

Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol. III, n° 1, 1969.

## PREMIÈRES DONNÉES SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE DANS LA RÉGION DE BOL (avril-octobre 1968) (LAC TCHAD)

par J. LEMOALLE\*

### RÉSUMÉ

*Des mesures préliminaires à l'étude de la production primaire dans le lac Tchad ont été entreprises à Bol, dans l'archipel de la région est du lac. Dans un bras peu profond (3 m) d'une transparence moyenne pour le lac (0,4 à 0,6 m au disque de Secchi), la température moyenne a varié de 23 à 29 °C, avec stratification diurne peu fréquente. L'azote dissous est essentiellement organique (0,4 à 0,6 mg N/l). La production primaire atteint 7,1 g O<sub>2</sub> par mètre carré et par jour, et des maximums de 0,8 mg O<sub>2</sub>/l.h.*

### SUMMARY

*Preliminary studies of primary productivity in lake Chad have been undertaken in Bol, in the archipelago of the eastern part of the lake. In a three meters deep channel between the islands, having a transparency of 0.4 to 0.6 m (Secchi disc), which is medium for the lake, average temperature varied from 23 to 29 °C, diurnal stratification being only occasional. Dissolved nitrogen was essentially organic (0.4 to 0.6 mg N/l). Primary production of 7.1 mg O<sub>2</sub> per square meter per day and maximums of 0.8 mg O<sub>2</sub> par liter per hour were measured.*

### I. CARACTÉRISATION DU MILIEU

Le point étudié est situé dans l'archipel, au nord de la partie est du lac Tchad, face à l'agglomération de Bol, dans l'anse de Bol-Matafo. On trouvera une description détaillée de cette région dans les publications de GRAS, ILLIS, LÉVÊQUE-DUWAT (1967), et LÉVÊQUE (1967).

La profondeur au point étudié est de 3,5 m en moyenne, les variations diurnes du niveau de l'eau sont de l'ordre de 0,1 m, et la variation annuelle de 1 m environ.

L'étude faite par B. DUPONT (1967) dans cette région indique un fond de vase au milieu de l'anse, et de la tourbe sur quelques dizaines de mètres le long du rivage. Toute la rive présente une bordure végétale. La vase a une teneur en eau de 460 %, et en matière organique de 18,5 %, ces chiffres étant exprimés en pourcentage du poids sec de sédiment.

---

\* Chargé de recherches stagiaire, Centre O.R.S.T.O.M., B.P. 65 Fort-Lamy (Tchad).

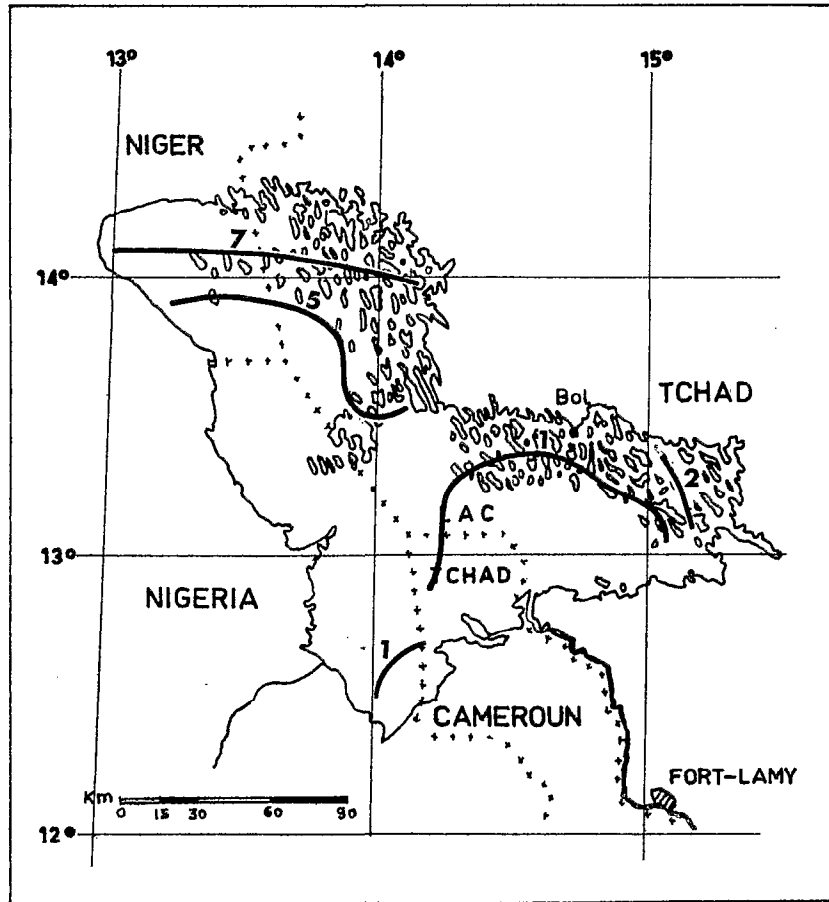


Fig. 1. — Carte de situation.

La température de l'eau de surface varie au cours de l'année entre 18 et 33° C. Les vents fréquents assurent en général l'homogénéisation de la masse d'eau. Cependant en période calme il peut apparaître, le jour, une stratification, avec un écart entre la surface et le fond pouvant atteindre 4 °C.

L'étude effectuée par A. ILLIS (GRAS, ILLIS, LÉVÊQUE-DUWAT, 1967), entre août 1964 et août 1965 sur le phytoplancton de cette région, met en évidence un maximum du nombre de cellules par litre de  $1.10^9$  en avril, et un minimum de  $5.10^8$  en décembre. Les cyanophycées dominent et forment fréquemment des fleurs d'eau à *Aphanocapsa*, *Microcystis* et surtout *Anabaena*.

L'eau est bicarbonatée avec une dominance en sodium, calcium et magnésium. Le pH est de l'ordre de 7,9. La conductivité est assez étroitement liée à la concentration en ions majeurs (ROCHE, 1967). Une analyse de ces ions a été effectuée par CARMOUZE (1968) pour l'eau de Bol.

pH .	Ions majeurs (mé/l)				
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
7,9	0,36	0,13	0,56	0,36	1,40

Les chlorures et sulfates sont en faible concentration (1 mg/l). La silice est par contre présente en grande quantité, évaluée à 36 mg/l. On a trouvé 400 mg/m<sup>3</sup> de phosphates. Le fer soluble, dont la concentration diminue dans le lac quand la salinité augmente, est présent dans l'eau à Bol à raison de 0,5 mg/l.

## 2. MÉTHODES

Les échantillons ont été prélevés avec un seau en surface, et avec une bouteille type Friedinger de un litre, en profondeur.

### 2.1. Température — Oxygène.

Des profils de température et d'oxygène en fonction de la profondeur ont été déterminés au moyen d'une thermistance et d'une cellule à oxygène du type Mackereth. (MACKERETH, 1964).

Les résultats en oxygène sont donnés en pourcentage de saturation, la cellule étant étalonnée avant chaque tournée selon les indications de MACKERETH (1964). La précision relative est de  $\pm 2\%$ . La température est déterminée à  $\pm 0,2$  °C près.

### 2.2. Transparence.

Un disque de Secchi de 30 cm de diamètre a été utilisé.

### 2.3. Production primaire.

Les flacons ont été remplis avec l'eau de surface prélevée avec un seau. Les flacons de 120 ml, en verre et à bouchon rôdé, étaient attachés par un fil à une tige de bois munie de flotteurs à ses extrémités, l'incubation se faisant in situ à 5 profondeurs différentes entre la surface et 1,7 mètre.

La production primaire brute a été évaluée par la différence de concentration en oxygène entre les flacons transparents et les flacons rendus opaques par du papier d'aluminium. Ce sont donc des résultats en oxygène produit par la production primaire brute qui sont exprimés ici.

Pour le dosage de l'oxygène, les réactifs de Winkler ont été ajoutés sur place, au moment où les flacons étaient retirés de l'eau, pour bloquer toute évolution du système. Le dosage a eu lieu dans les heures suivantes, avec du thiosulfate centinormal pour titrer deux aliquotes de 50 ml par flacon, en utilisant l'amidon comme indicateur. (STRICKLAND et PARSONS, 1965).

L'appréciation du point de virage dépend de l'éclairage sous lequel est fait le dosage. Un éclairage fort provoque une sous-estimation de la teneur en oxygène.

Des tests de comparaison des moyennes portant sur les résultats des dosages ont permis de vérifier que chaque flacon est représentatif de l'échantillon de 10 litres prélevé avec un seau.

La précision sur une mesure d'oxygène est ici de 0,06 mg O<sub>2</sub>/l.

Il est important de tenir compte de la sursaturation fréquente en oxygène dans le lac. L'eau prélevée dans le seau doit être brassée vigoureusement pour chasser l'oxygène en excès avant de remplir les flacons utilisés pour évaluer la production primaire. En effet, si l'eau est sursaturée, le remplissage des flacons crée une agitation et un barbotage d'air dans le seau qui correspondent à un brassage lent. L'eau tend donc à s'équilibrer avec l'atmosphère à mesure que les flacons sont remplis successivement, et le dernier flacon contient une eau moins riche en oxygène que le premier.

Cette variation est illustrée figure 2. En ordonnées est portée la concentration en oxygène mesurée dans chaque flacon, et en abscisses le numéro d'ordre de remplissage des flacons. La différence atteint 0,9 mg O<sub>2</sub>/l entre le premier et le neuvième flacon, et est supérieure à la variation due à la photosynthèse en surface pendant une heure.

Une attention particulière a donc été apportée à équilibrer l'eau avant incubation suivant la suggestion de STRICKLAND (1960). Nous n'avons pas cherché à déterminer dans quelle mesure ce changement de la tension en oxygène apporte une variation dans la respiration des organismes.

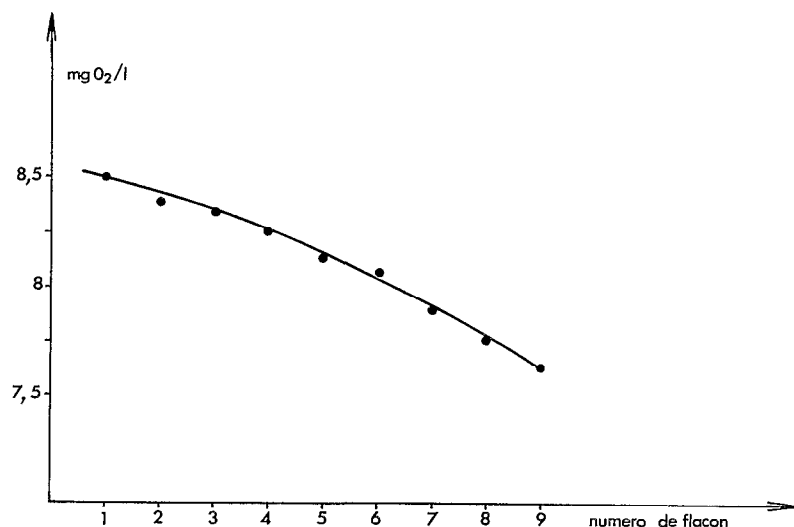


Fig. 2. — Variation de la concentration en oxygène d'une eau sursaturée en fonction du nombre de flacons remplis.

#### 2.4. Biomasse phytoplantonique.

Des comptages de cellules au microscope inversé ont été effectués par A. ILTIS.

Une estimation plus rapide de la densité du phytoplanton est actuellement recherchée, notamment au moyen de la mesure de la concentration en pigments et en azote particulaire.

Pour la détermination des pigments, le phytoplanton a été récolté sur membrane filtrante en fibre de verre (Gelman A, diamètre moyen des pores : 0,3 micron).

Les filtres séchés sont conservés en dessiccateur au réfrigérateur, jusqu'au retour au laboratoire, et toujours pendant moins de cinq jours. Les pigments sont alors extraits après broyage dans l'acétone à 90 %, puis en laissant l'extraction se poursuivre pendant 24 heures à l'obscurité au réfrigérateur. La densité optique de l'extrait est mesurée en cuvette de 5 cm, à 0,665  $\mu$  pour le pic de la chlorophylle, et à 0,750  $\mu$  pour la correction de turbidité. L'absorption due à la chlorophylle est alors :

$$\Delta = D_{665} - D_{750}$$

Un coefficient d'absorption spécifique de 89,3 a été utilisé pour calculer la concentration en chlorophylle *a*. (SCOR-UNESCO, 1964). Il n'est pas tenu compte des produits de décomposition des pigments.

#### 2.5. Alcalinité.

Les courbes de variation du pH en fonction du volume d'acide sulfurique décimormal ajouté à 100 ml d'échantillon, permettent de déterminer les concentrations en carbonate et bicarbonate.

La précision sur une mesure est de 2 %.

#### 2.6. CO<sub>2</sub> total.

Le dosage est le même que pour l'alcalinité, après addition de 1 ml de soude décimormale, exempte de carbonate, à 100 ml d'échantillon.

Ce dosage est fait dès que possible après le prélèvement.

## 2.7. Azote.

Les échantillons prélevés en vue des dosages au laboratoire sont acidifiés à raison de 2 ml d'acide sulfurique par litre, et filtrés sur membranes (pores de 0,45  $\mu$  de diamètre) moins d'une heure après le prélèvement. Avec la méthode de dosage employée, nous n'avons pas trouvé de différence en concentration d'azote ammoniacal entre les échantillons acidifiés avant filtration et les échantillons acidifiés après.

L'azote ammoniacal est déterminé par distillation de 50 ml d'échantillon, et addition de réactif de Nessler à un volume égal de distillat.

La distillation étant faite sous pression normale en milieu alcalin, il est probable que des acides aminés en solution sont dosés avec l'ion ammonium. Il est donc plus juste d'estimer que l'on détermine l'azote au degré d'oxydation — III probablement assimilable par le phytoplancton.

La détermination de l'azote nitrique et nitreux se fait suivant la même méthode avec réduction par l'alliage de Devarda. L'azote organique particulaire et l'azote organique dissous sont déterminés après attaque Kjeldahl (STRICKLAND et PARSONS, 1965).

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. Température et oxygène.

Des profils ont été établis pour une journée, le 12 avril, le 4 mai, et le 12 juin.

Dans les trois semaines précédant le 12 avril, l'harmattan, vent sec de nord-est, a fait baisser la température du lac. Après le 12, ce vent a cessé et la température moyenne a augmenté rapidement.

Le profil du 12 avril correspond à un vent moyen (figure 3).

Celui du 4 mai est un profil de jour très calme et ensoleillé succédant à une soirée de tornade assez violente. A partir de 15 heures un vent léger a soufflé, modifiant le profil des eaux superficielles (fig. 3). Le profil en oxygène présente la même évolution avec un maximum dans les 50 premiers centimètres.

La concentration en oxygène en surface augmente de façon continue et régulière de 6,5 mg/l à 7 heures, à 8,90 mg/l à 17 heures. Elle se stabilise alors jusqu'à 19 heures et commence ensuite à décroître.

Le profil du 12 juin correspond à un vent normal avec ciel clair. Les concentrations en oxygène restent semblables en surface et à un mètre de profondeur (fig. 4 C). Un vent, un peu plus fort le soir, a mis en mouvement les eaux du fond en contact avec le sédiment réducteur, créant ainsi une forte réduction de l'oxygène dissous dans cette zone. L'évolution de la température est représentée (figure 4 B).

### 3.2. Transparence.

Le disque de Secchi disparaît en moyenne à 0,60 m, pour la période considérée, avec des variations de seulement 3 à 4 cm d'un jour à l'autre.

### 3.3. Production primaire.

#### 3.3.1. Durée d'incubation.

Des essais ont d'abord permis d'évaluer la durée d'exposition nécessaire. Une incubation trop longue risque de faire intervenir des phénomènes parasites complexes (STRICKLAND, 1960-TALLING, 1965). Il est d'autre part nécessaire de mesurer une différence en concentration d'oxygène suffisamment grande pour obtenir une bonne précision.

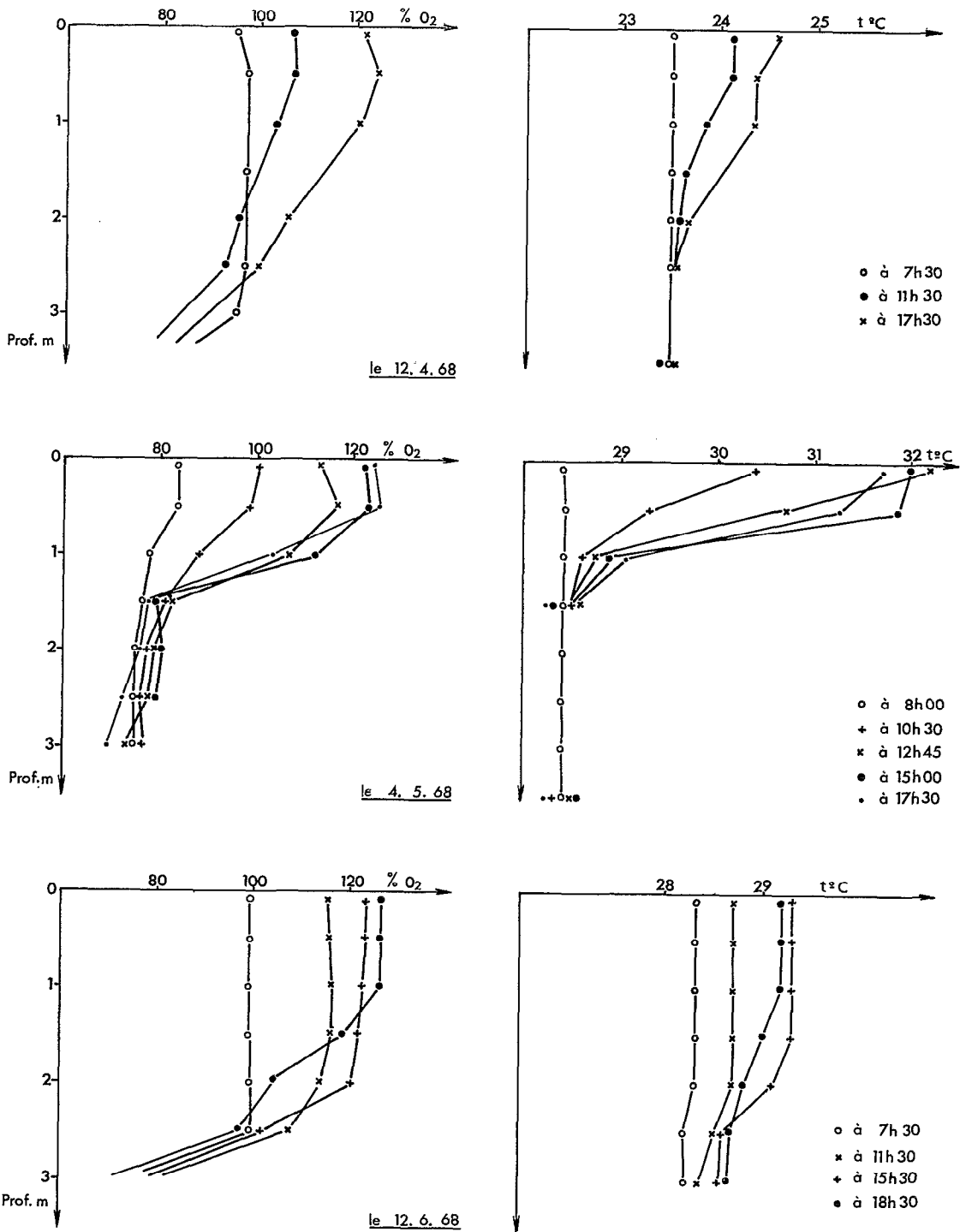


Fig. 3. — Profils de température et d'oxygène.

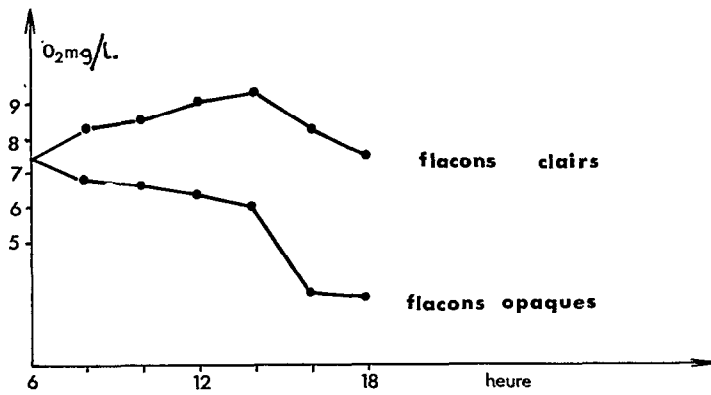


Fig. 4A. — Variations des concentrations en oxygène en fonction de la durée d'incubation.

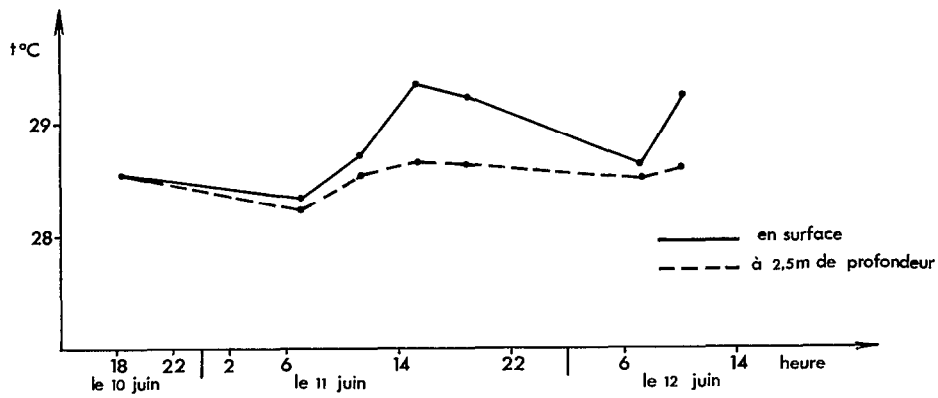


Fig. 4B. — Variation diurne de la température.

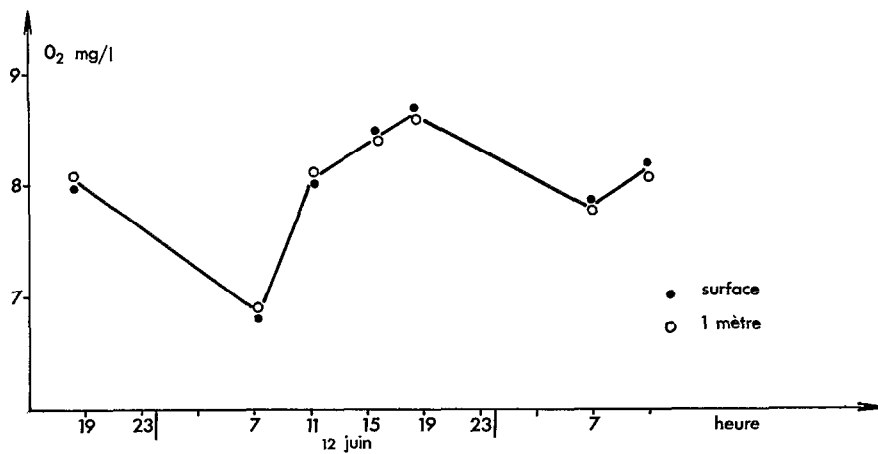


Fig. 4C. — Variation diurne de l'oxygène in situ.

Les résultats obtenus le 13 avril sont reportés figure 4 A pour une profondeur d'immersion de 0,55 m. Tous les flacons ont été mis en place à 6 heures, et toutes les deux heures un flacon clair et un flacon opaque étaient retirés et l'oxygène dosé. Les variations des concentrations en oxygène sont régulières jusqu'à 14 heures. Il y a ensuite décrochage. Des mesures seront refaites pour vérifier la nature de ce phénomène.

Des temps d'incubation de 3 à 4 heures ont été adoptés pour les expériences suivantes (TALLING a utilisé des expositions de 3 heures dans les lacs est-africains).

### 3.3.2. Variations nyctémérales.

Sur la figure 5 sont reportés quelques résultats obtenus à différentes dates. En ordonnées sont portées les productions moyennes horaires, exprimées en milligrammes d'oxygène par litre, pendant la durée d'exposition des flacons à 0,50 m de profondeur.

Les surfaces délimitées par les rectangles sont donc fonction de la production, exprimée ici en oxygène, la relation avec la production en carbone étant, pour la production brute :

$$C \text{ (mg/l. h)} = O_2 \text{ (mg/l. h)} \times \frac{0,375}{Q P}$$

QP étant le quotient photosynthétique, que nous ne pouvons mesurer avec une précision suffisante (cf. p. 119).

Les quelques résultats obtenus sont, pour la profondeur considérée :

le 12 avril	3,20 mg O <sub>2</sub> /l.
le 13 avril	3,15 mg O <sub>2</sub> /l.
le 30 avril	6,85 mg O <sub>2</sub> /l.
le 9 juin	3,40 mg O <sub>2</sub> /l.
le 10 juin	7,80 mg O <sub>2</sub> /l.
le 11 juin	5,80 mg O <sub>2</sub> /l.
le 17 juillet	5,75 mg O <sub>2</sub> /l.
le 18 juillet	2,45 mg O <sub>2</sub> /l.
le 21 août	5,45 mg O <sub>2</sub> /l.
le 11 septembre	6,65 mg O <sub>2</sub> /l.

### 3.3.3. Variations en fonction de la profondeur.

L'allure des profils de photosynthèse (figure 5) a été déterminée pour différentes périodes de la journée, avec des mesures à diverses profondeurs indiquées sur les figures. En abscisses sont portées les productions horaires moyennes pour la période d'incubation considérée.

### 3.3.4. Production par unité de surface.

La production brute estimée, entre le 11 juin à 7 heures et le 12 juin à 7 heures, par mètre carré de surface est de l'ordre de 7100 mg O<sub>2</sub>/m<sub>2</sub>.

Ce résultat correspond à un jour moyen de fin de saison sèche.

## 3.4. Biomasse en phytoplancton.

Les tableaux I et II indiquent la composition du plancton en nombre de cellules par litre et fournissent une estimation de leur volume pour le 12 avril et le 10 juin. Le peuplement peut varier d'une façon considérable et rapidement dans sa composition et sa biomasse.



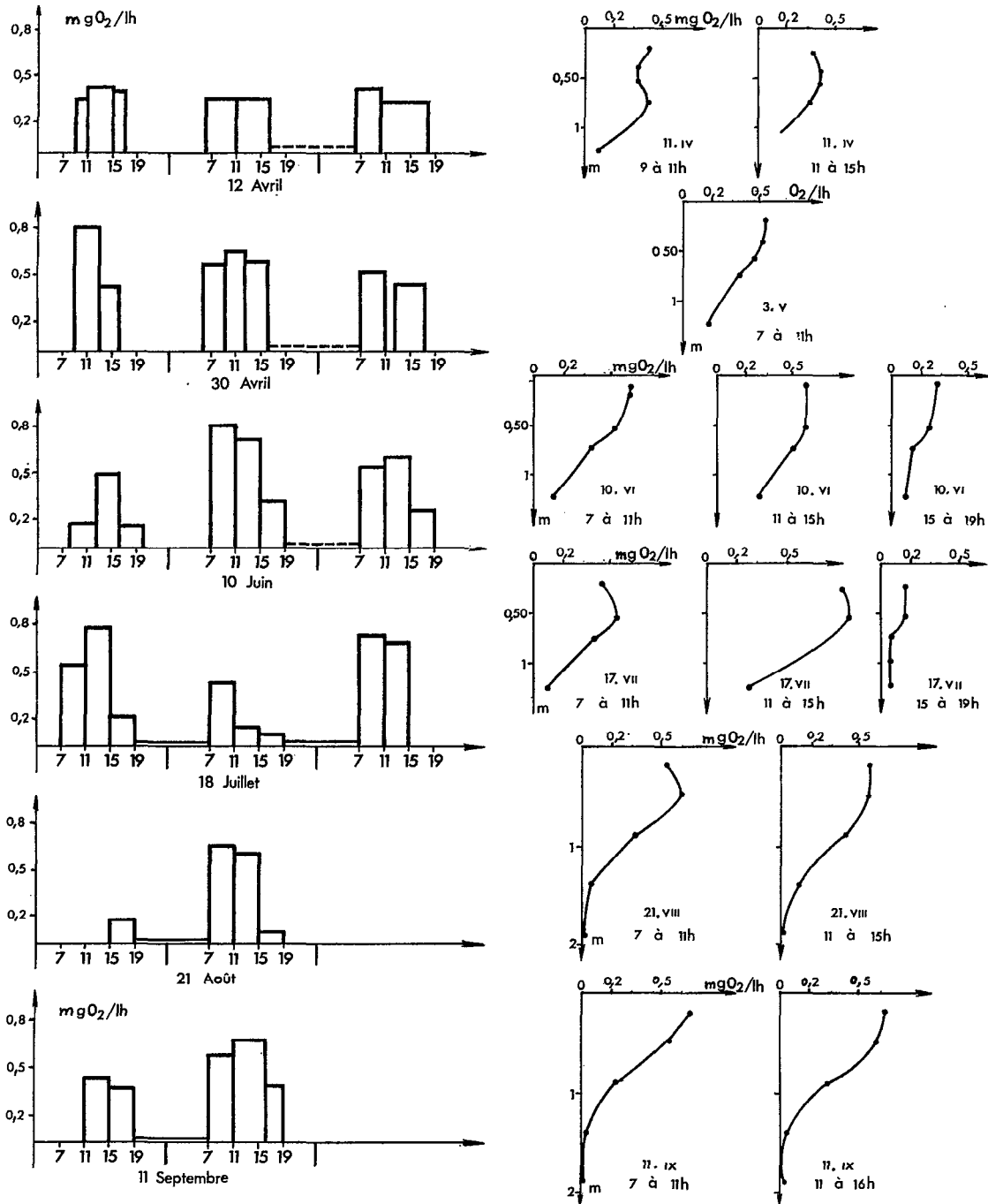


Fig. 5. — Production à 0,50 m de profondeur et profils en fonction de l'heure.

TABLEAU I  
Échantillon de surface le 12 avril

	Nombre de cellules dans 900 ml	Volume ( $\mu^3$ )
<i>Microcystis elachista</i> .....	513.975.000	282.685.000
CHLOROPHYCÉES		
<i>Crucigenia</i> (cénobes/I).....	63.000	2.205.000
<i>Tetraedron</i> (cénobes/I).....	54.000	818.000
<i>Scenedesmus</i> (cénobes/I).....	18.000	1.440.000
<i>Closterium</i> .....	18.000	2.520.000
<i>Pediastrum</i> (cénobes/I).....	18.000	1.980.000
DIATOMÉES		
<i>Melosira</i> .....	120.000	38.400.000
CYANOPHYCÉES		
<i>Anabaena</i> .....	2.061.000	185.490.000
<i>Aphanocapsa</i> .....	864.000	17.280.000
Total dans 900 ml.....		532.918.000

Soit une biomasse évaluée à 0,586 mg/litre

TABLEAU II  
Échantillon de surface le 10 juin

	Nombre de cellules dans 900 ml	Volume ( $\mu^3$ )
<i>Microcystis elachista</i> et Chlorobactéries.....	3.315.250.000	1.823.388.000
CHLOROPHYCÉES		
<i>Scenedesmus</i> .....	9.000	720.000
<i>Dictyosphaerium</i> .....	12.000	3.360.000
<i>Geminella</i> ?.....	23.000	7.820.000
<i>Chlamydomonas</i> .....	8.000	720.000
<i>Tetraedron</i> .....	9.000	153.000
<i>Crucigenia</i> .....	17.000	595.000
DIATOMÉES		
<i>Melosira</i> .....	12.000	3.840.000
CYANOPHYCÉES		
<i>Dactyloccopsis</i> .....	21.000	2.940.000
<i>Anabaenopsis</i> .....	949.000	161.330.000
<i>Anabaena</i> .....	431.000	38.790.000
<i>Aphanocapsa</i> .....	790.000	15.800.000
<i>Aphanothece</i> .....	163.000	4.890.000
<i>Lyngbya</i> .....	9.000	315.000
<i>Spirulina</i> } <i>Dactylococcopsis</i> }	15.797.797.500	268.558.000
Total dans 900 ml.....		2.333.219.000

Biomasse : 2,566 mg/litre

En ce qui concerne les pigments, les premiers résultats sont résumés par le tableau suivant :

Chlorophylle a en mg/m<sup>3</sup>

Profondeur \ Date	19 juillet matin	21 août matin	11 septembre matin	11 septembre soir
Surface.....	15,7	18	18,3	18,1
2 m.....	14,7	19,2	18,7	

3.5. Alcalinité — pH — Gaz carbonique total.

3.5.1. Conservation des échantillons.

En flacon plastique bien rempli, l'alcalinité ne varie pas d'une façon significative en 10 jours de stockage.

Trois dosages ont été faits sur un même échantillon de Bol :

- 29 avril : 30 m après prélèvement A1 = 1,46 mé/l
- 1 mai A2 = 1,47 mé/l
- 10 mai A3 = 1,47 mé/l

On constate, au cours de la conservation, la disparition du peu de carbonate présent (environ 0,03 mé/l), mais l'alcalinité reste constante.

La valeur du pH varie d'une façon importante au cours du stockage, comme le montrent les courbes de pH en fonction du temps de stockage pour des échantillons prélevés en différents points du lac (figure 6).

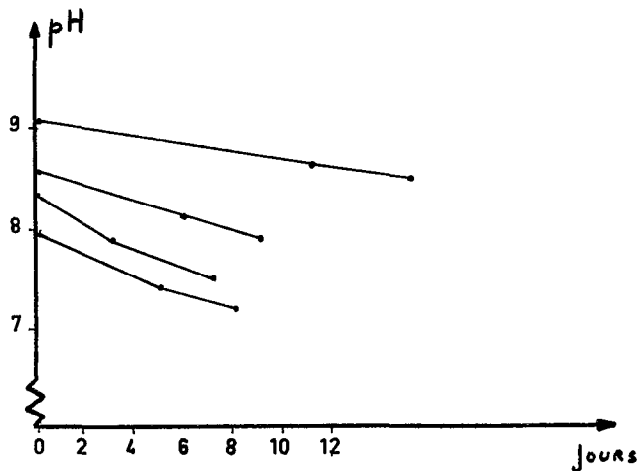


Fig. 6. — Variation du pH en fonction de la durée de stockage de quatre échantillons.

La diminution du pH correspond bien à la diminution de la concentration des carbonates notée dans les mesures d'alcalinité.

### 3.5.2. Variations diurnes.

L'alcalinité totale en un point reste constante au cours de la journée quand il n'y a pas de déplacement de la masse d'eau. Étant donné le fort gradient d'alcalinité que l'on rencontre en se déplaçant du sud vers le nord, les petites variations décelées correspondent plus vraisemblablement à des déplacements de l'eau qu'à des phénomènes biologiques.

### 3.5.3. Variations mensuelles.

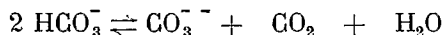
Quelques mesures effectuées semblent indiquer une légère augmentation de l'alcalinité entre les mois d'avril et de septembre de 1,45 à 1,53 milliéquivalents par litre.

### 3.5.4. Gaz carbonique total.

Le gaz carbonique libre dissous est en trop faible concentration pour être détecté par la méthode utilisée.

Des mesures de la différence des variations de concentration en gaz carbonique total produite par photosynthèse entre flacon clair et flacon opaque ont été faites. Cette différence est faible comparée à la reproductibilité des mesures, et ne permet pas de déterminer la production primaire.

On vérifie que la variation en  $\text{CO}_2$  total correspond à la variation de concentration en carbonate suivant la réaction :



Le 30 avril, pour une incubation entre 6 et 9 heures, l'augmentation en carbonate due à la photosynthèse a été de :

$$\Delta \text{CO}_3^{2-} = 0,04 \text{ mé/l.}$$

## 3.6. Azote.

L'azote minéral combiné est en faible concentration. Les résultats obtenus jusqu'à présent manquent de précision.

L'azote ammoniacal, mesuré après distillation, est en concentration de 100 à 200 mg N/m<sup>3</sup>. Des mesures sur les mêmes échantillons par la méthode de Richards et Kletsch indiquent une concentration de 25 à 50 mg N/m<sup>3</sup>, ce qui semble indiquer que l'azote à l'état d'oxydation — III est en grande partie composé d'acides aminés en solution.

La somme nitrates plus nitrites est toujours inférieure à 40 mg N/m<sup>3</sup>.

L'azote Kjeldahl particulière est de l'ordre de 1000 mg/m<sup>3</sup>, tandis que l'azote organique soluble (y compris l'ammoniaque) est en concentration de l'ordre de 400 mg N/m<sup>3</sup>.

Ces résultats ne donnent qu'une idée des différentes formes d'azote dans le milieu, mais permettent d'orienter la recherche de méthodes analytiques adaptées aux concentrations présentes.

Compte tenu des concentrations en ions ammonium et nitrate des eaux de pluie à Fort-Lamy, les apports annuels au lac par précipitation dans la région de Bol, sont de l'ordre de 25 mg/m<sup>2</sup> d'azote nitreux ou nitrique et 35 mg/m<sup>2</sup> d'azote ammoniacal.

## 4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le but des mesures effectuées était d'abord de déterminer l'ordre de grandeur des variations et de mettre en pratique les méthodes d'étude adaptées.

— Les variations de concentration en oxygène, assez grandes pour être mesurées avec précision, pourront être reliées à la production primaire.

— La quantité d'oxygène produite par photosynthèse est très variable d'un jour à l'autre, surtout en saison des pluies, et dépend étroitement de l'éclairement. Les mesures en cours permettront d'évaluer cet éclairement et ainsi de calculer la production mensuelle.

Des mesures conjointes de production par le carbone 14 sont envisagées et permettront d'obtenir des résultats exprimés en carbone, et ainsi d'avoir une mesure directe des quotients de photosynthèse et de respiration qui sont une indication de l'état physiologique du phytoplancton, ainsi que de la nature des sels azotés utilisés pour la synthèse des protéines.

La mesure de variation du gaz carbonique total faite le 30 avril, en parallèle avec la mesure de production d'oxygène, permet de calculer un coefficient de photosynthèse pour la période de 6 à 9 heures considérée.

Le quotient de photosynthèse  $QP = \frac{+\Delta O_2}{-\Delta CO_2}$  pour  $\Delta O_2 = 0,050$  millimole/l et  $\Delta CO_2 = 0,04$  millimole/litre est ici de  $QP = 1,25$ .

L'incertitude relative est de l'ordre de 30 % sur cette grandeur, on ne peut donc tirer une conclusion sur la nature de l'azote assimilé par le phytoplancton.

Si nous utilisons cette valeur pour calculer la production brute en carbone par jour, nous obtenons, pour 7100 mg  $O_2$  par mètre carré par jour (juin 1968) une production de 2130 milligrammes par mètre carré et par jour de carbone organique.

La production de 800 mg  $O_2/m^2$  h, maximum actuellement mesuré à Bol est moyenne par rapport aux résultats obtenus dans les lacs est-africains (200 à 3550 mg/ $m^2$  h), mais faible devant celle du lac George (3500 mg/ $m^2$ ) qui, par sa morphologie et son peuplement phytoplanktonique, se rapproche du lac Tchad (TALLING, 1965).

Ces études seront poursuivies de façon à étudier et évaluer la production primaire due au phytoplancton dans le lac, ainsi que le rôle des substances azotées mises en jeu. Ce travail s'insère dans le cadre de l'étude de la production aux différents niveaux trophiques dans le lac Tchad.

### BIBLIOGRAPHIE

- CARMOUZE (J. P.), 1968. — Étude de la répartition des ions majeurs, phosphates et silicates dans les eaux du lac Tchad en avril 1968. *Rapport Centre O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy*, 15 p., 18 fig.
- DUPONT (B.), 1967. — Nature des fonds dans la zone est du lac Tchad. *Rapport Centre O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy*, mars 1967.
- GAARDER (T.) et GRAN (H. H.), 1927. — Investigations on the production of plankton in the Oslo Fjord. *Rapp. Proc. verb. Cons. Explor. Mer*, 42 (3), pp. 1-48.
- GRAS (R.), ILLIS (A.) et 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.*, I, n° 1-4, pp. 25-100.
- LÉVÊQUE (C.), 1967. — Mollusques aquatiques de la zone est du lac Tchad. *Bull. I.F.A.N.*, 39, sér. A, n° 4, pp. 1494-1533.
- MACKERETH (F. J.), 1964. — An improved galvanic cell for determination of oxygen concentration in fluids. *J. sci. Instrum.*, 41, pp. 38-41.
- ROCHE (M. A.), 1967. — Première estimation des apports en sels au lac Tchad par le Chari. *Rapport Centre O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy*, 50 p.
- S.C.O.R.-U.N.E.S.C.O. — Report of S.C.O.R.-U.N.E.S.C.O. Working group 7 on determination of photosynthetic pigments. Sidney, 1964.
- STRICKLAND (J. D. H.), 1960. — Measuring the production of marine phytoplankton. *Fish. Res. Board Canada*. Bull. 122, 171 p.
- STRICKLAND (J. D. H.) et PARSONS (T. R.), 1965. — A manual of sea water analysis. *Fish. Res. Board Canada*. Bull. 125, 203 p.
- TALLING (J. R.), 1965. — The photosynthetic activity of phytoplankton in east african lakes. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 50, I, pp. 1-32.