

SUR QUELQUES PÊCHES DE PHYTOPLANCTON EFFECTUÉES DANS LE LAC TITICACA (BOLIVIE-PÉROU) EN DÉCEMBRE 1976

Josette REYSSAG* et NGUYEN THUONG DAO**

*Laboratoire d'Ichtyologie générale et appliquée, Museum national d'Histoire naturelle, 43 rue Cuvier, 75231 Paris Cédex 05.

**Institut Océanographique, 195, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

RÉSUMÉ

L'examen de prélèvements de phytoplancton effectués en décembre 1976 dans les deux bassins du lac Titicaca (lago Grande et lago Pequeño) a permis de voir que les populations étaient pauvres en espèces. Les Chlorophycées, et en particulier les Chlorococcales, sont les éléments dominants (7 à 21 millions de cellules/litre). Le lago Pequeño se différencie du lago Grande principalement par sa richesse en Desmidiées (jusqu'à 5,4 millions de cellules/litre). Sauf à une seule station, les Diatomées sont peu abondantes (1,5 à 2 millions de cellules/litre). La flore du lac Poopó (200 km au sud-est du lac Titicaca) est très différente. Elle est presque exclusivement composée de Diatomées pennées (11 millions de cellules/litre).

RESUMEN

El estudio de las muestras de fitoplancton hechas en el mes de diciembre de 1976, en las dos cuencas del lago Titicaca (lago Grande y lago Pequeño), muestra que el número de especies fitoplanctónicas son muy poco abundantes en las 8 estaciones estudiadas. Las Chlorophyceae y especialmente las Chlorococcales son dominantes (7 a 21 millones de células/litro). El lago Pequeño se diferencia del lago Grande por su riqueza en Desmidiás (hasta 5,4 millones de células/litro). Exceptuando a una estación, las poblaciones de Diatomeas son poco importantes (1,5 a 2 millones/litro). En el lago Poopó, donde las aguas son salobras, la flora planctónica es muy diferente: las pequeñas Diatomeas pennadas son los principales constituyentes (11 millones de células/litro). Sería muy interesante de seguir una estudio comparativa de la evolución temporal del fitoplancton desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo en las dos cuencas del lago Titicaca y también en el lago Poopó.

ABSTRACT

ON SOME CATCHES OF PHYTOPLANKTON MADE IN THE LAKE TITICACA (BOLIVIA-PERU) ON DECEMBER 1976

In this work, samples of phytoplankton collected in the two bassins of lake Titicaca (lago Grande and lago Pequeño) on December 1976, are inventoried. Populations, consisting of few species, are characterized by the predominance of Chlorophyceae, chiefly Chlorococcales (7 to 21 millions of cells/liter). Except in only one station, Diatoms are not abundant (1,5 to 2 millions of cells/liter). Peculiarity of the lake Pequeño is its richness in Desmids (until 5,4 millions/liter). The flora of lake Poopó (200 kilometers South-East lake Titicaca) is very different. It consists almost exclusively of Diatoms (11 millions/liter).

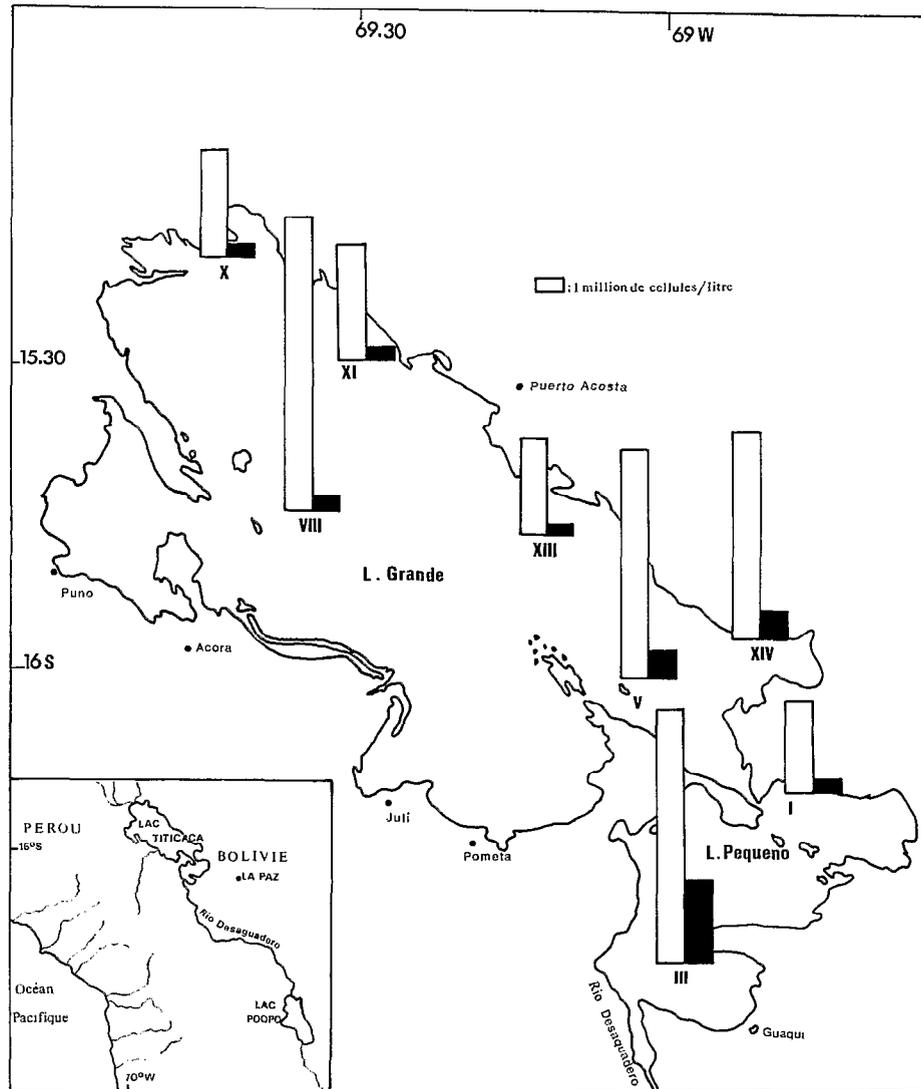


Fig. 1. — Répartition quantitative des Diatomées (en noir) et des Chlorophycées dans le lac Titicaca (7-13 décembre 1976). Résultats des comptages au microscope inversé.

Quantitative repartition of Diatoms (black histogram) and Chlorophyceae in the lake Titicaca (7-13 December 1976). Results of countings made with the inverted microscope.

I. INTRODUCTION

Avec sa superficie de 7.800 km², le lac Titicaca est le plus grand lac d'altitude du monde. Cette vaste étendue d'eau constitue une précieuse réserve de ressources biologiques. Mais l'exploitation des stocks naturels d'animaux aquatiques et, à plus forte raison, leur élevage, supposent nécessairement, pour être bien conduits, une bonne connaissance de l'environnement tant sur le plan physico-chimique que biologique. Pour l'ichtyologiste préoccupé d'écologie quantitative, il est donc important d'avoir,

entre autres, des renseignements sur la production primaire du milieu dont dépendent les organismes, plus élevés dans la chaîne alimentaire, qu'il aura à étudier.

C'est donc pour avoir une estimation de la matière végétale planctonique disponible que M. LAUZANNE, ichtyologiste de l'O.R.S.T.O.M., a prélevé quelques échantillons de phytoplancton dans le même temps qu'il effectuait ses observations sur les poissons du lac Titicaca, en décembre 1976. Nous tenons à le remercier de nous avoir confié l'examen de ces récoltes ainsi que M. GARMOUZE qui nous a commu-

nié les résultats des analyses physico-chimiques du milieu correspondant à la période des pêches.

Notre but n'est pas ici de faire le point de nos connaissances sur le lac Titicaca en ce qui concerne l'hydrologie et le phytoplancton. De très complètes mises à jour ont d'ailleurs été faites récemment par HEGEWALD *et al.* (1976) ainsi que par RICHERSON *et al.* (1977), ces derniers donnant en outre l'évolution quantitative de la flore planctonique du grand bassin pendant l'année 1973.

Ce que le présent travail apporte de nouveau consiste en résultats quantitatifs exprimés en nombre de cellules par unité de volume, les travaux quantitatifs récents donnant en effet des résultats exprimés en grammes de carbone assimilé/mètre cube (méthode du ^{14}C) ou en quantité de chlorophylle. Il apporte aussi des données nouvelles sur le lago Pequeño (fig. 1) pour lequel on ne possédait aucun renseignement sur l'importance quantitative du phytoplancton, les observations antérieures ayant toutes été effectuées dans le lago Grande.

Le matériel prélevé par M. LAUZANNE, du 7 au 13 décembre 1976 dans le lac Titicaca, comporte 8 prélèvements d'eau de surface destinés au comptage de cellules sédimentées (méthode d'Utermohl) et 4 pêches superficielles au filet (vide de maille : 40 μ). Dans cet ensemble, 2 prélèvements d'eau et 2 pêches au filet proviennent du lago Pequeño.

Nous avons également inventorié un prélèvement d'eau fait pendant la même période dans le lac Poopó. Ce dernier (altitude : 3.700 m), situé à 200 km environ au sud-est du lac Titicaca, est en communication avec lui par le rio Desaguadero (fig. 1). Sa superficie est importante (2.000 km²) mais sa profondeur est inférieure à 2 m.

II. SITUATION HYDROLOGIQUE PENDANT LA PÉRIODE DES PRÉLÈVEMENTS

Le lac Titicaca (altitude : 3.800 m), possède un climat tropical sub-alpin. Le mois de décembre correspond au début de l'été qui dure de décembre à mars. C'est en général une période pluvieuse. Une forte turbidité provenant des rivières fait que la couche euphotique est minimale (RICHERSON *et al.*, 1975). Le mois de décembre 1976 correspondait toutefois à une période sèche (LAUZANNE, *comm. pers.*). L'épaisseur de la couche euphotique (2,5 fois la profondeur de disparition du disque de Secchi) était comprise entre 7,5 et 13,5 m dans le lago Grande. Elle était beaucoup plus faible aux deux stations du lago Pequeño : 3,7 et 4,7 m.

Du point de vue thermique, les eaux sont stratifiées pendant l'été et il existe une thermocline (RICHERSON *et al.*, 1975).

En décembre 1976, les températures de surface dans le lago Grande étaient comprises entre 13°10 et 16°. La différence de températures entre les stations semble due principalement au fait que les observations ont été faites à des heures différentes. Dans le lago Pequeño, les températures étaient respectivement de 13°90 (station III) et 16°50 (station I).

La concentration ionique du lac Titicaca est particulièrement élevée. Sa particularité tient à la forte concentration en Na^+ , Cl^- et SO_4^{--} . La totalité des sels résiduels, après évaporation, serait de 1028 mg/l, ce qui est considérable par rapport aux autres lacs de cette région où les concentrations observées vont de 41 à 527 mg/l (HEGEWALD *et al.*, 1976). L'importance de ces sels est due à une intense évaporation. MONHEIM (1956) estime, en effet, que 95 % de l'eau du Titicaca est perdue par évaporation, 5 % seulement étant évacuée par le rio Desaguadero.

En ce qui concerne le calcium, les concentrations dans le lago Grande et le lago Pequeño sont très voisines bien qu'un peu plus faibles dans le dernier comme l'avait déjà constaté TUTIN (1940). Cet auteur avait alors supposé que les Charophytes, organismes incrustants qui sont abondants dans le lago Pequeño et rares dans le lago Grande, produisent cette différence en déplaçant le calcium de façon appréciable pour le volume d'eau relativement faible du lago Pequeño.

Les résultats des dosages se rapportant à la période de nos prélèvements font apparaître, en effet, une concentration en calcium moins élevée dans le lago Pequeño, contrairement à celle des autres sels qui est plus élevée (tabl. I).

TABLEAU I

Composition chimique moyenne des eaux dans les deux bassins du lac Titicaca et dans le lac Poopó pendant la période des prélèvements (d'après les dosages effectués par Carmouze).

Average chemical composition of the waters in the two bassins of lake Titicaca and in the lake Poopó during the period of phytoplankton catches (according to measurements made by Carmouze).

	Lago Pequeño	Lago Grande	Lago Poopó
PH.....	8,2-8,7	7,9-8,4	8,9
Alc.....	2,0 mE/l	2,12 mE/l	4,65 mE/l
SO ₄ ⁻⁻	273 mg/l	244 mg/l	8,26 g/l
Cl ⁻	259 mg/l	248 mg/l	17,64 g/l
Na ⁺	195 mg/l	177 mg/l	12,65 g/l
K ⁺	16,7 mg/l	15,6 mg/l	0,55 g/l
Ca ⁺⁺	60,8 mg/l	66 mg/l	0,96 g/l
Mg ⁺⁺	35,7 mg/l	32,8 mg/l	0,39 g/l
SiO ₂	0,17 mg/l	0,77 mg/l	0,90 mg/l

L'eau du lac Poopó est saumâtre (25 à 40 grammes de sel/litre). Pendant la saison sèche, du sel cristalline

sur les bords (GILSON, 1939). Les conditions physico-chimiques, mesurées en décembre 1976 dans le secteur où a eu lieu le prélèvement de phytoplancton, sont indiquées dans le tableau I. On voit que le milieu est très différent de celui du lac Titicaca. Les eaux sont fortement chargées en sels, particulièrement en sodium. On notera aussi, dans le lac Poopó, des quantités plus importantes de silice ce qui peut constituer un facteur favorable à la multiplication des Diatomées.

III. RÉPARTITION DU PHYTOPLANCTON

Comme TUTIN (1940), nous avons constaté que le phytoplancton était pauvre en espèces dans le lac Titicaca et que, sur le plan qualitatif, il y avait une grande homogénéité de répartition qui serait probablement due, selon TUTIN (*ibid.*), au nombre limité d'espèces. Dans le lago Pequeño (stations I et III), on retrouve les mêmes taxons que dans le grand bassin où la diversité est cependant plus faible (tabl. II).

Pour l'ensemble comprenant les Chlorophycées et les Diatomées, les effectifs sont compris entre 7,5 et 24,8 millions de cellules/litre. Sur le plan quantitatif, on constate une certaine hétérogénéité dans la répartition des Chlorophycées qui sont les éléments largement prépondérants (7 à 21 millions de cellules/litre). L'amplitude des variations dans l'espace des Diatomées est, au contraire, très faible (1,5 à 2 millions/litre). Seule, la station III (fig. 1) a fourni une population plus abondante (6 millions de cellules/litre). Cette relative rareté des Diatomées qui, cependant, sont généralement abondantes dans les eaux riches en sels, avait déjà été soulignée par TUTIN (1940).

Du point de vue de la répartition quantitative du phytoplancton, le plus fort contraste apparaît dans le petit bassin puisque c'est précisément dans ce secteur du lac que se trouvent la station la plus riche et la station la plus pauvre (fig. 1).

Parmi les Chlorophycées, il faut signaler la forte prédominance des Chlorococcales (tabl. II), comme c'est d'ailleurs le cas dans de nombreux lacs des Andes (HEGEWALD *et al.*, 1976).

La flore planctonique du lago Pequeño se différencie surtout de celle du grand bassin par sa grande richesse en Desmidiées dont la prolifération est vraisemblablement responsable de la forte turbidité des eaux observée par LAUZANNE (*comm. pers.*) dans cette zone. Ces organismes atteignent près de 2 millions de cellules/litre à la station I et 5,4 millions à la station III alors que dans le lago Grande ils étaient très clairsemés (30 000 à 75 000 cellules/litre

TABLEAU II

Espèces rencontrées dans les pêches au filet effectuées dans le lac Titicaca (+ : peu abondante, ++ : abondante, +++ : très abondante)

Species collected with the net phytoplankton in the lake Titicaca (+ : few abundant, ++ : abundant, +++ : very abundant)

Espèces	Stations			
	I	III	V	XIV
CHLOROPHYCÉES				
Chlorococcales :				
<i>Pediastrum boryanum</i>	+	+++	+	
<i>P. duplex</i>		†		
<i>Tetraedon minimum</i>	+	+		+
<i>Scenedesmus tenuispina</i>	†	†	+	+
<i>S. quadricanda</i>	++	++	+	+
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> .		+		
<i>Chodatella quadriseta</i>		+		
<i>C. ciliata</i>	+	+	+	
<i>Caelastrum spæricum</i>			+	
Zygnématales :				
<i>Mougeotia viridis</i>	†††	††	††††	††††
<i>Spirogyra prolifica</i>	+	+	+	++
Desmidiacées :				
<i>Cosmarium phaseolus</i>	+	+		
<i>Staurastrum bigibbum</i>	+	+		+
<i>Glosterium kuetznigii</i>	+		+	+
Ulothricales :				
<i>Ulothrix zonata</i>		+		
CYANOPHYCÉES				
<i>Nodularia harveyana</i>				+
<i>Anabaena flos-aquae</i>				+
DINOFLAGELLES				
<i>Peridinium palatinum</i>		+		
<i>Peridinium sp.</i>	+	+	+	+
DIATOMÉES				
<i>Fragilaria crotonensis</i>	++	++	+	
<i>Surirella linearis</i>	†	+	+	+
<i>Nitzschia sp.</i>		+		
<i>Melosira sp.</i>			+	+

avec un maximum de 100 000 cellules à la station X. Dans le cadre de notre étude, nous ne possédons pas suffisamment de données pour trouver la raison de cette différence. Les lacs des Andes les plus riches en Desmidiées ont des eaux faiblement alcalines, pauvres en calcium, et dont le pH est bas. C'est le cas, en particulier, pour le lac Sausacochoa (HEGEWALD *et coll.*, 1976). Or, pour le lac Titicaca, c'est le petit bassin qui est en général le plus pauvre en calcium. Bien que la différence soit faible (tabl. I), il est

possible que ce soit là un des facteurs responsables du plus grand développement des Desmidiées dans le lago Pequeño.

Les deux bassins du lac Titicaca se différencient aussi par l'abondance inégale des Dinoflagellés : près de 100 000 cellules/litre dans le lago Pequeño et seulement quelques exemplaires isolés dans le lago Grande.

Quant aux Cyanophycées que TUTIN (1940) n'avait pas rencontrées « Their complete absence from Titicaca is very remarkable », elles ont été signalées pour la première fois tout récemment par RICHÉRSOON *et al.* (1977) et décrites par ces auteurs comme abondantes dans le lago Grande de septembre à novembre 1973, sans que toutefois cette abondance ait été chiffrée.

Dans nos prélèvements, les Cyanophycées n'étaient présentes qu'à la station XIV (fig. 1) où leur effectif était de 20 000 filaments/litre. Ces filaments étaient généralement constitués d'une quinzaine de cellules.

Les conditions du milieu, dans le lac Poopó, étant très différentes de celles du lac Titicaca (tabl. I), il n'est pas surprenant d'y trouver une flore également très différente. Le prélèvement examiné était, en effet, très riche en petites Diatomées pennées dont la majorité appartenait au genre *Navicula*. Ces organismes atteignaient 11 millions de cellules/litre, concentration par conséquent beaucoup plus élevée que celle rencontrées dans le lac Titicaca. Par contre, les Chlorophycées étaient très rares et il n'a pas été observé de Cyanophycées.

Ajoutons que les Diatomées trouvées dans le lac Poopó sont des espèces benthiques dont la présence dans la couche superficielle peut s'expliquer par un brassage important des eaux par le vent qui est assez fort dans ces parages (LAUZANNE, *comm. pers.*). Le fait que la profondeur du lac soit très faible

favorise encore cette mise en suspension des Diatomées qui se développent, vraisemblablement, sur les nombreux Charophytes du fond.

IV. CONCLUSION

Au terme de ce travail nous voudrions souligner l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre des recherches comparatives sur le phytoplancton des deux bassins du lac Titicaca et sur celui du lac Poopó. De l'étude de nos échantillons, il ressort que les deux bassins du Titicaca sont caractérisés par l'abondance des Chlorophycées, en particulier des Chlorococcales. Ce qui les différencie principalement est la rareté des Desmidiées dans le grand bassin, leur prolifération dans le petit bassin.

Le peuplement phytoplanctonique du lac Poopó est très dissemblable de celui du Titicaca, d'abord par sa richesse en Diatomées, ensuite par la presque totale disparition des Chlorophycées.

D'après l'examen de nos récoltes, le grand bassin du Titicaca serait donc un lac à Chlorococcales, le petit bassin, un lac à Desmidiées et le lac Poopó serait un lac à Diatomées. Mais ces populations sont-elles stables dans le temps? Seul, l'examen de pêches régulières effectuées à des saisons différentes dans chacun de ces milieux pourrait permettre de voir s'il y a des variations qualitatives et quantitatives et d'en apprécier l'amplitude. En raison de la superficie, de l'intérêt économique et scientifique de ces lacs, il serait particulièrement souhaitable que, parallèlement aux recherches ichtyologiques, soit approfondie l'étude de leur flore planctonique, en particulier celle de son cycle annuel.

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.,
le 9 décembre 1977.*

BIBLIOGRAPHIE

- GILSON (H. C.), 1939. — The Percy Sladen Trust Expedition to lake Titicaca in 1937. *Trans. linn. Soc. London*, 3^e sér., 1, 1 : 1-116.
- HEGEWALD (E.), ALDAVE (A.), HAKULI (T.), 1976. — Investigations on the lakes of Peru and their phytoplankton. 1. Review of literature, description of the investigated waters and chemical data. *Arch. Hydrobiol.*, 73, 4 : 495-506.
- MONHEIM (F.), 1956. — Beiträge zur Klimatologie und Hydrologie des Titicaca-beckens. *Heidelb. Geogr. Arb.*, 1 : 1-152.
- RICHÉRSOON (P. J.), WIDMER (C.), KITTEL (T.), LANDA (A.), 1975. — A survey of the physical and chemical limnology of lake Titicaca. *Vehr. intern. Verein. Limnol.*, 19 : 1498-1503.
- RICHÉRSOON (P. J.), WIDMER (C.), KITTEL (T.), 1977. — The limnology of lake Titicaca (Peru-Bolivia), a large, high altitude tropical lake. *Inst. Ecology, Univ. California, Davis*, publ. n° 14, 78 p.
- TUTIN (T. G.), 1940. — The Algae. In Reports of the Percy Sladen Trust expedition to lake Titicaca, 1937. *Trans. linn. Soc. London*, 3^e sér., 1 (11) : 191-202.
- WIDMER (C.), KITTEL (T.), RICHÉRSOON (P. J.), 1975. — A survey of the biological limnology of lake Titicaca. *Vehr. intern. Verein. Limnol.*, 19 : 1504-1510.