

Le phytoplancton du lac de Guiers : approche qualitative et quantitative

Aïssatou DIA*, Pierre Adrien REYNAUD**

Résumé

Une étude qualitative du phytoplancton du lac de Guiers situé au Nord du Sénégal a permis de dénombrer 49 espèces d'algues réparties en 4 groupes: Chromophytes (23 espèces), Chlorophytes (14 espèces), Cyanophytes (8 espèces), Euglénophytes (4 espèces). Entre mars et juin 1980 la biomasse phytoplanctonique augmente de 0,06 mg.l⁻¹ à 1,24 mg.l⁻¹.

L'évolution de la structure du peuplement permet de distinguer 2 phases: une période de basses eaux où la composition de la flore comprend au moins 5 espèces dominantes et une période d'apport d'eau extérieur où la flore n'a plus qu'une espèce dominante. Cette alternance rendue possible par la crue annuelle du fleuve Sénégal permet la régénération du phytoplancton.

Mots-clés : Biomasse algale — Phytoplancton — Cyanophytes — Euglénophytes — Chromophytes — Chlorophytes.

Summary

A qualitative study of lac de Guiers phytoplankton (North Senegal) allowed to determine 49 algal species distributed in 4 groups: Chromophytes (23 species), Chlorophytes (14 species), Cyanophytes (8 species), Euglenophytes (4 species). Between March and June 1980 the phytoplankton biomass increases from 0.06 mg.l⁻¹ to 1.24 mg.l⁻¹.

The evolution of the algal populations shows two phases: a period of lower water when floral composition includes at least five dominant species and a period of adduction of external water during the overflow of the Senegal river, with only a dominant algae.

Key words : Algal biomass — Phytoplankton — Cyanophytes — Euglenophytes — Chromophytes — Chlorophytes.

1. Introduction

L'Institut des Sciences de l'Environnement de l'Université de Dakar a orienté ses recherches vers une étude pluridisciplinaire de la région du lac de Guiers (Sénégal) afin d'en définir des perspectives d'aménagement intégré. Dans le cadre de cette étude nous avons dressé une première liste systématique des espèces algales planctoniques présentes dans le lac et nous avons suivi les variations de la biomasse et de la structure du peuplement algal pendant les 3

périodes des hautes eaux, de l'étiage et de la crue en 1980.

Des études du phytoplancton des eaux continentales soudano-sahéliennes ont été effectuées au Tchad par ROUND (1961), ILTIS (1974) et COMPÈRE (1974), au Niger par COMPÈRE (1980), au Sénégal par GUERMEUR (1954) et POUQUES (1956). Ces auteurs se sont surtout intéressés à l'inventaire de la flore algale et aux structures de peuplement.

Le lac de Guiers présente l'intérêt particulier d'être une zone écologique bien délimitée mais pen-

* I.S.E. Faculté des Sciences, Dakar, Sénégal.

** Microbiologiste du Sol, Laboratoire de Biologie des sols, Centre O.R.S.T.O.M. de Bel-Air, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

dant une partie de l'année une liaison hydrique s'établit avec le fleuve Sénégal. Il est alors possible que parallèlement aux variations de sa composition physico-chimique interviennent des variations d'ordre biologique.

2. Caractéristiques abiotiques du lac de Guiers

2.1. LOCALISATION, CLIMATOLOGIE, RÉGIME DES EAUX

Le lac de Guiers est situé au nord du Sénégal (fig. 1) à $18^{\circ}30'$ de longitude Ouest et entre $15^{\circ}30'$ et 16° de latitude Nord. Il a une surface de 300 km^2 en hautes eaux et mesure 60 km de long pour 7 km de large; à l'étiage sa surface n'est plus que de 200 km^2 sa profondeur varie de 3,5 à 2 m au nord et 1,5 à 1 m au sud.

La région du lac de Guiers appartient à la zone sahélienne, caractérisée par une courte saison des pluies (juin-juillet à octobre) dont le déficit pluviométrique est devenu chronique (pas plus de 300 mm annuels depuis 1972), et une longue saison sèche d'octobre à mai; à partir de mars souffle l'harmattan qui sèche la végétation et provoque une intense érosion éolienne.

Les moyennes mensuelles des températures sont les plus basses en décembre-janvier ($22,5^{\circ}\text{C}$) et les plus élevées en juin-juillet (31°C). Elles se maintiennent élevées jusqu'en octobre.

Le peu d'importance du relief, le caractère filtrant des sols et la faiblesse des précipitations locales réduisent à très peu de chose les apports au lac, par ruissellement sur son propre bassin versant (au plus 10 %). Pour son alimentation en eau, le lac de Guiers dépend surtout du fleuve Sénégal. Avant la construction du pont-barrage de Richard-Toll en 1947, la Taouey amenait de l'eau du fleuve vers le lac durant la crue et vidait partiellement le lac dans le fleuve en étiage (REIZER, 1974).

Le pont-barrage a été édifié pour éviter la pénétration de l'eau saumâtre remontant de la mer par le fleuve Sénégal dès la fin de la décrue. Il n'est ouvert qu'au moment de la crue et celle-ci alimente alors le lac jusqu'au moment où les niveaux d'eau du lac et du fleuve sont tels que le flot risque de s'inverser. Le barrage est alors refermé et les variations de l'eau du lac et du fleuve deviennent ainsi indépendantes.

Le débit moyen de la Taouey pendant l'ouverture du pont-barrage est estimé à 100 m^3 par seconde. Le volume d'eau stocké pendant la crue du fleuve est d'environ 600.10^6 m^3 dont 45 % sont perdus par évaporation, évapotranspiration et infiltration; le reste est utilisé pour l'alimentation en eau de Dakar

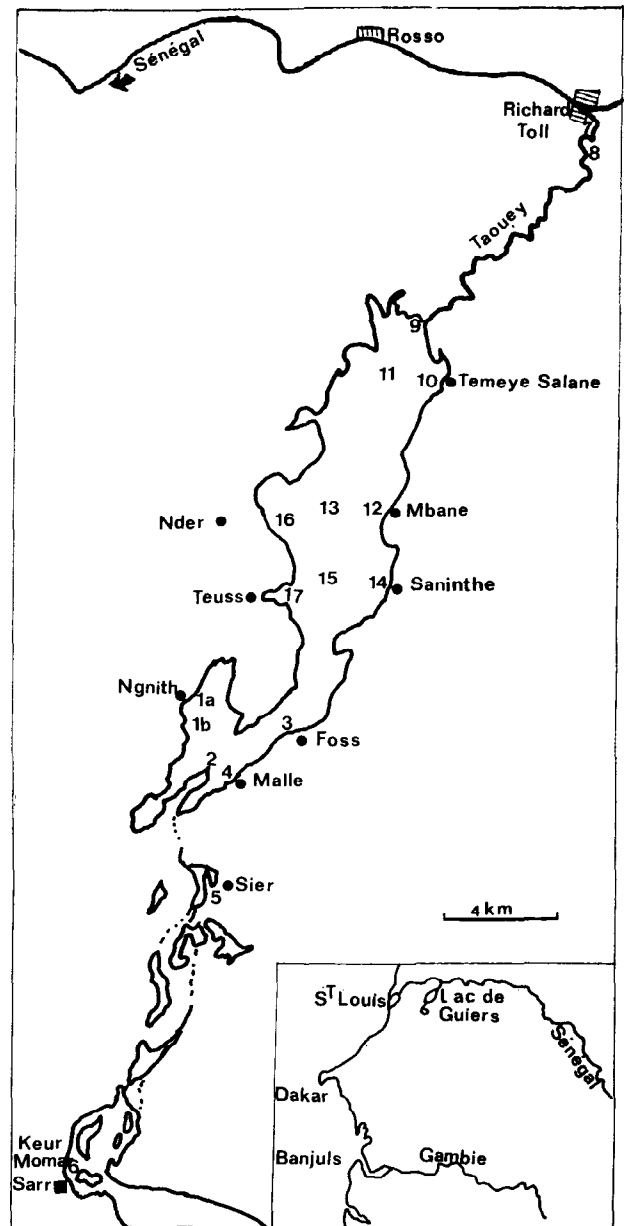


Fig. 1. — Carte de situation du lac de Guiers au 1/200 000^e, indiquant les stations de prélèvements.

(20.10^6 m^3) et l'irrigation (242.10^6 m^3). La construction du barrage de Diama à 28 km en amont de Saint-Louis arrêtera la remontée des eaux salées et assurera une meilleure maîtrise des eaux du lac en maintenant une hauteur d'eau moyenne annuelle de 2,50 m.

2.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

En 1979 la moyenne mensuelle des températures lacustres la plus faible est celle de janvier (22,5 °C) et la plus élevée celle de juin (31 °C). Ces valeurs proches de celles des eaux du Tchad (CARMOUZE *et al.*, 1972) sont favorables à une bonne productivité.

Des phénomènes de stratification n'excédant jamais 24 h ont été remarqués par REIZER (1974) mais en règle générale la température s'homogénéise de la surface au fond en début de matinée.

Le fleuve apporte 40 mg.l⁻¹ de sels dissous et 0,4 g.l⁻¹ de sédiments, principalement d'argiles et de limons. Les eaux du lac suivant la classification

de KUFFERATH (1951) sont pentaioniques asulfatées, mais leur composition est variable dans l'espace et dans le temps. COGELS et GAC (1982) distinguent trois zones séparées par les goulets de Foss et de Sier. Au tableau I sont rapportées les compositions chimiques des eaux de chaque zone à leur concentration maximale et comparativement celle des eaux apportées par le fleuve. Dans la zone nord les eaux sont douces et dans la zone centrale moyennement minéralisées (0,6 g de sels/l); elles sont de type chloruré, carbonaté, sodique.

Dans la zone sud les eaux se concentrent sous le double effet de l'évaporation et d'une nappe phréatique salée résultant de la concentration dans

TABLEAU I

Analyse chimique des eaux du fleuve à Richard-Toll et du lac de Guiers pour lequel les valeurs exprimées correspondent aux concentrations maximales mesurées pour chaque zone par COGELS et GAC (1982)

	Fleuve	Lac de Guiers		
		Zone nord	Zone centrale	Zone sud
pH.....	7,2	7,4	7,8	8,5
Conductivité microsiemens. cm ⁻¹				
à 20 °C.....	80	300	500	4 000
HCO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹	24	64	149	992
SO ₄ ⁻ mg.l ⁻¹	> 1	14	27	934
Cl ⁻ mg.l ⁻¹	2	47	95	2 110
Na ⁺ mg.l ⁻¹	1,9	27	61	1 680
K ⁺ mg.l ⁻¹	2,1	2,9	8	59
Ca ⁺⁺ mg.l ⁻¹	3,7	14,8	29	57
Mg ⁺⁺ mg.l ⁻¹	1,7	7,8	18	225
H ₄ SiO ₄ mg.l ⁻¹	5	10	17	27

cette zone des eaux saumâtres que le fleuve recevait avant la construction du pont-barrage. Dans la zone sud les eaux sont relativement appauvries en calcium et silice et à un degré moindre en magnésium et sulfate; seuls Cl et Na ne participent à aucune précipitation chimique.

3. Méthodes d'analyses qualitatives

3.1. LOCALISATION DES STATIONS ET RÉCOLTE DES ÉCHANTILLONS

Trois séries de prélèvements ont été effectuées en juillet, août et octobre 1979 sur 18 stations réparties sur toute l'étendue du lac (fig. 1). Cinq sont situées dans la zone extrême nord du lac et la Taouey : Richard-Toll (7), Taouey (8, 9), Témèye (10, 11);

six dans la zone nord : Mbane (12, 13), Saninthe (14, 15), Nder (16), Teuss (17); cinq dans la zone centrale : Ngnith (1a, 1b, 2), Foss (3), Malle (4); deux dans la zone sud : Sier (5), Keur Momar Sarr (6).

Les récoltes ont été effectuées avec un filet à plancton de 17 cm de diamètre à vide de mailles de 40 à 60 µm. Il a été enfoncé verticalement jusqu'au fond du lac puis remonté et le phytoplancton a été recueilli dans un flacon en polypropylène de 125 ml en lavant le filet avec un jet d'eau déminéralisée. Cette opération a été renouvelée trois fois à chaque station. Les échantillons sont immédiatement fixés au formol à 5 % puis concentrés sur préfiltre Millipores (AP 10047) et colorés au réactif de Lugol à 1 %.

3.2. MÉTHODE D'OBSERVATION

L'examen microscopique du matériel récolté

s'effectue au microscope Leitz aux grossissements $\times 10$ et $\times 40$. Deux fois 0,02 ml de suspension de chaque échantillon sont examinés entre lame et lamelle. L'indice d'abondance A_i de chaque espèce a été défini de la manière suivante : 0 : aucun individu n'a été observé dans $2 \times 0,02$ ml; 1 : entre 1 et 10 individus; 2 : entre 11 et 20 individus; 3 : entre 21 et 30 individus; 4 : entre 31 et 40 individus.

4. Méthode d'analyses quantitatives

4.1. LOCALISATION ET SÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS

La station de prélèvement a été choisie au niveau de Ngnith car dans cette zone, d'accès facile, les variations des facteurs physico-chimiques ont les plus faibles amplitudes (REIZER, 1974). Les récoltes ont été effectuées tous les 15 jours du 10 mars au 17 juin 1980. Cette partie du lac étant ensuite asséchée, la dernière récolte n'a pu être effectuée que le 20 août, après la crue. Cinq prélèvements ont été effectués pour chacun des trois emplacements correspondant à des isobathes différents du lac : 50, 100 et 150 cm initialement, puis, 10, 50 et 100 cm en fonction de l'assèchement du lac (voir fig. 2).

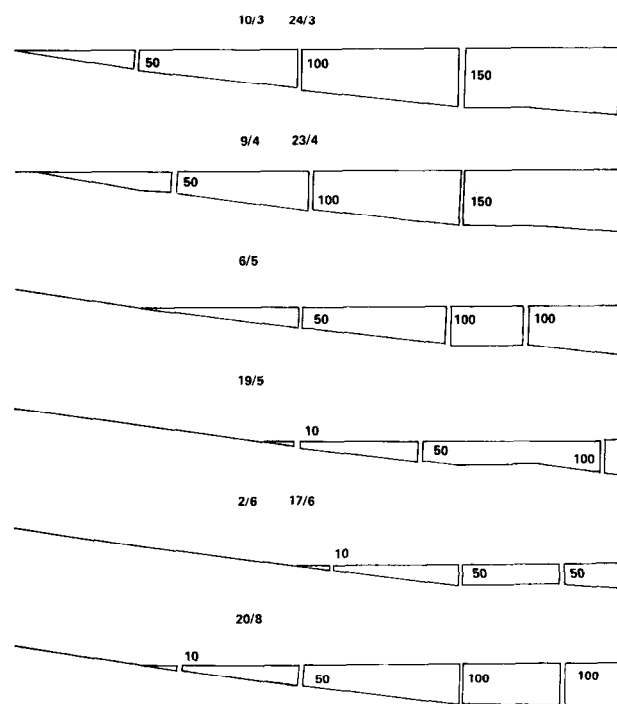


Fig. 2. — Évolution pendant la période des prélèvements du niveau de l'eau à la Station de Ngnith et positions successives des trois emplacements des récoltes pour les dates indiquées au-dessus.

4.2. TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE

Des tubes de PVC de 3,3 cm de diamètre sont enfoncés dans le sol du lac; la colonne d'eau ainsi isolée est recueillie par aspiration à l'aide d'une seringue et transvasée dans une bouteille de plastique. Trois prélèvements sont effectués à chaque emplacement et réunis dans une même bouteille. L'eau est immédiatement filtrée sur préfiltre Millipore qui est ensuite coupé en deux moitiés. L'une qui servira à la numération est conservée dans 5 % de formol et 1 % de lugol; la seconde qui sera utilisée pour le dosage de la chlorophylle est conservée à 4 °C.

4.3. ESTIMATION DES BIOMASSES PHYTOPLANKTONIQUES

Par comptage

Le comptage des éléments constituant le phytoplancton est réalisé suivant la même technique que pour l'analyse qualitative. Le nombre d'individus de chaque espèce est dénombré. Les valeurs obtenues sont ensuite converties en biovolume après calcul du volume moyen de chaque espèce.

Par dosage de la chlorophylle

Le dosage de la chlorophylle est effectué après extraction une nuit à 4 °C dans du méthanol à 90 %, centrifugation et mesure de la densité optique suivant la formule de HOLDEN (1965).

5. Analyse qualitative

5.1. LISTE SYSTÉMATIQUE DES ALGUES OBSERVÉES

Les familles ou les classes sont citées dans la classification adoptée par BOURRELLY (1966, 1968). Les genres et les taxons sont cités par ordre alphabétique. Les chiffres cités après le nom de chaque algue renvoient à la station de prélèvement. Les souches rencontrées à la station 1a pendant l'analyse quantitative sont aussi mentionnées. Les volumes moyens pour chaque souche ont été estimés par mesure directe au microscope et rapportés au volume simple le plus proche (cylindre, double cône, parallélépipède, sphère...). Celui des Diatomés a été apprécié d'après le volume global du frustule. Les algues ayant sensiblement la même densité que le milieu dans lequel elles se développent, il a été admis qu'un µl de matière vivante correspondait à 1 mg (ILTIS, 1971 a). Lorsqu'il n'existait qu'une seule espèce par genre la détermination s'est arrêtée à la définition du genre.

CYANOPHYTES

CHROOCOCCACÉES

Aphanocapsa sp. 1 a, 6, 17. Cellules sphériques de 2 à 3 μ de diamètre dans une gelée homogène, volume moyen (v.m.) d'une colonie : 14 100 μ^3

Gloeocapsa sp. 1 a, 6, 11. Cellules hémisphériques de 3 à 5 μ de diamètre entourées d'une gelée stratifiée, v.m. d'une colonie : 1 300 μ^3

Gloethece sp. 16, 17. Cellules sphériques de 4,5 μ de diamètre, gaine zonée, v.m. d'une colonie : 15 800 μ^3

Merismopedia sp. 2, 3, 4. Colonies tabulaires formées de cellules ellipsoïdales de 4,5 μ de long disposées par 2 ou 4 dans une gelée homogène, v.m. d'un élément 350 μ^3

OSCILLATORIACÉES

Oscillatoria amphibia 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 15, 16. Trichomes droits de 6 μ de diamètre, v.m. d'un filament : 1 600 μ^3

O. chlorina 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 10, 13, 14, 15, 17. Trichomes flexueux à coiffe environ 3 μ de diamètre, v.m. d'un filament : 950 μ^3

Pseudanabaena sp. 1 a, 1 b, 4, 5, 6, 15, 16, 17. Cellules cylindriques de 6 μ de diamètre, v.m. d'un filament 2 000 μ^3

NOSTOCOCCACÉES

Anabaena sp. 1 a, 3, 4, 10, 13, 15. Hétérocystes intercalaires, cellules cylindriques de 7 μ de diamètre, v.m. d'un filament 6 500 μ^3

EUGLÉNOPHYTES

Euglena sp. 1 a, 1 b, 3, 5, 15. Cellules de 125 $\times$ 15 μ fusiformes, plastes discoïdes, v.m. 6 000 μ^3

Phacus sp. 1 a. Grande forme : 42 $\times$ 27 μ , membrane striée longitudinalement, plastes discoïdes, v.m. 7 000 μ^3

Trachelomonas naviculiformis 1 a, 10. Cellules allongées 30 $\times$ 10 μ , v.m. 2 250 μ^3

T. volvocinopsis 1 a. Cellules sphériques de 17 μ de diamètre

CHROMOPHYTES

COSCINODISCACÉES

Cyclotella sp. 1 a, 1 b, 3, 4, 5, 6, 9, 15. Valves de 10 μ de diamètre, v.m. 500 μ^3

DIATOMACÉES

Diatoma sp. 5, 7, 10. Frustules de 64 $\times$ 34 μ , v.m. 12 000 μ^3

Fragilaria sp. 1 a, 2, 4, 5, 7, 10. Frustules de 38 $\times$ 8 μ , stries transapicales 10-11 pour 10 μ , v.m. 1 760 μ^3

Synedra sp. 1 a. Frustules allongées de 95 $\times$ 3 μ capitées aux extrémités, v.m. 670 μ^3

NAVICULACÉES

Anomoeoneis sp. 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17. Frustules de 50 $\times$ 12 μ , v.m. 1 800 μ^3

Cymbella sp. 5, 6, 9. Frustules de 46 $\times$ 17 μ , v.m. 3 320 μ^3

Gomphonema sp. 1 b, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 17. Frustules de 55 $\times$ 7 μ , v.m. 670 μ^3

Navicula sp. 1 a, 4, 5, 9, 11, 12, 13. Frustules de 30 $\times$ 11 μ , v.m. 900 μ^3

N. accomoda 1 a, 1 b, 3, 4, 13. Frustules de 40 $\times$ 10 μ , v.m. 1 000 μ^3

N. cocconeiformis 6. Frustules de 30 $\times$ 17 μ , v.m. 2 170 μ^3

N. cuspidata, 1 a, 4, 16. Frustules de 85 $\times$ 10 μ , v.m. 2 125 μ^3

N. exigua 1 a, 2, 3, 4. Frustules de 53 $\times$ 10 μ , v.m. 4 160 μ^3

N. hungarica 1 a. Frustules de 22 $\times$ 7,5 μ , v.m. 970 μ^3

N. integrata 6. Frustules de 75 $\times$ 20 μ , v.m. 7 500 μ^3

N. placentula 1 b, 5, 6. Frustules 53 $\times$ 16 μ , v.m. 3 330 μ^3

N. seminulum 9. Frustules de 37 $\times$ 9 μ , v.m. 700 μ^3

Pinnularia cardinalis 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 15, 16, 17. Frustules de 90 $\times$ 10 μ , v.m. 6 750 μ^3

P. interrupta 1 a, 1 b, 4, 6, 9, 11, 17. Frustules de 32 $\times$ 16 μ , v.m. 6 140 μ^3

NITZSCHIACÉES

Nitzschia acicularis 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 5, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17. Frustules de 155 $\times$ 10 μ , v.m. 3 875 μ^3

N. acicularis var. *closterioides* 13. Frustules de 100 $\times$ 8 μ , v.m. 7 600 μ^3

N. palea 13, 17. Frustules de 50 $\times$ 3,5 μ , v.m. 612 μ^3

N. scalaris 1 a. Frustules de 130 $\times$ 7 μ , valve linéaire droite avec pôles capités, v.m. 1 590 μ^3

SURIRELLACÉES

Surirella sp. 1 a, 2, 3, 13, 17. Frustules de 34 $\times$ 15 μ , v.m. 1 970 μ^3

CHLOROPHYTES

EUCHLOROPHYCÉES

Coccomyxa sp. 5, 14, 15. Cellules ellipsoïdales de 35 μ de long, v.m. 560 μ^3

Crucigenia sp. 1 a. Cellules groupées par 4 en cénobes plats de 17 μ de côté, v.m. 1 330 μ^3

Pediastrum clathratum 2, 15. Cénobes de grande taille (85 μ de diamètre), v.m. 16 100 μ^3

P. integrum 1 a. Pas de corne. Cénobe de 18 μ de diamètre, v.m. 6 900 μ^3

Scenedesmus quadricauda 1 a, 1 b, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 17. Cellules rectangulaires de 22 $\times$ 9 μ en cénobes de 4, les externes portant un aiguillon à chaque pôle, v.m. d'1 cénobe 12 470 μ^3

S. securiformis 1 a, 6, 12. Cellules circulaires de 11 μ de diamètre groupées en cénobe de 4, v.m. 4 600 μ^3

Scenedesmus sp. 1 a. Cellules étroites et arquées aux pôles ornés d'un court appendice 30 $\times$ 5 μ , v.m. 1 500 μ^3

Tetradron minimum 1 a. Cellules de 10 à 13 μ de diamètre, v.m. 1 730 μ^3

T. victoriae. Les sommets des cellules s'étirent en appendices simples 12 à 15 μ de côté, v.m. 1 800 μ^3

ULOTHRICOPHYCÉES

Schizomeris sp. 14, 16, 17. Thalle en forme de cylindre plein, formé de cellules prismatiques posées en anneaux réguliers, v.m. 52 000 μ^3

Ulothrix sp. 1 a, 1 b, 4, 8, 9, 11, 12, 13, 15. Filaments simples cellules de 10 $\times$ 5 μ , 1 ou 2 plastes en ruban axial, v.m. d'1 cellule 300 μ^3

ZYGOPHYCÉES

Closterium sp. 1 a. Cellules arquées 50 $\times$ 6 μ à plaste central, v.m. 560 μ^3

Staurodesmus sp. 1 a, 2, 3, 4, 6. Cellules de 22 $\times$ 15 μ , v.m. 4 950 μ^3

Spirogyra sp. 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14. Filaments simples, plastes en hélice, cellules de 85 $\times$ 25 μ , v.m. d'1 filament 41 700 μ^3

5.2. COMPOSITION DES PEUPELEMENTS

L'embranchement des Chromophytes comprend 11 genres et 23 espèces différentes parmi lesquelles *Anomoeoneis* sp., *Pennularia cardinalis*, *Nitzschia acicularis* et *Gomphonema* sp. sont présentes dans plus de la moitié des stations. L'embranchement des Chlorophytes comprend 11 genres et 14 espèces différents parmi lesquelles *Scenedesmus quadricauda* et *Ulothrix* sp. sont présentes dans plus de la moitié des stations; l'embranchement des Cyanophytes comprend 7 genres et 8 espèces. On retrouve *Oscillatoria amphibia*, *O. chlorina*, *Pseudanabaena* sp. dans

plus de la moitié des stations. L'embranchement des Euglénophytes est le moins bien représenté avec 3 genres pour 4 espèces surtout présents dans la partie sud du lac.

Le tableau II montre la répartition des taxons recensés dans les différentes stations. Le groupe le plus important est celui des Diatomées caractéristiques des eaux alcalines qui représentent 55 % de l'ensemble suivi des Chlorophycées (22 %), des Cyanophycées (20 %) et des Euglénophycées (2,6 %).

On retrouve une proportion voisine de Diatomées au Sahara 62 % (COMPÈRE, 1967) et au Tibesti

TABLEAU II
Composition de la florule algale dans les 18 Stations de prélèvements. N : nombre de taxons

N° stations	Cyanophytes		Euglénophytes		Chlorophytes		Chromophytes		Nombre total de taxons
	N	%	N	%	N	%	N	%	
1 a.....	10	26	3	8	9	24	16	42	38
1 b.....	7	21	3	9	5	15	19	55	34
2.....	5	21	0	0	5	21	14	58	24
3.....	8	23	2	6	5	14	20	57	35
4.....	7	18	0	0	8	21	24	61	39
5.....	4	13	1	3	5	17	20	67	30
6.....	5	18	0	0	2	8	20	74	27
7.....	0	0	0	0	3	23	10	77	13
8.....	0	0	0	0	6	67	3	33	9
9.....	0	0	0	0	3	17	15	83	18
10.....	6	60	1	10	0	0	3	30	10
11.....	1	6	0	0	6	33	11	61	18
12.....	1	8	0	0	6	46	6	46	13
13.....	6	22	0	0	7	26	14	52	27
14.....	3	15	0	0	9	45	8	40	20
15.....	7	26	1	4	7	26	12	44	27
16.....	8	47	0	0	2	12	7	41	17
17.....	7	29	0	0	6	25	11	46	24
TOTAL.....	85	20	11	2,6	94	22	233	55	

47,5 % (QUÉZEL, 1958); la composition en Cyanophycées est comparable à celles des peuplements de l'Ennedi 19,5 % (COMPÈRE, 1970), du Tibesti 22 % (QUÉZEL, 1958), du Soudan 22,2 % (BROOK, 1954) et du Kanem, 18,7 % (ILTIS, 1973).

Si l'on retrouve une représentation en Chlorophycées semblable à celle du Tibesti (29 %) ou du Kanem (29 %), la faible proportion de Desmidiées (1 espèce : *Closterium* sp.) s'explique par le fait que la plupart de ces algues sont acidophiles et qu'ici les pH sont alcalins pendant une grande partie de l'année. Cette particularité est caractéristique de ce biotope qui le rapprocherait du peuplement algal du

lac de Mayolo au Tchad (ILTIS, 1973) où la salinité est faible (0,3 g/l).

La proportion d'Euglénophytes est à mettre en rapport avec la matière organique disponible, on peut remarquer que l'on en trouve dans les stations des zones assez calmes 1 a, 1 b, 10 ou au milieu du lac où il peut y avoir un dépôt important : 3,15.

Sur la figure 3 sont rapportés en abscisse le nombre de taxons identifiés dans chaque station et en ordonnée la somme des indices d'abondance, Ai, pour chaque station dans les 3 séries de prélèvements. Ces résultats mettent en évidence un groupe de station à faible densité algales (7, 8, 9, 10, 11, 12, 16)

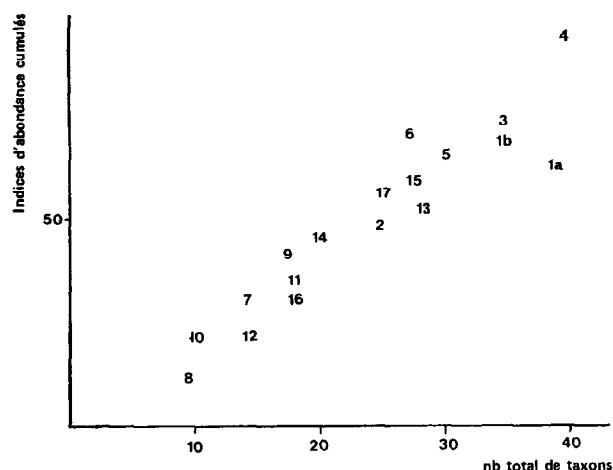


Fig. 3. — Abondance relative des espèces pour chaque stations.

toutes situées dans la zone nord du lac (fig. 1) où la composition ionique est la plus faible et inversement un groupe de stations à forte densité dans les zones centrales et sud du lac (1 a, 1 b, 3, 4, 5, 6) où la salinité s'accroît.

6. Analyse quantitative

6.1. RAPPORT BIOMASSE ALGALE-CHLOROPHYLLE a

Les biomasses obtenues rapportées sur les figures 4 a et 4 b sont données en μl par litre d'eau, ce qui correspond au mg de matière vivante par litre.

Les biomasses relatives les plus importantes se rencontrent pour une profondeur du plan d'eau de 10 cm à l'étiage (mai-juin) : 1 à 3 mg/l^{-1} et au moment de la crue : 4,3 mg/l^{-1} . C'est pour cette épaisseur et lors de la crue que les eaux se réchauffent le plus rapidement et favorisent l'activité métabolique. La concentration chlorophyllienne exprimée en $\mu\text{g/l}^{-1}$ est aussi la plus importante dans ces échantillons.

Il existe une corrélation significativement positive entre la biomasse algale totale et la concentration en chlorophylle sur l'ensemble des prélèvements ($r^2 = 0,64$); l'équation de la droite de régression de cette corrélation est $y = 147x + 146$. Il existe aussi des corrélations positives au seuil de signification de 1 % entre concentration en chlorophylle a et Chlorophytes ($r^2 = 0,77$) ou Cyanophytes ($r^2 = 0,82$), mais aucune corrélation avec les Euglénophytes ou les Chromophytes. Il semble d'une part que le processus d'extraction de la chlorophylle a (une nuit à 4 °C dans 90 % de méthanol) ne soit pas assez efficace et que la numération ait pris en compte des frustules de cellules mortes chez les Chromophytes et, d'autre part, que les variations de la biomasse d'Euglénophytes, en général estimées à partir d'un petit nombre d'individus comptés, soient peu précises.

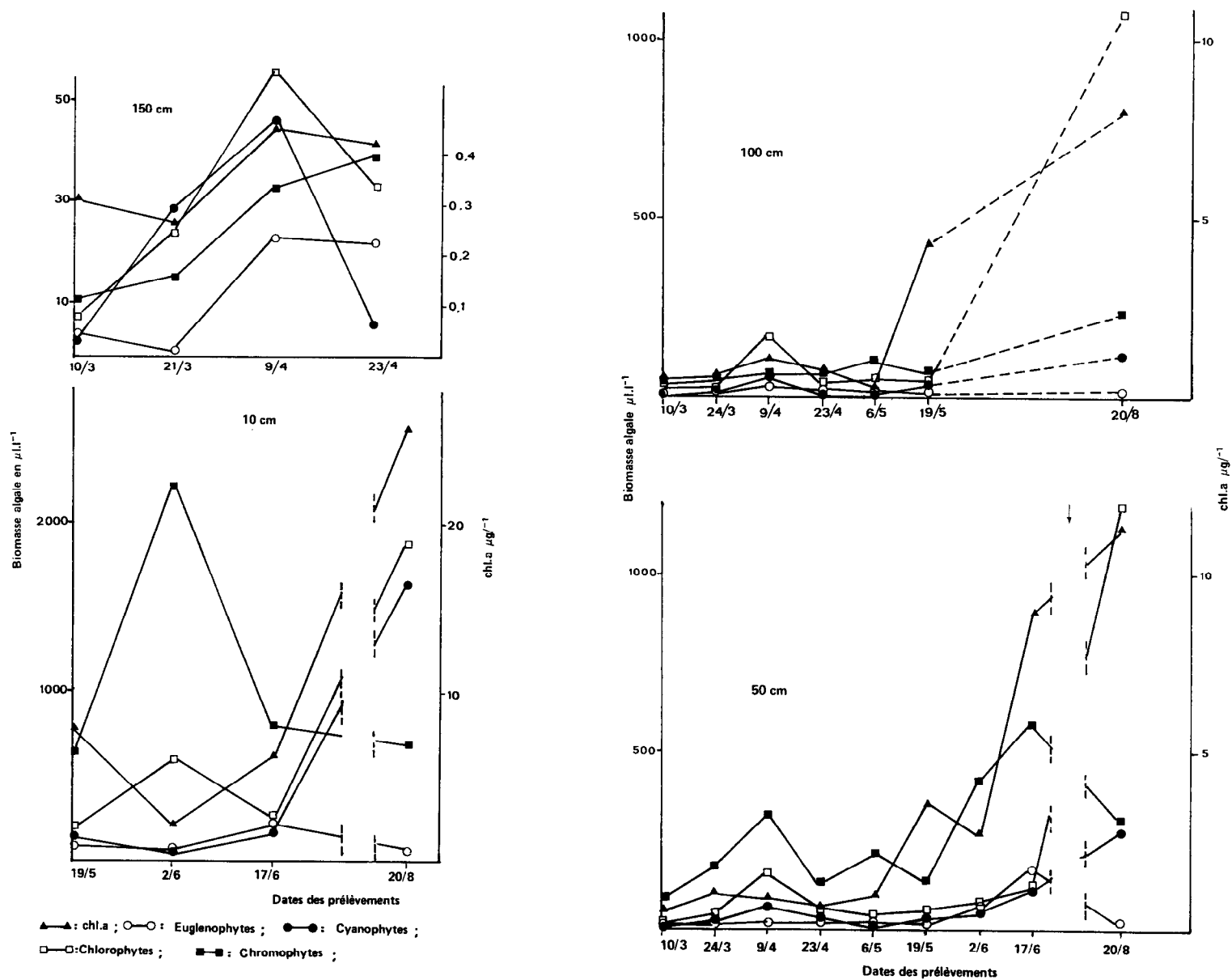
6.2. STRUCTURE DU PEUPLEMENT

Rappelons que nous avons effectué 9 séries de prélèvements : 2 en mars et 2 en avril correspondant à la fin des hautes eaux, 2 en mai et 2 en juin correspondant à la période d'étiage et une série en août correspondant au début du remplissage du lac. Nous avons regroupé les biomasses algales suivant ces

TABLEAU III

Répartition des groupes algaux aux différentes profondeurs ; hautes eaux : 4 séries de prélèvements, étiage : 4 séries de prélèvements, crue : 1 série de prélèvement. Les valeurs sont exprimées en pourcentage de la biomasse moyenne de chaque groupe par rapport à la biomasse totale et en $\mu\text{g.l}^{-1}$

	Mars-avril Hautes eaux			Mai-juin Étiage			Août Crue		
	50 cm	100 cm	150 cm	10 cm	50 cm	100 cm	10 cm	50 cm	100 cm
Chromophytes %....	61,5	33,8	27,5	66,8	63,1	51,6	16,2	16,8	16,2
$\mu\text{g.l}^{-1}$	180	49	24,4	1218	336	80,5	694	302	232
Chlorophytes %....	24,3	40,3	34	20,2	14,5	29,8	43,7	66,5	74,8
$\mu\text{g.l}^{-1}$	71	58,5	30,2	369	77	46,5	1878	1198	1070
Euglénophytes %...	4,6	9,3	14,2	6,5	12,9	4,8	1	1,3	0,9
$\mu\text{g.l}^{-1}$	13,6	13,5	12,6	118	69	7,5	43	24	12,4
Cyanophytes %....	9,5	16,3	23,9	6,5	9,5	14	37,9	15,6	8
$\mu\text{g.l}^{-1}$	27,7	23,6	21,2	118	50,5	21,9	1624	278	114
TOTAL $\mu\text{g.l}^{-1}$	292,3	144,6	88,4	1823	532,5	156,4	4239	1802	1428,4



trois périodes et rapporté au tableau III la répartition des groupes phytoplanctoniques à chaque période et pour chaque profondeur du plan d'eau en pour cent de la biomasse totale.

L'étude de la structure du peuplement pour la période des hautes eaux et la période de l'étiage a été réalisée en comparant l'indice d'abondance de chaque espèce A_i , à sa fréquence relative F_i .

$A_i = \frac{\sum x_i}{N_i \cdot X_i} \cdot 100$ où x_i est la biomasse moyenne de

l'espèce pour une série de prélèvements.

X_i est la biomasse algale totale sur l'ensemble des prélèvements d'une période et pour une profondeur considérée.

N_i est le nombre de prélèvements où l'espèce est présente pendant la période et à une profondeur considérée.

$F_i = \frac{N}{N_i} \cdot 100$ où N est le nombre total de prélèvements pendant la période et à la profondeur considérée.

TABLEAU IV

Structure du peuplement algal aux hautes eaux ; F_i : fréquence relative, A_i : indice d'abondance ; ++ : espèce dominante ; + : espèce compagne

Hautes eaux mars-avril	50 cm			100 cm			150 cm		
	F_i	A_i		F_i	A_i		F_i	A_i	
1 <i>Aphanocapsa</i> sp.	50	0,16		50	1,27	+	75	0,92	+
2 <i>Gloeocapsa</i> sp.				25	0,02		50	0,02	
3 <i>Gloeotheca</i> sp.	75	2,41	++	100	3,02	++	50	4,49	++
4 <i>Merismopedia</i> sp.	75	0,15		50	0,33		50	0,27	
5 <i>Oscillatoria amphibia</i>	75	0,27		100	0,16		100	0,21	
6 <i>O. chlorina</i>	50	0,03					50	0,02	
7 <i>Pseudanabaena</i> sp.	50	0,02		50	0,12		50	1,08	+
8 <i>Anabaena</i> sp.	25	0,29		50	0,14		25	0,16	
9 <i>Euglena</i> sp.	75	1,19	+	100	1,61	+	100	2,32	++
10 <i>Phacus</i> sp.	100	0,18		75	0,39		75	1,10	+
11 <i>Trachelomonas</i> sp.	100	0,23		100	0,43		75	0,97	+
12 <i>Cyclotella</i> sp.	100	0,13		100	0,11		100	0,34	
13 <i>Diatoma</i> sp.	100	5,87	++	100	1,87	+	100	2,84	++
14 <i>Fragilaria</i> sp.	100	0,52		100	0,20		100	0,29	
15 <i>Anomoeoneis</i> sp.	100	0,30		100	0,09		100	0,09	
16 <i>Navicula</i> sp.	75	0,14		50	0,04		75	0,04	
17 <i>N. accomoda</i>	75	0,09		75	0,08		50	0,13	
18 <i>N. coccoreiformis</i>	25	0,53		25	0,05		25	0,04	
19 <i>N. cuspidata</i>	100	0,27		100	0,16		50	0,73	
20 <i>N. exigua</i>	75	1,21	+	75	0,30		50	0,84	+
21 <i>N. hungarica</i>	75	0,17		50	0,07		50	0,19	
22 <i>N. integrata</i>	50	0,50		50	0,14		25	0,14	
23 <i>N. placentula</i>	100	0,70		100	0,23		75	0,68	
24 <i>N. seminulum</i>	50	0,01		25	0,01				
25 <i>Pannularia cardinalis</i>	100	1,16	+	100	0,59		100	1,51	+
26 <i>P. interrupta</i>	100	2,43	++	100	1,19	+	100	2,48	++
27 <i>Cymbella</i> sp.	100	0,95		100	0,30		100	0,43	
28 <i>Gomphonema</i> sp.	100	0,11		100	0,05		100	0,07	
29 <i>Nitzschia acicularis</i>	25	0,13		50	0,07		100	0,07	
30 <i>N. closteroides</i>	50	0,30		50	0,16		50	0,23	
31 <i>N. palea</i>	75	0,02		75	0,01		50	0,02	
32 <i>N. scalaris</i>	50	0,06		75	0,08		100	0,15	
33 <i>Surirella</i> sp.	100	1,12		100	0,29		100	0,55	
34 <i>Coccomyxa</i> sp.	75	0,01		75	0,03		75	0,09	
35 <i>Pediastrum</i> sp.	100	0,90	+	100	0,93	+	100	1,55	+
36 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	100	2,53	++	100	3,31	++	100	6,56	++
37 <i>S. securiformis</i>				25	0,04		50	0,03	
38 <i>Tetraedron</i> sp.	75	0,07		100	0,04		50	0,20	
39 <i>Schizomeris</i> sp.				25	0,37		50	1,38	+
40 <i>Ulothrix</i> sp.	100	2,62	++	100	2,25	++	100	3,73	++

Ces deux indices rapportés sur graphiques ont permis de déterminer trois groupes algaux : les espèces dominantes, les espèces compagnes et les espèces accessoires (d'après PONT, 1977). Nous avons rapporté aux tableaux IV et V ces résultats de la façon suivante :

Période des hautes eaux :

espèces dominantes : $Ai > 2$, $Fi > 50$: ++
 espèces compagnes : $2 > Ai > 0,9$; $Fi > 50$: +

Période de l'étiage :

espèces dominantes : $Ai > 2,5$; $Fi > 66$: ++
 espèces compagnes : $2,5 > Ai > 1,1$; $Fi > 16$: +

Pour la période de crue où il n'y a qu'une série de prélèvements nous avons estimé uniquement la biomasse relative de chaque espèce par rapport à la biomasse totale pour chaque profondéur (tableau VI).

En ne tenant compte que des pH nous pouvons distinguer deux stades dans notre étude : l'une

TABLEAU V
 Structure du peuplement algal à l'étiage

Étiage : mai-juin	10 cm			50 cm			100 cm		
	Fi	Ai		Fi	Ai		Fi	Ai	
1 <i>Aphanocapsa</i> sp.....	100	1,09		75	1,11	+	100	2,73	++
2 <i>Gloeocapsa</i> sp.....									
3 <i>Gloeotheca</i> sp.....	100	0,81							
4 <i>Merismopedia</i> sp.....	100	0,09		100	0,29		100	0,82	
5 <i>Oscillatoria amphibia</i>				25	0,02		25	0,02	
6 <i>O. chlorina</i>				25	0,01		25	0,02	
7 <i>Pseudanabaena</i> sp.....				25	0,03				
8 <i>Anabaena</i> sp.....	76	0,53		75	1,29	+	100	1,96	+
9 <i>Euglena</i> sp.....	66	1,58	+	75	1,67	+	50	1,77	+
10 <i>Phacus</i> sp.....	66	1,88	+	75	0,11		100	0,85	
11 <i>Trachelomonas</i> sp.....	100	0,42		100	0,41		100	0,66	
12 <i>Cyclotella</i> sp.....	100	0,08		100	0,04		100	0,32	
13 <i>Diatoma</i> sp.....	100	6,03	++	100	2,18	+	100	4,01	++
14 <i>Fragilaria</i> sp.....	100	0,67		100	0,46		100	0,71	
15 <i>Anomoeoneis</i> sp.....	100	0,17		100	0,07		100	0,21	
16 <i>Navicula</i> sp.....				16	0,06		33	0,05	
17 <i>N. accomoda</i>	100	2,87	++	83	0,76		100	0,35	
18 <i>N. cocconeiformis</i>									
19 <i>N. cuspidata</i>	100	1,94	+	100	0,72		100	0,96	
20 <i>N. exigua</i>	100	2,02	+	100	0,77		100	1,76	+
21 <i>N. hungarica</i>	33	0,03		33	0,03		100	0,12	
22 <i>N. integrata</i>									
23 <i>N. placentula</i>	100	1,37	+	100	0,99		100	0,90	
24 <i>N. seminulum</i>									
25 <i>Pinnularia cardinalis</i>	100	0,75		100	0,55		100	2,51	++
26 <i>P. interrupta</i>	100	0,89		100	0,58		100	2,19	+
27 <i>Cymbella</i> sp.....	100	0,85		100	0,57		100	1,16	+
28 <i>Gomphonema</i> sp.....	100	0,19		100	0,18		100	0,21	
29 <i>Nitzschia acicularis</i>	66	5,98	++	100	4,80	++	100	2,88	++
30 <i>N. closteroides</i>	100	0,97		100	1,00		100	0,58	
31 <i>N. palea</i>				16	0,02		33	0,08	
32 <i>N. scalaris</i>	33	0,08		66	0,04		100	0,09	
33 <i>Surirella</i> sp.....	100	0,26		100	0,11		100	0,44	
34 <i>Coccomyxa</i> sp.....	66	0,02		83	0,01		100	0,02	
35 <i>Pediastrum</i> sp.....	100	0,64		100	0,40		100	2,19	+
36 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	100	5,85	++	100	1,72	+	100	6,21	++
37 <i>S. securiformis</i>									
38 <i>Tetraedron</i> sp.....	66	0,15		83	0,04		66	0,10	
39 <i>Schizomeris</i> sp.....							33	0,69	
40 <i>Ulothrix</i> sp.....	100	0,07		100	0,15		66	1,23	+
41 <i>Spirogyra</i> sp.....				16	2,01	+	33	1,67	+
42 <i>Staurodesmus</i> sp.....	66	0,18		50	0,11		33	0,21	

TABLEAU VI
Biomasse relative de chaque espèce rencontrée aux trois profondeurs 10, 50 et 100 cm le 20 août exprimée en % de la biomasse algale totale

	10 cm	50 cm	100 cm
1 <i>Aphanocapsa</i> sp.....	0,43	0,20	0,77
2 <i>Gloeocapsa</i> sp.....			0,01
3 <i>Gloeotheca</i> sp.....	0,49	0,34	1,00
4 <i>Merismopedia</i> sp.....	0,33	0,32	0,20
5 <i>Oscillatoria chlorina</i>	7,69	10,50	3,41
6 <i>Pseudanabaena</i> sp.....	0,09	0,33	0,03
7 <i>Anabaena</i> sp.....	29,21	3,58	2,72
8 <i>Euglena</i> sp.....	0,37	0,51	0,27
9 <i>Phacus</i> sp.....	0,65	0,69	0,45
10 <i>Trachelomonas</i> sp.....		0,10	
11 <i>Cyclotella</i> sp.....	0,15	0,09	0,05
12 <i>Diatoma</i> sp.....	0,92	0,87	0,91
13 <i>Fragilaria</i> sp.....	0,14	0,54	0,19
14 <i>Anomoeoneis</i> sp.....	0,19	0,03	0,02
15 <i>Navicula accomoda</i>		0,43	0,21
16 <i>N. cocconeiformis</i>	0,17	0,17	0,16
17 <i>N. cuspidata</i>	2,84	2,93	3,41
18 <i>N. exigua</i>	4,15	3,43	3,63
19 <i>N. hungarica</i>	0,14	0,05	0,02
20 <i>N. integrata</i>	1,23	0,54	0,70
21 <i>Navicula placentula</i>	0,77	3,07	2,45
22 <i>Pinnularia cardinalis</i>	0,84	0,47	1,00
23 <i>P. interrupta</i>	0,09	0,31	0,73
24 <i>Cymbella</i> sp.....	0,46	0,14	0,12
25 <i>Gomphonema</i> sp.....	0,21	0,25	0,23
26 <i>Nitzschia acicularis</i>	2,38	1,99	1,23
27 <i>N. var. closteroides</i>	1,77	1,45	1,16
28 <i>N. palea</i>	0,05		0,01
29 <i>Surirella</i> sp.....			0,03
30 <i>Coccomyxa</i> sp.....	0,05	0,05	0,03
31 <i>Pediastrum</i> sp.....	10,07	10,32	5,68
32 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	2,46	3,25	1,36
33 <i>S. securiformis</i>			0,02
34 <i>Tetraedron</i> sp.....	0,19	0,09	0,10
35 <i>Schizomeris</i> sp.....	6,38	0,72	1,18
36 <i>Ulothrix</i> sp.....	0,23	0,12	0,16
37 <i>Spyrogyra</i> sp.....	24,61	50,69	65,88
38 <i>Staurodesmus</i> sp.....	0,38	1,34	0,23
39 <i>Crucigenia</i> sp.....		0,06	0,05

allant du 10 mars au 17 juin, durant laquelle les pH mesurés sont alcalins, l'autre à partir du 20 août où les pH sont acides. Au passage de l'une à l'autre de ces périodes on note (tabl. III) une baisse de la biomasse relative des Chromophytes et des Euglénophytes et une augmentation de la biomasse relative des Cyanophytes et des Chlorophytes; la croissance de ces dernières est en effet favorisée aux pH acides (TIFFANY, 1951).

Aux hautes eaux, Chromophytes et Chlorophytes constituent les composants principaux de la

biomasse algale. L'augmentation de la profondeur fait diminuer la biomasse relative des Chromophytes (de 61 à 27 %) mais fait augmenter celle des Cyanophytes (de 10 à 24 %) grâce à un développement important de *Gloeotheca* sp. et celle des Euglénophytes (de 4,6 à 14 %) grâce à *Euglena* sp. et à un degré moindre à *Phacus* sp.

Les espèces dominantes à toutes les profondeurs sont *Gloeotheca* sp., *Diatoma* sp., *Pinnularia interrupta*, *Scenedesmus quadricauda* et *Ulothrix* sp. Sur l'ensemble des prélèvements de cette période ce

sont toujours les mêmes espèces qui sont dominantes ou compagnes et elles sont assez régulièrement réparties dans toute la zone étudiée, il y aurait alors un brassage limité mais effectif des eaux et les constituants de la flore algale seraient en période d'évolution.

A l'étiage, la répartition des 4 groupes est à peu près identique aux 3 profondeurs (tabl. III) sauf pour les Cyanophytes qui là aussi augmentent avec la profondeur grâce à l'abondance d'*Aphanocapsa* sp. Par contre pour chaque groupe la structure du peuplement est totalement différente entre 10 cm et 100 cm. Seules 3 espèces sont dominantes aux 3 profondeurs : *Dialoma* sp. de nouveau, *Nitzschia acicularis* et *Scenedesmus quadricauda*. A 10 cm on note aussi comme espèce dominante *Navicula accomoda* et comme espèces compagnes : *Euglena* sp., *Phacus* sp., *N. cuspidata*, *N. exigua* et *N. placentula*. A 50 cm une seule espèce est dominante : *Nitzschia acicularis* et 6 espèces sont compagnes mais la dominance de *N. acicularis* est à peine marquée et on se trouve dans une situation transitoire avec 7 espèces qui constituent la plus grande partie de la biomasse.

A 100 cm il y a 5 espèces dominantes : *Aphanocapsa* sp. et *Pinnularia cardinalis* s'ajoutant à celles communes à 10 et 100 cm, et 8 espèces compagnes; le peuplement est là beaucoup plus varié qu'aux profondeurs inférieures. Par rapport aux hautes eaux on note la régression de *Gloeotheca* sp., *Pinnularia interrupta*, et surtout *Ulothrix* sp.

Pendant la période allant de mars à juin la structure de la florure algale a été en évolution constante, et la biomasse totale a augmenté considérablement : elle est passée d'une valeur moyenne de 61 $\mu\text{g.l}^{-1}$ le 10-3 à 486 $\mu\text{g.l}^{-1}$ le 19-5 et à 1 236 $\mu\text{g.l}^{-1}$ le 17-6.

Bien que les récoltes aient été effectuées tous les 15 jours, cette vitesse de formation ne nous permet pas de suivre avec précision le renouvellement des peuplements phytoplanctoniques. Le nombre assez élevé d'espèces dominantes caractérise une population mûre ou sénile présentant une composition spécifique complexe. La présence d'espèces accessoires qui peuvent rapidement devenir dominantes comme dans le cas d'*Aphanocapsa* sp. ou de *Pinnularia cardinalis* et, inversement d'espèces dominantes qui deviennent accessoires comme dans le cas de *Gloeotheca* sp. ou d'*Ulothrix* sp. en est la confirmation.

Pendant la crue trois espèces constituent 64 % de la biomasse à 10 cm : *Anabaena* sp., *Spirogyra* sp., *Pediastrum* sp., et 6 espèces : *Oscillatoria chlorina*, *Schizomeris* sp., *Navicula exigua*, *N. cuspidata*, *Scenedesmus quadricauda*, *Nitzschia acicularis* en constituent 26 %.

A ce niveau 29 % de la biomasse est constituée

d'*Anabaena* sp. mais cette représentation massive diminue rapidement avec la profondeur comme s'il s'agissait d'une souche épipélique ayant proliféré sur sol engorgé puis submergée par la remontée des eaux et peu favorisée aux pH acides. A 50 cm et 1 m nous n'avons plus alors qu'une seule couche dominante : *Spirogyra* sp. qui représente plus de la moitié de la biomasse algale totale. *Pediastrum* sp. et *Oscillatoria chlorina* sont les seules espèces associées. Ce type de structure présentant une faible diversité de peuplement avec un petit nombre d'espèces dominantes est caractéristique d'une population jeune à haut pouvoir de multiplication; effectivement la biomasse algale totale est passée de 1 236 $\mu\text{g.l}^{-1}$ au 17-6 à 2 506 $\mu\text{g.l}^{-1}$ au 20-8, et si l'on considère uniquement la biomasse de *Spirogyra* sp. elle était le 17-6 de 21,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et le 20-8 de 965 $\mu\text{g.l}^{-1}$. L'apport d'eau du fleuve Sénégal a permis une régénération de la florule algale du lac.

Conclusions

Le peuplement phytoplanctonique du lac de Guiers est constitué de 49 espèces regroupées en 4 embranchements : les Chromophytes sont représentées par 23 espèces, les Chlorophytes par 14 espèces, les Cyanophytes par 8 espèces et les Euglénophytes par 4 espèces.

La densité du phytoplancton présent dans le lac de Guiers varie entre 0,09 et 0,2 mg.l^{-1} en mars-avril 1979 et entre 0,16 et 1,8 mg.l^{-1} en mai-juin; pendant la crue la biomasse a atteint 4,2 mg.l^{-1} dans les 10 premiers centimètres d'eau et 1,4 mg.l^{-1} à 1 m de profondeur; si l'on considère que le volume d'eau est alors de 600.10⁶ m³ et que le phytoplancton est réparti de façon homogène en pleine eau, le tonnage d'algues planctoniques est de l'ordre de 840 tonnes, valeur équivalente à celle trouvée par ILTIS (1977 b) pour un stade lac Tchad normal.

Les biomasses relatives calculées pour chaque groupe d'algue et la densité de la chlorophylle diminuent avec l'augmentation de la profondeur d'eau du lac; ceci est sans doute dû à la limitation de l'énergie lumineuse nécessaire à la photosynthèse avec la profondeur; inversement, il peut y avoir concentration des algues par évaporation de l'eau. L'importance des Chromophytes à l'étiage (60 % de la biomasse totale) pourrait être mise en relation avec l'appauvrissement en silice constaté par COGELS et GAC (1982).

Les pH basiques favorisent la croissance végétale des Euglénophytes et des Diatomées et les pH acides celles des Chlorophytes. Cependant au vu des conductibilités observées, les pH des eaux de

crues ne restent pas acides très longtemps dans le lac et la situation de milieu jeune va évoluer rapidement vers l'établissement d'une flore composite dès la fin de la crue. L'évolution vers une biomasse des différents groupes algaux recensés abondante à l'étiage

est parallèle à celle du pH et de la température. Le cycle recommence avec l'ouverture de la Taouey.

Manuscrit reçu au Service des Éditions le 19 mai 1982

RÉFÉRENCES

- BOURRELLY (P.), 1966-1968-1970. — Les algues d'eau douce. I. Algues vertes, 511 p., 117 pl. II. Algues jaunes et brunes, 438 p., 114 pl. III. Algues bleues et rouges, 546 p., 138 pl. Éd. N. Boubée, Paris.
- BROOK (A. J.), 1954. — A systematic account of the phytoplankton of the Blue and White Nile. *Ann. Mag. nat. Hist.*, ser. 12 ; 7 : 648-656.
- CARMOUZE (J.-P.), DEJOUX (C.), DURAND (J.-R.), GRAS (R.), ILTIS (A.), LAUZANNE (L.), LEMOALLE (J.), LÉVÊQUE (C.), LOUBENS (G.), SAINT-JEAN (L.), 1972. — Grandes zones écologiques du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. VI, n° 2 : 103-169.
- COGELS (X.), GAC (J.-Y.), 1981-1982. — Le lac de Guiers : fonctionnement, bilans hydriques. Évaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne (Sénégal). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. géol.*, vol. XII, n° 1 : 41-60.
- COMPÈRE (P.), 1967. — Algues du Sahara et de la région du lac Tchad. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 37 (2) : 109-188.
- COMPÈRE (P.), 1970. — Contribution à l'étude des eaux douces de l'Ennedi. III. Algues. *Bull. IFAN*, 32, sér. A 1 : 18-64.
- COMPÈRE (P.), 1974. — Cyanophycées de la région du lac Tchad ; taxons, combinaisons et noms nouveaux. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 44 : 17-21.
- COMPÈRE (P.), 1980. — Algues de l'Air (Niger). *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 50 : 269-329.
- GUERMEUR (P.), 1954. — Diatomées de l'AOF (Première liste : Sénégal) ; IFAN. Catalogue, 12, 137 p.
- HOLDEN (M.), 1965. — Chlorophylles. In : « Chemistry and Biochemistry of plant » Pigments, ed. Goodwin T. W. : 421-88. Academic Press, New York and London.
- ILTIS (A.), 1973. — Les Algues des eaux natronées du Kanem (Tchad). 2^e partie. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. VII, n° 1 : 25-54.
- ILTIS (A.), 1974. — Le phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad). Influence de la teneur en sels dissous sur le peuplement algal. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles, Université Paris VI, 270 p.
- ILTIS (A.), 1977 a. — Peuplements phytoplanctoniques du lac Tchad. I. Stade Tchad Normal (février 1971 et janvier 1972). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 1 : 33-52.
- ILTIS (A.), 1977 b. — Peuplements phytoplanctoniques du lac Tchad. III. Remarques générales. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 3 : 189-199.
- KUFFERATH (J.), 1951. — Représentation graphique et classification chimique rationnelle en types des eaux naturelles. *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg.*, 27, 43-44-45, 22 p.
- PONT (D.), 1977. — Recherches sur l'évolution saisonnière du peuplement des Copépodes, Ostracodes et Cladocères des rizières de Camargue. Thèse Doctorat de Spécialité. Acad. Montpellier, 110 p.
- POUQUES (M. L. de), 1956. — Examen de la flore algale de quelques mares du Sénégal. *Bull. Soc. Sci. Nancy*, n.s., 15, 2 : 77-83.
- QUEZEL (P.), 1958. — Mission botanique au Tibesti. *Mém. Inst. Rech. Sahar.*, 4, 357 p.
- REIZER (C.), 1974. — Définition d'une politique d'aménagement d'un écosystème aquatique complexe par l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique : le fleuve Sénégal moyen et inférieur. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Environnement Arlon, Belgique.
- ROUND (F. E.), 1961. — Some algae from the Ennedi mountains of French Equatorial Africa. *Journ. R. Microsc. Soc.*, 80 : 71-82.
- TIFFANY (L. M.), 1951. — Ecology of fresh water algae. In : G. M. Smith, ed. *Manual of phycology* Chronocia Botanica. Waltham, Massachussets : 293-311.