

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DU BASSIN TCHADIEN

CARMOUZE, J. P.
CHOURET, A.
DURAND, J. R.

**DONNÉES RÉCENTES SUR L'ÉVOLUTION
DU LAC TCHAD EN 1972 - 73**

MAI 1973

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE FORT-LAMY

D8
CAR



12014 ep2

DONNEES RECENTES SUR L'EVOLUTION DU LAC TCHAD

EN 1972-1973

CARMOUZE	J.P.	**
CHOURET	A.	*
DURAND	J.R.	**

D 8
CAR



15 OCT. 1973

MAI 1973

* Hydrologue à l'ORSTOM, Fort-Lamy
** Hydrobiologistes " Fort-Lamy

12014 ep2

INTRODUCTION

Cette note est le complément et la mise à jour des premières observations présentées dans la "Note sur la crue exceptionnellement faible du Chari à Fort-Lamy en 1972 et ses incidences sur le niveau du Lac Tchad", publiée en octobre 1972.

La fin de l'année hydrologique 1972-1973, les données actuelles en notre possession et les observations récentes effectuées sur le lac (reconnaitances aériennes et sur le terrain)⁽¹⁾ permettent de préciser nos hypothèses et d'actualiser l'évolution du lac.

Nous examinerons d'abord la crue du Chari 1972-1973 qui est tout particulièrement remarquable, et ensuite l'évolution hydrologique et géomorphologique du lac. A partir de cela, nous tenterons de prévoir son évolution ultérieure.

(1) Les reconnaissances aériennes ont été faites grâce au concours des Forces Françaises de l'Escale d'Afrique Centrale, auxquelles nous adressons nos vifs remerciements.

1 - LA CRUE DU CHARI 1972-1973

1.1 Description de la crue

Les observations dont nous disposons lors de la publication de la première note s'arrêtaient à la mi-octobre 1972.

La figure 1 représente les cotes du Chari observées à Fort-Lamy entre juillet et décembre. On constate que la crue de 1972 a une allure tout à fait anormale par rapport à celles de 1961 (très forte) et 1971 (moyenne). Cette représentation est insuffisante si l'on veut connaître les volumes totaux écoulés, c'est pourquoi nous avons tracé les hydrogrammes en débits pour l'année hydrologique (fig. 2).

L'hydrogramme ne présente plus l'aspect classique généralement enregistré pour les fortes et moyennes crues, mais un maximum très étalé (sorte de palier autour d'une valeur moyenne). En 1972, le Chari à Fort-Lamy n'a pas dépassé la cote $H = 4,35$ m, soit un débit $Q = 1\,435$ m³/s. Le module (débit moyen annuel) est de 554 m³/s, le volume écoulé est égal à $17,5$ milliards de m³.

L'année hydrologique 1972-1973 est aussi caractérisée par un étiage très faible. L'étiage absolu, mesuré fin avril, a été de $48,6$ m³/s.

1.2 Place de la crue 1972-1973 dans la série d'observations du Chari à Fort-Lamy

Rappelons que le Chari est observé à Fort-Lamy depuis quarante ans. La plus forte crue pour cette période est celle de 1961 : $H = 9,10$ m ; $Q = 5\,160$ m³/s ; volume écoulé = $53,7 \cdot 10^9$ m³ ; module = $1\,700$ m³/s. La plus faible est celle de 1972, dont nous avons donné

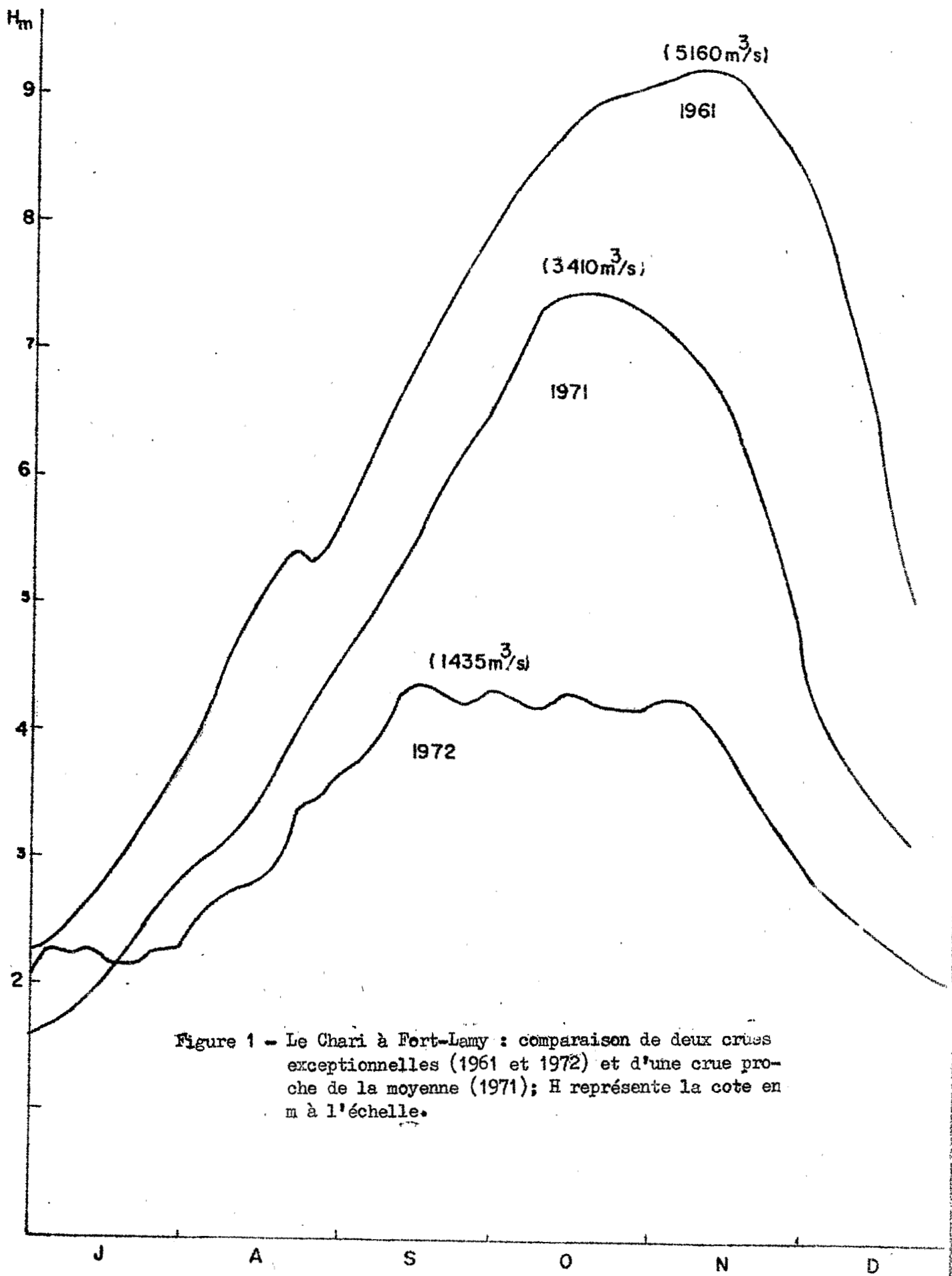


Figure 1 - Le Chari à Fort-Lamy : comparaison de deux crues exceptionnelles (1961 et 1972) et d'une crue proche de la moyenne (1971); H représente la cote en m à l'échelle.

$Q \text{ m}^3/\text{s}$

0

1961 - 1962

$53,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

1971 - 1972

$31,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

1972 - 1973

$17,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

100

1000

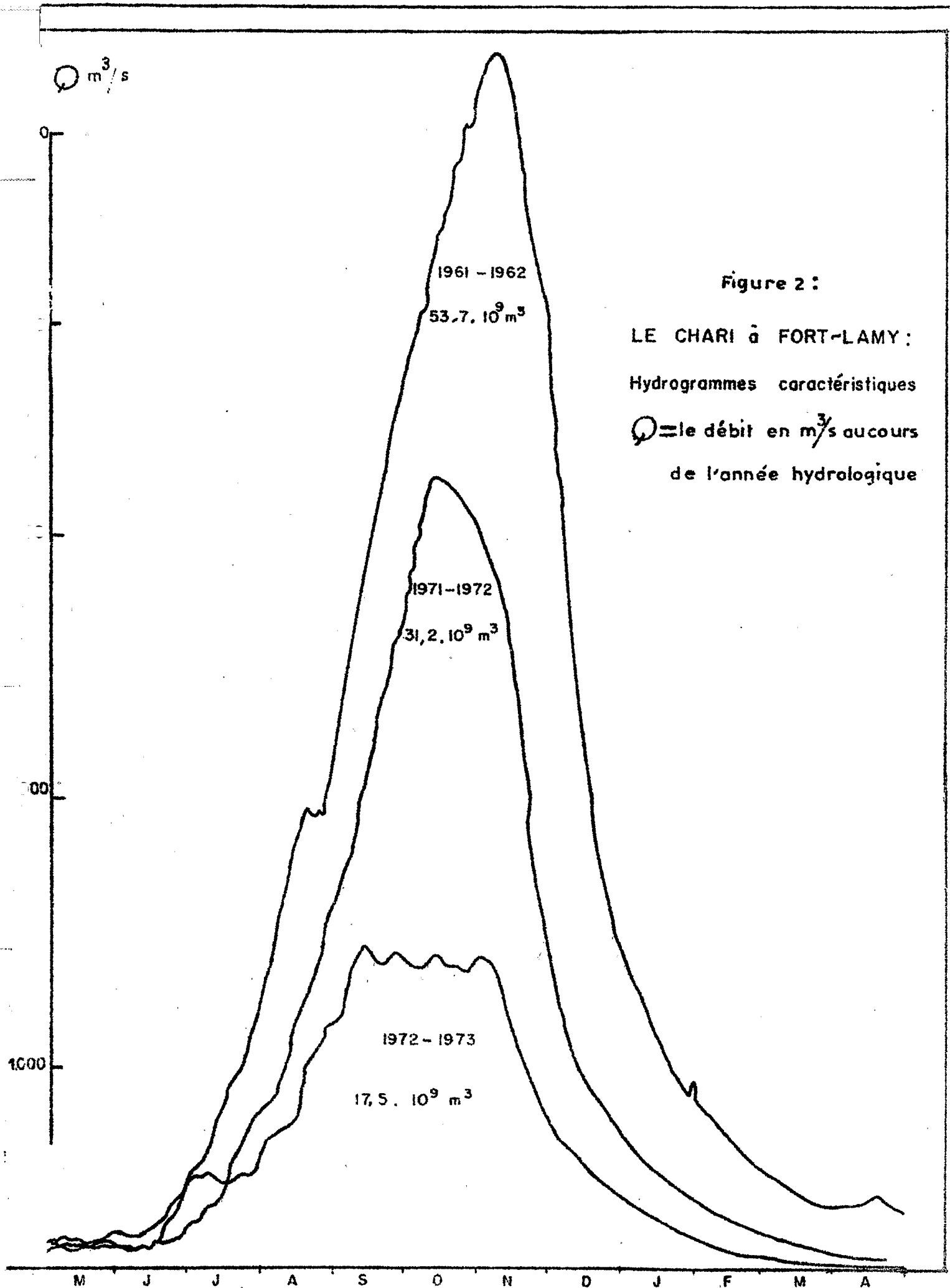
Figure 2 :

LE CHARI à FORT-LAMY :

Hydrogrammes caractéristiques

Q = le débit en m^3/s au cours
de l'année hydrologique

M J J A S O N D J F M A



les caractéristiques. Sa position sur les figures 1 et 2, par rapport à la crue de 1961 et à celle de 1971 (considérée comme voisine de la moyenne en débit maximal et hauteur), donne une idée de l'intérêt exceptionnel du phénomène observé. Les observations faites à Fort-Lamy permettent d'attribuer à une crue moyenne les caractéristiques générales suivantes :

$$H = 7,80 \text{ m} ; Q = 3\,600 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Volume} = 40,10^9 \text{ m}^3$$

$$\text{Module} = 1\,280 \text{ m}^3/\text{s}.$$

La crue 1961 serait de fréquence décennale (humide) si l'on considère principalement le volume écoulé. Par contre, le Chari, en 1972-1973, n'a fait transiter à Fort-Lamy qu'un volume correspondant à une fréquence centennale sèche en tenant compte d'un intervalle de confiance à 95 %.

L'hydraulicité de l'année a été exceptionnellement faible et ce phénomène se retrouve également très marqué pour l'étiage que nous avons observé sur l'ensemble du réseau hydrologique du Tchad. A Fort-Lamy, l'étiage enregistré serait proche d'un étiage centennal sec. Il faut signaler à ce sujet que le Logone n'a pratiquement eu aucun déversement ; les Yaérés du Nord Cameroun n'ont pas été inondés ; l'El Beïd et le Ba-Illi n'ont pas coulé.

1.3 Essai d'explication

Il serait tentant de relier une hydraulicité exceptionnellement faible à une pluviométrie très déficitaire.

Nous ne sommes pas encore en possession de tous les relevés concernant les précipitations tombées sur l'ensemble du bassin du Chari à Fort-Lamy. Cependant, les renseignements obtenus⁽¹⁾ mettent en évidence un déficit trop léger pour permettre d'expliquer l'énorme écart que nous avons enregistré à Fort-Lamy en particulier et sur l'ensemble du réseau en général, par rapport à une hydraulicité normale.

(1) En particulier ceux communiqués par le Service Climatologique de l'ASECNA.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous quelques chiffres permettant de comparer la pluviométrie en 1972 à celle d'une année normale, pour quelques stations importantes⁽¹⁾. (Données ASECNA) :

Stations	Précipitations en mm	
	1972	Année normale
FORT-LAMY ..	602,8	626,4
SARH	1 030,0	1 114,0
MOUNDOU	1 145,7	1 232,5
BAIBOKOUM ..	1 193,8	1 293,5

L'écart à la normale ne permet pas d'apporter une quelconque explication au phénomène observé. Le nombre de jours de pluie est de même sensiblement identique d'une année à l'autre. Il semblerait par contre que l'on observe, depuis quelques années, une tendance à une mauvaise répartition des pluies au cours de la saison, surtout pendant son premier tiers, les précipitations trop espacées tombant sur un sol sec ne donnent lieu qu'à un ruissellement très faible et s'infiltrant en grande partie. Toutefois, elles n'atteignent pas pour la plupart la nappe, sinon nous aurions observé un étiage beaucoup plus soutenu. L'espacement des précipitations, leur dispersion, a en outre pour conséquence une diminution de la nébulosité, d'où une augmentation de la durée de l'insolation. Par ailleurs, les mesures de géothermométrie paraissent indiquer une tendance au réchauffement du sol. Tous ces facteurs concourent à augmenter l'évaporation.

2 - L'EVOLUTION HYDROLOGIQUE DU LAC TCHAD

Pour le lac, l'année hydrologique va de l'étiage de juillet-août à l'étiage suivant. L'allure de la variation saisonnière du niveau du lac, enregistrée à Bol dans le cas d'un comportement classique (ex. 1963-1964) et dans le cas de 1972-1973, est représentée sur la figure 3⁽²⁾.

- (1) La hauteur des précipitations, enregistrée dans la région du lac (Bol), est par contre particulièrement déficitaire en 1972 : 62 mm (normale = 328,7). Il convient cependant de remarquer que, d'une part l'irrégularité de la pluviométrie à Bol est bien connue et que, d'autre part, ce déficit s'inscrit dans le cadre général de la sécheresse observée depuis quelques années dans la bande sahélienne.
- (2) Le tracé de ces variations (fig.3 & 4) est fait à partir de cotes "lissées" (moyennes mobiles sur quinze jours) ou graphiquement pour éliminer les influences journalières du vent.

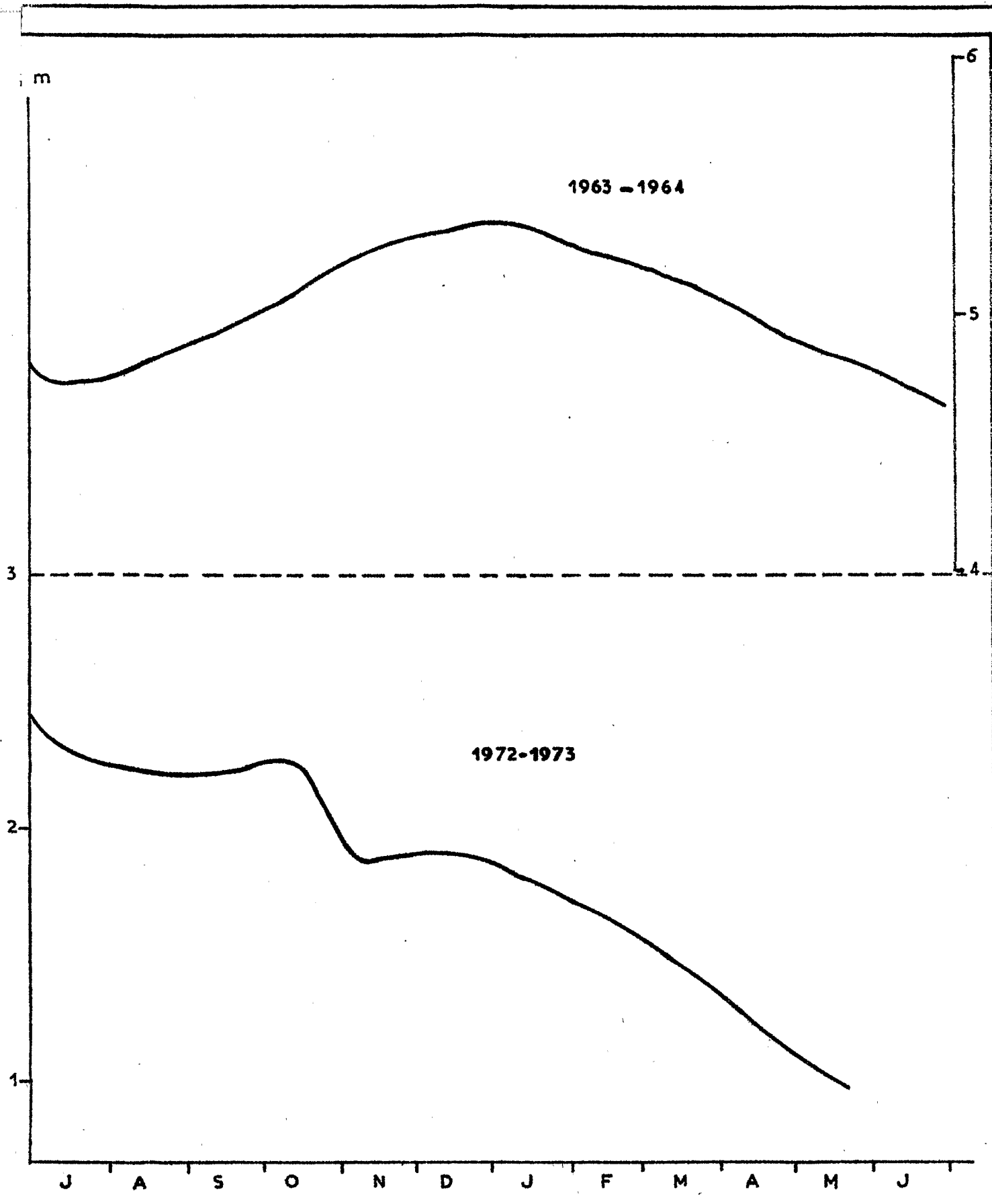


Figure 3 - Le lac Tchad à Bol : variation saisonnière du niveau.

Dans le premier cas, la courbe de variation du niveau du lac présente une remontée de septembre à janvier, due à l'arrivée des eaux de la crue du Chari. Remarquons qu'en 1964 la tendance à la baisse du lac était déjà amorcée ; en effet, le niveau d'étiage fin juin 1964 est inférieur à celui de juillet 1963.

Dans le second cas, la courbe est marquée par un décrochage en octobre (de 2,20 à 1,90 m), puis un palier de novembre à décembre (1,90 m à Bol). Le décrochage est expliqué par l'inversion du régime des vents début octobre (l'harmattan se substitue à la mousson) qui provoque un mouvement de bascule des eaux du nord-est vers le sud-ouest. Le faible volume du lac, qui amortit mal cet effet, et les faibles apports fluviaux accentuent ce phénomène. De novembre à décembre, les apports compensent à peine les pertes par évaporation et infiltration, ce qui est représenté par le palier de la courbe. Dès la fin décembre, les pertes l'emportent sur les apports,

Nos observations permettent d'avancer qu'à partir de la fin du mois de février (H à Bol = 1,60 m), ces relevés ne sont plus représentatifs du niveau général du lac. A la mi-mars, l'isolement de la région de Bol était effectif. Les hauteurs lues à l'échelle de Bol donnent quand même des indications sur l'évolution du lac. La pente de la courbe est identique à celle observée et prévue dans la partie sud-ouest du lac (échelle de Dawashe)⁽¹⁾.

En ce qui concerne la cuvette nord, deux échelles sont installées : l'une à N'Guigmi (Niger), l'autre à Malamfatori (Nigéria). Malheureusement, les lectures ne sont plus effectuées à Malamfatori depuis 1971 ; par ailleurs, l'échelle de N'Guigmi s'est trouvée isolée et non représentative des variations générales du niveau dans la cuvette nord. Son déplacement (mai 1972) est trop récent pour que les nouvelles données soient exploitées avec profit. Dans le même ordre d'idée, il faut souligner que l'installation d'un réseau de limnigraphes couvrant l'ensemble du lac serait extrêmement souhaitable pour une bonne connaissance des fluctuations lacustres.

(1) Renseignements communiqués par les ingénieurs du "South Chad Irrigation Project" de Ngala au Nigéria.

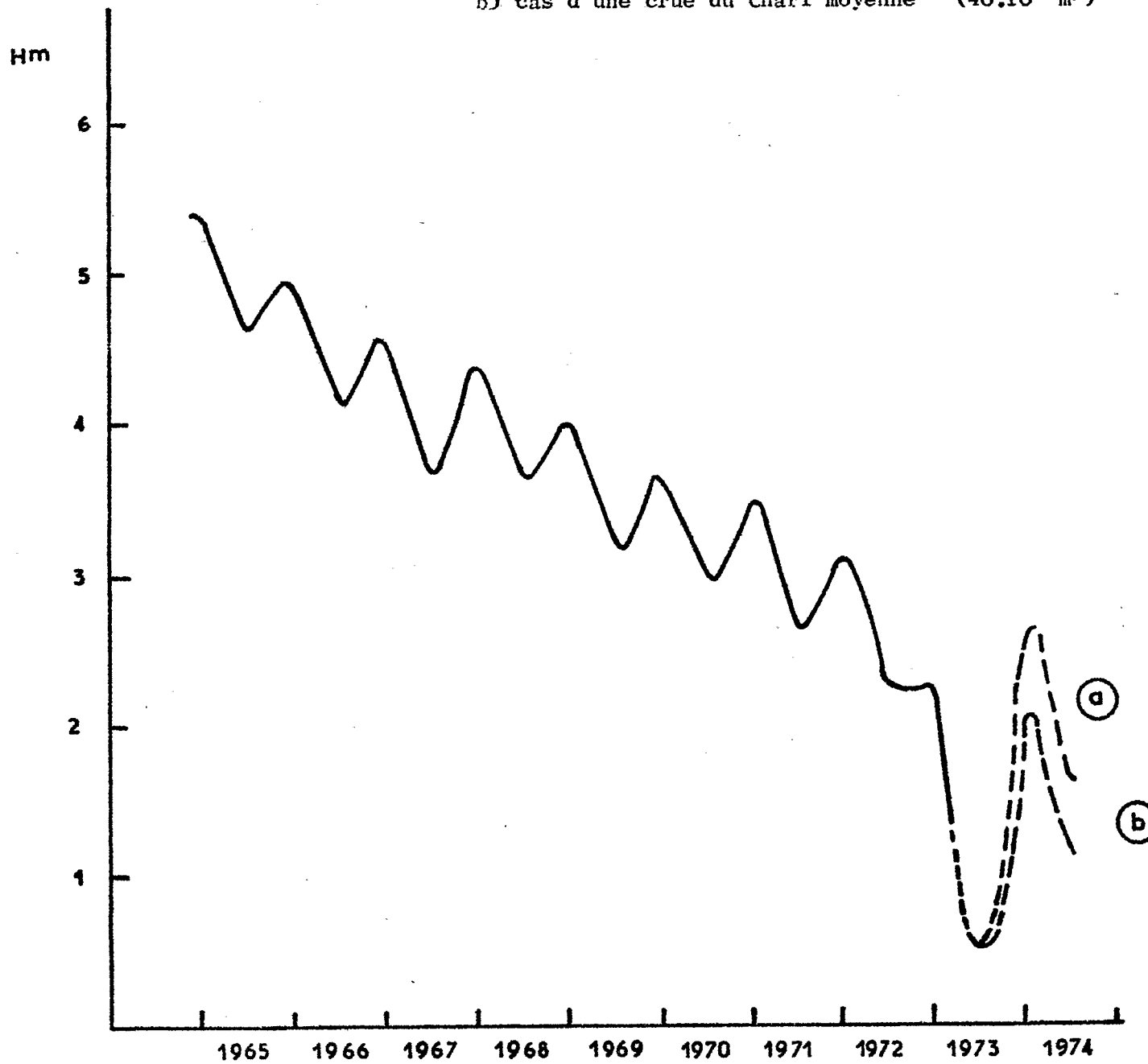
Aux environs du 15 mai 1973, la cote à Bol était de 1,00 m. Par comparaison, en particulier avec les relevés de l'échelle de Dawashe dans la partie sud-ouest, on peut estimer qu'en juillet-août 1973 la cote du lac baissera jusqu'à 0,50 m. Il est possible que la cote réelle lue à Bol soit inférieure, mais elle correspondra à un niveau $H = 0,50$ m valable pour l'ensemble du lac.

Nos prévisions d'octobre 1972 s'avèrent nettement optimistes par rapport aux observations actuelles en ce qui concerne l'étiage du lac en 1973. Les premières estimations étaient basées sur les observations antérieures pour lesquelles les plus fortes baisses enregistrées étaient de l'ordre de 1,00 m (ex. 1913, 1953). On peut avancer, pour 1973, une baisse de l'ordre de 1,70 m (fig. 4). Ceci s'explique du fait qu'il était difficile de prévoir la fragmentation de la cuvette sud en plusieurs collections d'eau entraînant notamment l'isolement de l'Archipel sud-est, comme il sera expliqué au paragraphe suivant. La faiblesse de la profondeur, principalement dans la zone sud, a en outre eu pour conséquence une augmentation très nette de l'évaporation.

3 - EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE ET PHYTOGEOGRAPHIQUE DU LAC

Le Lac Tchad se divise en deux cuvettes nord et sud, à fond plat, dont l'altitude est généralement comprise entre 280-278 m pour la première et 278-274 m pour la seconde (fig. 5). Ces deux cuvettes sont bordées dans leur partie septentrionale et orientale par un erg fixé. Les hauteurs de dunes diminuent progressivement de la côte vers l'intérieur du lac. Les sommets qui sont exondés forment un archipel, ceux qui sont immergés à 25-75 cm du plan d'eau sont généralement colonisés par des Macrophytes qui forment des îles de végétation ou "flots-bancs". Les zones d'eaux libres constituent un troisième type de paysage (fig. 6). Les surfaces relatives, occupées par ces paysages, sont fonction : d'une part du niveau du plan d'eau, d'autre part - comme il s'agit d'un milieu instable - de son mode d'évolution qui conditionne l'implantation et le développement de la végétation.

Figure 4 - Variation interannuelle du niveau du lac depuis 1965.
a) cas d'une crue du Chari type 1961 ($54 \cdot 10^9 \text{ m}^3$)
b) cas d'une crue du Chari moyenne ($40 \cdot 10^9 \text{ m}^3$)



face (km²)

Volume
(10⁹ m³)

Figure 5 - Courbes bathymétriques du lac Tchad
(d'après J.P. CARMOUZE 1971 - corrigées 1973) :
Surface et volume du lac en fonction de l'altitude
absolue et de la hauteur d'échelle à Bol.

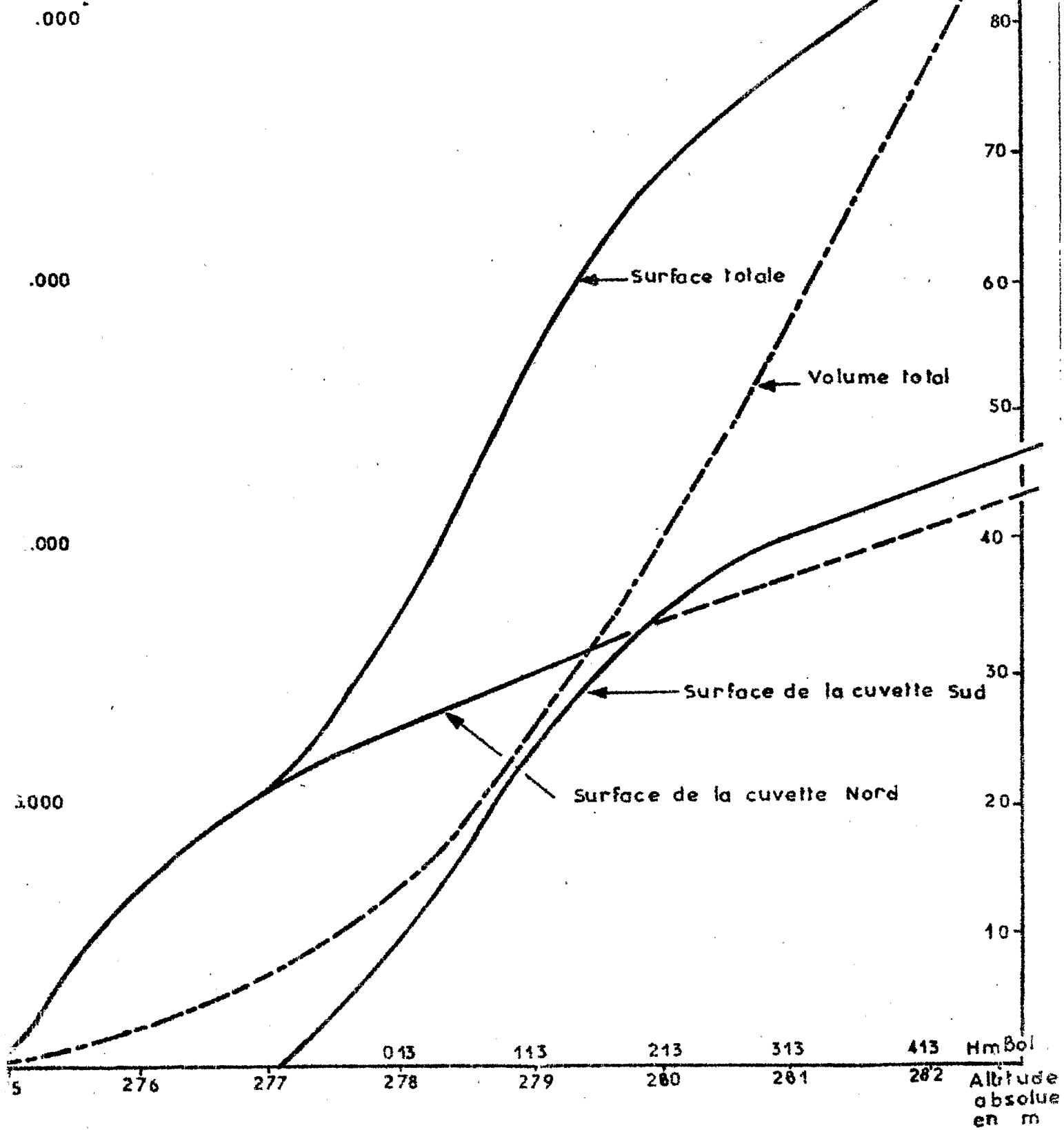


Figure 6 - Grandes régions naturelles du lac Tchad
(cote moyenne du plan d'eau = 281,5 m)

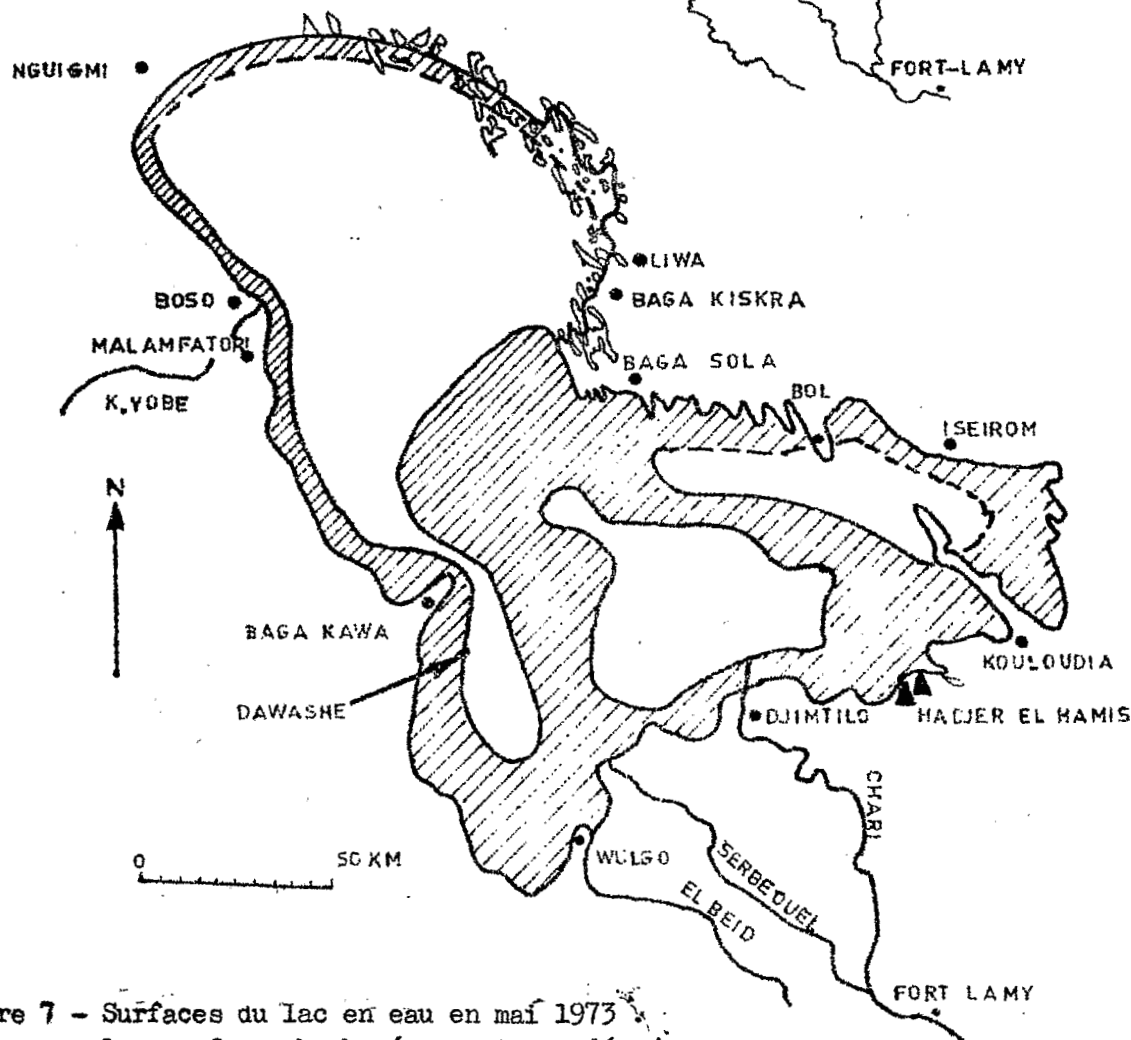
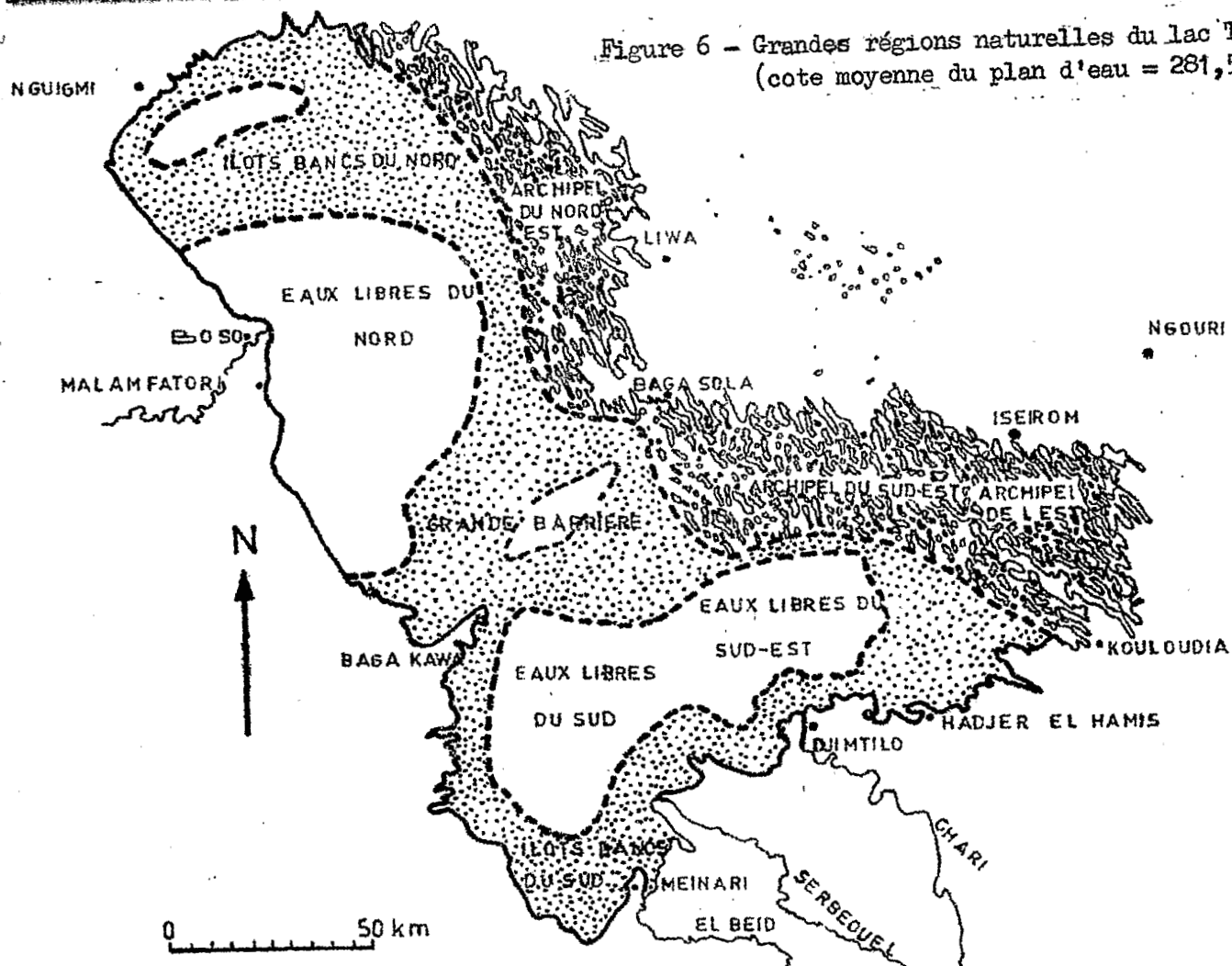


Figure 7 - Surfaces du lac en eau en mai 1973
les surfaces hachurées sont exondées

Des observations suivies sur l'ensemble du lac sont effectuées depuis 1964. Elles coïncident avec une période de décrue du lac, marquée par une phase de baisse progressive jusqu'en 1971, puis brutale ensuite.

3.1 Phase de baisse progressive

Au cours de cette phase, la cote du plan d'eau est passée de 283,3 à 280,8 m ; la surface de 23 500 à 19 000 km² ; le volume de 105.10⁹ m³ à 49.10⁹ m³.

Dans la cuvette nord, la baisse du lac a provoqué : d'une part la transformation des flots-bancs en îles sableuses au fur et à mesure de leur exondation, d'autre part la formation de nouveaux hauts fonds principalement dans la partie méridionale et orientale. Dans la cuvette sud, les flots-bancs bordant l'archipel ont subi le même type d'évolution ; ceux qui sont situés le long des côtes nigériane et camerounaise ont été exondés sans qu'il y ait eu en même temps apparition de nouveaux flots-bancs.

3.2 Phase de baisse brutale

Amorcée en janvier 1972, elle affecte plus particulièrement la cuvette sud. Dès l'étiage 1972, une bande côtière de 5 à 20 km de largeur, allant du delta du Chari à Baga Kawa, s'est découverte. Il en a été de même à l'est du delta du Chari : les eaux qui étaient encore très proches des rochers d'Hadjer el Hamis en 1971 se sont maintenant retirées à plusieurs kilomètres de ces derniers.

En avril-mai 1973, le lac est descendu au-delà de la cote critique qui correspond à l'exondation des zones élevées de la cuvette sud, à savoir le sud du lac, la partie méridionale orientale et occidentale de l'Archipel et la Grande Barrière. Des reconnaissances aériennes, effectuées le 26 février, le 9 mars, les 8 et 9 mai 1973, ont permis de suivre le retrait des eaux sur ces vastes régions s'accompagnant de la formation de vasières et de mares qui s'assèchent rapidement. Les eaux se retirent également à un degré moindre des extrémités des bras de l'Archipel du sud-est et de l'est. La figure 7 indique les surfaces qui restent en eau en mai 1973.

Dans la cuvette nord, les effets sont moins spectaculaires : il y a exondation d'une bande côtière de Baga Kawa à N'Guigmi qui ne dépasse pas une largeur de 5 km, excepté dans la région de Baga où elle atteint 10 km. Par ailleurs, les extrémités de quelques bras de l'archipel sont coupées par l'émergence de hauts fonds qui entraînent la formation de mares.

Entre les deux cuvettes il n'existe plus qu'une étroite communication au niveau de Baga Kawa, dont l'exondation est prévue pour juin 1973.

Par sa rapidité et son importance, la baisse du lac, dès 1971, a provoqué de profondes modifications sur la végétation lacustre. Les Macrophytes ont en grande partie disparu, ils n'ont pas eu en effet le temps de s'implanter ou, si implantation il y a eu, de demeurer sur les hauts fonds qui ont été exondés au bout de quelques mois. Il ne subsiste plus maintenant que les paysages d'archipel et d'eaux libres.

- Les Ambadjs (Aeschynomene elaphroxylon) sont apparus, épars ou disposés en haies, le long du rivage de Baga Kawa à Wulgo, sans jamais atteindre une densité de forêt telle qu'elle avait été observée à l'époque du dernier assèchement partiel du lac en 1908 par TILHO. Comme pour les Macrophytes, leurs difficultés d'implantation vient d'un retrait des eaux trop brutal.

- Des Ipomées (Ipomea aquatica) se sont également installés dans le sud du lac pour former une ceinture côtière atteignant une largeur de 2 km sur des profondeurs de 30 à 50 cm.

Lors des observations aériennes, effectuées les 8 et 9 mai, on a noté, sur les surfaces récemment exondées de la cuvette sud, le développement d'une végétation, probablement composée en grande partie de jeunes Cyperus papyrus.

D'une façon générale, les différentes formes végétales précitées ont des difficultés à s'implanter, puis à subsister, sur les hauts fonds et les zones exondées en raison de la baisse exceptionnellement

rapide du lac en 1972 et 1973. Au début du siècle, par contre, la baisse du lac - qui avait été moins brutale - avait permis le développement d'une végétation beaucoup plus dense, ce qui a dû jouer un rôle dans la coupure prolongée du lac de 1906 à 1908.

4 - PREVISIONS D'EVOLUTION DU LAC POUR 1974

Il est possible de prévoir l'évolution du lac sur une année en établissant un bilan hydrologique pour des valeurs hypothétiques de crue du Chari. Les termes du bilan sont estimés de façon imprécise lorsque le niveau du lac est bas. Aussi, les prévisions ne peuvent-elles avoir qu'un caractère très approché. Le calcul consiste à évaluer l'augmentation de la hauteur du plan d'eau au bout d'un an à partir de celle du volume en procédant par approximations successives. Deux cas de crue vont être successivement considérés : celui d'une crue décennale humide "type 1961" et celui d'une crue moyenne "type".

4.1 Hypothèse d'une crue décennale humide (54.10^9 m^3)

Les prévisions sont faites à partir du 15 mai 1973. Au bout d'un an la variation de volume du lac, ΔV , sera égale à la différence entre les apports V_a et les pertes V_p en eau au cours de la même période.

$$\Delta V = V_a - V_p$$

V_a est égal à la somme des apports fluviaux (54.10^9 m^3) et des apports météoriques que nous avons évalués à 5.10^9 m^3 , soit au total à 59.10^9 m^3 . Les pertes, qui sont en moyenne égales à 2,30 m par an et par unité de surface, sont estimées à 2,40 m pour tenir compte de l'augmentation de l'évaporation pour les faibles niveaux du lac. La surface moyenne du lac, pour cette période, est estimée à $16\,500 \text{ km}^2$ d'après la courbe bathymétrique (fig. 5). Donc les pertes, V_p , sur l'ensemble du lac, seront de l'ordre de 40.10^9 m^3

$$\text{d'où } \Delta V = 59.10^9 \text{ m}^3 - 40.10^9 \text{ m}^3 = 19.10^9 \text{ m}^3$$

$$\Delta H = 19.10^9 \text{ m}^3 / 16,5.10^9 \text{ m}^2 = 1,15 \text{ m.}$$

La cote du plan d'eau à l'échelle de Bol, qui était égale à 0,90 m le 15 mai 1973, serait donc, le 15 mai 1974, de l'ordre de 2,00 m. La remontée du lac, d'août 1973 à janvier 1974, serait de 2,10 m, soit une cote de 2,60 m à l'échelle de Bol. L'étiage du lac, en 1974, serait compris entre 1,50 et 1,90 m.

4.2 Hypothèse d'une crue moyenne (40.10^9 m^3)

Un calcul analogue au précédent est effectué en prenant pour les apports météoriques et les pertes annuelles par unité de surface des valeurs identiques à celles du premier cas. Par contre, la surface moyenne du lac est estimée à $15\,000 \text{ km}^2$.

$$\text{d'où } \Delta V = 40.10^9 \text{ m}^3 + 5.10^9 \text{ m}^3 - 36.10^9 \text{ m}^3 = 9.10^9 \text{ m}^3$$

$$\Delta H = 9.10^9 \text{ m}^3 / 15.10^9 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ m.}$$

La cote du plan d'eau à Bol passerait donc de 0,90 m le 15 mai 1973 à 1,50 m le 15 mai 1974. La remontée du lac d'août 1973 à janvier 1974 serait environ de 1,50 m, soit une cote de 2 m à l'échelle de Bol. L'étiage du lac en août 1974 se situerait entre 1,00 et 1,30 m.

Une autre éventualité extrême - beaucoup plus improbable celle-là - est celle d'une crue du Chari du type 1972. Dans ce cas la réalimentation de l'archipel de Bol serait peu probable. Les eaux se dirigeraient préférentiellement vers la cuvette nord par le seuil de Baga Kawa. L'archipel serait complètement asséché à l'étiage 1974 ; il en serait de même de la partie méridionale de la cuvette nord.

CONCLUSION

Ces calculs, effectués en terme de bilan hydrologique, ne tiennent pas compte du volume d'eau nécessaire à la réimbibition des sédiments exondés. Pour cette raison, les valeurs avancées sont probablement surestimées.

La remontée de 1,30 m du plan d'eau entre les étiages du lac de 1973 et 1974 n'est envisageable que grâce à une crue exceptionnellement forte. Il faut remarquer, que même dans ce cas, les difficultés de navigation subsisteront entre le système fluvial et l'archipel de Bol, et entre les cuvettes sud et nord pendant une partie de l'année. Les difficultés actuelles se retrouveront a fortiori dans le cas d'une crue moyenne.

BIBLIOGRAPHIE

- BILLON (B.) - 1965 - La prévision des crues du Lac Tchad.
ORSTOM Fort-Lamy, 41 p. multigr.
- BILLON (B.) et OBERLIN (G.) - 1969 - Monographie hydrologique du Chari
4e partie. Interprétation des données.
ORSTOM, Paris, 180 p.
- BOUCHARDEAU (A.) et LEFEVRE (R.) - 1957 - Monographie hydrologique
du Lac Tchad.
ORSTOM, Paris, 112 p.
- CARMOUZE (J.P.) et DUPONT (B.) - 1970 - Nouvelles approximations sur la
bathymétrie et la superficie du Lac Tchad.
ORSTOM, Fort-Lamy, 1 p. multigr.
- CARMOUZE (J.P.) - 1971 - Circulation générale des eaux dans le Lac Tchad.
Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., V, 3/4, pp. 191-212
- CHOURET (A.) et DURAND (J.R.) - 1972 - Note sur la crue exceptionnelle-
ment faible du Chari à Fort-Lamy en 1972 et ses incidences sur
le niveau du Lac Tchad.
ORSTOM, Fort-Lamy, 7 p. multigr.
- ROCHE (M.A.) - 1971 - Géographie et éléments numériques sur la superficie
et la bathymétrie du Lac Tchad.
ORSTOM, Fort-Lamy, 7 p. multigr.
- TILHO (J.) - 1910 - Documents scientifiques de la mission TILHO 1906-1909
Impr.Nation. Paris, t. I 412p., t. II 598 p.
- TOUCHEBEUF de LUSSIGNY (P.) - 1969 - Monographie hydrologique du
Lac Tchad.
ORSTOM, Paris, 169 p.
-

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

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS 8^e

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay - 93 - BONDY

Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy :

B. P. 65 - FORT-LAMY (Tchad)
