polder de Bol. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., mars 1959, 2 notes, 8 p.
- ANONYME. — 1965. — Observations et mesures hydrologiques dans les vallées sèches du Niger. Campagne 1965, Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.
- ANONYME. — 1965. — Données climatologiques concernant la région de Bol durant les années 1963-1964. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 16 p.
- ANONYME. — 1966. — Esquisse hydrologique du Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 1 carte imp.
- ANONYME. — 1964. — Bilan sommaire des études d'hydrologie de surface effectuées sur le territoire de la République du Niger. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.
- ANONYME. — Annuaire hydrologique du Niger. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.
- BILLON B. et al. — Monographie du Chari. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., en cours.
- BILLON (B.). — 1965. — La prévision des crues du Lac Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., février 1965, 41 p.
- BILLON (B.). — 1963. — Navigabilité du Chari et du Lac Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.
- BILLON (B.). — Relations entre les crues du Chari et les crues du Lac Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., en cours.

- BILLON (B.), BOUCHARDEAU (A.), ROCHE (M.) et RODIER (J.). — 1966. — Monographie hydrologique du Logone. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 5 vol.
- BILLON (B.), CALLÈDE (J.) et SABATIER (J.). — 1963. — Étude hydroclimatologique des polders de la région de Bol. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., octobre 1963, 69 p., 56 fig.
- BLACHE (J.). — 1964. — Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kébi. O.R.S.T.O.M., Paris, 478 p., imp.
- BOCQUIER (G.) et GAVAUD (M.). — 1964. — Étude pédologique du Niger oriental. Rapport général, tome I, Serv. Pédo., février 1964, 80 p.
- BOUCHARDEAU (A.). — 1953. — Reconnaissance du réseau hydrographique tributaire du Lac Tchad au Nord Cameroun. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Paris, 19 p., fig.
- BOUCHARDEAU (A.) et LEFÈVRE (R.). — 1957. — Monographie du Lac Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 112 p., 24 fig. 1 carte.
- BOUCHARDEAU (A.). — 1958. — Le Lac Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Paris, 1958, Annuaire hydrologique de la France d'Outre-Mer, année 1956, p. 9-26, imp.
- BOUCHARDEAU (A.). — 1958. — Salinité des eaux du Lac Tchad. Interprétation des résultats. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., 5 p., dactyl.
- BOUCHARDEAU (A.). — 1959. — Mesures de débits solides sur le Logone. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., novembre 1959, *Congrès C.C.T.A.*, Yaoundé 17-21 novembre 1959.
- CHEVERRY (C.). — 1965. — Essai de caractérisation des sols des polders de Bol (Rive du Lac Tchad). Serv. Pédo. O.R.S.T.O.M., octobre 1965, 120 p.
- COURTET (H.). — 1905. — Les sels de la région du Tchad. *C. R. Ac. Sc. Paris*, p. 316-318.
- DIELEMAN (P. J.) et RIDDER DE (N. A.). — 1963. — Expertise sur les mouvements des eaux et du sel dans le polder de Bol Guini. Inst. Internat. pour l'amélioration et la mise en valeur des terres, Wageningen, Hollande, juillet 1963.
- DUPONT (B.) et LEVEQUE (Ch.). — 1967. — Biomasse en mollusques et nature des fonds dans la zone est du Lac Tchad. O.R.S.T.O.M., mars 1967, 18 p.
- DUPONT (B.). — Premières données sur les apports éoliens à Fort-Lamy (Tchad). Sect. Géol. O.R.S.T.O.M., 2 p., annexes.
- FAURE (H.). — 1965. — Inventaire des évaporites du Niger. Mission 1963. B.R.G.M. Dakar, 65, A7, 3 vol.
- FAURE (H.). — 1965. — Évolution des grands lacs sahariens à l'Holocène. Note présentée au *Congrès de l'INQUA*, Denver, août 1965.
- GRAS (R.). — 1964. — Rapport sur la détermination sommaire des principaux biotopes du Lac Tchad. Sect. Hydrobiol. O.R.S.T.O.M., 41 p.
- GRAS (R.), ILLIS (A.) et DUWAT (S.). — Le plancton du Bas Chari et de l'Est du Lac Tchad. Sect. Hydrobiol. O.R.S.T.O.M., sous presse.
- GUICHARD (E.). — 1957. — Eaux du Lac Tchad et mares permanentes au Nord d'Ira. Comm. Sc. du Logone et du Tchad. Sect. Péd. O.R.S.T.O.M., 26 p.
- GUICHARD (E.). — 1957. — Sédimentation du Lac Tchad. Comm. Sc. du Logone et du Tchad. Serv. Pédo. O.R.S.T.O.M., 46 p.
- HÉBERT. — 1905. — Contribution à l'étude chimique des sels, des eaux et des produits minéraux de la région du Chari et du Lac Tchad. *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 140, p. 163-1965.
- HOPSON (A. J.). — 1965. — Winter scale rings in *Lates niloticus* (Pisces - Centropomidae) from Lake Chad. *Nature*. Vol. 208, n° 5 014, p. 1013-1014, décembre 4 - 1965.
- ILLIS (A.) et ROCHE (M. A.). — 1967. — Compte rendu de mission sur le Lac Tchad. Serv. hydrol. O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, 8 p., 1 carte.

- LACROIX (M. A.). — 1905. — Résultats géologiques et minéralogiques de récentes explorations dans l'Afrique Occidentale Française et dans la région du Tchad. *Rev. Coloniale*, nouvelle série, n° 25, avril 1905, p. 205-223.
- PIAS (J.). — 1958. — Transgressions et régressions du Lac Tchad à la fin de l'ère tertiaire et quaternaire. *C. R. Acad. Sc.*, t. 246, p. 800-803.
- PIAS (J.). — 1966. — Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas Chari, des régions riveraines du Lac Tchad et du Bahr el Ghazal. *Serv. Pédol. O.R.S.T.O.M.*, 5 vol.
- PIAS (J.) et BARBERY (J.). — 1960-1963. — Évolution de la salinité dans le polder du Lac Tchad. *Serv. Pédol. O.R.S.T.O.M.*, 3 vol.
- POCHARD (P.). — 1943. — Contribution à l'étude des eaux souterraines, des sels et des natrons de la région du Tchad. *Rev. Sc. Med. Pharm. et Veter. de l'Afr. Fr. L.* mars 1943.
- POURIOT (R.), ILLIS (A.) et DUWAT (S.). — Le plancton des mares natronées du Tchad. *Sect. Hydrobiol. O.R.S.T.O.M.*, sous presse.
- RIOU (Ch.). — 1966. — Le calcul de l'évaporation par la méthode du bilan énergétique en zone sahélienne. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Cahier O.R.S.T.O.M. d'Hydrol.*, n° 5, imp.
- RIOU (Ch.) et DUBOIS (G. J.). — 1966. — Premières mesures d'évaporation potentielle en République du Tchad. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.*, 11 p.
- RIOU (Ch.), CALLÈDE (J.) et BOUCHARDEAU (A.). — 1964. — Résultats récents des mesures d'évaporation au Tchad. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.*, mars 1964, 17 p.
- RIOU (Ch.) et DUBOIS (G. J.). — 1966. — Relations entre l'évaporation en bac, l'évapotranspiration potentielle et l'évaporation sous abri dans la zone sahélienne de la République du Tchad. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.*, 9 p.
- RIOU (Ch.) et DUBOIS (G. J.). — 1966. — L'utilisation des bacs d'évaporation sous climat sahélien. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Cahier O.R.S.T.O.M. d'Hydrol.*, n° 5, imp.
- RODIER (J.). — 1956. — Détermination des données hydrologiques en vue de l'étude du projet de pont à Chagoua sur le Chari. *Comm. Sc. du Logone et du Tchad. Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M.*, 13 p., 7 fig.
- RODIER (J.). — 1964. — Régime hydrologique de l'Afrique Noire à l'ouest du Congo. Gauthier-Villars, O.R.S.T.O.M., 137 p.
- TILHO (J.). — 1909. — Document scientifique de la mission TILHO 1906-1909. Imp. nat., Paris, 3 t.
- TOUCHEBŒUF DE LUSSIGNY (P.). — 1966. — Bilan hydrologique du Lac Tchad. *Serv. Hydrol. O.R.S.T.O.M., Communication au Symposium de Garda. A.I.H.S. Publ. n° 70*, vol. 1, p. 7-16, imp.

ANNEXE

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1958

Date	Q_1 (m^2/s)	Q_2 (m^2/s)	Q (m^2/s)	C_1 ($\mu mhos$ cm^{-1})	C_2 ($\mu mhos$ cm^{-1})	C ($\mu mhos$ cm^{-1})	P_1 (g/m^2)	P_2 (g/m^2)	P (g/m^2)	Q_1 10^3 (g/s)	Q_2 10^3 (g/s)	Q 10^3 (g/s)
23-7	279	544	823	52	43	46	49	43	45	137	234	371
1-8	610	575	1 185	39	58	48	40	54	47	244	311	555
6-8	569	631	1 200	39	60	50	40	55	48	228	347	575
12-8	491	651	1 142	52	50	51	49	48	49	241	312	553
19-8	749	663	1 412	38	48	43	40	47	43	300	312	612
27-8	997	683	1 680	44	44	44	44	44	44	439	301	740
3-9	1 276	699	1 975	44	47	45	44	46	45	561	322	883
10-9	1 555	723	2 278	41	56	46	42	52	45	653	376	1 029
16-9	1 711	743	2 454	51	49	50	49	47	48	838	349	1 187
24-9	1 870	767	2 637	46	55	49	45	52	47	842	399	1 241
2-10	1 885	801	2 686	51	50	51	49	48	49	924	384	1 308
9-10	1 923	824	2 747	60	56	59	55	52	54	1 056	428	1 484
15-10	1 942	836	2 778	47	55	49	46	52	47	893	435	1 328
22-10	1 916	856	2 772	87	57	78	74	53	68	1 418	454	1 872
27-11	1 366	820	2 186	75	54	67	66	51	60	902	418	1 320
3-12	1 101	759	1 860	59	62	60	54	55	55	595	425	1 020
16-12	658	537	1 195	56	72	63	52	63	57	342	338	680
23-12	622	388	1 010	74	67	71	65	60	63	404	233	637
30-12	609	253	862	67	66	67	60	59	60	365	149	514

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1959

Date	Q_1 (m^2/s)	Q_2 (m^2/s)	Q (m^2/s)	C_1 (μmhos cm^{-1})	C_2 (μmhos cm^{-1})	C (μmhos cm^{-1})	P_1 (g/m^2)	P_2 (g/m^2)	P (g/m^2)	Q_1 10^3 (g/s)	Q_2 10^3 (g/s)	Q 10^3 (g/s)
5-1	537	227	764	56	68	60	52	61	55	279	138	417
20-1	391	175	566	69	77	72	61	67	63	239	117	356
27-1	334	153	487	83	82	83	71	70	71	237	107	344
14-2	220	118	338	54	64	57	51	58	53	112	68	180
21-2	179	111	290	66	69	67	59	61	60	106	68	174
28-2	154	98	252	65	66	65	59	59	59	91	58	149
9-3	129	84	213	77	69	74	67	61	64	86	51	137
14-3	111	78	189	73	72	72	64	63	63	71	49	120
21-3	88	74	162	74	75	75	65	66	65	57	49	106
18-4	54	59	113	87	72	79	74	63	68	40	37	77
3-11	2 793	912	3 705	53	55	53	50	52	50	1 397	474	1 871
9-11	2 793	912	3 705	50	62	53	48	56	50	1 341	511	1 852
16-11	2 774	904	3 678	63	78	67	57	68	60	1 581	615	2 196
2-12	2 188	788	2 971	56	65	58	52	59	54	1 138	465	1 603
28-12	784	300	1 084	60	66	62	55	59	56	431	177	608

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1960

Date	Q_1 (m^2/s)	Q_2 (m^2/s)	Q (m^2/s)	C_1 (μmhos cm^{-1})	C_2 (μmhos cm^{-1})	C (μmhos cm^{-1})	P_1 (g/m^2)	P_2 (g/m^2)	P (g/m^2)	Q_1 10^3 (g/s)	Q_2 10^3 (g/s)	Q 10^3 (g/s)
13-1	553	200	753	68	69	68	61	61	61	337	122	459
21-1	485	170	655	62	63	62	56	57	56	272	97	369
26-1	448	152	600	63	66	64	57	59	58	255	90	345
3-2	404	132	536	60	56	59	55	52	54	222	69	291
13-2	333	116	449	63	60	62	57	55	56	190	64	254
20-2	287	108	395	85	62	79	73	56	68	210	60	270
1-3	217	96	313	69	60	66	61	55	59	132	53	185
8-3	167	95	232	60	64	61	55	58	56	92	55	147
23-3	104	83	187	81	65	74	70	59	65	73	49	122
26-3	87	81	168	67	75	71	60	66	63	52	53	105
7-4	80	60	140	64	63	64	58	57	58	46	34	80
16-4	79	57	136	64	62	63	58	56	57	46	32	78
23-4	72	68	140	66	64	65	59	58	59	42	39	81
14-5	65	124	189	56	50	52	52	48	49	34	60	94
31-5	93	192	285	61	60	56	55	55	55	52	106	158

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1962

Date	Q ₁ (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	C ₁ (μmhos cm ⁻¹)	C ₂ (μmhos cm ⁻¹)	C (μmhos cm ⁻¹)	P ₁ (g/m ³)	P ₂ (g/m ³)	P (g/m ³)	Q ₁ 10 ³ (g/s)	P ₂ 10 ³ (g/s)	Q 10 ³ (g/s)
4-1	1 066	280	1 346	56	61	57	52	56	53	554	157	711
18-1	780	192	972	55	65	57	52	59	53	406	113	519
25-1	685	163	848	54	57	54	51	53	51	349	86	435
1-2	602	145	747	53	56	53	50	52	50	301	75	376
8-2	533	130	663	56	58	55	52	54	52	277	70	347
15-2	491	116	607	54	54	54	51	51	51	250	59	309
23-2	420	102	522	55	57	55	52	53	52	218	54	272
1-3	384	92	476	52	60	53	49	55	50	188	51	239
16-3	309	76	385	49	59	50	47	54	48	145	41	186
22-3	285	70	355	48	58	50	47	54	48	134	38	172
29-3	271	65	336	51	59	53	49	54	50	133	35	168
7-4	261	77	338	53	55	54	50	52	51	131	40	171
13-4	245	105	350	54	57	55	51	53	52	125	56	181
19-4	304	78	382	53	53	53	50	50	50	152	39	191
26-4	277	67	344	49	52	49	47	49	47	130	33	163
3-5	256	61	317	47	49	47	46	47	46	118	29	147
11-5	240	77	317	47	49	47	46	47	46	110	36	146
17-5	246	84	319	48	51	51	47	49	49	116	41	157
24-5	278	120	398	44	45	44	44	45	44	122	54	176
1-6	280	120	400	45	47	45	45	46	45	126	55	181
8-6	250	117	367	45	49	47	45	47	46	113	55	168
14-6	245	130	375	46	47	45	45	46	45	110	60	170
21-6	260	158	418	51	51	51	49	49	49	127	77	204
29-6	294	216	510	50	49	50	48	47	48	141	102	243
5-7	336	268	604	48	37	44	47	39	44	158	105	263
12-7	452	286	738	43	38	42	43	40	42	194	114	308
19-7	496	295	791	41	39	40	42	40	41	208	118	328
26-7	569	334	903	39	39	39	40	40	40	228	134	362
2-8	585	376	961	39	40	39	40	39	40	234	147	381
9-8	623	387	1 010	40	44	42	41	44	42	255	170	425
17-8	649	440	1 089	42	42	42	42	42	42	273	176	449
23-8	907	433	1 340	40	41	40	41	42	41	372	183	555
6-9	1 235	782	2 017	42	54	47	42	51	46	519	399	918
15-9	1 520	910	2 430	44	51	47	44	49	46	669	446	1 115
21-9	1 844	873	2 717	45	53	48	45	50	47	830	437	1 267
27-9	2 139	930	3 069	44	52	47	44	49	46	941	456	1 397
4-10	2 542	945	3 487	43	50	44	43	48	44	1 093	454	1 547
12-10	2 773	960	3 733	44	53	47	44	50	46	1 220	480	1 700
18-10	3 000	960	3 960	49	55	50	47	52	48	1 410	499	1 909
19-10	3 070	960	4 030	48	54	49	47	51	48	1 443	490	1 933
25-10	3 397	960	4 357	50	60	52	48	55	50	1 631	528	2 159
15-11	3 690	920	4 610	61	64	62	56	58	56	2 066	534	2 600
22-11	3 514	840	4 354	60	69	60	55	61	56	1 933	512	2 445
29-11	3 330	690	4 020	61	63	61	56	57	56	1 865	393	2 258
6-12	3 070	540	3 610	55	63	56	52	57	53	1 596	308	1 901
13-12	2 741	450	3 191	55	63	56	52	57	53	1 425	257	1 682
20-12	2 222	385	2 607	65	85	68	59	73	61	1 311	281	1 592
27-12	1 741	330	2 071	60	68	61	55	61	56	958	201	1 159

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1963

Date	Q ₁ (m ³ /s)	Q ₂ (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	C ₁ (μmhos cm ⁻¹)	C ₂ (μmhos cm ⁻¹)	C (μmhos cm ⁻¹)	P ₁ (g/m ³)	P ₂ (g/m ³)	P (g/m ³)	Q ₁ 10 ³ (g/s)	P ₁	Q ₂ 10 ³ (g/s)	P ₂	Q 10 ³ (g/s)	P
3-1	1 387	275	1 662	55	66	57	52	59	53	721		162		883	
10-1	1 171	230	1 401	55	59	56	52	54	52	609		124		727	
17-1	1 024	192	1 216	57	56	57	53	52	53	543		100		643	
24-1	903	165	1 068	58	64	59	54	58	55	488		96		584	
1-2	794	135	929	63	63	63	57	57	57	453		77		530	
7-2	723	115	838	65	65	65	59	59	59	427		68		495	
14-2	654	102	756	63	70	64	57	62	58	373		63		436	
21-2	584	87	671	67	66	67	60	59	60	350		51		401	
2-3	504	73	577	60	68	61	55	61	56	277		45		322	
8-3	457	65	522	58	58	58	54	54	54	247		35		282	
14-3	409	60	469	62	80	64	56	69	58	229		41		270	
21-3	379	67	446	52	57	53	49	53	50	186		36		222	
28-3	348	59	407	52	63	54	49	57	50	171		34		205	
5-4	312	40	352	65	59	64	59	54	59	184		22		206	
11-4	271	45	316	58	65	59	54	59	55	146		27		173	
18-4	262	40	302	60	64	61	55	58	55	144		23		167	
25-4	255	39	294	65	71	68	59	63	60	150		25		175	
2-5	260	70	330	65	68	66	59	61	59	153		43		196	
16-5	319	111	430	54	50	53	51	48	50	163		53		216	
24-5	272	110	382	47	51	48	46	49	47	125		54		179	
30-5	396	130	526	46	(45)	46	45	45	45	178		59		237	
6-6	369	146	515	50	40	47	48	41	46	177		60		237	
13-6	317	97	414	46	50	47	45	48	46	143		47		190	
20-6	289	93	382	48	55	50	47	52	48	136		48		184	
27-6	292	151	443	42	45	43	42	45	43	123		68		191	
4-7	351	122	473	40	40	40	41	41	41	144		50		194	
11-7	291	196	487	43	43	43	43	43	43	125		84		209	
25-7	340	398	738	40	30	35	41	34	37	139		135		274	
1-8	470	470	940	34	36	35	37	38	38	174		179		353	
8-8	760	520	1 280	32	38	34	35	40	37	266		208		474	
16-8	1 350	590	1 940	34	42	36	37	42	39	500		248		748	
22-8	1 387	678	2 065	36	44	39	38	44	40	527		298		825	
29-8	1 584	755	2 339	37	44	39	39	44	41	618		332		950	
5-9	1 917	775	2 692	37	46	40	39	45	41	748		349		1 097	
12-9	2 168	846	3 024	39	47	41	40	48	42	867		389		1 256	
26-9	2 454	960	3 414	44	52	46	44	49	45	1 080		470		1 550	
3-10	2 583	960	3 543	43	52	45	43	49	45	1 111		470		1 581	
10-10	2 556	950	3 506	42	49	44	42	47	43	1 074		447		1 521	
17-10	2 558	960	3 518	45	53	47	45	50	46	1 151		480		1 631	
24-10	2 542	945	3 487	43	51	45	43	49	45	1 093		463		1 556	
31-10	2 478	960	3 438	43	50	45	43	48	44	1 066		461		1 527	
7-11	2 410	932	3 342	44	52	46	44	49	45	1 060		457		1 517	
14-11	2 178	915	3 093	46	54	48	45	51	47	980		467		1 447	
21-11	1 849	892	2 741	51	70	57	49	62	53	906		553		1 459	
29-11	1 495	831	2 326	55	66	58	52	59	54	777		490		1 267	
5-12	1 287	760	2 047	50	52	50	48	49	48	618		372		990	
12-12	1 070	610	1 680	53	60	55	50	55	52	535		336		871	
19-12	936	366	1 302	53	61	55	50	56	52	468		205		673	
26-12	789	300	1 089	57	59	57	53	54	53	418		162		580	

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1964

Date	Q_t (m^3/s)	Q^a (m^3/s)	Q (m^3/s)	C_t ($\mu mhos$ cm^{-1})	C_a ($\mu mhos$ cm^{-1})	C ($\mu mhos$ cm^{-1})	p_1 (g/m^3)	p_2 (g/m^3)	p (g/m^3)	Q_1 p_1 10^3 (g/s)	Q_2 p_2 10^3 (g/s)	Q p 10^3 (g/s)
3-1	679	240	919	55	58	56	52	54	53	353	130	483
9-1	609	210	819	67	67	67	60	60	60	365	126	491
23-1	509	154	663	63	57	62	57	53	56	290	82	372
30-1	452	133	585	61	54	59	56	51	55	253	68	321
6-2	389	122	511	77	59	73	67	54	64	261	66	327
13-2	360	96	456	64	67	64	58	60	59	209	58	267
20-2	316	88	404	62	56	61	56	52	55	177	46	223
27-2	283	78	361	56	62	57	52	56	53	147	44	191
5-3	246	70	316	55	66	57	52	59	53	128	41	169
12-3	221	59	280	56	67	59	52	60	54	115	35	150
19-3	195	51	246	66	65	66	59	59	59	115	30	145
26-3	173	46	219	70	67	69	62	60	62	107	28	135
9-4	134	39	173	77	72	76	67	63	66	90	25	115
16-4	135	45	180	68	66	68	61	59	61	82	27	109
23-4	135	47	182	69	65	68	61	59	60	82	28	110
30-4	195	46	241	76	78	76	66	68	66	129	31	160
7-5	172	72	244	78	65	74	68	59	65	117	42	159
14-5	139	50	189	65	65	65	59	59	59	82	30	112
28-5	140	132	272	67	43	56	60	43	52	84	57	141
4-6	159	157	316	66	45	56	59	45	52	94	71	165
11-6	134	149	283	61	42	51	56	42	49	75	63	138
19-6	120	116	236	68	52	61	61	49	55	73	57	130
25-6	182	140	322	71	58	65	63	54	59	115	76	191
2-7	156	205	361	53	52	53	50	49	49	78	100	178
9-7	159	284	443	51	42	45	49	42	44	78	119	197
16-7	198	328	526	49	40	43	47	41	43	93	134	227
23-7	284	379	663	44	41	42	43	42	43	125	159	284
30-7	473	430	903	35	38	36	38	40	39	180	172	352
6-8	622	520	1 142	34	40	37	37	41	39	230	213	443
13-8	774	600	1 374	39	44	41	40	44	42	310	264	574
20-8	830	650	1 480	40	52	45	41	49	45	340	319	659
27-8	971	685	1 656	43	59	50	43	54	48	418	370	788
31-8	1 148	700	1 848	45	55	49	45	52	48	517	364	881
10-9	1 629	795	2 424	49	53	50	47	50	48	766	398	1 164
17-9	1 770	880	2 650	50	54	51	48	51	49	850	449	1 299
24-9	1 866	930	2 796	50	59	53	48	54	50	896	502	1 398
15-10	2 559	940	3 499	51	60	53	49	55	53	1 352	517	1 869
22-10	2 747	945	3 692	52	63	55	49	57	51	1 346	539	1 885
30-10	2 837	955	3 792	57	60	58	53	55	54	1 504	525	2 029
6-11	2 926	945	3 871	58	56	58	54	52	54	1 580	491	2 071
12-11	2 926	913	3 839	67	67	67	60	60	60	1 756	548	2 304
19-11	2 827	878	3 705	58	60	58	54	55	54	1 527	483	2 010
26-11	2 740	772	3 512	58	61	59	54	56	54	1 480	432	1 912
5-12	2 429	640	3 069	52	63	54	49	57	51	1 190	365	1 555
10-12	2 185	550	2 735	55	68	58	52	61	54	1 136	336	1 472
18-12	1 677	400	2 077	56	67	58	52	60	54	872	240	1 112
24-12	1 384	320	1 704	61	68	62	56	61	57	775	195	970
31-12	1 153	248	1 401	63	69	63	57	61	58	657	151	808

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1965.

Date	Q ₁ (m ² /s)	Q ₂ (m ² /s)	Q (m ² /s)	C ₁ (µmhos cm ⁻¹)	C ₂ (µmhos cm ⁻¹)	C (µmhos cm ⁻¹)	p ₁ (g/m ²)	p ₂ (g/m ²)	p _a (g/m ²)	Q ₁ 10 ⁸ (g/s)	p ₁	Q ₂ 10 ⁸ (g/s)	p ₂	Q 10 ⁸ (g/s)	p
7-1	964	199	1 163	62	68	63	56	61	57	540		121		661	
14-1	801	182	983	62	67	63	56	60	57	449		109		558	
22-1	680	143	823	64	68	65	58	61	58	394		87		481	
28-1	612	122	734	69	75	70	61	66	62	373		81		454	
6-2	518	110	628	65	69	66	59	61	59	306		67		373	
11-2	480	100	580	68	67	68	61	60	61	293		60		353	
18-2	416	88	504	69	64	68	61	58	61	254		51		305	
26-2	361	72	433	64	64	64	58	58	58	209		42		251	
4-3	315	70	385	65	65	65	59	59	59	186		41		227	
12-3	285	59	344	66	68	66	59	61	59	168		36		204	
22-3	235	48	283	65	65	65	59	59	59	139		28		167	
25-3	221	46	267	67	71	68	60	63	61	133		29		162	
2-4	235	43	278	68	71	69	61	63	61	143		27		170	
7-4	212	42	254	87	82	86	74	70	73	157		29		186	
15-4	181	38	219	71	70	71	63	62	63	114		24		138	
22-4	162	32	194	67	75	69	60	66	61	97		21		118	
28-4	143	30	173	69	75	70	61	66	62	87		20		107	
5-5	129	39	168	67	74	68	60	65	61	77		25		102	
12-5	136	76	212	67	63	66	60	57	59	82		43		125	
26-5	139	52	191	65	67	65	59	60	59	82		31		113	
2-6	129	55	184	68	69	68	61	61	61	79		34		113	
17-6	145	104	249	69	63	67	61	57	59	88		59		147	
23-6	136	129	265	62	54	58	56	51	54	76		66		142	
1-7	211	196	407	63	67	65	57	60	58	120		118		238	
8-7	194	255	449	65	49	56	59	47	52	114		120		234	
16-7	215	366	581	53	39	44	50	40	44	108		146		254	
21-7	207	417	624	50	38	42	48	40	43	99		167		266	
29-7	230	500	730	67	45	52	60	45	50	138		225		363	
7-8	358	530	888	38	39	39	40	40	40	143		212		355	
12-8	498	543	1 041	38	38	38	40	40	40	199		217		416	
18-8	639	588	1 227	37	48	42	39	47	43	249		276		525	
26-8	799	698	1 497	36	51	43	38	49	43	304		342		646	
2-9	1 008	732	1 740	39	54	45	40	51	45	403		373		776	
9-9	1 250	785	2 035	38	49	42	40	47	43	500		369		869	
23-9	1 649	805	2 454	45	60	50	45	55	48	742		443		1 185	
30-9	1 736	810	2 546	60	44	55	55	44	51	955		356		1 311	
7-10	1 764	825	2 589	48	62	52	47	56	50	829		462		1 291	
16-10	1 724	810	2 534	49	62	53	47	56	50	810		453		1 263	
20-10	1 730	810	2 540	46	59	50	45	54	48	779		437		1 216	
27-10	1 776	800	2 576	42	58	47	42	54	46	746		432		1 178	
5-11	1 731	797	2 528	42	57	47	42	53	45	727		422		1 149	
17-11	1 499	754	2 253	50	70	57	48	62	53	720		467		1 187	
24-11	1 226	640	1 866	54	75	61	51	66	56	625		422		1 047	
2-12	921	480	1 401	46	63	52	45	57	49	414		274		688	
8-12	703	360	1 063	51	68	57	49	61	53	344		220		564	
15-12	627	211	838	53	69	57	50	61	53	314		129		443	
23-12	508	168	676	55	70	59	52	62	54	264		104		368	
29-12	448	588	588	51	63	54	49	57	51	220		80		300	

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1966

Date	Q (m ³ /s)	C ₁ (μmhos cm ⁻¹)	C ₂ (μmhos cm ⁻¹)	P ₁ (g/m ³)	P ₂ (g/m ³)
6-1	504	54	63	51	57
13-1	446	55	65	52	59
20-1	401	53	60	50	55
27-1	353	50	61	48	56
3-2	319	53	66	50	59
12-2	278	54	62	51	56
17-2	259	52	64	49	58
24-2	226	57	66	53	59
3-3	200	65	67	59	60
9-3	180	62	65	56	59
17-3	153	60	70	55	62
24-3	132	73	77	64	67
30-3	115	66	74	59	65
6-4	104	69	69	61	61
15-4	92	71	76	63	66
29-4	95	73	77	64	67
4-5	100	73	73	64	64
12-5	143	67	75	60	66
20-5	171	71	64	63	58
27-5	246	59	54	54	51
3-6	254	54	50	51	48
8-6	262	53	56	50	52
15-6	367	57	42	53	42
22-6	336	55	37	52	53
30-6	370	45	50	45	48
6-7	453	48	49	47	47
15-7	573	46	40	45	41
21-7	647	42	39	42	40
28-7	782	32	42	35	42
4-8	919	37	39	39	40
10-8	1 042	36	44	38	44
18-8	1 205	33	38	36	40
25-8	1 368	35	39	38	40
1-9	1 614	35	41	38	42
8-9	1 866	37	48	39	47
15-9	2 186	39	55	40	52
22-9	2 436	38	55	40	52

TABLEAU III

Conductivité, salinité, débit de sel du Chari et du Logone

Année 1966 (suite)

Date	Q (m ³ /s)	C ₁ (µmhos cm ⁻¹)	C ₂ (µmhos cm ⁻¹)	P ₁ (g/m ³)	P ₂ (g/m ³)
28-9	2 631	39	54	40	51
6-10	2 910	41	56	42	52
13-10	3 087	43	61	43	56
20-10	3 185	43	55	43	52
27-10	3 117	44	57	44	53
4-11	2 862	44	56	44	52
10-11	2 674	47	56	46	53
16-11	2 552	47	61	46	53
23-11	2 424	41	59	42	42
30-11	2 247	50	61	48	48
7-12	1 993	52	56	49	52
16-12	1 396	56	68	52	61
22-12	1 121	54	65	51	59
29-12	908	59	65	54	59

1. — REMARQUE

Corrections relatives à l'article de MM. FRANCOU et RODIER publié dans le cahier N° 3. Volume IV, (1967).

Les crues répertoriées numéros 1 à 540 sont celles citées par M. PARDE dans son ouvrage « Sur la puissance des crues en diverses parties du monde ». Elles sont numérotées dans l'ordre où elles ont été données par l'auteur au cours de son exposé, et un inventaire plus complet nécessitera évidemment un classement géographique plus systématique.

2. — ERRATA

à la fin du cahier N° 1, Volume V, (1968).

Graphique : feuille 1. Le format des documents originaux ne permettait pas de mettre à leur vraie place les points suivants :

- dans la marge inférieure le point 516; débit 615 m³/s;
- dans la marge supérieure le point 362; débit 170 000 m³/s.

Graphique : feuille 3. Le point 28 y figure à tort, avec un débit de 75 m³/s. Il est à reporter sur la feuille 5 : débit 750 m³/s.

Répertoire : coefficients K négatifs.

Pour les crues... au lieu de... il faut lire :

Nos	K =	K =
456	0,00	— 0,35
515	0,00	— 0,49
516	0,00	— 1,50
518	0,00	— 0,12
519	0,00	— 0,45
606	0,42	— 0,42
607	2,38	— 2,38
616	3,55	— 3,55
644	0,35	— 0,35

Répertoire : erreur de numérotation.

A partir du numéro 670 (Vieux Habitants au Bourg) qui doit porter le numéro 671, la numérotation est décalée d'une unité, jusqu'à la fin du répertoire (n° 694) qui doit porter le n° 695.