

PEUPELEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES DU LAC TCHAD

III — REMARQUES GÉNÉRALES

ANDRÉ ILTIS

Hydrobiologiste O.R.S.T.O.M., B.P. 1434, Bouaké, Côte d'Ivoire

RÉSUMÉ

Les observations effectuées en période de régression lacustre, de 1971 à 1975, sur les peuplements d'algues du lac Tchad permettent de considérer deux phases dans l'évolution et la répartition du phytoplancton. Dans la première, le lac constitue encore une unité hydrologique (Tchad normal) ; d'après la densité algale, les valeurs de l'indice de diversité spécifique et de la constante de milieu, les groupes d'algues dominants et l'importance des variations saisonnières, on observe une zonation stable à quatre régions écologiques distinctes.

Dans la seconde phase (petit Tchad), la partie nord du lac évolue toute entière vers un faciès de mare natronée, l'archipel de la cuvette sud se transforme en un marécage à Euglénophytes et enfin les eaux libres du sud évoluent vers un faciès fluvial marqué par l'alternance d'une période de crue très pauvre en plancton et d'un étiage plus riche.

Le tonnage d'algues planctoniques présent dans le lac est de l'ordre de 45.000 tonnes pour un stade Tchad normal. Au stade petit Tchad, pour une superficie bien inférieure, les quantités d'algues sont quatre à cinq fois supérieures. Ces estimations ne concernent que le plancton végétal de pleine eau et n'incluent pas le phytobenthon et le périphyton. Ce dernier subit probablement une évolution quantitative inverse de celle du limnoplankton par suite des variations rapides de niveau (surtout dans la cuvette sud) et de l'assèchement de nombreuses zones d'herbiers, mais il n'existe pas jusqu'à présent d'observations pour apprécier la valeur de cette supposition.

ABSTRACT

The investigations made from 1971 to 1975 on the algal populations of Chad lake show two phases in the evolution of the phytoplankton. In the first, the lake still maintains an hydrologic unity ("Tchad normal") and from the algal density, from the dominance of algal orders, from the values of the specific diversity and the constant of milieu and from the importance of seasonal variations, a stable zonation with four ecological distinct zones may be defined. In the second phase ("petit Tchad"), the northern part of the lake evolves to a facies of natroned pool, the archipelago of the southern part to a facies of swamp and the open waters of the southern part to a facies of river marked by the alternation of a flood nearly without plankton and of rich low water period.

The stock of phytoplankton staying in the lake is about 45.000 t for a "Tchad normal" phase. In the second phase, the weight of algae is four to five times higher although the flooded areas are smaller. Only the limnoplankton is concerned in these estimations and phytobenthon and periphyton are not examined. Probably periphyton evolves quantitatively inversely on account of the rapid variations of the water level (mainly in the southern part) and of the drying of many areas of aquatic vegetation. But the value of this supposition is not appreciable owing to the lack of investigations on this kind of plankton.

1. INTRODUCTION

Le lac Tchad est constitué d'un ensemble de milieux soumis d'une part à des variations saisonnières, d'autre part à des variations de plus grande amplitude qui modifient sur des périodes de plusieurs

années sa configuration géographique. Trois états du lac ont pu ainsi être définis par TILHO (1928) : un Tchad normal dont le niveau correspond à une période de pluviosité moyenne, un grand Tchad consécutif à une phase de pluviosité excédentaire et un état petit Tchad lié à une suite d'années à

pluviométrie déficitaire. Les échantillonnages de phytoplancton effectués en période de régression entre 1971 et 1975 concernent un lac au stade normal au départ et évoluant à partir de 1973 vers l'état petit Tchad. On peut considérer que seul l'échantillonnage de février 1971 est représentatif du plancton végétal pouvant exister dans un Tchad normal, les récoltes faites en janvier 1972 présentant déjà, principalement dans l'archipel sud-est, des modifications liées semble-t-il à la très faible profondeur en certaines parties du lac. En 1974-1975, les peuplements phytoplanctoniques observés représentent ceux d'un lac au stade petit Tchad lorsque la cuvette nord est entièrement isolée de la cuvette sud ou ne reçoit qu'épisodiquement des apports de la crue du Chari.

L'étude des variations saisonnières n'a pas été effectuée au cours des années considérées. Seuls des éléments ont été donnés sur ce sujet dans une étude préliminaire faite en 1964-1965 (GRAS *et al.* 1967) qui couvre la partie sud-est du lac; celle-ci est en fait la partie la plus perturbée par les variations du régime hydrologique du Chari.

Dans ces milieux en continus changements, il conviendra donc de définir les éléments permettant de caractériser les zones écologiques existantes et de délimiter les phases successives de l'évolution du phytoplancton lacustre.

2. ZONATION ÉCOLOGIQUE DU LAC

Les travaux entrepris par GRAS (1964), GRAS *et al.* (1967), GARMOUZE *et al.* (1972) ont permis de délimiter du point de vue phytoplanctonique quatre zones dans le lac Tchad alors à son stade normal. L'analyse des échantillons récoltés en 1971, période de Tchad normal, et même en 1972, confirme ce partage du lac en quatre parties bien individualisées : deux zones d'eaux libres et deux zones d'archipels; plusieurs subdivisions ont de plus été définies surtout dans les zones d'archipels qui se montrent bien plus hétérogènes que les étendues d'eaux libres. Les caractéristiques des zones écologiques décrites dans les études précédentes ont ainsi été précisées (fig. 1).

— Les eaux libres du sud et du sud-est forment une zone peu profonde où les sédiments du fond sont fréquemment remis en suspension, surtout durant la saison des pluies où souffle un fort vent d'ouest. Elle est soumise directement aux perturbations causées par le débouché des eaux du Chari. Les peuplements phytoplanctoniques y sont dominés par les espèces suivantes appartenant soit aux Cyanophycées comme *Anabaena flos-aquae*, *Lyngbya limnetica*, soit aux Diatomophycées comme *Navicula sp.*, *Melosira granulata*, *Gyrosigma kutzingii* et

Surirella muelleri. Une Chlorophycée, *Closterium aciculare*, considérée jusqu'à présent comme caractéristique des eaux libres de la cuvette nord peut devenir assez abondante dans la partie ouest de la cuvette sud. Les indices de diversité ont des valeurs très variables (de 0,53 à 3,44 bits); leur moyenne s'établit à 1,523 en février 1971 et 1,775 en janvier 1972. Les constantes de milieu sont en moyenne de 0,512 la première année et de 0,541 la seconde tandis que les biomasses algales moyennes sont respectivement de 0,03 et 0,22 mg/l soit les plus faibles par rapport aux autres régions du lac.

Dans la partie proche du delta, une région péri-deltaïque peut être définie sur une largeur de 5 à 8 kilomètres autour du débouché des bras du Chari dans les eaux libres; le plancton y est plus diversifié et présente souvent des caractéristiques différentes de celles des eaux situées plus au nord ou plus à l'ouest; il est fortement influencé dans sa densité et sa composition par les apports du Chari.

— L'archipel de la partie sud du lac comprend toute la zone du nord des eaux libres depuis la région de Baga-Sola jusqu'à l'extrémité orientale du lac, la frange d'îlots-bancs qui borde les eaux libres sur toute la partie nord et est étant incluse dans cette zone. La densité algale moyenne est de l'ordre de 1,4 mg/l en février 1971 et 4,5 mg/l en janvier 1972; cette valeur élevée est due très probablement en 1972 à des modifications dans la circulation des eaux de crue du Chari dans la cuvette lacustre causées par le niveau très bas du lac (ILTIS, 1977). La diversité spécifique moyenne est en février 1971 de 2,990 bits et la constante de milieu de 0,714.

Les peuplements d'algues sont en général dominés par les Diatomées et les Chlorophycées, mais les Cyanophytes sont dominantes dans les parties les plus orientales. Toute cette zone est assez hétérogène et peut se subdiviser en trois parties : la région occidentale au plancton moyennement dense (0,10 à 0,25 mg/l) dominée en février par les Chlorophycées (*Oocystis sp.*, *Pediastrum duplex*, *Coelastrum cambri-cum*) s'étend approximativement de l'emplacement de la Grande Barrière jusqu'à une dizaine de kilomètres à l'est de Baga-Sola. La région centrale avec Bol en son centre est la plus pauvre en phytoplancton; c'est la partie de l'archipel la plus modifiée pendant une partie de l'année par la crue du Chari; les peuplements phytoplanctoniques y sont dominés en février 1971 par les Diatomées (*Nitzschia spiculum*, *Melosira granulata*) et les Chlorophycées (*Oocystis sp.*, *Coelastrum microporum*, *Pediastrum duplex*). La région orientale enfin s'étend d'environ dix kilomètres à l'ouest d'Iseirom jusqu'à la bordure est du lac; elle est caractérisée par un phytoplancton dense (3 à 12 mg/l) où les Cyanophycées sont dominantes, le faciès des peuplements phytoplanctoni-

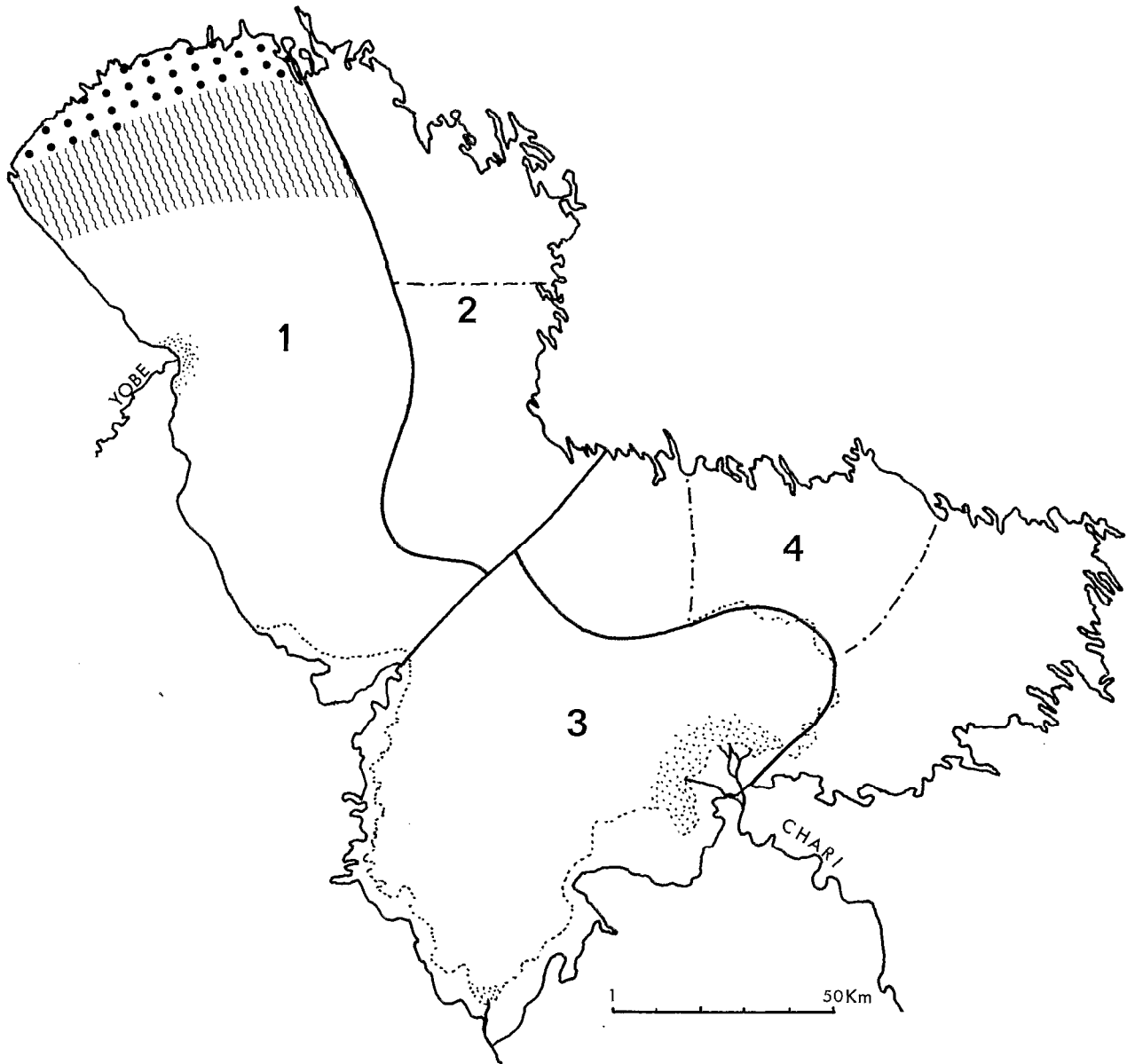


Fig. 1. — Zonation écologique du lac Tchad. En 1, la zone des eaux libres du nord avec au nord la région des îlots-bancs et la bordure végétale de la côte nord partagée en deux sous-zones; en 2, la zone de l'archipel nord partagée en deux sous-zones; en 3, les eaux libres du sud et en 4, l'archipel sud-est partagé en trois sous-zones. En piqueté, les régions pérideltaïques.

ques étant très proche de celui existant dans la partie nord de l'archipel de la cuvette nord.

— La zone des eaux libres du nord englobe les eaux libres du nord proprement dites, les îlots-bancs situés directement au nord et la petite zone d'eaux libres s'étendant au-delà jusqu'à la bordure végétale de la côte nigérienne. C'est une zone relativement profonde où la diversité spécifique atteint les valeurs les plus élevées pour le lac (3,41 bits

en moyenne en février 1971 et 2,97 en janvier 1972), la constante de milieu étant en moyenne de 0,792 la première année et 0,728 la seconde; les biomasses algales s'élèvent en moyenne à 0,7 et 1,6 mg/l suivant l'année. Les Cyanophycées n'étant abondantes que dans la partie la plus septentrionale, les peuplements d'algues sont composés en majeure partie de Chlorophycées (*Oocystis* sp., *Closterium aciculare*, *Scenedesmus quadricauda*, *Coelastrum cam-*

bricum, divers *Pediastrum*) et aussi de Diatomées (*Navicula* sp., *Synedra berolinensis*, *Fragilaria construens*).

Les eaux de la zone d'îlots-bancs située directement au nord des eaux libres présentent un faciès phytoplanctonique un peu différent caractérisé par la présence en abondance de Pyrrophytes appartenant aux genres *Cryptomonas* et *Chroomonas*.

Dans la partie la plus septentrionale enfin, près de la bordure végétale des rives nigériennes, les Cyanophycées (*Microcystis delicatissima*, *Oscillatoria laxissima*, *Anabaenopsis tanganiikae*) deviennent abondantes et souvent dominantes, la densité algale y est plus élevée que plus au sud.

— L'archipel de la cuvette nord du lac est caractérisé par une biomasse phytoplanctonique élevée, égale ou supérieure surtout dans la partie nord-est à celle des eaux libres du nord; elle est en moyenne

de 1,4 mg/l en février 1971 et 2,0 mg/l en janvier 1972. Les indices moyens de diversité spécifique sont respectivement de 2,507 et 2,366 bits tandis que la constante de milieu est de 0,628 et 0,588. Les groupes d'algues dominants sont les Cyanophycées avec les espèces *Microcystis delicatissima*, *Oscillatoria laxissima*, *Lyngbya limnetica*, *Lyngbya contorta*, *Anabaenopsis tanganiikae* et les Chlorophycées avec *Oocystis* sp., *Glosterium aciculare*, *Scenedesmus quadricauda*. Cette zone se subdivise en deux parties au niveau d'une ligne horizontale passant quelques kilomètres au nord de Liwa. La région située au nord est caractérisée par un phytoplancton dense (1 à 4 mg/l) dominé par les Cyanophycées tandis que la partie sud possède des peuplements plus variés et moins denses (0,6 à 2 mg/l) où les Chlorophytes dominent.

Les caractéristiques de ces zones peuvent se résumer ainsi (tabl. 1).

TABLEAU 1

	Cuvette sud		Cuvette nord	
	Eaux libres	Archipel	Eaux libres	Archipel
Densité algale.....	0,03 et 0,22 µl/l	1,4 µl/l	0,7 et 1,6 µl/l	1,4 et 2,0 µl/l
Diversité spécifique.....	1,52 et 1,77	2,99	3,41 et 2,97	2,51 et 2,37
Constante de milieu.....	0,512 et 0,541	0,714	0,792 et 0,728	0,628 et 0,588
Groupes d'algues dominants.....	Diatomées, Cyanophycées	Chlorophycées, Diatomées, Cyanophycées	Chlorophycées, Diatomées	Cyanophycées, Chlorophycées
Subdivisions.....	1 faciès	3 sous zones	2 faciès	2 sous zones
Variations saisonnières.....	très marquées	moyennes	faibles	faibles

Différents biotopes particuliers, peu étendus et dispersés dans certaines de ces zones tels que les biotopes pérideltaïques aux débouchés de l'El Beid ou la Yobé, les herbiers immergés ou les extrémités terminales des bras de l'archipel ont été décrits dans une étude précédente (CARMOUZE *et al.* 1972).

Cette zonation est évidemment modifiée par la circulation saisonnière des eaux du lac et les limites des zones et des sous zones représentent une position moyenne pouvant être déplacée, surtout dans la cuvette sud, selon l'influence des vents et l'amplitude de la crue fluviale; mais ces modifications restent toujours limitées et l'assèchement partiel du lac en 1974 ne modifiera pas les grands traits de ce schéma : La division cuvette nord et cuvette sud s'accroîtra et la distinction eaux libres - archipel subsistera toujours dans la cuvette sud et ne disparaîtra dans la cuvette nord que lorsqu'en fin 1974, la nappe

d'eau subsistante prendra les caractéristiques hydro-biologiques d'une mare peu profonde.

3. BIOMASSES ALGALES

A partir des données ponctuelles dans l'espace et dans le temps recueillies entre 1971 et 1975, on a tenté d'évaluer la biomasse phytoplanctonique globale existant dans le lac Tchad à cette époque. On a utilisé pour ce faire les données sur les superficies et la bathymétrie définies pour les différentes parties du lac par ROCHE (1971). Les estimations en poids de matière vivante devront être considérées comme des approximations, de nombreuses causes d'erreurs et d'imprécision intervenant à plusieurs niveaux que ce soit sur le plan algologique (mode d'échantillonnage et de sous échantillonnage du phytoplancton, numérations au microscope inversé,

conversions en biovolume) ou sur le plan hydrologique (calculs des superficies, évaluations des profondeurs moyennes, estimations des surfaces exondées en fonction du niveau des eaux).

En février 1971, on a estimé la biomasse globale pour une cote de la nappe d'eau de 281 mètres d'altitude. Les valeurs obtenues figurent dans le tableau 2 et aboutissent à une biomasse phytoplantonique se situant autour de 40.000 tonnes.

TABLEAU 2

Zones	Superficie km ²	Volume eau x 10 ⁶ m ³	Biomasse	
			mg/m ³	globale en tonnes
Cuvette sud				
Eaux libres.....	5.410	10.239	30	307
Archipel.....	3.405	6.697	1.400	9.376
Cuvette nord				
Eaux libres.....	6.160	22.544	700	15.781
Archipel.....	3.160	10.956	1.400	15.338
TOTAL.....	18.135	50.436		40.802

En avril 1974, la cuvette nord est séparée de la cuvette sud au niveau de la Grande Barrière. Chacune des trois parties du lac Tchad est isolée et les niveaux absolus des différentes pièces d'eau étant inconnus, les estimations faites pour les superficies et les profondeurs moyennes deviennent très approximatives. À partir des superficies estimées à la suite de survols par avion et pour des profondeurs moyennes estimées à 1,4 mètre dans les eaux libres et l'archipel sud et 1,10 mètre dans la cuvette nord, les biomasses apparaissent considérables, surtout dans la partie nord; elles se situent au-dessus de 183.000 tonnes (tabl. 4).

TABLEAU 4

Zones	Superficie km ²	Volume eau x 10 ⁶ m ³	Biomasse	
			mg/m ³	globale en tonnes
Cuvette sud				
Eaux libres.....	1.300	1.820	7.800	14.196
Archipel.....	200	280	8.200	2.296
Cuvette nord				
Eaux libres.....	6.000	6.600	25.300	166.980
TOTAL.....	7.500	8.700		183.472

En janvier 1972, on a estimé la baisse du plan d'eau à 0,4 mètre par rapport à l'année précédente et d'après la courbe de correction des superficies données par CARMOUZE *et al.* (1973) la diminution de superficie à 1.000 km². Dans la zonation du lac établie par ROCHE (*ibid.*), les 1.000 km² ont été retirés pour moitié de la cuvette sud sur la côte sud et pour moitié de la cuvette nord le long de la côte ouest. La biomasse phytoplantonique estimée (tabl. 3) avoisine à cette époque 77.000 tonnes.

TABLEAU 3

Zones	Superficie km ²	Volume eau x 10 ⁶ m ³	Biomasse	
			mg/m ³	globale en tonnes
Cuvette sud				
Eaux libres.....	4.910	7.675	200	1.535
Archipel.....	3.405	5.334	4.900	26.137
Cuvette nord				
Eaux libres.....	5.660	18.580	1.600	29.728
Archipel.....	3.160	9.712	2.000	19.424
TOTAL.....	17.135	41.301		76.824

En novembre 1974, la cuvette sud s'est entièrement remplie et atteint sensiblement le niveau qu'elle avait en janvier 1972. La nappe d'eau qui subsiste dans la cuvette nord est estimée approximativement à 2.000 km² avec une profondeur de 0,5 mètre. Le poids du phytoplancton présent est très voisin de celui trouvé pour le mois d'avril de la même année (tabl. 5).

TABLEAU 5

Zones	Superficie km ²	Volume eau x 10 ⁶ m ³	Biomasse	
			mg/m ³	globale en tonnes
Cuvette sud				
Eaux libres.....	4.910	7.675	800	6.140
Archipel.....	3.405	5.334	400	2.134
Cuvette nord				
Eaux libres.....	2.000	1.000	179.000	179.000
TOTAL.....	10.315	14.009		187.274

Enfin en février 1975, dans la cuvette sud du lac, la nappe d'eau qui a atteint sa cote maximale en novembre (281,03 m) a baissé d'environ 0,5 mètre; elle a une cote légèrement inférieure (10 cm environ) à celle de novembre 1974. Dans la cuvette nord, les eaux ayant filtré à travers la Grande Barrière ont rehaussé le niveau et la profondeur moyenne est estimée à 0,9 mètre sur une superficie de 3.000 km². L'assèchement total interviendra en novembre 1975. En raison du remplissage de la cuvette sud et de la forte densité algale dans le nord, la biomasse totale est élevée et dépasse 240.000 tonnes (tabl. 6).

TABLEAU 6

Zones	Superficie km ²	Volume eau x 10 ⁶ m ³	Biomasse	
			mg/m ³	globale en tonnes
Cuvette sud				
Eaux libres.....	4.910	7.184	700	5.029
Archipel.....	3.405	4.994	7.600	37.954
Cuvette nord.....	3.000	2.700	74.500	201.150
TOTAL.....	11.315	14.878		244.133

Jusqu'à la fin du premier semestre de 1974, la quantité totale d'algues présente dans le lac croît donc à mesure que le niveau de celui-ci baisse. Après cette époque, la cuvette sud se remplit tandis que la partie nord évolue vers l'assèchement fin 1974 mais reçoit des apports en provenance du sud début 1975. Les estimations de la superficie de la partie nord, la plus riche en phytoplancton, étant très approximatives, les valeurs trouvées pour la biomasse globale fin 1974 et début 1975 doivent être comparées avec prudence; il semble qu'à partir du second semestre la biomasse totale s'accroisse plus lentement et même reste stable.

Ces valeurs ne peuvent de plus être comparées entre elles qu'après les corrections dues aux variations saisonnières importantes existant dans certaines zones du lac. D'après une étude préliminaire faite en 1964-1965 (GRAS *et al.* 1967), les peuplements de la cuvette sud sont les plus perturbés par la crue du Chari; si le phytoplancton d'une grande partie de l'archipel varie quantitativement assez peu au cours de l'année, les eaux libres et l'archipel dans sa partie centrale au sud de Bol peuvent présenter des variations saisonnières importantes. La période d'août à février représente la saison de faible densité phytoplanctonique tandis que mai-juin correspond

à la densité maximale. Ainsi dans les eaux libres et le centre de l'archipel sud en mai 1965, la biomasse algale en nombre de cellules était d'environ quatre fois supérieure à celle observée en janvier-février. Il en résulte que la biomasse maximale, après correction pour les eaux libres et les régions 7 et 10 de la zonation de Roche, atteint d'après les observations de 1971 pour une cote du plan d'eau à 281 mètres, une valeur de l'ordre de 45.000 tonnes et pour 1972 où seule une correction a été faite pour les eaux libres, une valeur de l'ordre de 82.000 tonnes pour un niveau de la nappe d'eau situé à 280,6 m. Par suite de la faible richesse phytoplanctonique moyenne des eaux libres du sud, les fluctuations de la biomasse dues aux variations saisonnières dans cette région apparaissent dans un Tchad normal peu importantes par rapport à la biomasse globale du lac; l'accroissement de la biomasse totale si l'on s'en réfère à l'année 1971, n'est que de l'ordre de 12 à 13 % pendant la période d'étiage.

Dans un stade petit Tchad, la valeur obtenue en avril 1974 correspond très probablement à la valeur maximale pour l'année tandis que les estimations de novembre 1974 et février 1975 devraient être majorées. En fait, la configuration du lac à cette époque étant mal connue, les conversions pour l'estimation de la biomasse maximale deviennent très hasardeuses.

Il faut signaler enfin que ces évaluations ne concernent que le phytoplancton de pleine eau et n'incluent pas le périphyton.

4. ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON ENTRE 1971 ET 1975

Malgré le caractère ponctuel dans le temps des observations effectuées chaque année, on a cherché à définir les caractéristiques du phytoplancton en relation avec les différents stades de l'évolution du milieu vers l'assèchement. En fait, à partir de 1973, le lac Tchad est divisé en trois parties (ou groupes de milieux dans le cas de l'archipel sud-est) isolées les unes des autres. On peut donc considérer deux phases : l'une où la nappe d'eau constitue encore une unité hydrologique, l'autre où chacun des éléments subsistant dans la cuvette lacustre doit être considéré séparément.

Dans la première phase (1971-1972), la baisse du plan d'eau s'accompagne d'une augmentation importante du biovolume algal moyen qui passe de 1 µl/l en février 1971 à 2,4 en janvier 1972. Cet accroissement est sensible dans toutes les zones du lac et principalement dans l'archipel de la cuvette nord. Dans une note précédente (ILTIS 1977), ce changement dans la densité phytoplanctonique de l'archipel sud a été expliqué par une modification de la circu-

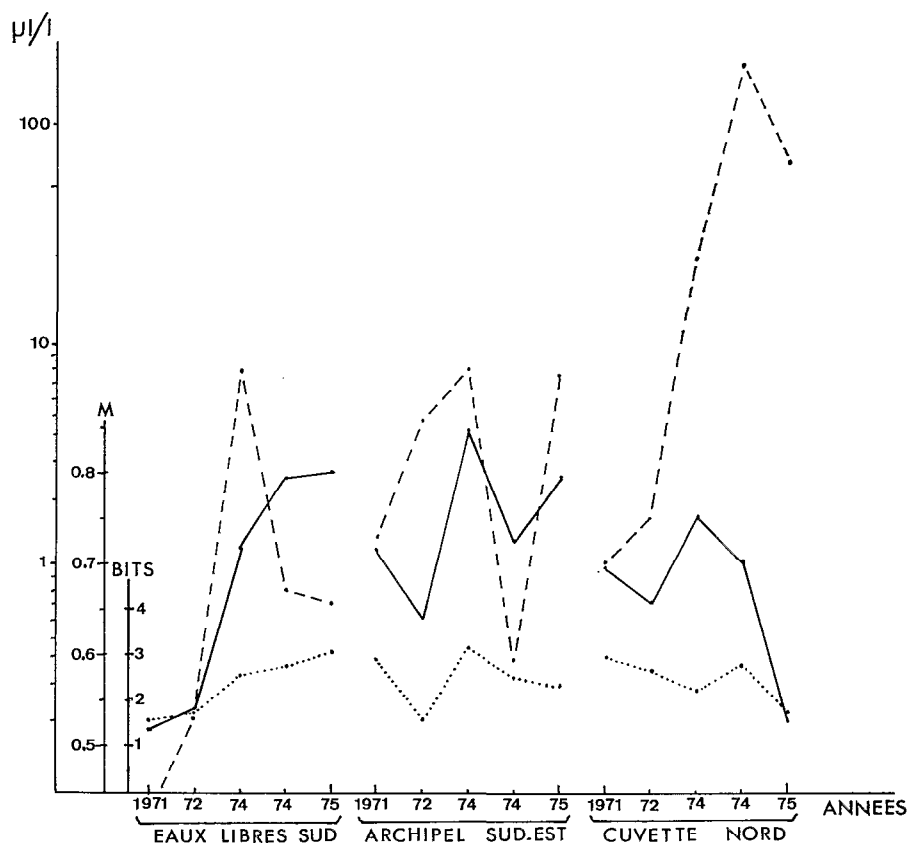


Fig. 2. — Évolution de la biomasse phytoplanctonique (en tireté), de la constante de milieu M (en trait plein) et de la diversité spécifique (en pointillé) entre février 1971 et février 1975.

lation dans le lac des eaux de crue du Chari au cours des derniers mois de 1971 et en janvier 1972. Cette augmentation de la biomasse dans l'ensemble du lac est accompagnée d'une diminution des valeurs de l'indice de diversité spécifique qui passent de 2,752 en moyenne en 1971 à 2,141 en 1972, et de l'équitabilité (72 à 59 %); le nombre moyen de taxons intervenant dans la biomasse au-dessus d'un seuil de 0,07 % du biovolume de l'échantillon passe de 15,2 à 12,3. La constante de milieu s'établit à 0,681 en février 1971 et 0,628 en janvier 1972.

Le phytoplancton apparaît dans son ensemble peu modifié dans sa composition d'une année sur l'autre. On retrouve sensiblement les mêmes taxons au cours de ces deux années et les grands groupes d'algues apparaissent dans des proportions comparables dans les différentes zones : Cyanophycées et Diatomées dominent dans les eaux libres du sud; dans l'archipel nord, les Cyanophycées dominent dans la partie la plus septentrionale tandis que, plus au sud, ce sont les Chlorophycées qui atteignent les plus forts pourcentages; enfin, dans l'archipel

est seulement, les peuplements algaux quantitativement très modifiés entre 1971 et 1972 présentent aussi des compositions un peu différentes, les Chlorophytes étant abondantes avec les Diatomées et les Cyanophytes en 1971 alors qu'elles ne représentaient l'année précédente qu'un pourcentage très faible par rapport aux deux autres groupes.

On peut donc considérer que cette première phase est surtout marquée par l'accroissement de la biomasse phytoplanctonique.

Dans la deuxième phase, l'évolution de chacune des trois régions encore inondées — eaux libres situées face au delta du Chari, archipel de la cuvette sud et nappe d'eau de la cuvette nord — sera analysée séparément (fig. 2).

Dans les eaux libres du sud, la densité phytoplanctonique qui était relativement faible en 1971 (0,030 µl/l) et en 1972 (0,2 µl/l) atteint 7,8 µl/l en avril 1974 mais diminue en novembre (0,8 µl/l) et février 1975 (0,7 µl/l) après l'invasion de cette zone par les eaux de crue du Chari.

Les indices de diversité dont la moyenne est inférieure à 2 bits en 1971 et 1972 passent à 2,507 en avril 1974, 2,704 en novembre et 3,096 en février 1975 (le nombre de taxons intervenant dans la biomasse de l'échantillon au-delà d'un seuil de 0,07 % est de 6 en février 1971 et de 25 en février 1975). La constante de milieu qui est en moyenne de 0,717 en avril 1974 passe à 0,794 en novembre et 0,801 en février 1972. Aux peuplements d'algues dominés essentiellement en 1971-1972 par les Diatomées et les Cyanophycées viennent s'ajouter à partir d'avril 1974 des Eugléniens en proportions importantes puis en novembre de la même année des Chlorophytes et des Chrysophycées; enfin, en février 1975, Diatomées et Chlorophytes composent la majeure partie de la biomasse.

Dans l'archipel de la partie est du lac, les bio-volumes d'algues (1,4 $\mu\text{l/l}$ en février 1971 et 4,9 en janvier 1972) sont en moyenne de 8,2 $\mu\text{l/l}$ en avril 1974, 0,4 en novembre puis 7,6 $\mu\text{l/l}$ en février 1975; la valeur très faible observée en novembre est consécutive à l'envahissement de cette zone à partir de septembre par les eaux du Chari qui provoqua une remise en eau complète de l'archipel avec un rehaussement de niveau de plus de 2,5 mètres. Les diversités spécifiques qui étaient en moyenne de 2,989 en février 1971 et 1,558 en janvier 1972 passent à 3,152 en avril 1974, 2,506 en novembre et 2,365 en février 1975, les valeurs moyennes de la constante de milieu étant respectivement les suivantes : 0,714, 0,639, 0,848, 0,726 et 0,796. Les peuplements d'algues sont nettement dominés à partir d'avril 1974 par les Euglénophytes; Chlorophytes et Diatomées pouvant localement atteindre un pourcentage important; les Cyanophytes sont toujours en faibles proportions.

L'évolution de cette partie du lac est donc marquée par un net enrichissement de la biomasse dû au développement des Eugléniens. Cet enrichissement est interrompu en novembre 1974 par la remise en eau complète de toute cette zone; l'onde de crue est ensuite rapidement colonisée en février 1975 par un phytoplancton très dense.

Dans la cuvette nord du lac, les biomasses moyennes, de l'ordre de 1,05 et 1,6 mg/l en 1971 et 1972 atteignent 25,3 mg/l en avril 74, puis 179 mg en novembre et enfin 74,5 mg en février 1975 après l'élévation de niveau due aux apports de la Yobé et au passage à travers la Grande Barrière d'un certain volume d'eau en provenance du sud. Parallèlement à cette évolution de la biomasse, l'indice de diversité spécifique passe pour l'ensemble de la partie nord de 2,932 en février 1971 et 2,673 en janvier 1972 à 2,215 en avril 1974, 2,790 en novembre et 1,758 en février 1975 tandis que les valeurs de la constante de milieu sont respectivement les suivantes : 0,696; 0,657; 0,751; 0,704 et 0,531. Les peuplements

d'algues sont dominés en avril 1974 par les Cyano-phycées pour tous les prélèvements du nord et du nord-est de la nappe d'eau et par les Diatomées pour ceux du centre, de l'ouest et du sud, ce partage correspondant à la séparation existant au niveau Tchad normal entre zone d'eaux libres et archipel. En novembre 1974, il ne subsiste de l'archipel et des eaux libres qu'une zone homogène encombrée d'îlots; Diatomées et Chlorophycées constituent la majorité des peuplements d'algues tandis qu'en février 1975, les Diatomées dominent très nettement (le plus souvent plus de 85 % de la biomasse est constituée de Diatomées centriques).

La seconde phase de l'évolution des peuplements d'algues est donc caractérisée comme la précédente par une très forte augmentation de la densité algale, toutefois cet accroissement est surtout marqué dans la nappe d'eau subsistant dans le nord du lac. On a essayé pour cette partie du lac de relier les valeurs de la biomasse à l'accroissement de la teneur en sels dissous du milieu à mesure que l'étendue de la nappe d'eau diminue; la dispersion des points obtenus est très grande et il n'apparaît pas de corrélation nette entre les deux séries de valeurs. Ce résultat négatif confirme le fait déjà observé dans les mares natronées voisines du lac selon lequel au-dessous d'un seuil d'environ 2 g/l de teneur en sels du milieu, ce qui est le cas de tous les échantillons du lac, les modifications intervenant dans les peuplements phytoplanctoniques ne peuvent être reliés directement à la concentration en sels dissous.

On notera enfin surtout dans les peuplements très denses de la cuvette nord en 1974-1975 les proportions élevées des Diatomées qui reflètent l'importance des quantités de silice mises en jeu dans les mécanismes hydrochimiques des eaux de cette partie du lac.

5. CONCLUSIONS

Dans la situation Tchad normal, le lac possède une zonation stable en ce qui concerne le phytoplancton, en dépit du taux annuel de renouvellement des eaux très élevé et des mouvements d'eau causés par le régime hydrologique du Chari (alternance d'une forte crue avec un étiage au débit très faible). La cuvette nord apparaît la plus riche en plancton tant au point de vue densité par unité de volume que quantité totale, cette partie du lac étant la plus étendue et la plus profonde; par ailleurs, les variations saisonnières y apparaissent inexistantes ou beaucoup plus amorties que dans la cuvette sud où une saison de faible densité planctonique alterne avec une période de densité moyenne. Dans chacune des deux cuvettes, la nature des peuplements d'algues permet la subdivision en une zone d'eaux

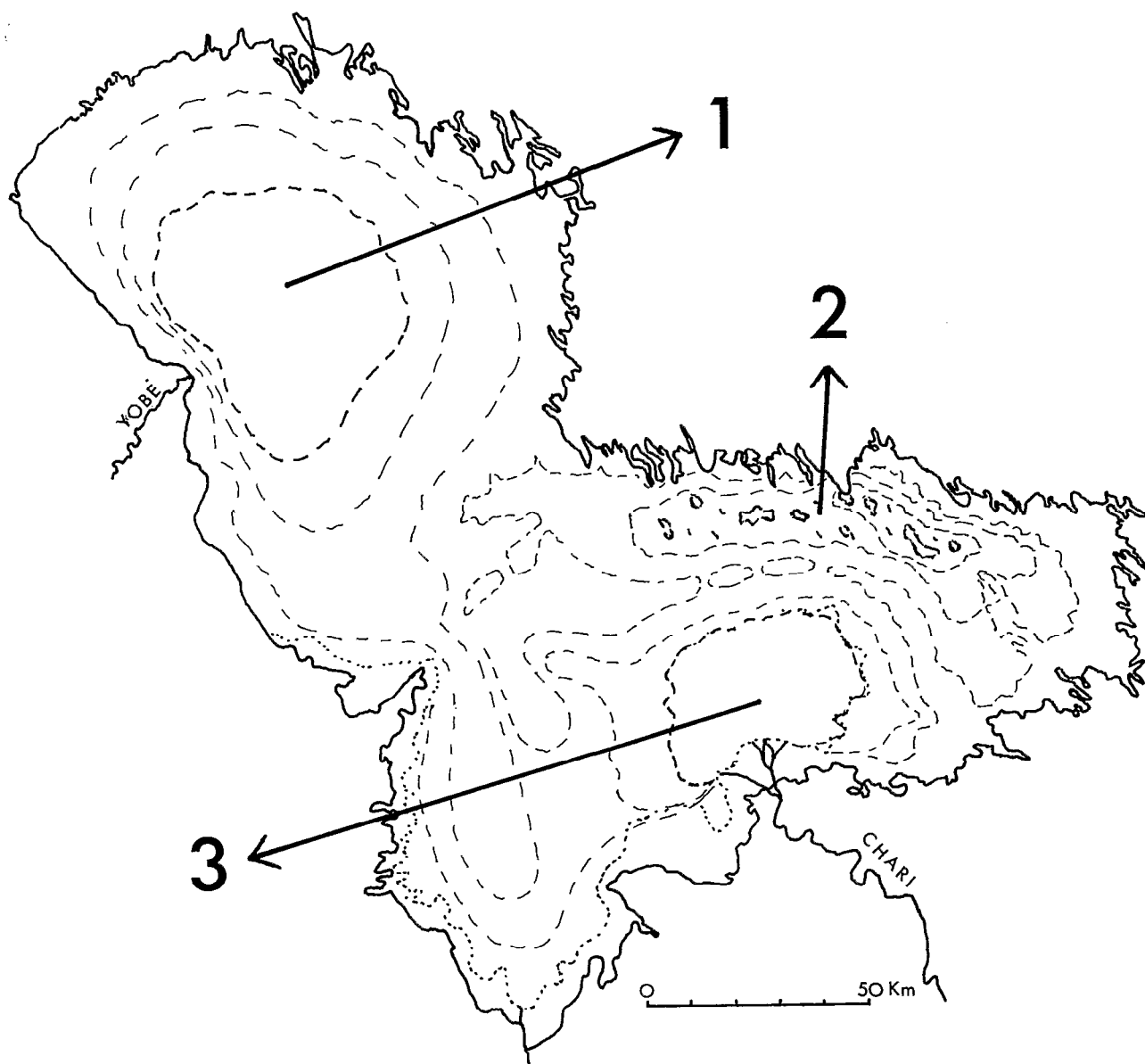


Fig. 3. — Représentation de la régression du lac Tchad entre 1972 et 1975 et évolution des différentes parties du lac : 1 vers un faciès de mare natronée, 2 vers un faciès de marécage, 3 vers un faciès fluvial.

libres et un archipel. Au cours de la phase d'assèchement qui aboutit à l'état petit Tchad, la distinction entre les peuplements de l'archipel et des eaux libres subsiste toujours dans la cuvette sud; dans la partie nord, elle persiste pendant quelque temps (situation en avril 1974) jusqu'à ce que cette région se réduise à une nappe d'eau de profondeur égale ou inférieure à un mètre encombrée de nombreux îlots.

D'après les observations faites sur le Tchad au stade normal, la cuvette sud apparaît être le domaine des Diatomées et des Cyanophycées qui se concurrencent selon les saisons; la cuvette nord dans toute sa partie moyenne voit la dominance des Chlorophytes tandis que les Cyanophycées sont le groupe le mieux représenté dans les extrémités nord et surtout nord-est. Au stade petit Tchad, ce schéma est modifié par l'apparition en masse

des Euglénophytes dans l'archipel de la cuvette sud tandis que dans la cuvette nord en voie d'assèchement, les Diatomées apparaissent largement dominantes, du moins jusqu'en février 1975. Un stade final à Cyanophycées précède très probablement l'assèchement total.

Le tonnage d'algues planctoniques présent dans le lac est de l'ordre de 45.000 tonnes pour un Tchad normal; à un état petit Tchad dans lequel une nappe d'eau de faible superficie subsiste dans la cuvette nord, cette valeur est approximativement quatre à cinq fois supérieure. Ces estimations ne concernent que le plancton végétal de pleine eau et n'incluent pas le phytobenthon de la pellicule du fond et le périphyton abondant sur les plantes aquatiques immergées et les débris végétaux en décomposition dans l'eau. On peut d'ailleurs supposer que le périphyton subit une évolution quantitative inverse de celle du plancton et que, par suite de l'assèchement des étendues d'herbiers dans certaines parties du lac et des variations rapides de niveau surtout dans la cuvette sud, les quantités totales diminuent de façon considérable au stade petit Tchad. Toutefois, les observations sur ce type de plancton étant actuellement inexistantes, cette supposition demanderait à être confirmée par des études ultérieures.

Au stade petit Tchad, la crue du Chari, quelle que soit son importance, perturbe toujours à une période de l'année les parties sud et est du lac; elle peut même comme c'est le cas fin 1974 atteindre l'ensemble des trois zones du lac encore inondées; aussi l'évolution vers l'assèchement ne se fait pas de façon régulière mais avec des paliers plus ou moins longs selon l'importance des apports. En fait, les trois zones qui subsistent évoluent chacune vers un faciès phytoplanktonique différent (fig. 3) :

La nappe d'eau de la cuvette nord évolue vers un faciès de mare natronée; les différents stades de cette évolution sont marqués par l'accroissement de la biomasse algale par unité de volume, puis la dominance des Diatomées centriques accompagnée

ou suivie immédiatement par l'apparition et le développement d'*Oscillatoria platensis f. minor*, algue bleue caractéristique au Tchad des milieux natronés. Enfin, un stade final à Cyanophycées doit mettre un terme à l'évolution phytoplanktonique de la nappe d'eau qui se fragmente en plusieurs mares avant l'assèchement total.

L'archipel de la partie est du lac évolue vers un faciès de marécage à Euglénophycées dominantes, avec envahissement du milieu par les macrophytes aquatiques.

Enfin les eaux libres du sud situées face au delta du Chari évoluent vers un faciès fluvial marqué par l'alternance d'une période de crue très pauvre en plancton et d'un étiage plus riche. Au cours de celui-ci, selon la superficie de la nappe d'eau, la composition des peuplements d'algues permet de distinguer une région péri-deltaïque et, éventuellement, une région ouest occupant les parties sud et ouest de la cuvette sud et une région est, mais ces subdivisions ne persistent pas pendant la période de crue. Les Diatomées (*Melosira granulata*, *Synedra berlinensis*) sont dominantes dans les peuplements sauf à certaines périodes de l'étiage où les Cyanophycées (*Anabaena flos aquae* et plusieurs espèces de *Microcystis*) forment la majeure partie de la biomasse. Dans le cas d'une nappe d'eau très réduite à la suite d'une crue particulièrement déficitaire, les Eugléniens apparaissent au cours de la saison chaude dans des proportions comparables à celles des Cyanophycées et des Diatomées.

La régression du lac Tchad entre 1971 et 1975 entraîne donc un enrichissement en plancton végétal des eaux de la cuvette lacustre; une partie importante des zones écologiques existant au stade Tchad normal deviennent des étendues d'eau peu profondes ayant les caractéristiques hydrobiologiques d'étangs. La production finale exploitable devrait donc se trouver elle aussi améliorée au cours de cette évolution de la configuration du lac.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 8 mars 1977.

OUVRAGES CONSULTÉS

- CARMOUZE (J. P.), CHOURET (A.), DURAND (J. R.), 1973. — Données récentes sur l'évolution du lac Tchad en 1972-1973. O.R.S.T.O.M., N'Djamena, 11 p., *multigr.*
- CARMOUZE (J. P.) *et al.*, 1972. — Grandes zones écologiques du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. VI, n° 2 : 103-169.
- CHOURET (A.), LEMOALLE (J.), 1975. — Évolution hydrologique du lac Tchad (juillet 1974-octobre 1975). O.R.S.T.O.M., N'Djamena, 11 p., *multigr.*
- GRAS (R.), 1964. — Rapport sur la détermination sommaire des principaux biotopes du lac Tchad. O.R.S.T.O.M. et C.T.F.T. Fort-Lamy, 58 p., *multigr.*
- GRAS (R.), ILTIS (A.), LÉVÊQUE-DUWAT (S.), 1967. — Le plancton du Bas Chari et de la partie est du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. I, nos 1-4 : 25-100.
- ILTIS (A.), 1974. — Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad) VIII. Classification des milieux étudiés et espèces caractéristiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.* vol. VIII, n° 2 : 81-92.
- ILTIS (A.), 1975. — Phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad). X. Conclusions. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. IX, n° 1 : 13-17.
- ILTIS (A.), 1977. — Peuplements phytoplanctoniques du lac Tchad. I : Stade Tchad normal. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 1 : 33-52.
- ILTIS (A.), 1977. — Peuplements phytoplanctoniques du lac Tchad II : stade petit Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 1 : 53-72.
- ROCHE (M. A.), 1971. — Géographie et éléments numériques sur la superficie et la bathymétrie du lac Tchad. O.R.S.T.O.M., N'Djamena, 7 p., *multigr.*
- TILHO (J.), 1928. — Variations et disparition possible du Tchad. *Ann. Geogr. Fr.*, 37 : 238-260.