

Christian LÉVÊQUE et Jean Pierre CARMOUZE,
Claude DEJOUX, Jean René DURAND, Roger GRAS,
André ILTIS, Jacques LEMOALLE, Gérard LOUBENS,
Laurent LAUZANNE, Lucien SAINT-JEAN

BP 65 — Fort-Lamy, (Tchad)
Ouyce de Recherches Scientifiques et Techniques Outre-Mer,

Recherches sur les biomasses et la productivité du Lac Tchad

Présentation des résultats obtenus dans le cadre des recherches hydrobiologiques sur le lac Tchad. Mise en évidence des facteurs pouvant affecter la productivité du lac. Distribution des biomasses des divers groupes animaux et végétaux et leur évolution dans le temps. Relations trophiques des crustacés planctoniques et pour quelques espèces de poissons. Cycles biologiques croissance. Résultats concernant la production primaire, et la production secondaire en Diatomides et en mollusques.

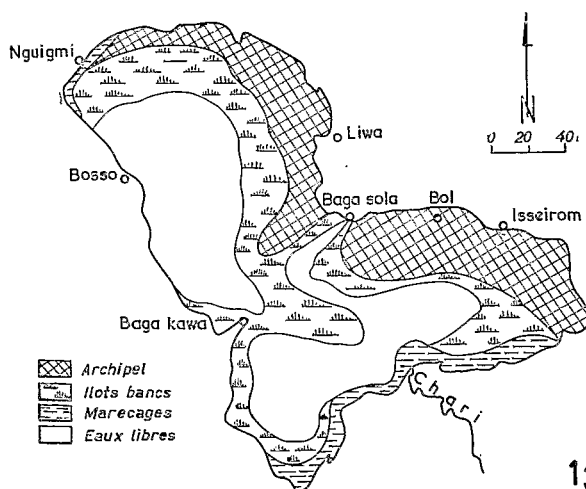


Fig. 1. Carte de situation des principales zones écologiques du lac Tchad.

13 OCT. 1983

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

B3354

130 N° : 3354

Cote: B

Alors que les grands lacs d'Afrique orientale ont été depuis longtemps l'objet d'expéditions et d'études plus ou moins approfondies, nos connaissances sur les eaux plates de la zone sahélienne et sur le lac Tchad en particulier, étaient par contre rudimentaires jusqu'à ces dernières années. C'est dans un double but que l'O.R.S.T.O.M. a entrepris dès 1964, de combler cette lacune. En premier lieu, un but scientifique, car le lac Tchad, de par sa position en zone sub-sahélienne et ses dimensions (24 000 km²) présente un intérêt tout particulier pour l'étude de la productivité des eaux tropicales (Fig. 1). En second lieu, un but économique car l'inventaire des ressources naturelles dans les pays en voie de développement, apporte des données sérieuses en vue d'une exploitation plus rationnelle de ces ressources.

1. FACTEURS DE PRODUCTIVITÉ

1.1. FACTEURS FAVORABLES

En raison du climat de type sahélien auquel le lac est soumis, l'ensoleillement est élevé durant toute l'année (de l'ordre de 550 ly par jour) et la température de l'eau varie entre 18°C en saison fraîche et 32°C en saison chaude (Fig. 2). Une des grandes caractéristiques du lac Tchad est cependant sa faible profondeur moyenne de 3 à 4 m. Les vents soufflant presque toute l'année,

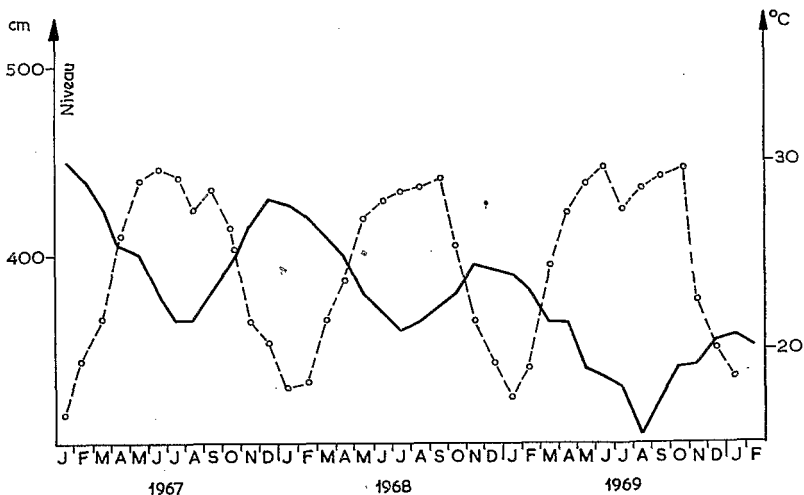


Fig. 2. Variation du niveau du lac Tchad (trait plein) de 1967 à 1969, et de la température (pointillé)

cette mince couche d'eau est soumise à une agitation quasi-permanente qui a pour conséquence l'absence de stratification et une bonne oxygénation au niveau du fond. Ces eaux plates sont donc assimilables dans leur ensemble à une grande zone littorale, particulièrement favorable au développement de la faune benthique et de la végétation aquatique.

1.2. FACTEURS DÉFAVORABLES

L'un des plus importants est l'existence d'une forte turbidité liée à la présence d'une importante phase argileuse en suspension dans les eaux du Chari, ainsi qu'à la remise en suspension continue du sédiment lacustre sous l'action des vents en raison de la faible profondeur (D u p o n t 1970).

La transparence est variable suivant les régions du lac, et si elle atteint 1 à 2 m dans les fonds de bras abrités de l'archipel, elle peut descendre jusqu'à 0,15 m dans la zone deltaïque et les eaux libres. Durant les deux dernières années, on a observé une diminution de la transparence dans l'archipel Est en rapport avec la baisse du lac.

Un autre facteur défavorable, est le niveau très variable du lac qui dépend essentiellement des crues du Chari et qui entraîne selon les années l'exondation ou l'inondation de surfaces importantes.

1.3. SELS MINÉRAUX

Le lac Tchad est situé dans un bassin endoréique soumis à un climat de type sahélien dans lequel viennent s'accumuler les eaux du Chari. De par sa position en zone sub-aride, l'évaporation est importante (2 m par an), ce qui a pour résultat une augmentation graduelle de la salure des eaux du lac en partant du delta (R o c h e 1969a, C a r m o u z e 1969). En effet, si les eaux du Chari sont faiblement minéralisées (45 à 60 $\mu\text{mho/cm}$ à 25°C) on trouve respectivement dans le Sud, l'Est et le Nord du lac, des conductivités extrêmes 4, 7 et 15 fois plus élevées. Les eaux contiennent essentiellement des bicarbonates et des carbonates de Ca, Mg, Na et K à l'état ionisé, et des silicates faiblement ionisés. A dominante calcique dans le bassin sud-ouest, elles deviennent sodiques au nord de la Grande Barrière. Les valeurs extrêmes sur l'ensemble du lac sont les suivantes : Ca—0,2 à 2,5 mé/l; Mg—0,17 à 3,5 mé/l; Na—0,15 à 4,5 mé/l; K—0,06 à 2,5 mé/l; alcalinité—0,6 à 13 mé/l. La silice exprimée en SiO_2 varie entre 20 et 125 mg/l, les phosphates exprimés en PO_4 entre 0 et 1,5 mg/l, et les chlorures de 0,3 à 7 mg/l (C a r m o u z e 1969). La teneur en azote minéral est faible: 0,1 mg/l dans la région de Bol (archipel nord-est) pour l'azote ammoniacal et nitrique (L e m o a i l l e 1969).

Malgré l'absence d'exutoire et l'évaporation intense, les eaux du lac restent relativement peu salées. Ce phénomène est dû à un processus original de régulation saline dont l'étude est actuellement en cours.

2. BIOMASSES

2.1. VÉGÉTAUX

2.1.1. PHYTOPLANCTON

Le phytoplancton du lac Tchad se caractérise par la présence d'une grande quantité d'algues de petite taille (1 à 3 μ) qui sont essentiellement des Cyanophycées plus ou moins groupées en colonies. Ces Cyanophycées qui représentent généralement plus de 90% des individus appartiennent principalement au genre *Microcystis*,

Aphanocapsa et *Anabaena*. Les Diatomées (*Melosira* en particulier) et les Chlorophycées ne sont abondantes que durant les crues dans le Chari et la zone deltaïque.

Une étude d'un an (Gras et al 1967) portant sur la partie est du lac a montré que les zones de l'archipel (minimum $480 \cdot 10^6$ cellules/l, maximum $1284 \cdot 10^6$ cellules/l) sont beaucoup plus riches que les eaux libres et les îlots bancs (minimum $6,4 \cdot 10^6$ cellules/l, maximum $563 \cdot 10^6$ cellules/l). D'autre part, dans les zones soumises à l'influence du Chari, on observe une densité minimum durant la crue (août à janvier) et un maximum en mai et juin, alors que dans les zones de l'archipel qui ne subissent pas directement l'action de la crue on n'observe pas d'importantes variations au cours de l'année tant dans la composition que dans la densité du phytoplancton.

En ce qui concerne les pigments, les valeurs sont comprises entre 10 et 25 mg/m³ durant l'année dans la région du Bob (Lemoalle 1969).

2.1.2. VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS

Etant donné l'importance des herbiers sur le lac Tchad, une étude de leur biomasse et de leur influence possible sur la chimie des eaux a été entreprise. D'après les premières investigations, on peut estimer les biomasses en poids frais des parties aériennes des végétaux hélophytes à 60 à 80 tonnes/ha pour les *Phragmites*, 40 tonnes/ha pour les *Vossia*, 70 à 80 tonnes/ha pour les *Typha* et 150 à 180 tonnes/ha pour les *Papyrus*. Il faut souligner que les *Phragmites* sont très largement dominants dans l'état d'évolution actuel du lac.

2.2. ZOOPLANCTON

A la suite d'une étude d'un an dans la région est du lac Tchad, la biomasse moyenne en zooplancton a été estimée en poids frais à 140 kg/ha dont 80 kg/ha de Copépodes et 60 kg/ha de Cladocères. Numériquement les Copépodes sont largement dominants, (55%) suivis par les Cladocères (30%) et les Rotifères (15%).

D'un point de vue spécifique, le zooplancton est composé essentiellement de 3 espèces de Cyclopidés (*Mesocyclops leuckarti* Claus, *Thermocyclops neglectus* Sars. et *Th. incisus circusi* Dussart et Gras) et de 1 espèce de Diptomides: *Tropodiptomus incognitus* Dussart et Gras (Dussart et Gras 1967). Les Cladocères sont surtout représentés par 6 espèces: *Daphnia barbata* Weltner, *Moina micrura* Guerne et Richard, *Ceriodaphnia cornuta* Sars., *Diaphanosoma excisum* Sars et *Bosmina longirostris* Slingelin (Rey et Saint-Jean 1968). Les Rotifères sont plus diversifiés avec une douzaine d'espèces représentées parmi lesquelles les *Keratella*, *Brachionus*, *Filinia*, *Tetramastix*, *Trichocerca* et *Hexarthra* sont les plus importantes (Pourriot et al. 1967).

2.3. BENTHOS

2.3.1. OLIGOCHÈTES

Dans la faune benthique six espèces d'Oligochètes sont représentées dont 4 sont importantes et appartiennent à 3 familles: les Alluroidae qui dominent pondéralement, les Tubificidae généralement les plus nombreux et les Naididae qui n'ont qu'un rôle mineur (L a u z a n n e 1968). Les densités d'Oligochètes et les biomasses respectives passent par un maximum durant la saison fraîche (décembre à février) et un minimum en saison chaude (juin à août). Le maximum correspond donc aux hautes eaux du lac et aux températures les plus basses.

Au cours d'une année (1966), la biomasse moyenne en Oligochètes benthiques était de 5,7 kg/ha (poids frais) dans la zone est, mais elle varie selon la nature des fonds: rares dans les tourbes et la vase, les Oligochètes sont très abondants dans les argiles.

2.3.2. INSECTES

La faune benthique comprend 7 grands groupes d'insectes d'importance numérique variable: Chironomides 74%, Ephéméroptères 10%, Chaoboridae 7%, Trichoptères 6%, Ceratopogonides 1,5%, Hemiptères et Odonates 1%. Les Chironomides largement dominants sont surtout représentés par 3 genres principaux: *Cryptochironomus*, *Tanytarsus* et *Polypedilum* (D e j o u x 1968a, 1969). Comme les vers, les insectes ont un cycle annuel d'abondance avec un maximum en saison froide. Dans l'Est, malgré leur nombre, la biomasse est relativement peu élevée: 5,2 kg/ha en moyenne (poids frais) dont 3 kg pour les Ephéméroptères, 1,5 kg pour les Trichoptères et 0,5 kg pour les Chironomides. La région de l'archipel est plus riche que celle des eaux libres (D e j o u x, L a u z a n n e et L é v ê q u e, 1968).

Dans les herbiers aquatiques, la faune en insectes est très riche et différente selon les types de végétation. Dans les *Potamogeton* des zones marécageuses du Sud-Est, on compte environ 50 000 Chironomides par m³, soit une biomasse de 1,5 g/m³. Dans les herbiers à *Ceratophyllum* cette biomasse est 6 à 7 fois plus élevée.

2.3.3. MOLLUSQUES

Par leur biomasse les mollusques constituent un élément essentiel de la faune benthique bien que leur diversité spécifique soit restreinte: on compte en effet une dizaine d'espèces benthiques dont les plus importants sont les Prosobranches: *Bellamya unicolor* Olivier, *Cleopatra cyclostomoides* Germain et *Melania tuberculata* Müller et les Lamellibranches: *Corbicula africana* Krauss et *Caelatura aegyptiaca* Cailliaud (L é v ê q u e 1967).

Une première étude des biomasses en mollusques a été effectuée dans une zone restreinte de l'archipel est (D u p o n t et L é v ê q u e 1968) où l'on a constaté qu'il existait une relation très nette entre la nature des fonds d'une part, la quantité

et la diversité des espèces d'autre part. Si la biomasse moyenne de cette région est en effet de 68 kg/ha/poids alcoolique, coquille comprise), les fonds de vase qui occupent 64% de la surface sont pauvres (20 kg/ha) alors que d'autres fonds, moins importants en superficie, sont beaucoup plus riches en mollusques: argile molle (1% de la surface de la zone étudiée et 550 kg/ha), argile granuleuse (16% de la surface et 290 kg/ha).

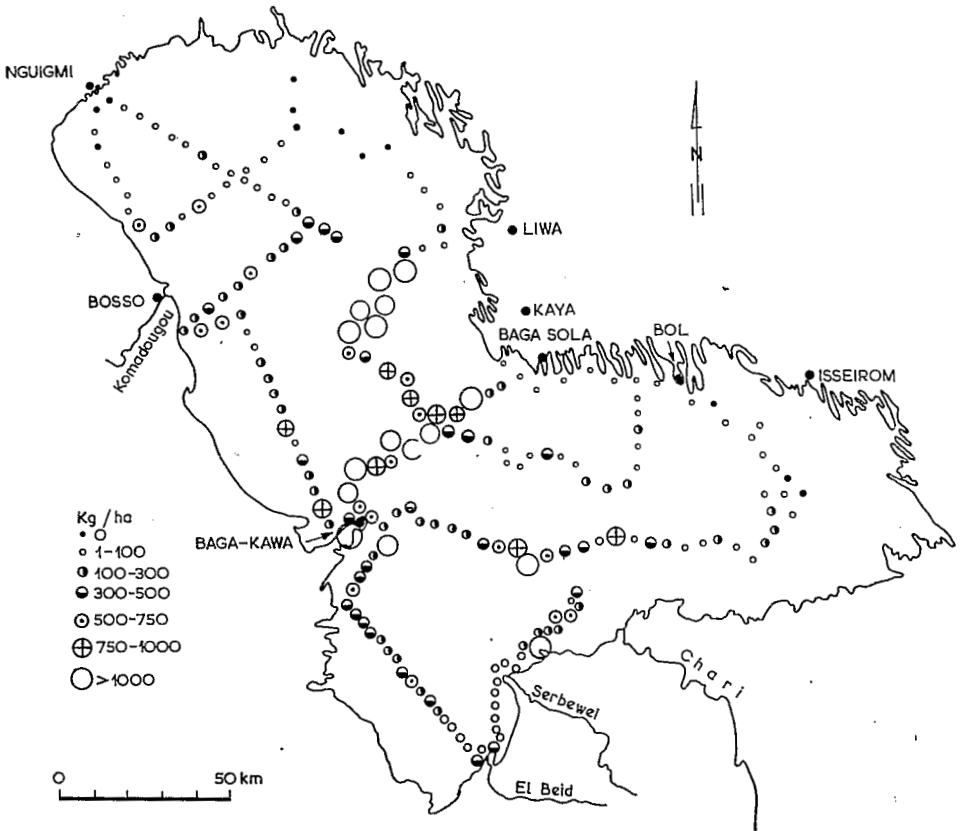


Fig. 3. Répartition des biomasses en mollusques benthiques sur l'ensemble du lac Tchad (en kg/ha)

Une étude générale du lac concernant les biomasses en mollusques a montré l'existence d'une grande hétérogénéité selon les régions (Fig. 3). La biomasse moyenne, peu élevée dans le Nord (22 kg/ha) et l'Est (150 kg/ha) augmente dans le Sud du lac (360 kg/ha) et plus particulièrement dans la zone centrale (715 kg/ha) où des valeurs de 1 à 2 tonnes par hectare ne sont pas rares. Ces fortes biomasses de la zone centrale résultent de l'abondance dans cette région du Prosobranch *Bellamyia unicolor* (Lévêque 1968).

2.4. POISSONS

Dans l'archipel est, d'après les estimations faites par des pêches au poisson (L o u b e n s 1967) la biomasse moyenne est de 600 kg/ha dans les criques abritées encombrées d'herbiers, avec une densité moyenne de 30 000 individus par hectare, alors que dans les zones moins abritées et sans végétation la biomasse n'est que d'environ 50 kg/ha. Dans ces dernières la biomasse est composée principalement des espèces suivantes: *Synodontis batensoda* Rüppell, *Synodontis membranaceus* Geoffroy Saint Hilaire, *Tilapia galilea* Artédi, *Alestes baremoze* Joannis, *Lates niloticus* Linne, *Hydrocyon forskali* Cuvier et *Hydrocyon brevis* Günther (B l a c h e 1964, Durand et Loubens 1967, 1968, Durand 1969 a, b).

3. RELATIONS TROPHIQUES

3.1. ZOOPLANCTON

Pour les animaux phytophages (Cladocères, Diptomides), l'étude préliminaire des contenus intestinaux a montré qu'ils se nourrissaient surtout de la Cyanophycée *Aphanocapsa* et de tous les autres composants du phytoplancton à l'exception des Cyanophycées filamenteuses (*Anabaena*). Parmi les Cyclopidés adultes, *Thermocyclops incisus circusi* et *Mesocyclops leuckarti* ont un régime exclusivement carnivore (Cladocères, Rotifères ou Cyclopidés) Le régime alimentaire de *Thermocyclops neglectus* n'est pas encore totalement connu mais il semble se nourrir, occasionnellement au moins, de zooplancton.

Les larves de Chaoborinae effectuent des migrations nocturnes en pleine eau, exerçant une forte prédation sur l'ensemble des crustacés planctoniques.

3.2. POISSONS

L'étude du régime d'un poisson zooplanctonophage, *Alestes baremoze*, très important du point de vue économique sur le lac et le Chari, a montré qu'il se nourrissait durant la journée, du lever du soleil jusqu'à 16 heures (L a u z a n n e 1969 a, b). La quantité de nourriture absorbée varie entre 1,19 et 2,65% du poids du corps durant la saison chaude et la saison fraîche. Dans le cas d'une femelle de 4^{ème} année qui passe en un an d'un poids moyen de 110 g à un poids de 152 g, et compte-tenu de l'émission des produits sexuels estimés à 15% du poids du corps, la consommation en zooplancton est d'environ 700 g. Le taux de conversion est dans ce cas estimé grossièrement à 11[11 grammes de (poids frais) zooplancton sont nécessaires à la formation d'un gramme d'*Alestes*].

D'autre part, l'étude comparée de la composition en taille du zooplancton dans le milieu et dans les estomacs d'*Alestes* a montré qu'il existait pour la taille étudiée (230 à 250 mm de longueur standard) une sélectivité passive des proies. Les petites tailles, en dessous de 0,4 mm, ne sont pas prélevées et nauplii, Rotifères et Bosmines échappent ainsi à la filtration, alors qu'au dessus de 0,8 mm, tout le zooplancton est retenu.

Pour *Hydrocyon forskali*, les jeunes, d'abord planctonophages, passent par un régime de transition formé par des insectes (Hémiptères) avant de devenir ichtyophages. Sur le lac, la nourriture des adultes est constituée de poissons (60% du poids) et de crevettes (40%). Les *Hyperopisus bebe* adultes sont omnivores et l'on a dénombré 50% de mollusques, 19% d'insectes, 22% d'ostracodes, 9% de divers dans les contenus stomacaux. Les *Tetraodon fahaka* Linné sont exclusivement malacophages alors que les *Gnathonemus senegalensis* Steindachner ne consomment que des larves d'insectes.

4. PRODUCTION

4.1. CROISSANCE ET CYCLE BIOLOGIQUE

4.1.1. ZOOPLANCTON

Pour les espèces les plus importantes de Copépodes et de Cladocères, la durée de développement embryonnaire (*De*) — temps écoulé depuis la ponte des oeufs jusqu'à la libération des jeunes — et la durée du développement juvénile (*Dj*) —

Tableau I

Durées moyennes de développement embryonnaire à 22,25 et 30°C et rapports *Dj/De* pour les différentes espèces de crustacés planctoniques. Les valeurs de *De* à 22°C ont été calculées par extrapolation

Espèces	<i>De</i> (heures)			<i>Dj/De</i>
	22°	25°	30°	
<i>Diaphanosoma excisum</i>	49	35	23,5	2,2
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	43	33	24	1,89
<i>Ceriodaphnia affinis</i>			29	1,8—2,5
<i>Moina micrura</i>	46	34	23	0,97—1,45
<i>Daphnia barbata</i>	51	42	32	2,26—3
<i>Daphnia longispina</i>	48	44	38	3,5
<i>Daphnia lumholtzi</i>	54	45	36	2,1—2,67
<i>Bosmina longirostris</i>	42	37	31	2,65
<i>Tropodiptomus incognitus</i>	67	49	35	13 à 16
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	56	38	25	} environ 20
<i>Thermocyclops neglectus</i>	49	37	27,5	
<i>Th. incisus circusi</i>	51	40	29,5	

temps écoulé depuis l'éclosion jusqu'à la première ponte chez les Cladocères ou jusqu'à la mue séparant les stades C_5 et C_6 chez les copépodes — ont été déterminées par des élevages en laboratoire à 24–25°C et 29–30°C (Tab. I — Gras et Saint-Jean 1969). Estimant que $1/De$ est une fonction linéaire de la température dans l'intervalle étudié, pour les espèces de régions chaudes, on a pu calculer les droites passant par le point moyen de chaque groupe de valeur $1/De$

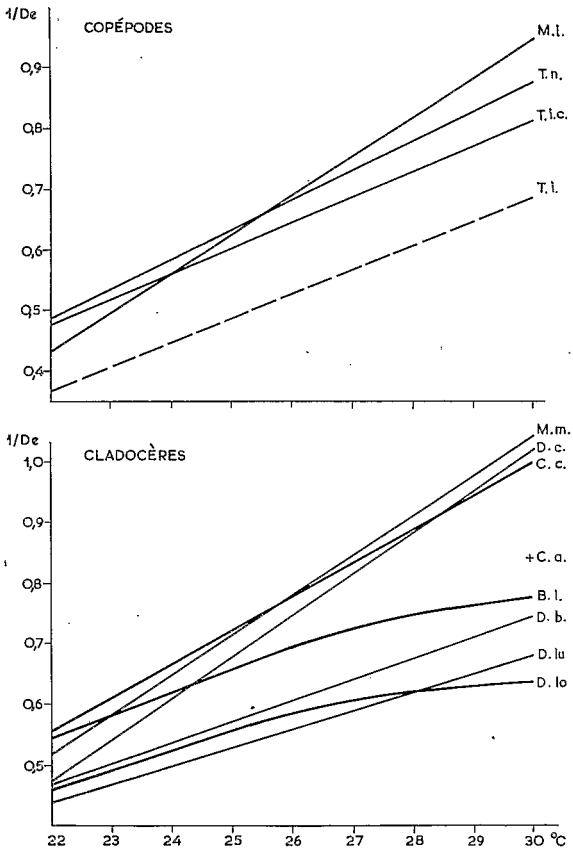


Fig. 4. Variation de $1/De$ en fonction de la température chez les Cladocères et les Copépodes

B. l. — *Bosmina longirostris*, D. b. — *Daphnia barbata*, D. lo. — *Daphnia longispina*, D. lu. — *Daphnia lumholtzi*, D. c. — *Diaphanosoma excisum*, C.a. — *Ceriodaphnia affinis*, C.c. — *Ceriodaphnia cornuta*, M.m. — *Moina micrura*, T. . — *Tropodiptomus incognitus*, M. l. — *Mesocyclops leuckarti*, T.i.c. — *Thermocyclops incisus circusi*, T.n. — *Thermocyclops neglectus*.

(Fig. 4). Ce point moyen est la moyenne arithmétique des différents De obtenus en élevage à une même température. Ces droites permettent de connaître les valeurs de De pour les températures intermédiaires à celles des observations.

Les résultats obtenus montrent que la durée de développement embryonnaire est du même ordre de grandeur chez les Cladocères et les Copépodes étudiés, mais que ces deux groupes diffèrent essentiellement par la durée de leur développement

post-embryonnaire qui est nettement plus long chez les Copépodes pour lesquels la durée du cycle est d'environ 1 mois à 24°C alors qu'elle varie de 4 à 8 jours pour les Cladocères. On a d'ailleurs observé chez ces derniers que *D. barbata* et *D. lumholtzi* peuvent atteindre le stade adulte après un nombre variable de stades préadultes: 4, 5 ou 6, même chez les individus issus d'une même ponte. Pour les Rotifères, la durée moyenne du cycle est estimée à 2 jours.

Une autre facteur important pouvant affecter la productivité du zooplancton est le temps (De') séparant la libération des jeunes et la ponte suivante. Chez les Cladocères De' est très court (de l'ordre de vingt minutes à quatre heures selon les espèces) alors que chez les Copépodes De' s'est révélé systématiquement supérieur à De pour les espèces étudiées (rapport De'/De compris entre 1,5 et 2,4).

4.1.2. INSECTES

Chez l'Ephéméroptère *Povilla adusta* Navas il existe un cycle parallèle au cycle lunaire avec émergence au moment de la nouvelle lune. Pour *Chironomus pulcher*

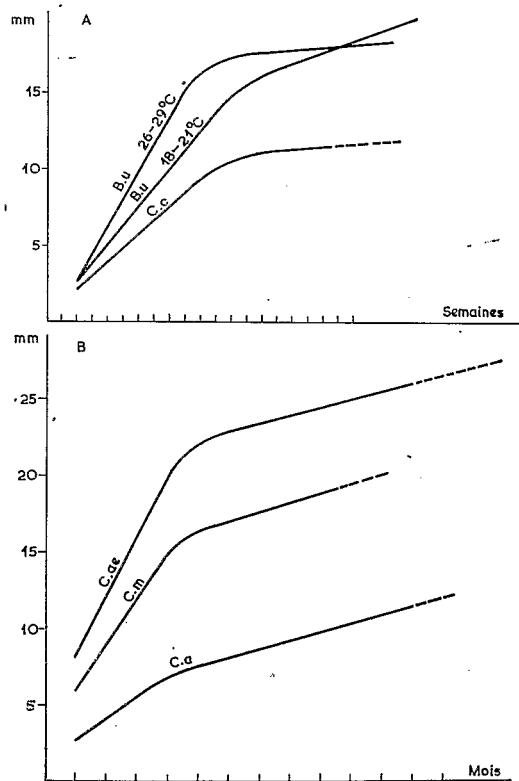


Fig. 5. Vitesse de croissance de quelques espèces de mollusques

A — Prosobranches: hauteur de la coquille, *B.u.* — *Bellamya unicolor*, *C.c.* — *Cléopatra cyclostomoides*, B — Lamellibranches: longueur de la coquille, *C.ae.* — *Caelatura aegyptiaca* (Baga Kawa), *C.m.* — *Caelatura mutelaeformis* (Bol), *C.a.* — *Corbicula africana* (delta du Chari)

Wiedeman la durée de développement de l'oeuf à l'adulte, déterminée par des élevages est de 17 jours à 24°C et 13 jours à 30°C. (De j o u x 1968 b, c, 1970 a, b, c).

D'une manière générale, chez tous les insectes, il semble que la reproduction soit continue toute l'année.

4.1.3. MOLLUSQUES

Leur croissance a été étudiée par des élevages in situ. Ces élevages effectués dans des caisses métalliques, recouvertes d'un couvercle en grillage moustiquaire dans le cas des espèces vagiles, sont déposés sur le fond du lac sous environ un mètre d'eau. La croissance des espèces principales a pu être établie de cette manière dans les conditions naturelles (Fig. 5).

La durée du cycle est de 2,5 à 3 mois en saison chaude chez *Bellamyia unicolor* pour lequel la reproduction a lieu toute l'année, alors que pour *Corbicula africana* il existe un cycle annuel avec reproduction en saison froide.

4.1.4. POISSONS

Une espèce, *Alestes baremoze*, a été plus particulièrement étudiée en raison de son abondance. Dans le réseau fluvial, la maturité sexuelle est atteinte en moyenne au bout de 2 ans pour une taille d'environ 200 millimètres. Par la suite, la ponte a lieu tous les ans avec une fécondité importante: environ 50 000 oeufs par femelle. Les *Alestes* effectuent une migration de reproduction qui les mène du lac au Chari et au Logone où ils pondent en août et septembre dans le lit mineur. Les jeunes gagnent les zones d'inondation dans lesquelles des conditions favorables leur permettent d'effectuer une première croissance rapide, puis retournent au lac par le Chari ou par l'El Beid.

4.2. PRODUCTION

4.2.1. PRODUCTION PRIMAIRE BRUTE

Elle est étudiée depuis 2 ans à Bol (archipel NE) par la méthode dite de l'oxygène et la mesure des concentrations en pigments. Par m² et par jour, la production primaire à Bol est de 2 g d'O₂ (décembre 1968) en saison froide et de 4,8 g d'O₂ (juillet 1969) pendant le maximum de température. Les valeurs de la production maximum (nP max) varient de 0,2 à 0,9 mg O₂/l/h et suivent de façon générale l'évolution de la température de l'eau. Les concentrations en pigments sont homogènes le matin, de la surface au fond, mais il peut cependant apparaître au cours des rares journées calmes, une plus forte densité d'algues (*Anabaena* et *Aphanocapsa*) dans la couche superficielle. Il semble exister une relation assez étroite entre nP max

et la concentration en pigments (Fig. 6). La production maximum par unité de pigments (P_{max}) exprimée en $mg\ O_2$ par mg de pigments et par heure varie de 20 à 45, le minimum correspondant à la saison fraîche.

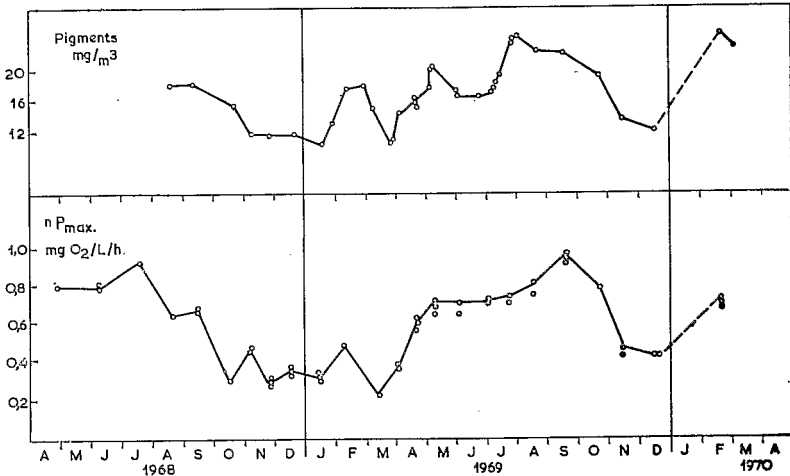


Fig. 6. Variations de la concentration en pigments et du maximum d'activité photosynthétique dans la région de Bol

Des mesures comparées de la production primaire brute ont été faites par les méthodes de l'oxygène et de C^{14} . Les coefficients de photosynthèse obtenus à partir des ces résultats $\left[\frac{\Delta O_2}{-\Delta CO_2} \right]$ sont de l'ordre de 0,4 dans les 70 cm superficiels de la couche d'eau. Une relation entre ces faibles valeurs du coefficient et l'éclairement important dans cette zone est recherchée.

4.2.2. ZOOPLANCTON

Afin de déterminer la production secondaire nette des Diaptomides et plus particulièrement celle de *Tropodiatomus incognitus* qui constitue plus de 80% des populations de Diaptomides du lac, la durée des différents stades de développement a été déterminée par élevages à diverses températures.

La durée totale du développement d'oeuf à oeuf est d'environ un mois à 30°C mais les élevages ont montré qu'il pouvait exister d'une année à l'autre et dans les mêmes conditions, des variations dans le rapport Dp/De (Dp étant la durée de développement des stades naupliens et copepodites).

Connaissant la durée de chacun des stades et pour chacun d'eux, le poids sec moyen (Fig. 7), il a été possible d'appliquer une méthode proche de celle de Winberg pour calculer la production des Diaptomides à une température de 27,6°C dans une baie de l'Archipel est (Tab. II).

Le rapport P/B journalier était ainsi de 0,062 si l'on admet Dp/De égal à 16 et de 0,066 si ce rapport est égal à 15.

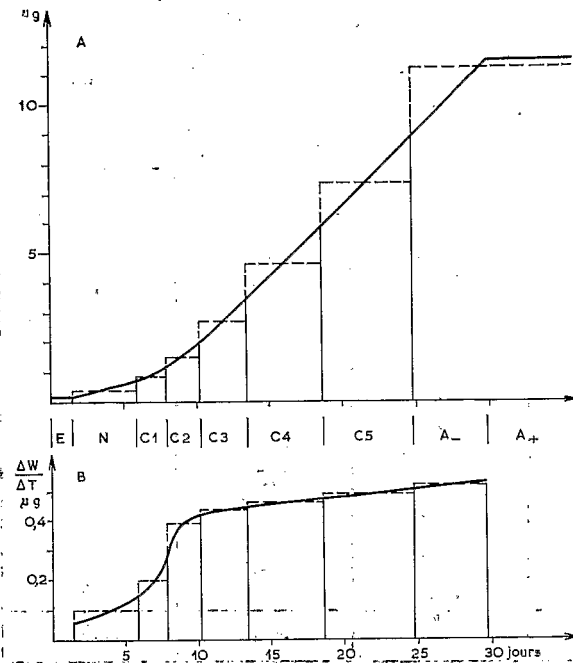


Fig. 7. Accroissement de *Tropodiaptomus incognitus* à 30°C

A — Accroissement du poids sec (en µg) depuis l'oeuf jusqu'à l'adulte, B — Accroissements journaliers $\frac{\Delta W}{\Delta T}$ de poids sec (en µg) depuis l'éclosion jusqu'à l'adulte, E — l'oeuf, N — nauplien, C₁—C₅ — copepodites, A — adulte

4.2.3. MOLLUSQUES

Une étude semi expérimentale de la production de *Corbicula africana* a été effectuée sur le lac au niveau du delta du Chari où cette espèce est particulièrement abondante sur fond sableux. Des jeunes individus, mis en élevage dans des caisses posées sur le fond, sont comptés et mesurés lors de tournées périodiques. Ces observations permettent de construire les courbes de croissance et de mortalité, et de calculer la production en utilisant la formule de Bojsen-Jensen:

$$P = (N_1 - N_2) \frac{W_2 - W_1}{2} + N_2(W_2 - W_1)$$

où N est le nombre d'individus au temps t , et W leur poids. L'étude n'a pu être menée que durant neuf mois et de rapport P/\bar{B} calculé de cette manière est respectivement de 2,28—2,5—2,99 pour des tailles initiales moyennes de 5,9, 5,5 et 4,4 mm.

Tableau II

Biomasse et production (en poids sec) de Diaptomides à Mélia (Archipel Est du lac Tchad) le 18 April 1968 pour une température moyenne de l'eau de 27,6°C

Pour m ²	Nombre d'individus	Biomasse en mg	Production en mg/jour	
			Dp/De = 16	Dp/De = 15
N	105.115	44,1	9,0	9,6
C 1	13.286	11,3	2,3	2,4
C 2	8.500	12,8	2,8	3,0
C 3	8.214	22,1	3,1	3,4
C 4	12.786	58,8	5,0	5,4
C 5	11.072	80,8	4,6	4,9
♂	13.143	130,1		
<i>T. incognitus</i> ^a				
♀	14.000	175,0	3,1	3,3
♂	286	3,7		
<i>Th. galebi</i> ^b				
♀	71	1,3		
<i>T. incognitus</i>	42.072		3,7	3,7
Total		540,0	33,6	35,7
Rapport P/B par jour			0,062	0,066

^a*Tropodiatomus incognitus*.

^b*Thermodiatomus galebi*.

5. CONCLUSION

Les recherches hydrobiologiques sur le lac Tchad ont maintenant dépassé la phase d'inventaire et si des prospections restent à faire, dans la zone nord en particulier les recherches sur la productivité du lac sont déjà en cours. Dès l'an prochain sera choisie, une zone d'étendue restreinte et caractéristique d'une région du lac, zone dans laquelle nous nous efforcerons de déterminer les interactions milieu — organismes, les biomasses des différentes espèces, leurs relations trophiques et leur production.

6. SUMMARY

Lake Chad by its location (13° N, 14° E) and size (24 000 km²) holds a particular interest for studies on freshwater productivity in tropical regions.

The favourable factors are strong sunlight during almost the whole year, absence of stratification and good oxygenation near the bottom, high temperatures (18° —

32°C), low mean depth (3—4 m). These flat waters, as a whole, are like a large littoral zone, favoring in particular the growth of benthic fauna and flora.

Among unfavourable factors, there can be noted the high turbidity due to the presence of silt in suspension in the Chari river and the maintenance of the sediments in suspension because of shallow lake and periodic winds. The level of the lake varies considerably and depends primarily on the rise and fall of the Chari.

At this time, we have seen some results, particularly on the east part of the lake. Ninety five per cent of water carried into the lake flow into this region which constitutes the delta of the Chari. Due to evaporation the waters become progressively concentrated towards the northern area of the lake, but although the lake is an enclosed body, the water remains relatively fresh. This phenomenon is due to an unknown process of saline regulation which is presently being studied by hydrologists.

Salts are found principally in the form of carbonates (Ca, Mg, Na, K) and the values found per liter fluctuate in the lake between for Ca = 0,2 and 2,5 mé; for Mg = 0,17 and 3,5 mé; for Na = 0,15 and 4,5 mé; for K = 0,06 and 2,5 mé; while the alkalinity varies between 0,6 and 13 mé.

The biomasses of aerial parts of aquatic plants (phanerogams) which abound on the lake have been estimated in average fresh weight values as: 60 to 70 tonnes/ha for *Phragmites*; 70 to 80 tonnes/ha for *Typha*; 150 to 180 tonnes/ha for *Papyrus*; 40 tonnes/ha for *Vossia*.

Phytoplankton has a pigment concentration of 10 to 25 mg/m³ in the east part of lake.

The mean biomass of zooplankton is about 140 kg/ha (fresh weight), composed of 80 kg/ha of Copepoda and 60 kg/ha of Cladocera.

Benthic fauna (mean fresh weight) is represented in east part of the lake by oligochaetes (5,7 kg/ha), insects (adultes, larvae and pupae) (5 kg/ha) and molluscs (50 kg/ha). In other parts of the lake mean biomass of molluscs has been evaluated at 360 kg/ha in the South and at 715 kg/ha in the central zone with maximum of about 2000 kg/ha.

As for fish, the mean biomass is 500 kg/ha in the inlets of the archipelago (N.E.) and 50 kg/ha in the central part ("free waters").

For some animal populations we studied biological cycles and rates of growth, in order to calculate their production.

By field work, the length of embryonic stages for the main species of zooplankton was estimated: 1—1,5 days at 30°C and 2 days at 24°C. Post-embryonic development has a duration of 3—6 days in Cladocera and about one month (at 24°C) in Copepoda.

As regards insects, the cycle of *Povilla adusta* (Ephemeroptera) was measured (e.g. 28 days) and, for *Chironomus pulcher*, it is 15 days at 32°C and 19 days at 26°C.

By "in situ" rearing, the rate of growth of principal species of benthic molluscs was measured as well. The length of the cycle is about 3 months for *Bellamyia unicolor* and 1 year for *Corbicula africana*.

Primary production, estimated by oxygen method, attained maximum of 600—800 mg O₂/m³/h.

The annual rate P/B is about 17 for Diptomides and between 75 (*Bosmina*) and 160 (*Moina*) for Cladocera (at 26°C). This rate has a value of 2,5—3,0 for the mollusc *Corbicula africana*.

The transfer of energy from a group to another is under study.

BIBLIOGRAPHIE

- Blache, J. 1964 — Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo-Kebbi. — Mem. O.R.S.T.O.M, 4, 483 pp.
- Car mouze, J. P. 1969 (sous presse) — Salures globales et spécifiques dans le lac Tchad en 1968 — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.
- De joux, C. 1968a — Le lac Tchad et les Chironomides de sa partie Est — Ann. Zool. Fenn., 5: 27—32.
- De joux, C. 1968b — Description d'une méthode d'élevage des Chironomides adaptée aux tropicaux — Hydrobiol., 31; 435—441.
- De joux, C. 1968c — Contribution à l'étude des premiers états des Chironomides du Tchad — Hydrobiol, 31: 449—464.
- De joux, C. 1969 — Les insectes aquatiques du lac Tchad — Aperçu systématique et bio-écologique — Verh. internat. Verein. limnol., 17: 900—906.
- De joux, C. 1969 — Description des premiers états de *Tanypus fuscus* et *Tanypus brevis palpis* — Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 2e série, 41, 5: 1152—1163.
- De joux, C. 1970a — Description comparée des nymphes de *Nilodorum brevipucca*, *Nilodorum brevipalpis* et *Nilodorum fractilobus* — Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 2e série, 42, 1: 175—184.
- De joux, C. 1970b (sous presse) — Recherches sur le cycle de développement de *Chironomus pulcher* (Wied 1830) — Compt. rend. III symposium sur l'étude des Chironomides (Ottawa).
- De joux, C., Lauzanne, L., Lévêque, Ch. 1968 — La faune benthique du lac Tchad — Premier aperçu qualitatif et quantitatif. — Rapp. Reun. Reg. Hydrobiol. Af. Trop., Makerere, 46—57.
- Du pont, B. 1970 (sous presse) — Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données) — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Géol. 2.
- Du pont, B., Lévêque, Ch. 1968 — Biomasse en mollusques et nature des fonds dans la zone est du lac Tchad — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 2: 113—126.
- Du rand, J. R. 1969a — Les peuplements ichtyologiques de l'El Beid — 1ère note — Présentation du milieu et résultats généraux O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, 48 pp., ronéo.
- Du rand, J. R. 1969b — Les peuplements ichtyologiques de l'El Beid — 2ème note — Observations sur les rendements O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, 14 pp. ronéo.
- Du rand, J. R., Loubens, G. 1967 — Premières observations sur la biologie d'*Alestes baremoze* dans le Bas Chari et la partie Est du Lac Tchad — O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, pp. 73, ronéo.
- Du rand, J. R., Loubens, G. 1969 — La croissance en longueur d'*Alestes baremoze* (Joannis — 1935) dans le Bas Chari et le Lac Tchad — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3: 59—105.
- Dussart, B., Gras, R. 1967 — Faune planctonique du lac Tchad — 1. Crustacés, Copépodes — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Océanogr., 4: 77—91.
- Gras, R. 1967 — Considérations théoriques sur la production secondaire (Zooplancton) — O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, 11 pp. ronéo.
- Gras, R. 1969 (sous presse) — Poids individuel, durée de développement et production des différents stades de *Tropodiptomus incognitus* (Crustacés, copépodes) — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.

- Gras, R., Saint-Jean, L. 1969 (sous presse) — Biologie des Crustacés du lac Tchad — I. Durée de développement embryonnaire et post embryonnaire: premiers résultats — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.
- Lauzanne, L. 1968 — Inventaire préliminaire des Oligochètes du lac Tchad — Cah. O.R.S.T.O.M, ser. Hydrobiol., 2: 83—100.
- Lauzanne, L. 1969 (sous presse) — La sélection des proies chez les *Alestes baremoze* — Cah. O.R.S.T.O.M, ser. Hydrobiol., 3.
- Lauzanne, L. 1969a (sous presse) — Etude quantitative de la nutrition des *Alestes baremoze* — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.
- Lemoalle, J. 1969b — Premières données sur la répartition du fer soluble dans le lac Tchad — O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, 10 pp. ronéo.
- Lemoalle, J. 1969 (sous presse) — Premières données sur la production primaire dans la région de Bol (avril-octobre 1968) — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.
- Lévêque, Ch. 1967 — Mollusques aquatiques de la zone Est du lac Tchad — Bull. I.F.A.N., 1968, sér. A, 29: 1494—1533.
- Lévêque, Ch. 1968 — Répartition et biomasse des mollusques benthiques (Prosobranches et Bivalves) du lac Tchad — O.R.S.T.O.M, Fort-Lamy, 16 pp. ronéo.
- Loubens, G. 1969 (sous presse) — Etude de certains peuplements ichthyologiques par des pêches au poisson (1ère note) — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 3.
- Pourriot, R., Iltis, A., Lévêque-Duwat, S. 1967 — Le plancton des marécottes du Tchad — Int. Rev. ges. Hydrobiol., 51: 535-543.
- Rey, J Saint-Jean, L. 1968 — Les cladocères (crustacés branchiopodes) du Tchad (1ère note), — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrobiol., 2: 79—118.
- Roche, M. A. 1969a — Premières estimations des apports en sels au lac Tchad par le Chari — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrol., 5: 55—76.
- Roche, M. A. 1969b — Evolution dans l'espace et le temps de la conductivité électrique des eaux du lac Tchad d'après les résultats de 1908, 1957, 1962 à mars 1968 — Cah. O.R.S.T.O.M, sér. Hydrol., 6: 35—78.

30