

# MORTALITÉS DE POISSONS ET CONDITIONS DE MILIEU DANS LE LAC TCHAD AU COURS D'UNE PÉRIODE DE SÉCHERESSE

VINCENT BENECH - JACQUES LEMOALLE - JACQUES QUENSIÈRE

*Hydrobiologistes de l'O.R.S.T.O.M., B.P. 65, N'Djamena (Tchad).*

## RÉSUMÉ

*Au cours de la période de sécheresse 1972-74 le lac Tchad s'est scindé en plusieurs bassins qui ont évolué séparément. Des mortalités de poissons sont décrites en fonction des conditions de milieu (profondeur, oxygène, transparence, salinité) dans les différentes régions.*

*La turbulence au fond, associée à la faible profondeur est le facteur essentiel des mortalités au cours de la baisse du lac. Dans l'archipel de l'est envahi par la végétation, la décomposition des macrophytes cause des mortalités importantes lors de la crue annuelle du lac. Un niveau critique, en dessous duquel les mortalités deviennent probables, a été défini pour la cuvette nord et l'archipel de l'est.*

## ABSTRACT

*Fish mortalities in Lake Chad during the sahelian drought.*

*During the 1972-74 drought, lake Chad was split into three separate basins as a result of the water level decrease (Fig. 1). The variations of some chemical and physical parameters are described for the northern basin (Fig. 2, 3) and for the eastern archipelago at Bol (Fig. 4, 5). Mass fish mortalities have been observed in both basins. They are associated with water turbulence during the decrease of the water level but anoxia due to macrophyte decomposition is the main cause for mortalities during the annual flood at Bol (Fig. 7). Relative catch per unit effort of some species are given (Fig. 6, 8). A critical level, below which mortalities occurred, has been determined for both basins. (See also figure legends in english).*

Au cours de la période 1972-1974, des mortalités importantes de poissons ont eu lieu dans le lac Tchad. Ces phénomènes qui n'avaient pas été observés au cours des années précédentes doivent donc être considérés comme une conséquence de la baisse du niveau du lac depuis 1964 et plus particulièrement de 1972 à 1975.

Le lac Tchad est un lac plat de faible profondeur, dont la superficie et la morphologie sont très sensibles aux variations de niveau (CARMOUZE *et al* 1972). Depuis TILHO (1928) on distingue un état « Tchad normal », correspondant à une altitude du plan

d'eau de l'ordre de 282 m, et un état « Petit Tchad » du même lac où l'altitude du plan d'eau est inférieure à 279 m. Le Tchad normal présente un plan d'eau unique, bordé d'un archipel au nord et à l'est tandis que dans l'état Petit Tchad deux ou trois bassins, séparés par l'exondation de hauts fonds, voient leurs niveaux varier individuellement suivant qu'ils sont plus ou moins alimentés par les eaux du Chari. Le dernier état Petit Tchad apparut vers avril 1973, s'est prolongé en 1974 et 1975 (CHOURET-LEMOALLE, 1974). Les niveaux dans la cuvette nord, dans la région de Bol et dans les eaux libres

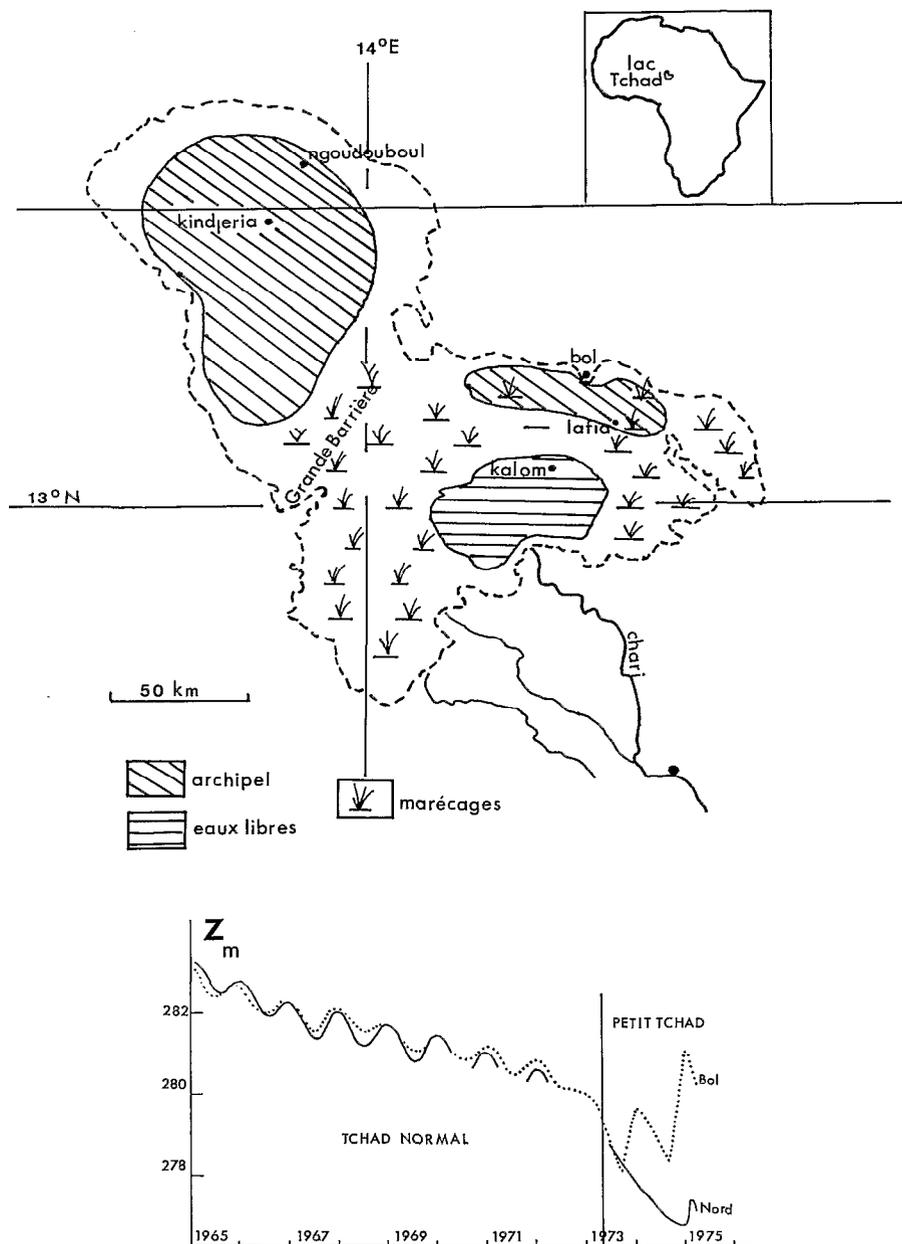


Fig. 1. — Carte schématique du lac Tchad en juillet 1974. Le tireté indique les limites du Tchad normal. Évolution approximative de l'altitude du plan d'eau dans la cuvette nord et à Bol depuis 1965.

Fig. 1. — Lake Chad, July 1974, schematic map. (---) indicates the shoreline during « Normal Chad » periods. The level decrease (absolute altitude) is shown since 1965.

du sud-est ont évolué séparément (fig. 1), entraînant des variations de conditions de milieu qui ont influé de façon notable sur les peuplements de poissons, en particulier au cours de mortalités en masse.

On distingue deux types de mortalités en masse, l'un associé à la turbulence créée par tornades,

l'autre consécutif à la crue annuelle dans l'archipel de l'est. A ces mortalités spectaculaires, mais limitées dans le temps et dans l'espace, se superpose une modification continue des peuplements avec disparitions progressives d'espèces mises en évidence par nos pêches expérimentales.

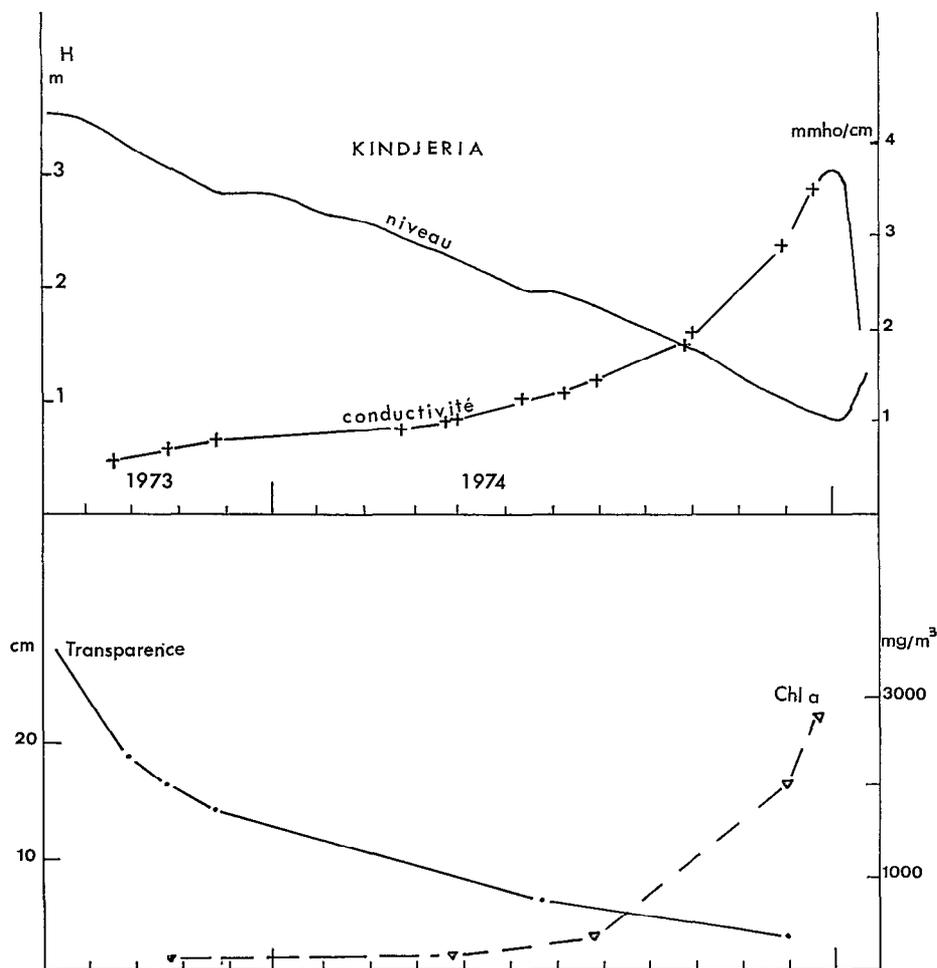


Fig. 2. — Conditions de milieu dans la cuvette nord. *En haut* : niveau à l'échelle de Kindjéria (d'après le service hydrologique O.R.S.T.O.M.) et conductivité. *En dessous* : transparence au disque de Secchi et chlorophylle.

Fig. 2. — Northern basin: level and conductivity (above) Secchi disc transparency and chlorophyll a (under).

## 1. LES CONDITIONS DE MILIEU

### 1.1. Les paramètres étudiés

Le facteur principal, auquel nous rapporterons les autres paramètres étudiés, est le niveau dont les variations depuis 1966 sont représentées figure 1.

Les facteurs secondaires étudiés sont :

- La transparence, dont la variation est un indice de la turbulence au fond,
- l'oxygène dissous,
- la concentration saline et le gaz carbonique libre dissous.

La diminution de la transparence des eaux du lac est une conséquence directe de l'influence crois-

sante, sur les sédiments, de la turbulence de l'eau due au vent. La remise en suspension du sédiment superficiel, de plus en plus importante au cours de la diminution de la hauteur d'eau, agit sur les particules minérales et sur le phytoplancton en voie de sédimentation. On sait (GANF, 1974 a, 1974 b) qu'une fraction importante du peuplement algal sédimenté, et notamment des cyanophycées, reste en vie assez longtemps. Il s'ensuit donc une augmentation des concentrations en phytoplancton et de la production primaire dans la zone euphotique et de la respiration dans toute la colonne d'eau. Alors que la transparence était auparavant principalement limitée par des particules minérales fines (LEMOALLE, 1973), la plus grande turbulence des périodes de bas niveau a maintenu en suspension

des particules plus grosses et des quantités plus importantes de phytoplancton qui ont joué un rôle non négligeable dans l'absorption de la lumière et dans les variations des concentrations de l'oxygène dissous.

En 1973 le passage du lac à l'état de Petit Tchad et l'abaissement plus rapide du niveau dans les différentes cuvettes a en outre fait apparaître, notamment dans la cuvette nord, une concentration notable des sels dissous jusqu'alors moins prononcée. Par la suite, la cuvette nord et la région de Bol ont suivi une évolution faisant intervenir les mêmes phénomènes mais à des degrés divers, leur évolution hydrologique ayant été différente.

## 1.2. Les conditions de milieu dans la cuvette nord

### — NIVEAU ET TRANSPARENCE

En avril 1973, l'exondation de la Grande Barrière a privé la cuvette nord de ses apports, la transformant en bassin fermé où l'évaporation était de l'ordre de 2,2 m par an. Le niveau a baissé de façon importante, pour une profondeur moyenne de la zone étudiée passant de 3,3 m à 0,5 m entre septembre 1973 et décembre 1974.

Au cours de la même période, la transparence mesurée au disque de Secchi est passée de 20 à 3 cm (fig. 2) marquant la phase finale d'une diminution constante depuis les valeurs supérieures à 1 m relevées en 1967. La valeur mesurée de 3 cm correspond à 2,1 g/l, de seston (poids sec), la concentration en chlorophylle a (non corrigée pour les phéopigments) étant alors supérieure à 2,5 mg/l.

### — L'OXYGÈNE DISSOUS

Les variations de concentrations en oxygène dissous sont, en partie, une résultante des conditions de turbulence. En période de Tchad normal, et encore en 1973, la cuvette nord était du type polymictique chaud avec stratification diurne occasionnelle, la tension d'oxygène étant généralement de 90 à 95 % de la saturation le matin, à un moment où la colonne d'eau était homogène (LEMOALLE, 1976). En 1974, le régime nycthémeral des vents, la photosynthèse d'un phytoplancton de plus en plus dense et la consommation d'oxygène par un seston abondant, se sont combinés de façons diverses. Il en est résulté une variabilité très grande des teneurs en oxygène, aussi bien dans le temps que dans l'espace, même à courte échelle.

On a notamment observé à N'Goudouboul, en juin 1974, au nord-est de Kindjéria, l'influence d'une forte concentration de phytoplancton en période de vents faibles, avec des variations de

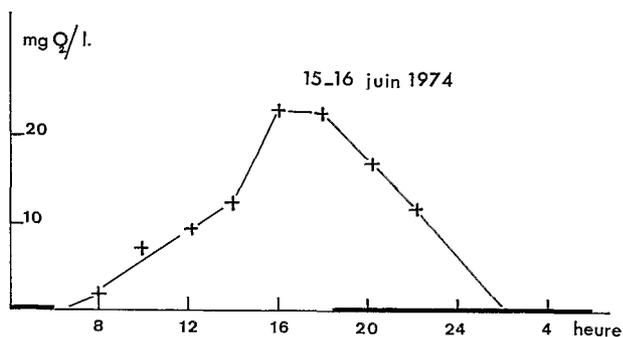


Fig. 3. — Exemple de variation nycthémerale de l'oxygène de l'eau de surface à N'Goudouboul (cuvette nord).

Fig. 3. — An example of diel oxygen concentration in surface waters in N'Goudouboul (northern basin).

20 mg O<sub>2</sub>/l en 12 heures, à 10 cm sous la surface (fig. 3). La consommation d'oxygène par le milieu, de 3,9 mg O<sub>2</sub>/l.h, créait une anoxie pendant une partie de la nuit, les *Tilapia* respirant à la surface de l'eau, près du rivage. Un ciel couvert pendant une seule journée pouvait alors suffire à créer des conditions encore plus drastiques dues à une diminution de la photosynthèse.

A Kindjéria, en décembre 1974, la consommation d'oxygène par le milieu était, à une température de 22 °C, de 1,24 mg O<sub>2</sub>/l.h. La concentration en oxygène, in situ, était de l'ordre de 1,0 à 3 mg/l au lever du jour et très variable d'un point à un autre au cours de la journée (de 5 à 12 mg/l à 16 h. pour une température de l'eau de 22 °C).

### — LES SELS DISSOUS

A ces conditions d'oxygénation difficiles s'est ajoutée, dans la cuvette nord du lac Tchad, une augmentation importante de l'alcalinité. Une certaine régulation saline existe, en effet, en période de Tchad normal, qui fait que grâce à des précipitations chimiques et des infiltrations (GARMOUZE, 1969 - ROCHE, 1973) la salinité de ce lac endoréique reste faible. Avec l'état Petit Tchad est apparue, dans la cuvette nord, une phase de concentration des sels qui suit approximativement les lois d'un bassin d'évaporation. La conductivité et l'alcalinité étant étroitement liées, nous n'avons représenté que les variations de la conductivité (fig. 2). Celle-ci a augmenté de 900 à 3 500 μmhos/cm entre mars et décembre 1974, pour un pH de 8,5 à 9. A la fin de cette période les ions carbonate, bicarbonate et sodium sont de très loin dominants, formant plus de 90 % des sels dissous (alcalinité 41 mé/l, pH 9). Le CO<sub>2</sub> libre dissous est resté négligeable.

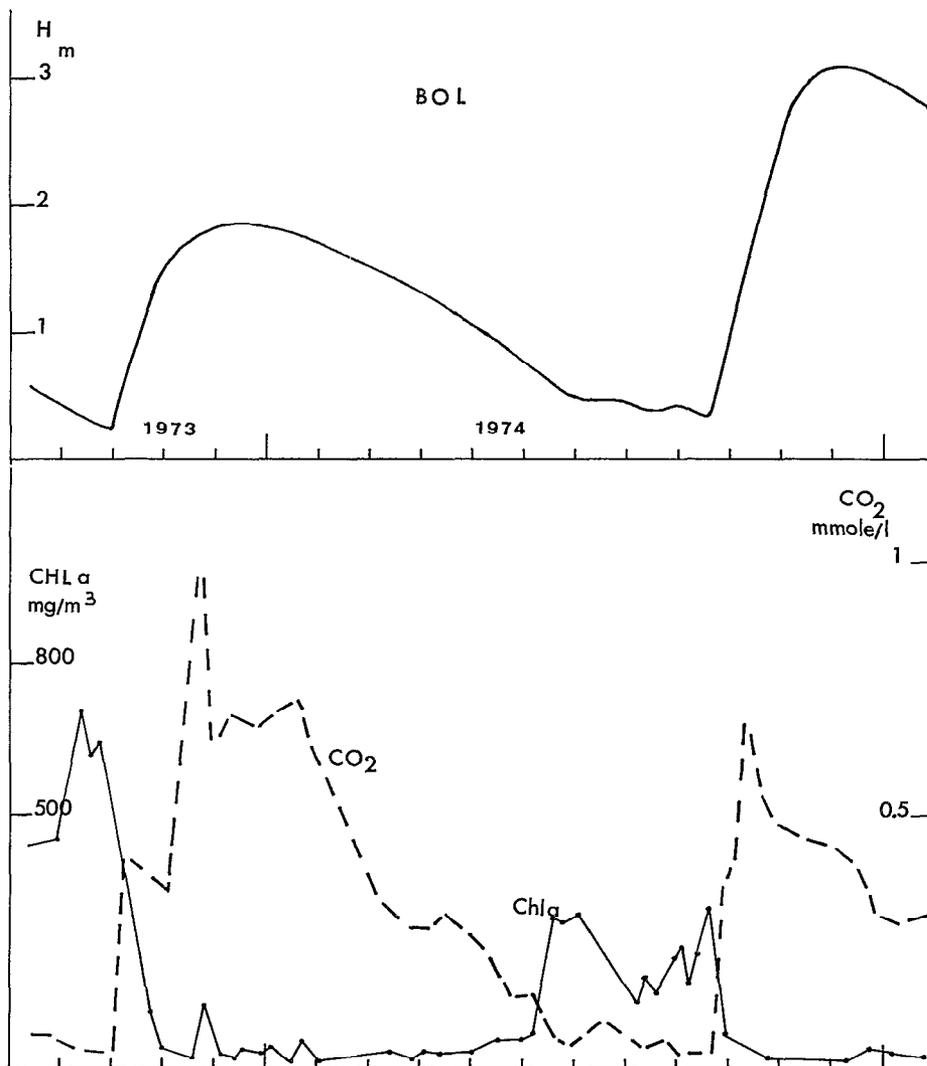


Fig. 4. — Conditions de milieu à Bol (d'après le service hydrologique O.R.S.T.O.M.), chlorophylle et CO<sub>2</sub> libre dissous.

Fig. 4. — Level at Bol gauge (above) free dissolved CO<sub>2</sub> and chlorophyll a (under) at Bol.

### 1.3. Les conditions de milieu dans la région de Bol

#### — NIVEAU ET TRANSPARENCE

La baisse de niveau à Bol a suivi une évolution semblable à celle de la cuvette nord, avec exondation du seuil des îlots bancs à la limite de l'archipel et isolement de la masse d'eau considérée en avril 1973. L'assèchement par évaporation en bassin fermé ne s'est prolongé que jusqu'en septembre pour reprendre ensuite d'avril à septembre 1974 après une remise en eau correspondant à la crue du Chari de 1973 (fig. 4).

L'évolution générale de la transparence et du phytoplancton s'est manifestée à Bol jusqu'en

septembre 1973 où l'on mesurait 8 à 10 cm au disque de Secchi (LEMOALLE, 1974). Durant la période de basses eaux de 1973, une végétation semi-aquatique très dense (*Cyperus papyrus*, *Aeschynomene*, *Vossia*), a recouvert tous les sédiments exondés. Au cours des remises en eau postérieures, l'eau du Chari a dû traverser cette barrière végétale et est arrivée à Bol dépourvue de particules minérales ou organiques. Les masses d'eau circulant encore dans l'archipel une partie de l'année, la filtration est restée effective et la transparence a conservé des valeurs comprises entre 35 et 80 cm, avec des concentrations en chlorophylle inférieures à 300 mg/m<sup>3</sup> (fig. 4).

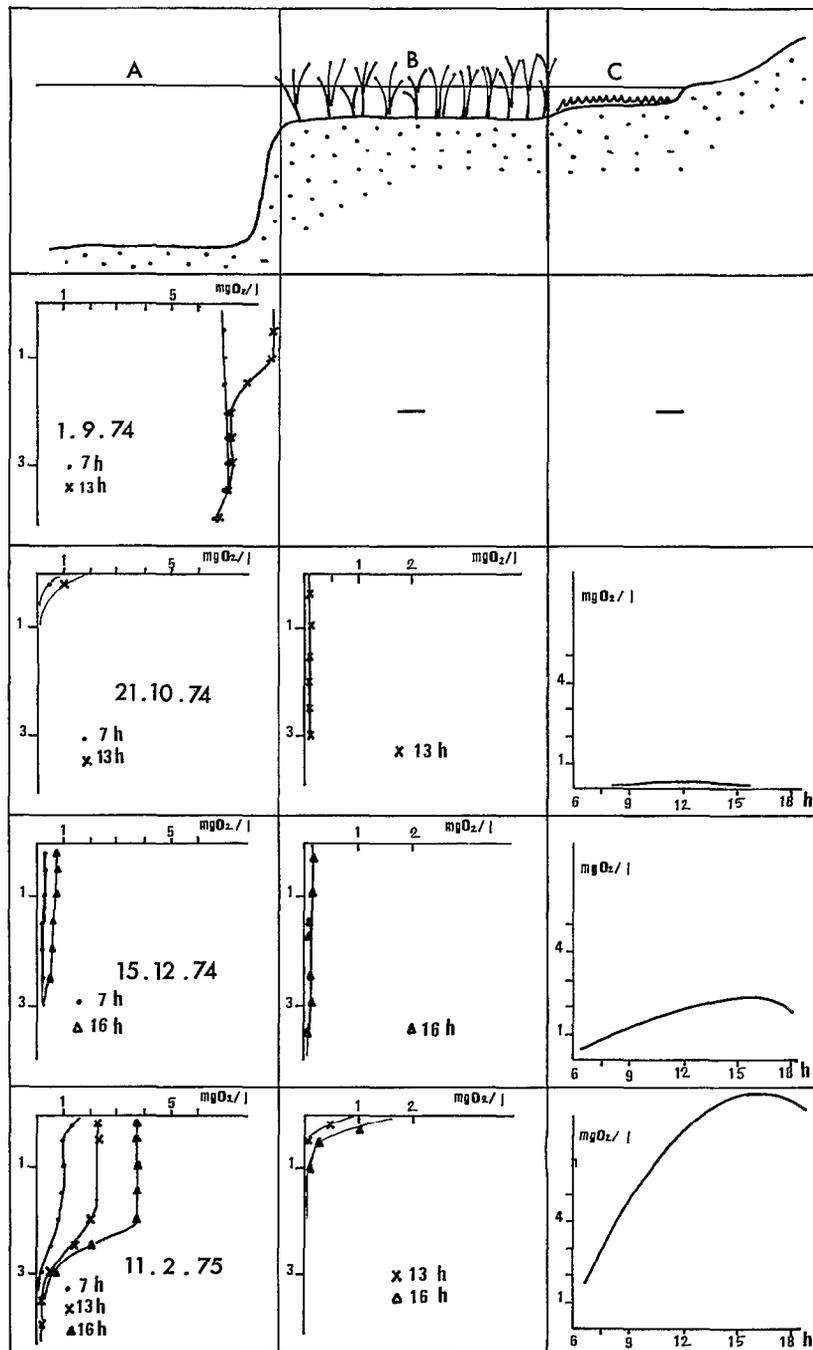


Fig. 5. — Profils d'oxygène à Bérim en pleine eau (milieu A), dans les macrophytes (milieu B) et variations diurnes d'oxygène dans la zone de bordure peu profonde (milieu C).

Fig. 5. — Oxygen profiles at Berim in open waters area (A) in the macrophytes (B) and diel variations near the shore (C).

## — L'OXYGÈNE DISSOUS

La surface d'eau réduite, abritée par de hautes îles ceinturées de macrophytes, est moins sensible au vent que les vastes étendues d'eaux libres de la cuvette nord, parsemées d'îles plates et nues. Au cours des périodes de bas niveau de la région de Bol le phytoplancton et la turbulence n'ont pas atteint les fortes valeurs constatées dans la cuvette nord. Cependant des tornades ont pu recréer en 1973 et 1974 des conditions proches de celles observées après la tornade du 8 août 1972 décrite plus loin.

Au début d'octobre 1973 les eaux de crue du Chari, avant de parvenir à Bol, ont traversé une barrière de végétation jeune, en pleine croissance et de densité moyenne. De plus, la crue n'a pas été très forte et peu de plantes ont été totalement submergées. Au contraire, en 1974, une crue plus forte (fig. 4) a traversé la même barrière, beaucoup plus dense, dont certains éléments étaient déjà morts. La remontée du niveau a aussi été plus importante et a submergé un grand nombre de plantes, notamment les papyrus. Les macrophytes morts et ceux qui ont été submergés sont entrés dans un cycle de décomposition dont le premier effet a été une absorption quasi totale de l'oxygène dissous dans l'eau. Ce déficit en oxygène a été longtemps dominant et ce n'est qu'en février, soit 4 mois après la crue, qu'ont été mesurées des quantités d'oxygène atteignant le minimum considéré comme nécessaire pour beaucoup de poissons : 3 mg O<sub>2</sub>/l en surface dans les zones dégagées (notées A sur la figure 5). Dans les régions colonisées par la végétation (notées B sur la figure) l'oxygène est resté, en moyenne, très faible. Il existait toutefois un micro-milieu (noté C) moins défavorable à la vie aquatique : entre les franges végétales et le rivage des îles, on a trouvé fréquemment une zone de quelques mètres de largeur, de 5 à 30 cm de profondeur, colonisée par des algues benthiques dont la photosynthèse active produisait de l'oxygène. La nuit, le fort rapport entre la surface de l'eau et son volume favorisait une légère oxygénation. De tels milieux abritaient, entre autres, des quantités de très jeunes *Tilapia*.

— LES SELS DISSOUS ET LE CO<sub>2</sub> LIBRE

L'isolement de la région de Bol-Bérim en 1973 et 1974 ayant été beaucoup moins long que dans le nord et entrecoupé de remises en eau (fig. 4), le facteur de concentration a donc été moins fort et la conductivité n'a pas dépassé 570  $\mu$ mhos. L'alcalinité est ainsi restée modérée et le seul fait nouveau est l'apparition de CO<sub>2</sub> libre dissous en concentration notable, due à la décomposition des macrophytes lors des remises en eau de 1973 et 1974.

## 2. LES MORTALITÉS DE POISSONS

Trois types principaux de mortalités peuvent être définis. Les deux premiers sont spectaculaires et concernent les mortalités massives, limitées dans l'espace et dans le temps. Le troisième, plus discret, mis en évidence par des pêches régulières aux filets maillants (BENECH, 1975) correspond à une disparition progressive de différentes espèces résultant de l'évolution continue de certains paramètres de milieu dont les fluctuations particulièrement brusques et accidentelles causent les mortalités des premiers types. La diminution de certains effectifs se produisant le plus souvent en milieu fermé (cuvette nord ou zone de Bol isolées du reste du lac par des seuils exondés), une migration ne peut être invoquée pour expliquer les variations.

## 2.1. Les mortalités en masse consécutives à des tornades

Le 7 août 1972, nous avons observé une tornade à Bol. Sous l'effet d'un vent très violent, le sédiment a été perturbé, les masses d'eau se sont déplacées. Du jour au lendemain la concentration en phytoplancton a presque doublé, la transparence a diminuée de 14 à 9 cm au disque de Secchi, la concentration en oxygène dissous, au matin du 8 août, était inférieure à 0,5 mg/l (5 % de la saturation). Les poissons sont morts en quantité, les plus petits mourant les premiers au cours de la nuit, les plus grands mourant dans la matinée du 8. La possibilité de telles mortalités était bien connue des populations riveraines qui ont ramassé les poissons tout au long de la nuit et de la matinée du lendemain.

Le même phénomène s'est répété dans l'archipel en 1973 et 1974. En juin 1973, des mortalités de *Lates niloticus*, *Hydrocynus brevis* et *H. forskalii* ont été observées dans les mêmes conditions à Lafia, à 15 km au sud-est de Bol. Le mois suivant, sur les berges du lac à Bol, de nombreuses carcasses de *Synodontis spp.*, espèces dédaignées par les riverains, attestaient d'une autre mortalité en masse.

Dans la cuvette nord, des hécatombes de *Tilapia* ont été remarquées à la suite d'une tornade fin juin 1974 dans une zone de 0,8 à 1 m de profondeur, à 18 km au sud de Kindjéria. Ce phénomène se répétant plusieurs fois au cours de la saison des pluies en des endroits différents, on pouvait observer en septembre, sur les rives au vent de nombreuses îles, des franges de poissons morts qui atteignaient 0,5 à 1 m de largeur sur plusieurs centaines de mètres de longueur.

## 2.2. Les mortalités au cours de la crue annuelle du lac

Alors que le niveau de la cuvette nord a été

constamment décroissant en 1973 et 1974, la région de Bol a subi, dans la même période, deux phases d'assèchement suivies chacune d'une remise en eau brutale. A la différence de celle de 1973, la crue de 1974 s'est accompagnée de mortalités importantes de nombreuses espèces qui venaient respirer près de la surface avant de mourir. Les *Synodontis* (en majorité *S. balensoda*), qui représentaient 45 % des captures le mois précédent ont alors totalement disparu en quelques jours (fig. 6) tandis que le nombre d'espèces pêchées, déjà réduit à la suite de la saison des pluies, passait brutalement de 23 à 7 (fig. 7).

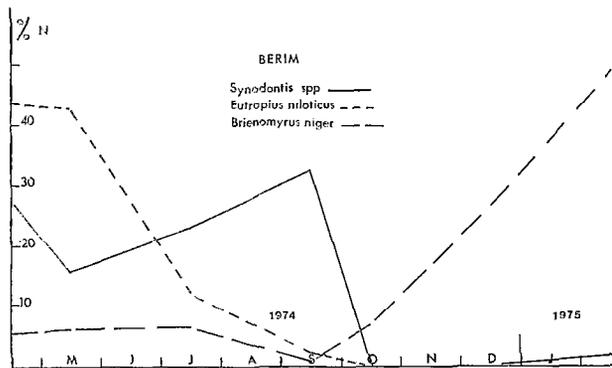


Fig. 6. — Variations des prises par unité d'effort pour quelques espèces à Bol-Bérim (N est la somme des prises, pour chaque genre, au cours de la période décrite).

Fig. 6. — Variations in catch per unit effort for some species at Bol-Bérim. N is the sum of the catches, for each genus, during the period under study.

### 2.3. Disparition progressive de certaines espèces

Aux mortalités brutales, localisées et apparentes, se superpose une mortalité plus diffuse, mise en évidence par les pêches expérimentales. Ainsi certaines espèces bien représentées dans les peuplements de hautes eaux à Lafia au sud de Bol (Grandes zones écologiques, 1972), ont disparu des prises après 1973. Ce sont :

*Lates niloticus*  
*Hydrocynus forskalii*  
*Hydrocynus brevis*  
*Alestes dentex*  
*Citharinus citharus*  
*Synodontis membranaceus*

Dans la cuvette nord, à Kindjéria, les espèces qui ont disparu de nos relevés de pêche entre décembre 1973 et décembre 1974 sont :

*Heterotis niloticus*  
*Hydrocynus forskalii*  
*Hydrocynus brevis*

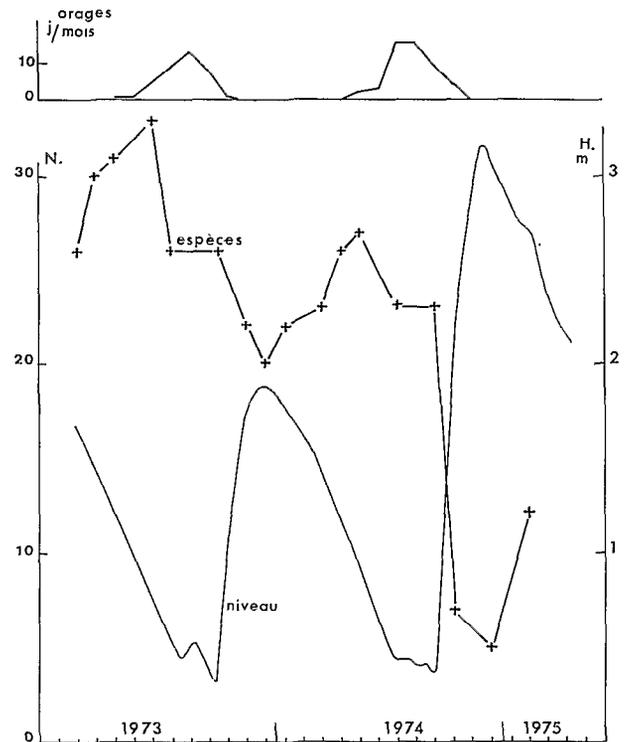


Fig. 7. — Nombre de jours d'orage (en haut), niveau de l'eau et nombre d'espèces capturées au cours des pêches expérimentales à Bol-Bérim.

Fig. 7. — Monthly number of rainy days (above), water level and number of species caught by our experimental fisheries at Bol-Bérim.

*Citharinus citharus*  
*Tetraodon fahaka*  
*Pollimyrus isidori*  
*Mormyrus rume*

On a assisté d'autre part à la diminution progressive d'espèces initialement importantes ; c'est notamment le cas de *Alestes baremose* et *Hydrocynus forskalii* (ce dernier disparaissant totalement en décembre 1974) dont les prises par unité d'effort sont représentées figure 8. La disparition de ces deux espèces d'intérêt économique s'explique par les conditions de milieu et aussi, par des pêches très actives.

Dans l'archipel de Bol, l'évolution d'*Eutropius niloticus*, du même type au cours de la baisse du niveau en 1974, se termine par une disparition quasi-totale avant l'arrivée de la crue (fig. 6).

### 3. DISCUSSION

Les mortalités sont liées en premier chef à la baisse générale du niveau de l'eau dans le lac.

Nous pouvons donc essayer de définir un niveau critique et examiner comment réagissent certaines espèces pour dégager les facteurs du milieu qui ont une importance.

### 3.1. Influence de la profondeur. Niveau critique

A Kindjéria, les premières mortalités ont été observées en avril 1974 puis pendant la saison des pluies, mais il est probable, étant donnée la composition spécifique du peuplement à cette époque, que des mortalités ont eu lieu avant cette date soit dans le centre de la cuvette, soit dans les régions moins profondes, plus sensibles au vent, de la périphérie. Une côte de 2,5 m à Kindjéria, ou 6,5 m à Malamfatori (échelle O.R.S.T.O.M.) peut donc être considérée comme critique en moyenne dans l'année. Bien que la bathymétrie du lac soit mal connue, nous pouvons estimer à environ 2 m la profondeur correspondante dans la majeure partie de la surface en eau. Ce niveau critique définit la cote en-dessous de laquelle des mortalités ont toutes chances de se produire au cours de l'année et notamment pendant la saison des pluies. Il ne tient pas compte des tornades exceptionnelles dont l'effet peut être notable pour des profondeurs supérieures. Quand le niveau continue de décroître, les fortes turbulences deviennent de plus en plus fréquentes et le milieu devient peu à peu hostile à la plupart des espèces.

En 1972, les fortes tornades qui ont causé les premières mortalités dans l'archipel de Bol ont agi sur un plan d'eau encore assez étendu, dépourvu de bordure végétale, à une cote de 2,2 m (échelle de Bol), ce qui correspond à une profondeur générale de 1,5 m. A cette profondeur correspondent des mortalités accidentelles et localisées. Une cote de l'ordre de 2 m à l'échelle, soit une profondeur de 1,3 m peut donc être considérée comme critique pour la région en 1972, c'est à dire en période de lac normal avec un développement réduit de macrophytes. Par la suite la majorité des fonds correspondants a été colonisée par les macrophytes et ne sont restés en eau libre que les endroits les plus profonds, protégés par une importante végétation de bordure.

Les mortalités qui ont eu lieu au cours des saisons des pluies de 1973 et 1974 ont nettement affecté le nombre d'espèces présentes dans le milieu (fig. 7). Elles correspondent à une même cote du plan d'eau pour les deux années : 0,6 m à l'échelle de Bol. Il apparaît donc des niveaux critiques différents, pour une même région, suivant l'état morphologique du lac.

En période de « Tchad normal », avant l'assèchement, les profondeurs critiques sont de 2 m dans la région de Kindjéria et environ 1,3 m près de

Bol. Dans les deux régions le sédiment est constitué de vases organiques plus ou moins argileuses (DUPONT, 1970), et on peut penser que le niveau critique est atteint dans chacune de ces zones quand la turbulence au fond est du même ordre. Celle-ci dépend de la force du vent, de sa zone d'action sur la surface de l'eau et de la profondeur (SMITH, SINCLAIR, 1972). La force du vent pouvant être considérée comme égale, la différence de profondeur critique s'explique par la différence du rayon d'action du vent à la surface de l'eau. L'archipel autour de Kindjéria est en effet constitué d'îles beaucoup plus basses, plus espacées et dénudées que celui de Bol.

La surface des zones en eau intervient aussi dans l'influence des tornades sur les peuplements : les orages étant localisés, leurs effets immédiats le sont aussi. Si la surface en eau est grande relativement à la perturbation (cuvette nord du lac), une recolonisation est possible à partir des zones non touchées, ce qui a peu de chances de se produire à Bol-Bérim, de surface réduite, lorsque la poche d'eau est isolée du reste du lac.

### 3.2. Réaction des espèces aux variations du milieu

Si l'on compare la composition des peuplements de Kindjéria et de Bérim en fin du cycle d'assèchement, on constate que l'influence de l'assèchement et de la turbulence a privilégié les mêmes groupes d'espèces : *Polypterus*, *Synodontis* et *Tilapia* qui représentent environ 80 % des captures. Dans les deux biotopes, *S. balensoda* représente les trois quarts des *Synodontis* et *P. senegalus* la quasi-totalité des *Polypterus*. Ces trois groupes qui persistent ne réagissent cependant pas de la même façon aux conditions de milieu.

Les *Synodontis* ne se sont pas reproduits ; bien qu'ils aient subi des mortalités notables, leur résistance relative et la concentration des eaux ont entraîné une augmentation de leur densité plus importante que pour d'autres espèces. Les *Polypterus senegalus*, fréquents dans les marécages (BLACHE, 1964) ont la possibilité de respirer l'oxygène de l'air et ont donc peu souffert des anoxies consécutives aux orages. Faute de données sur leur reproduction (les filets maillants capturent peu de jeunes *Polypterus*), nous ne pouvons que constater leur importance croissante au cours de cette période.

Dans les importantes quantités de poissons morts remarquées en 1974 dans la cuvette nord, les *Tilapia* étaient largement dominants. Leur capacité de reproduction leur a néanmoins permis de se maintenir et de proliférer, les jeunes devenant progressivement dominants en juin 1974, avant de grandir après la saison des pluies, comme le montre l'évolution des prises suivant la maille des filets (fig. 9). Les mortalités massives notées n'étaient

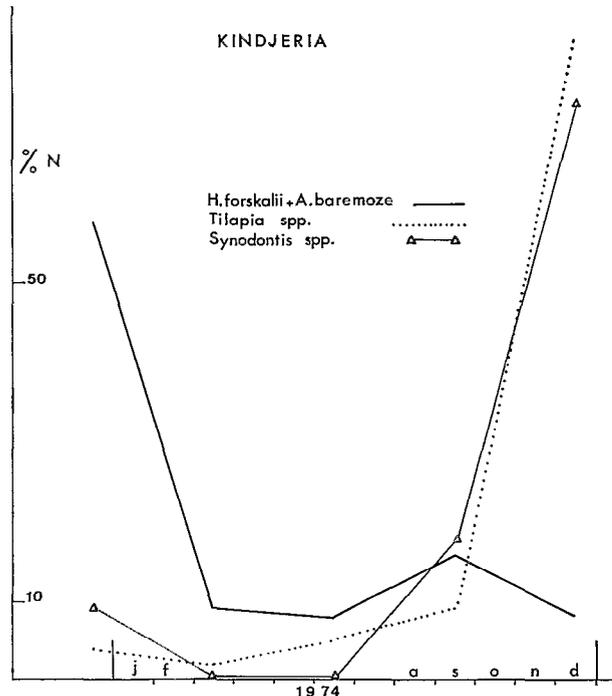


Fig. 8. — Variations des prises par unité d'effort pour quelques espèces à Kindjéria (N est la somme des prises, en nombre, pour les espèces ou les genres considérés, au cours de la période décrite).

Fig. 8. — Variations in catch per unit effort for some species at Kindjéria. N is the sum of the catches, for each genus or species association, during the period under study.

donc pas une indication de disparition de ce groupe comme on aurait pu initialement le croire. Par contre le maintien de *Tilapia* après la disparition de *Lates* correspond bien aux résultats de FISH (1956) sur la tolérance relative de ces deux genres à un déficit d'oxygène.

Au cours de l'assèchement, la progression de *T. galilaea* est beaucoup moins sensible que celle de *T. nilotica* et surtout *T. aurea* qui ont un développement considérable (tableau I). La première espèce a des besoins en oxygène plus élevés que *T. nilotica* (JOHNSON, 1974) et d'après WELCOMME (1964) les besoins des jeunes *T. aurea* ne représentent que 30 % de ceux de *T. galilaea*. Les variations dans ce groupe soulignent donc l'importance de l'oxygène dissous dans l'évolution des peuplements.

La mortalité en masse observée à Bol sur le peuplement résiduel au début de la crue de 1974 est un phénomène général qui s'est produit dans tout l'archipel du sud-est avec l'avancée de la crue à travers la végétation. L'absence d'oxygène et une teneur inhabituelle en CO<sub>2</sub> libre dissous (fig. 4

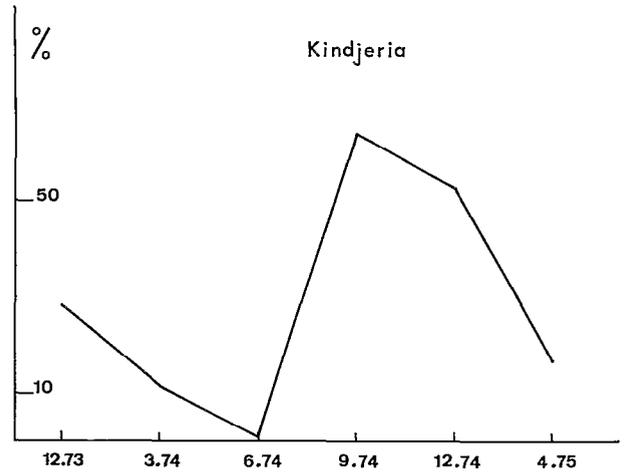


Fig. 9. — Pêches expérimentales à Kindjéria. Pourcentages en nombre des prises de *Tilapia* dans les filets à petites mailles (11 et 15 mm) par rapport aux prises dans les filets de 11, 15, 35 et 40 de mailles. Les jeunes apparaissent pendant la saison des pluies et se développent ensuite.

Fig. 9. — Experimental fisheries at Kindjéria. Percent ratio of *Tilapia* caught in small gillnets (11 and 15 mm meshbar) to the catches of *Tilapia* in gillnets of 11, 15, 35 and 40 mm mesh size. The young fishes appear at the beginning of the rainy season.

TABLEAU I

Pourcentage en nombre des *Tilapia* par rapport à l'ensemble des poissons capturés dans une même pêche. Pêches effectuées à Kindjéria à l'aide d'une batterie de filets maillants.

Espèces	Dates					
	12/3	3/74	6/74	9/74	12/74	4/75
<i>Tilapia nilotica</i> ..	1	3	3	5	13	7
<i>Tilapia aurea</i> ...	ε	ε	3	15	17	50
<i>Tilapia galilaea</i> ..	2	1	1	ε	5	0

et fig. 5) ont causé la mort de la plupart des espèces présentes (fig. 7). Seuls *Clarias*, *Polypterus*, *Gymnarchus niloticus* et *Brienomyrus niger* ont subsisté. Les trois premiers ont une possibilité de respiration aérienne (cf. CARTER in BROWN, 1957); le dernier cité, fréquent dans les mares en voie d'assèchement, est particulièrement rustique (BLACHE, 1964).

Ce phénomène, observé en 1974 dans l'archipel, s'est vérifié début 1975 dans la Grande Barrière. Il avait déjà été décrit par FREYDENBERG (1908) au cours d'une crue semblable, dans les mêmes régions.

Les mortalités dues à la dégradation de la végétation ont été rapportées par plusieurs auteurs dans les pays tropicaux lors de la pénétration d'eau de marécage dans une rivière (TAIT, 1965) ; c'est également ce qui peut se passer dans les régions tempérées lors de la décomposition des amas de feuilles mortes (LARIMORE, CHILDERS, 1959).

Le déficit en oxygène peut en outre être rendu plus efficient du fait d'autres conditions de milieu telles que la salinité, l'alcalinité, la turbidité ou la présence de substances toxiques. Tous les facteurs défavorables ont un effet cumulatif et, si le seuil léthal n'est pas atteint, des effets néfastes à long terme peuvent se faire sentir sur le métabolisme, la croissance et la reproduction. On sait en effet que les poissons sont capables d'adaptation progressive à des conditions défavorables et que le seuil léthal est différent suivant que les variations d'oxygène (FARNIER, BEANISH, 1969) de salinité (ERICHSEN-JONES, 1964) ou de température sont plus ou moins brutales.

Parmi ces facteurs autres que le manque d'oxygène, nous avons noté en particulier deux exemples spécifiques sur *Alestes nurse* et sur les *Mormyridae*. En décembre 1974 un examen des *Alestes nurse* capturés à Kindjéria mettait en évidence des œufs irrités, couverts d'un épais mucus dont la présence, qui gêne fortement la respiration, est attribuée à l'action conjuguée de l'alcalinité élevée et de la forte teneur en suspensions des eaux (MORGAN, 1972). En période de Tchad normal, l'extension des *Mormyridae* se limitait aux eaux de conductivité inférieure à 400  $\mu\text{mhos}$ , évitant les régions les plus concentrées (Grandes zones écologiques du lac Tchad, 1972). Au cours de l'année 1974, la conductivité à Kindjéria a varié de 800 à 3 500  $\mu\text{mhos}$ , plaçant ainsi les *Mormyridae* loin de leur préférendum.

### 3.3. Comparaison avec le lac Chilwa

Les milieux lacustres à assèchement périodique plus ou moins accentué possèdent en général une ichtyofaune peu diversifiée, adaptée aux variations des conditions de milieu. C'est le cas du lac Chilwa qui abrite 13 espèces dont trois importantes : *Clarias mossambicus*, *Tilapia shirana chilwae*, endémique et particulièrement tolérante vis à vis de la concentration ionique et de l'oxygène, et *Barbus paludinosus* qui vient au lac par les affluents (MORGAN et KALK, 1970).

Les premières mortalités en masse au lac Chilwa ont été observées au cours de tornades en période de niveau décroissant, et sont devenues ensuite de plus en plus fréquentes au cours de la baisse de niveau du

lac. Une concentration en oxygène de 0,3 à 0,4 mg/l apparaît léthale pour *T. s. chilwae* qui est d'autre part résistant à la concentration en Na Cl mais beaucoup moins à l'alcalinité (qui domine dans le lac Tchad). D'une façon générale, l'évolution des conditions de milieu a été du même type dans le lac Tchad et le lac Chilwa, où la cause première des mortalités est la baisse du niveau entraînant une turbulence inhabituelle au niveau du fond. Celle-ci entraîne à son tour une diminution de l'oxygène dissous dont les effets sont aggravés par une turbidité importante.

Les mortalités importantes liées au bas niveau de l'eau sont plus fréquentes pour le lac Chilwa que pour le lac Tchad ; les dernières ont été reportées en 1955, 1960 et 1966 au lac Chilwa alors que les bas niveaux correspondants au lac Tchad ont eu lieu vers 1908, 1942 et 1974. Le lac Tchad est de plus relié à un vaste réseau fluvial et offre des milieux plus variés que le lac Chilwa, aussi abrite-t-il en temps normal une faune variée comprenant plus de 80 espèces (BLACHE, 1964).

Cette diversité favorise la recolonisation des différents milieux du moment, les remplacements d'espèces dominantes et la prolifération de nouvelles espèces se faisant très rapidement en des endroits divers du lac. Un fait tout à fait remarquable est la très grande mobilité des pêcheurs qui parviennent dans une certaine mesure à exploiter cette plasticité du peuplement malgré l'évolution rapide du milieu.

### CONCLUSION

En milieu peu profond les mortalités de poissons liées à la turbulence sont un phénomène bien connu, parfois naturel à la suite d'orages, parfois provoqué par l'homme au cours de pêches d'épuisement dans des mares résiduelles. L'observation de mortalités massives et les pêches expérimentales ont permis de définir approximativement des niveaux critiques en-dessous desquels les mortalités se produisent. Le niveau de l'eau étant le facteur essentiel, les paramètres associés, qui traduisent l'instabilité écologique du milieu, permettent de comprendre, dans une certaine mesure, les mécanismes de ces mortalités. Certaines espèces étant plus sensibles que d'autres, une étude détaillée de l'évolution des peuplements pourra éventuellement conduire à la définition de niveaux critiques différents suivant les populations concernées.

*Manuscrit reçu au S.C.D. de l'O.R.S.T.O.M., le 22 juillet 1976.*

## RÉFÉRENCES

- BENECH (V.), 1975. — Croissance, mortalité et production de *Brachysynodontis batensoda* (Pisces, Mochocidae) dans l'archipel sud-est du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. IX, n° 2, 91-103.
- BLACHE (J.), 1964. — Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebbi. Étude systématique et biologique. *O.R.S.T.O.M. Paris*, 483 p.
- CARTER (G. S.), 1957. — Air breathing, in *The physiology of fishes*, Vol I, M. E. Brown ed., *Academic Press New York*, 447 p.
- CARMOUZE (J. P.), 1969. — La salure globale et les salures spécifiques des eaux du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.* vol. III, n° 2, 3-14.
- CARMOUZE (J. P.) et al, 1972. — Grandes zones écologiques du lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. VI, n° 2, 103-169.
- CHOURET (A.), LEMOALLE (J.), 1974. — Évolution hydrologique du lac Tchad durant la sécheresse (1972 à 1974). *O.R.S.T.O.M., N'Djaména*, 12 p. multigr.
- DUPONT (B.), 1970. — Distribution et nature des fonds du lac Tchad (nouvelles données). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, vol. II, n° 1, 9-42.
- ERICHSEN-JONES (J. R.), 1964. — Fish and river pollution. Butterworth and Co. London.
- FARNIER (G. J.), BEANISH (F. W. H.), 1969. — Oxygen consumption of *Tilapia nilotica* in relation to swimming speed and salinity. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 26, 2807-2821.
- FISH (G. R.), 1955. — Some aspects of the respiration of six species of fish from Uganda. *J. Exp. Biol.*, 33, 1, 186-195.
- FREYDENBERG (H.), 1908. — Le Tchad et le bassin du Chari, *F. Schmidt, Paris*; 187 p.
- GANF (G. G.), 1974. — Incident solar irradiance and underwater light penetration as factors controlling the chlorophyll *a* content of a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *J. Ecol.*, 62, 593-609.
- GANF (G. G.), 1974. — Diurnal mixing and the vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *J. Ecol.*, 62, 611-629.
- JOHNSON (R. P.), 1974. — Synopsis on biological data on *Sarotherodon galilaeus*. *F.A.O. Fisheries Synopsis N° 30*.
- LARIMORE (R. W.), CHILDERS (W. F.), 1959. — Destruction and reestablishment of stream fish and invertebrates affected by drought. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 88, 261-285.
- LEMOALLE (J.), 1973. — L'énergie lumineuse et l'activité photosynthétique du phytoplancton dans le lac Tchad. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, vol. VII, n° 2, 95-116.
- LEMOALLE (J.), 1974. — L'activité photosynthétique du phytoplancton en relation avec le niveau des eaux du lac Tchad (Afrique). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- LEMOALLE (J.), 1976. — Éléments sur la température des eaux du lac Tchad à Bol. *O.R.S.T.O.M., N'Djaména* 24 p. Multigr.
- MORGAN (A.), KALK (M.), 1970. — Seasonal changes in the waters of lake Chilwa (Malawi) in a drying phase 1966-68. *Hydrobiologia*, 361, 81-103.
- MORGAN (P. R.), 1972. — Causes of mortality in the endemic *Tilapia* of lake Chilwa. *Hydrobiologia*, 40, 1, 101-119.
- ROCHE (M. A.), 1973. — Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad. *O.R.S.T.O.M., Paris*, 398 p.
- SMITH (I. R.), SINCLAIR (I. J.), 1972. — Deep water waves in lakes. *Freshwat. Biol.*, 2, 4, 387-399.
- TAIT (C.), 1965. — Mass fish mortalities. *Fish. Res. Bull. Sept. Game and Fisheries, Zambia*, 3, 28-30.
- TILHO (J.), 1928. — Variations et disparition possible du lac Tchad. *Ann. Géographie*, 37, 238-260.
- WELCOMME (R. L.), 1964. — The habitats and habitat preferences of the young of the lake Victoria *Tilapia* (Pisces, Cichlidae). *Revue Zool. Bot. Afr.*, 70, 1-28.