

Composition et distribution spatio-temporelle des protozoaires ciliés dans un petit lac hypereutrophe du Cameroun (Afrique centrale)

Composition and spatio-temporal distribution of protozoan ciliates in a shallow and hypereutrophic lake in Central Africa (Cameroon)

S.H. Zébazé Togouet, T. Njiné, N. Kemka, M. Nola, S. Foto Menbohan, D. Niyitegeka, P. Ngassam et C. Boutin

Volume 19, numéro 3, 2006

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/013535ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/013535ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Togouet, S. Z., Njiné, T., Kemka, N., Nola, M., Menbohan, S. F., Niyitegeka, D., Ngassam, P. & Boutin, C. (2006). Composition et distribution spatio-temporelle des protozoaires ciliés dans un petit lac hypereutrophe du Cameroun (Afrique centrale). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 19(3), 151–162. <https://doi.org/10.7202/013535ar>

Résumé de l'article

La composition et la distribution spatio-temporelle des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun) ont été analysées d'avril à décembre 1997, en relation avec des paramètres physico-chimiques du milieu. Trois stations pélagiques et l'herbier littoral ont été échantillonnés. 58 espèces de protistes ciliés ont pu être identifiées, parmi lesquelles environ 60 % d'espèces littorales et périphtiques et 37 % d'espèces pélagiques. Les espèces les plus courantes sont les espèces pélagiques *Uronema nigricans* et *Coleps hirtus*. L'abondance saisonnière des ciliés a atteint une valeur maximale de 21 800 ind·L⁻¹, les valeurs les plus élevées étant enregistrées dans la couche trophogène du lac, particulièrement au cours de la grande saison des pluies. Les variations de la biomasse totale des ciliés sont plus faibles, avec des maxima correspondant également aux fortes pluies. Les espèces dominantes en matière de biomasse sont *Prorodon africanum*, *Coleps hirtus* et *Uronema nigricans*. Enfin, les fluctuations saisonnières de l'abondance et de la biomasse des ciliés sont discutées en relation avec les paramètres environnementaux, parmi lesquels le régime pluvial tient apparemment un rôle central.

COMPOSITION ET DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES PROTOZOAIRES CILIÉS DANS UN PETIT LAC HYPEREUTROPHE DU CAMEROUN (AFRIQUE CENTRALE)

*Composition and spatio-temporal distribution of protozoan ciliates
in a shallow and hypereutrophic lake in Central Africa (Cameroon)*

S.H. Zébazé Togouet^{1,2*}, T. Njiné, N. Kemka¹, M. Nola², S. Foto Menbohan², D. Niyitegeka², P. Ngassam², C. Boutin³

¹Centre de Recherche Hydrologique, Institut de Recherche Géologique et Minière, B.P. 4110 Nlongkak, Yaoundé, Cameroun.

²Laboratoire de Biologie Générale, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

³Université Paul Sabatier, UMR (UPS/CNRS) 5172, Laboratoire de la dynamique de la biodiversité (LADYBIO), 118, route de Narbonne, Bât. 4R3, F-31062 Toulouse Cedex 04, France.

Reçu le 27 novembre 2003, accepté le 20 mai 2005

RÉSUMÉ

La composition et la distribution spatio-temporelle des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun) ont été analysées d'avril à décembre 1997, en relation avec des paramètres physico-chimiques du milieu. Trois stations pélagiques et l'herbier littoral ont été échantillonnés. 58 espèces de protistes ciliés ont pu être identifiées, parmi lesquelles environ 60 % d'espèces littorales et périphytiques et 37 % d'espèces pélagiques. Les espèces les plus courantes sont les espèces pélagiques *Uronema nigricans* et *Coleps hirtus*. L'abondance saisonnière des ciliés a atteint une valeur maximale de 21 800 ind•L⁻¹, les valeurs les plus élevées étant enregistrées dans la couche trophogène du lac, particulièrement au cours de la grande saison des pluies. Les variations de la biomasse totale des ciliés sont plus faibles, avec des maxima correspondant également aux fortes pluies. Les espèces dominantes en matière de biomasse sont *Prorodon africanum*, *Coleps hirtus* et *Uronema nigricans*. Enfin, les fluctuations saisonnières de l'abondance et de la biomasse des ciliés sont discutées en relation avec les

paramètres environnementaux, parmi lesquels le régime pluvial tient apparemment un rôle central.

Mots clés : lacs tropicaux, protozoaires ciliés, dynamique des populations, hypereutrophe.

SUMMARY

The Municipal Lake of Yaoundé (3° 51' 37" N and 11° 30' 40" E) is a shallow water body ($Z_m = 4.3$ m), situated in downtown Yaoundé, the political capital of Cameroon (Central Africa). The composition and the spatio-temporal distribution of ciliates in combination with physical and chemical water variables were measured in this lake from April to December 1997. Sampling was carried out weekly, at 5 depths (surface, 0.5 m, 1 m, 1.5 m and 2.5 m) and at 3 pelagic stations, A, B and C, representing the upper, middle and the lower parts of the lake, using a Van Dorn sampling bottle. In the littoral station,

*Auteur pour correspondance :
Courriel : zebasehu@yahoo.fr /
szebaze@uycdc.uninet.cm

the periphytic fauna is collected by agitation of the vegetation in a bucket and filtration of water. The water temperature was measured with a thermometer and the pH was measured in the field with a portable pH-meter. The oxygen concentration was determined according to the Winkler method and the transparency of the water column was determined with a Secchi disk. Light availability was measured with a luxmeter. Water colour, suspended solids and ammonium-nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) were analyzed spectrophotometrically using APHA methods. Ciliate species were identified using appropriate and specific keys and were counted under a stereomicroscope at magnifications of 250X and 500X.

Results showed that the lake was hypereutrophic. Throughout the study, the temperature and pH values of the water remained around 25°C and 7, respectively. The dissolved oxygen concentration decreased with depth to almost zero at the lake bottom, while the Secchi disk transparency did not exceed 1 m. Spatio-temporal variations of these variables indicated that the middle zone (0.5 to 1.5 m) was the stratum with a critical role in the functioning of the lake. Indeed, it represented the transitional zone between the trophogenic upper layer where photosynthetic activity occurred and the bottom water layer, formed by the microaerophilic to anaerobic tropholitic layers where reducing processes were important.

Fifty-eight ciliate species, belonging to 10 orders and 28 families, were identified among which five (*Holophrya sp.*, *Lagynophrya rostrata*, *Lagynophrya simplex*, *Pseudoprorodon sp.* and *Histiculus sp.*) were new records for Cameroon fauna. This population contained 62% of littoral species and 37% of pelagic species respectively. Within these taxa, dominant species were *Uronema nigricans* (present at all pelagic stations) and *Coleps hirtus* (present at more than 97% of the pelagic stations). Their abundance was greater than 2,000 ind•L⁻¹ during the study period showing variation with many peaks. *Prorodon africanum* occurred sporadically between October and November when rainfall decreased and their densities reached 5,700 ind•L⁻¹ in November at 0.5 m depth at station A. After November, this species was replaced by *Prorodon sp.* Most of the species collected were cosmopolite or characteristic of shallow tropical water bodies.

The total abundance of the ciliate community was high reaching 21,800 ind•L⁻¹ at station A, at 0.5 m depth. According to several authors, the abundance of ciliates in such tropical water bodies varies from 3.6 to 9.75 x 10⁴ ind•L⁻¹. The highest abundances were observed at depths of 0.5 m to 1.5 m at all 3 stations, especially during the rainy season. This corroborated the importance and the role of this stratum in the functioning of Lake Yaoundé. The lowest abundance of ciliates was observed at station A, at the bottom (2.5 m depth). The total abundance of ciliates showed one or several peaks during the period from July to November. With respect to the

total biomass, the variation was more regular with generally one peak during the rainy season. At certain depths at stations B and C, several peaks were observed during the period of April to June and from September to November. The total biomass values obtained were higher than those reported by other authors. This can be explained by the fact that reported values in these latter studies were expressed as dry weight while values reported in this study were expressed as wet weight. With respect to biomass, the dominant species was *Prorodon africanum* (5,300 µg•L⁻¹), followed by *Coleps hirtus* (3,800 µg•L⁻¹) and *Uronema nigricans* (3,100 µg•L⁻¹). The highest biomass was 130 x 10⁵ µg•L⁻¹, and was observed at station A, at 0.5 m depth.

Generally large size ciliates were more abundant during the dry season whereas small size species were abundant during rainy season. *Chilodonella uncinata* and *Prorodon africanum* grew in surface layers (between the surface and 1 m depth) while *Paradileptus conicus* and *Uronema nigricans* preferred deep water (1 to 2.5 m depth). There was a great development of ciliates during the transitional period between the rainy and dry seasons. Moreover there was a close relationship between environmental parameters and the ciliate community. In fact, 2 to 3 physico-chemical predictors (dissolved oxygen, temperature and conductivity or pH) explained spatio-temporal distributions of different species. The variation of the total biomass in station A was explained by the dissolved oxygen concentration ($r^2 = 0.366$; $p < 0.001$) and by the pH ($r^2 = 0.274$; $p < 0.001$); at stations B and C, the variation was explained by ammonium-nitrogen ($r^2 = 0.178$ and $r^2 = 0.294$ for $p < 0.01$). The most important abiotic factor that influenced the density and biomass variation of ciliate communities of Lake Yaoundé was the precipitation rate. Throughout the study, station B was the most characteristic of the structure of the ciliate community of this lake.

Key words: ciliates, spatio-temporal abundance, tropical lake, hypereutrophic.

1. INTRODUCTION

Les protozoaires ciliés sont des éléments importants du nanoplancton et du microzooplancton. Ils représentent, en matière d'abondance et de biomasse, une composante non négligeable des écosystèmes aquatiques (PORTER *et al.*, 1985; LAIR *et al.*, 1998). PACE et ORCUTT (1981) montrent que les ciliés peuvent atteindre des densités de 10³ à 10⁴ ind•L⁻¹ et qu'ils peuvent représenter, dans certains milieux lacustres, jusqu'à 50 % de la biomasse totale de la communauté zooplanctonique. Ils sont, par ailleurs, d'excellents bioindicateurs de la pollution organique (FOISSNER, 1988; FOISSNER et BERGER, 1996) et peuvent être utilisés pour

l'épuration bactériologique des eaux polluées (NOLA *et al.*, 2003).

Ces microorganismes restent en général très peu étudiés en Afrique, notamment dans les écosystèmes d'eau douce où les travaux les plus marquants sont ceux effectués par DRAGESCO durant la décennie 1980 (cf. DRAGESCO et DRAGESCO-KERNEIS, 1986). Au Cameroun, quelques travaux ont été réalisés concernant particulièrement des aspects systématiques (DRAGESCO, 1970; DRAGESCO et NJINÉ, 1971; NJINÉ, 1977, 1978, 1979; FOTO MENBOHAN, 1989, 1997) et écologiques (FOTO MENBOHAN, 1989, 1997; FOTO MENBOHAN et NJINÉ, 1998; NJINÉ et FOTO MENBOHAN, 1998; NOLA *et al.*, 2003) des peuplements de ciliés aquatiques. Cependant, en dehors des travaux de NJINÉ (1977) sur les ciliés de mares temporaires à Yaoundé, aucune étude n'a été effectuée sur les ciliés des milieux aquatiques lenticules permanents en général et lacustres en particulier. On sait donc peu de choses sur les variations saisonnières des ciliés en zone tropicale en général et au Cameroun en particulier. Le présent travail a pour but d'étudier la composition et la distribution spatiale et saisonnière des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Site d'étude

Le Lac Municipal de Yaoundé se situe entre 3° 51' 37" N de latitude et 11° 30' 40" E de longitude. C'est un écosystème qui a été caractérisé comme hypereutrophe (ZÉBAZÉ TOGOUET, 2000; NIYITEGEKA, 2001; KEMKA *et al.*, 2003). Il s'agit d'un lac de barrage construit en 1951 sur le cours d'une rivière (le Mingoa) qui traverse le cœur de la ville de Yaoundé (Figure 1). Ses caractéristiques morphologiques et hydrologiques sont résumées dans le tableau 1. Ce lac héberge une communauté phytoplanctonique diversifiée et dominée par des cyanobactéries qui peuvent représenter jusqu'à 97 % de l'abondance totale (TADONLÉKÉ *et al.*, 1998). Ce peuplement se remanie en permanence, ce qui caractérise bien les milieux hypereutrophes où aucun stade d'équilibre n'est atteint (KEMKA *et al.*, 2004). L'herbier du lac, c'est-à-dire la zone littorale où on observe un développement de la végétation macrophytique, est dominé par des espèces telles que : *Ipomea aquatica*, *Cyclosus striatus*, *Pistia stratiotes*, *Leersia hexandra*, *Commelina benghalensis*, *Impatiense invirgii* et *Nymphaea alba* (KEMKA *et al.*, 2004).

Le climat local, dit Yaoundéen (SUCHEL, 1972), est un climat de type tropical chaud et humide, avec une atténuation des précipitations due à l'altitude. Ce climat est en effet caractérisé par une pluviométrie modérée d'environ 1 576 mm/

an et par quatre saisons dont deux saisons de pluies (une petite saison de mi-mars à juin et une grande saison de mi-août à mi-novembre) et deux saisons sèches (une petite saison de juillet à mi-août et une grande saison de mi-novembre à mi-mars) de durée variable. Les mois de décembre, janvier et février sont des mois sub-arides alors que septembre et octobre sont des mois de fortes pluviosités (Figure 2).

2.2 Échantillonnage

Les échantillons ont été prélevés toutes les semaines d'avril à décembre 1997, dans la zone pélagique du lac et au niveau de la zone littorale (herbier). Dans la zone pélagique, trois stations (A, B et C) ont été échantillonnées. La station A est située dans la partie amont du lac, la station B dans sa partie centrale et la station C au niveau de la partie aval. À chaque station, les échantillons ont été prélevés à la surface (0 m) et à 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m et 2,5 m de profondeur. L'échantillonnage en zone pélagique a été effectué à l'aide d'une bouteille fermante de type Van Dorn, opaque et d'une contenance de 6 L. Douze litres d'eau ont été prélevés chaque fois et concentrés à travers un tamis de 34 µm d'ouverture de maille, jusqu'à obtention de 10 mL d'échantillon ramenés au laboratoire pour les comptages. La station D, située dans l'herbier (zone littorale), a été échantillonnée à l'aide d'un récipient de verre, après agitation des macrophytes pour une étude qualitative des ciliés. À cet effet, différents sous-échantillons de 50 mL ont été prélevés et mélangés. Après homogénéisation, 500 mL sont ramenés au laboratoire dans une enceinte isotherme en même temps que les 10 mL précédents et examinés dans les 2 à 3 heures suivantes.

2.3 Variables abiotiques

La température, la lumière incidente, la transparence de l'eau et le pH ont été mesurés *in situ*, respectivement au moyen d'un thermomètre à mercure, d'un luxmètre, d'un disque de Secchi (diamètre = 30 cm) et d'un pH-mètre Shott C.G. 818. L'oxygène dissous a été mesuré par la méthode dite de Winkler (MACKERETH *et al.*, 1978). La couleur de l'eau, les matières en suspension (MES) et l'azote ammoniacal ont été mesurés par spectrophotométrie (Spectrophotomètre Hach DR/2000) selon les méthodes APHA (1985).

2.4 Variables biotiques

Pour l'étude qualitative, les déterminations de ciliés ont été effectuées sur le vivant, à l'aide de clés d'identification préconisées dans les ouvrages de KAHL (1932), DRAGESCO ET NJINÉ, (1971) et DRAGESCO et DRAGESCO-KERNEIS (1986). Concernant l'étude quantitative, les dénombrements ont été effectués dans des boîtes de pétri, sur des échantillons frais et à l'aide d'une loupe binoculaire WILD M5 aux grossissements 250x et 500x. Des sous-échantillons de 1 mL prélevés après

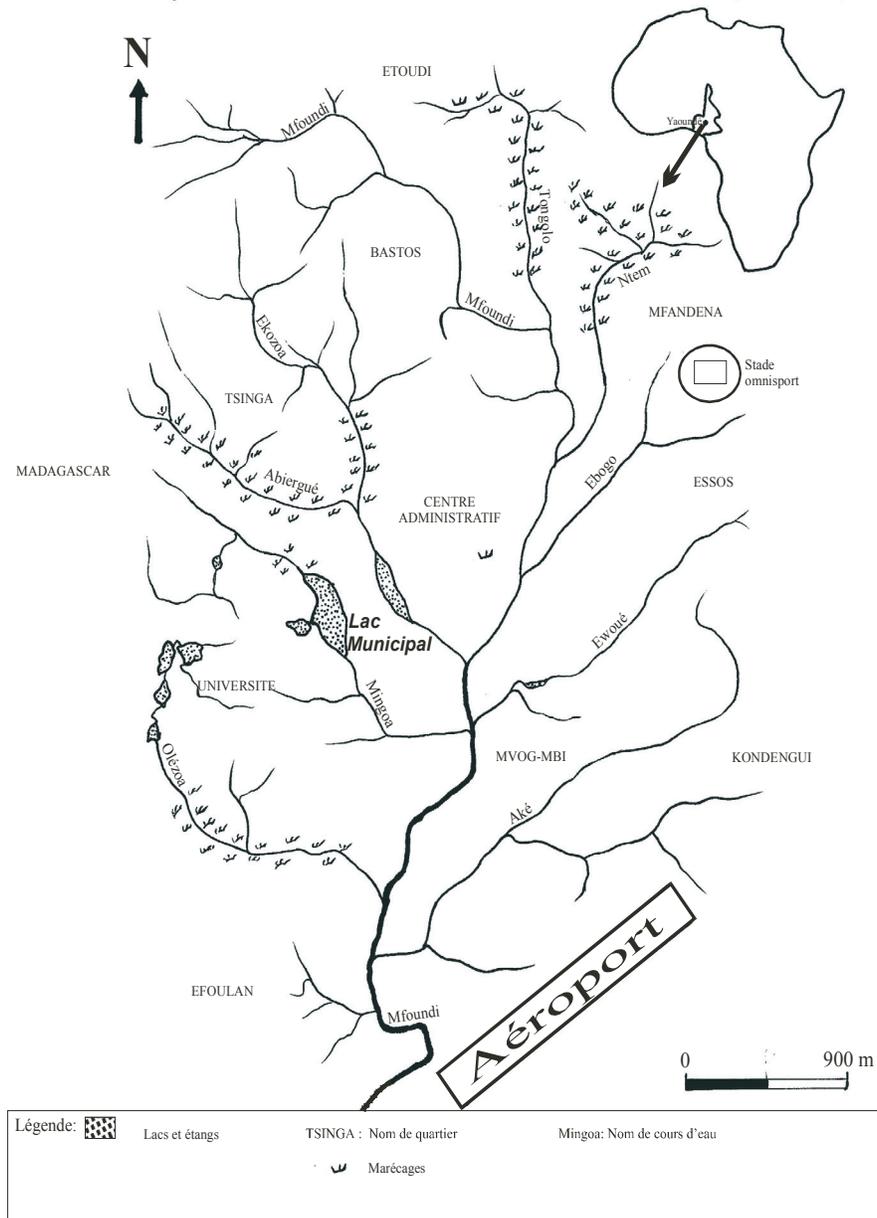


Figure 1 Situation du Lac Municipal dans la ville de Yaoundé.
Location of Municipal Lake of Yaoundé.

Tableau 1 Caractéristiques morphologiques et hydrologiques du Lac Municipal de Yaoundé.

Table 1 *Morphologic and hydrologic characteristics of municipal Lake Yaoundé.*

Caractéristiques	Valeurs
Altitude (m)	710,8
Surface totale (m ²)	7,95 x 10 ⁴
Surface zone ouverte (m ²)	6,5 x 10 ⁴
Surface zone couverte par les macrophytes (m ²)	1,45 x 10 ⁴
Volume total (m ³)	1,9 x 10 ⁵
Longueur totale (m)	576,5
Largeur maximale (m)	267,5
Profondeur maximale Z _m (m)	4,3
Profondeur moyenne Z (m)	2,38

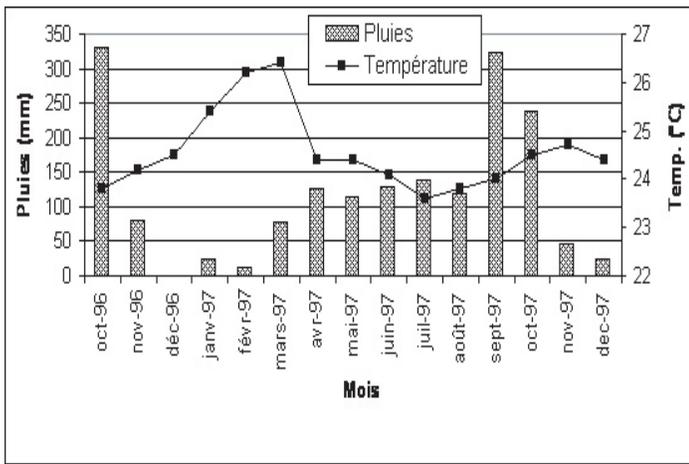


Figure 2 Variation de la pluviométrie et de la température de Yaoundé pendant la période d'étude.
Variation of temperature and rainfall in Yaoundé during the study period.

homogénéisation ont été utilisés et les individus dénombrés ont été successivement retirés de la partie aliquote à l'aide d'une micropipette (LEGENDRE et WATT, 1972). Pour minimiser les erreurs (FRONTIER, 1972), les comptages sont effectués en triplicat et au moins 100 individus sont comptés chaque fois. En cas d'encombrement pour certains échantillons, des dilutions (1/2, 1/4, 1/5...) ont été réalisées et lorsque le nombre de 100 individus n'était pas atteint, des fractions supplémentaires ont été analysées jusqu'à l'épuisement des 10 mL de l'échantillon. SIME-NGANDO *et al.* (1990) montrent l'efficacité et l'importance des dénombrements de ciliés sur le vivant, alors que FRONTIER (1972) arrive à la conclusion suivant laquelle en comptant 100 individus d'un échantillon, on fait une erreur acceptable en écologie des peuplements. En outre, la fixation déforme certains ciliés,

rendant l'identification parfois impossible. Les abondances obtenues ont été ensuite rapportées au litre.

La biomasse (poids frais) des ciliés a été estimée de façon indirecte par la méthode des biovolumes (SIME-NGANDO *et al.*, 1990) et a été utilisée pour les analyses de corrélation (r de Spearman) et de régression multiples (FRY et ILES, 1993). L'indice de similarité de Sorensen a été calculé entre les stations échantillonnées.

3. RÉSULTATS

3.1 Environnement physico-chimique

Au cours de l'étude, la température de la colonne a peu varié, avec une amplitude de $\pm 2,5$ °C. Il en est de même des valeurs du pH qui ont fluctué de $\pm 0,5$ autour de 7. Cela n'est pas le cas pour la pénétration de la lumière qui est rapidement atténuée par les eaux du lac, avec un abattement de plus de 40 000 lux dès 0,5 m de profondeur. La lumière incidente maximale est obtenue au cours du mois d'avril (Tableau 2).

Les MES sont nettement plus élevées en profondeur qu'en surface, ce qui explique sans doute les variations verticales de la couleur des eaux du lac. De manière générale, les eaux du Lac Municipal de Yaoundé sont colorées et chargées en MES. Par ailleurs, pendant les mois sub-arides, le lac reçoit moins de MES. La profondeur de disparition du disque de Secchi est restée en dessous de 1 m au cours de l'étude, au niveau des trois stations pélagiques. Elle atteint son niveau le plus bas en janvier 1997. Les concentrations en oxygène dissous

Tableau 2 Moyennes et écart-types des variables physico-chimiques des eaux du Lac Municipal de Yaoundé pendant la période d'étude.
Table 2 Mean values of the physico-chemical water variables measured in Municipal Lake of Yaoundé during the study period.

	A					B					C				
	Surface	0,5 m	1 m	1,5 m	2,5 m	Surface	0,5 m	1 m	1,5 m	2,5 m	Surface	0,5 m	1 m	1,5 m	2,5 m
Température (°C)	26±1,7	25,3±1,7	25,1±1,7	24,8±1,6	24,2±1,5	24,7±1,7	24,7±1,7	24,6±1,6	24,4±1,6	23,9±1,6	25,5±1,8	25,1±1,7	25±1,7	24,8±1,6	24±1,5
pH (UC)	7,4±0,6	7,2±0,5	6,9±0,4	6,8±0,4	6,6±0,3	6,9±0,4	6,9±0,6	6,7±0,5	6,6±0,5	6,5±0,4	7,3±0,7	7,1±0,5	6,9±0,5	6,7±0,4	6,6±0,3
Lum. Inc. (lux)	51419±267	7041±63	1065±12	197±25	7±4	55253±26	7006±63	944±14	160±14	10±6	51867±191	6666±45	1113±11	261±23	44±16
MES (mg·L ⁻¹)	19,6±8,5	25,2±12,1	22,6±7,7	29,1±13,8	62,3±33,4	19±8,7	23,4±8,7	22,8±9,1	28,9±14,1	57,4±30,3	18,8±9	25±11,7	23,8±11,4	29±15,3	56,7±30,6
Couleur (UPLCo)	39,6±24,8	42±27,5	39,2±26,1	62,1±44	268,5±229	29,1±26,3	41,3±28,4	39,8±26	50,3±36	239,7±171	38,1±26	4,1±26,2	41,7±24,2	70,4±6,14	243,9±185
O. dis. (% sat)	127,6±42,8	94,3±45,7	53,3±31,6	29±27,2	11±7,7	93,3±29,1	73,2±26,7	53,6±23,1	26,4±21,9	4,8±4,1	114±37,3	92,6±39,6	61,9±37	31,7±29,3	8,5±6,3
N am. (mg·L ⁻¹ ·NH ₄ ⁺)	3,4±0,8	3,4±0,8	3,7±0,8	5,1±1,8	9,4±2,8	3,1±0,8	3,2±0,8	3,3±0,8	4,1±1,2	8,5±2,8	3±0,9	3,1±0,9	3,3±0,9	4,1±1,4	8,8±3
Transp. Sécchi (cm)			67,3±17					65,4±15					70,3±17,2		

Lum. Inc. = lumière incidente; O. dis = Oxygène dissous; N. am = Azote ammoniacal; Transp. Sécchi = Transparence au disque de Sécchi

baissent graduellement avec la profondeur. En effet, les valeurs sont comprises entre 4,1 et 18,3 mg•L⁻¹ (correspondant respectivement à 47 % et 235 % de saturation) en surface alors que des conditions plutôt anoxiques prévalent dans les couches inférieures du lac, notamment à partir de 2,5 m de profondeur. Les teneurs en azote ammoniacal sont plus élevées dans les eaux profondes qu'en surface. Les plus fortes valeurs sont enregistrées en septembre et en décembre (Tableau 2).

3.2 Composition spécifique

Cinquante huit (58) espèces de ciliés appartenant à 10 ordres et à 28 familles différentes ont été identifiées au cours de cette étude (Tableau 3); sept de ces espèces rares n'ont pu être clairement déterminées. Parmi les 58 espèces, 62 % sont littorales et périphtiques alors que 37 % seulement sont pélagiques. *Uronema nigricans* a été observé dans tous les échantillons des stations pélagiques et *Coleps hirtus* dans 97 % de ces échantillons. Ces deux espèces sont les espèces les plus fréquentes du Lac Municipal de Yaoundé. *Spirostomum ambigum* n'est présent que dans la zone littorale alors que sept espèces n'apparaissent pas dans cette zone littorale. Il s'agit de *Lagynophrya rostrata*, *L. simplex*, *Enchelyodon camerounensis*, *Spathidium sp.*, *Coniculostomum sp.*, *Histiculus sp.* et *Stylonychia sp.* En matière de biomasse, les ciliés dominants sont *Prorodon africanum* qui atteint en poids frais 5 260 µg•L⁻¹ et *Coleps hirtus* dont le maximum se situe à 3 800 µg•L⁻¹. *Uronema nigricans* arrive en troisième position avec une biomasse maximale de 3 100 µg•L⁻¹.

Les valeurs de l'indice de similarité calculées entre les différentes stations sont présentées dans le Tableau 4. Ce tableau indique une forte similarité entre les peuplements des ciliés des stations A et B, d'une part, et des stations B et C, d'autre part. Par ailleurs, la zone littorale présente les plus faibles indices de similarités avec les autres stations. On observe en outre une différence significative entre cette zone et la station C.

3.3 Importance quantitative et variations saisonnières

On observe des variations saisonnières plus ou moins marquées de la densité totale des ciliés pendant la période d'étude, au niveau des trois stations pélagiques (Figure 3). Ces fluctuations sont généralement plus marquées en profondeur (entre 1 et 2,5 m) qu'en surface (0 et 0,5 m) où les valeurs maximales apparaissent en septembre-octobre, lorsque les pluies sont importantes. La densité la plus importante, 21 800 ind•L⁻¹ a en effet été enregistrée à 0,5 m de profondeur à la station A, le 14 octobre 1997. De façon globale, les abondances des ciliés pélagiques, dominées par *Uronema nigricans* et *Coleps hirtus* (densités toujours supérieures à 2 000 ind•L⁻¹), sont plus importantes entre 0,5 m et 1,5 m de profondeur dans toutes les stations, particulièrement pendant les saisons de pluies. Elles sont plus faibles à la station A à 2,5 m de profondeur. *Coleps*

hirtus présente des effectifs d'une relative constance pendant toute la période d'étude à la station A, alors qu'aux stations B et C, on observe une augmentation graduelle de la densité avec les pluies. *Uronema nigricans* présente un effectif important à la station B entre août et novembre pendant les fortes pluies. *Prorodon africanum* n'apparaît que de façon très sporadique entre septembre et novembre lorsque les pluies déclinent. Dans l'espace (de la station A à la station C) et dans le temps (de avril à décembre), on assiste à un remplacement de cette espèce par *Prorodon sp.* En matière de biomasse (en poids frais), les variations de la biomasse totale des ciliés sont relativement plus faibles que celles de l'abondance totale, avec cependant une concentration des valeurs les plus élevées plutôt en fin d'année comme pour les abondances (Figure 4). Comme pour les abondances, la biomasse la plus importante a été observée à la station A à 0,5 m de profondeur (130 mg•L⁻¹).

D'un point de vue statistique, l'analyse par régression multiple montre que les principales variables prédictives des variations de la biomasse totale des ciliés sont l'oxygène dissous ($r^2 = 0,366$; $p < 0,001$) et le pH ($r^2 = 0,274$; $p < 0,001$). Concernant les espèces les plus caractéristiques, en dehors de la pluviométrie, l'oxygène dissous, la température et la conductivité interviennent significativement dans la distribution de *Uronema nigricans* ($r^2 = 0,206$; $p < 0,01$), de *Vorticella campanula* ($r^2 = 0,108$; $p < 0,05$) et de *Pleurotricha lanceolata* ($r^2 = 0,105$; $p < 0,05$). Par ailleurs, l'oxygène dissous et le pH expliquent 41 % de la variance associée à la distribution de *Coleps hirtus* ($r^2 = 0,450$ et $0,346$ respectivement; $p < 0,001$), alors que la température et la charge particulaire sont significativement liées aux variations de *Disematostoma gyrans* ($r^2 = 0,144$ et $r^2 = 0,121$; $p < 0,01$) et de *Paradileptus conicus* ($r^2 = 0,305$ et $r^2 = 0,181$; $p < 0,001$). La conductivité et la température semblent également jouer un rôle significatif dans les variations saisonnières de la biomasse de l'espèce *Tetrahymena pyriformis* ($r^2 = 0,403$ et $r^2 = 0,193$; $p < 0,01$).

Aux stations B et C, la distribution de la biomasse totale est expliquée surtout par l'ion ammonium avec des valeurs relativement faibles de r^2 ($r^2 = 0,178$ et $r^2 = 0,294$ pour $p < 0,01$). En outre, les variations de différentes espèces sont chaque fois le fait d'une seule variable prédictive pour une faible valeur de r^2 ($r^2 < 0,3$ et $p < 0,01$). Par ailleurs, *Prorodon africanum* et *Uronema nigricans* à la station B d'une part, puis *Coleps hirtus* et *Uronema nigricans* à la station C d'autre part, ont des distributions des biomasses expliquées par trois prédicteurs (azote ammoniacal, oxygène dissous et gaz carbonique)

4. DISCUSSION

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux du Lac Municipal de Yaoundé sont typiques de celles de petits lacs tropicaux peu profonds, comme le lac Georges en Ouganda

Tableau 3 Liste taxonomique des ciliés et fréquences d'apparition des différentes espèces.
Table 3 Taxonomic list of the ciliate species and their frequencies.

Classe	Ordres	Familles	Espèces	Fréquences en %				
				Stations			Herbier***	
				A	B	C		
Kinetofragminophora De Puytorac et al., 1974	Prostomatida Schewiakoff, 1896	Holophryidae	** 1. <i>Holophrya</i> sp. ** 2. <i>Lagynophrya rostrata</i> (Kahl, 1927) ** 3. <i>Lagynophrya simplex</i> (Kahl, 1927)	40 2,8 28	51,4 2,8 0	28,6 2,8 2,8	54,3 0 0	
		Prorodontidae	* 4. <i>Prorodon africanum</i> (Dragesco, 1970) * 5. <i>Prorodon nucleatus</i> (Penard, 1938) * 6. <i>Prorodon ovalis</i> (Dragesco, 1970) * 7. <i>Prorodon</i> sp. ** 8. <i>Pseudoprorodon</i> sp.	67,5 48,6 94,3 51,4 8,5	74,3 71,4 94,3 60 37,1	54,3 34,3 91,4 51,4 17,1	34,3 5,7 42,8 42,8 17,1	
		Colepidae	* 9. <i>Coleps hirtus</i> (Nitzsch, 1817)	97,1	100	100	82,8	
		Enchelyidae	10. <i>Enchelyodon ccamerounensis</i> (Dragesco, 1965) 11. <i>Lacrymaria</i> sp.	2,8 5,7	2,8 11,4	0 2,8	0 2,8	
		Spathidiidae	12. <i>Spathidium mucicola</i> (Kahl, 1930) * 13. <i>Spathidium</i> sp.	51,4 2,8	62,8 5,7	34,3 8,6	14,3 0	
		Tracheliidae	14. <i>Dileptus marouensis</i> (Dragesco, 1963) 15. <i>Dileptus visscheri</i> (Dragesco, 1963) 16. <i>Paradileptus conicus</i> (Wenrich, 1929) 17. <i>Trachelium ovum</i> (Ehrenberg, 1831)	0 0 31,4 0	0 2,8 45,7 11,4	0 2,8 25,7 0	5,7 2,8 28,6 2,8	
		Didinidae	18. <i>Didinium nasutum</i> (OF. Müller, 1786) 19. <i>Monodinium</i> sp.	77,1 22,8	85,7 34,3	80 14,3	28,6 34,3	
	Pleurostomatidae Schewiakoff, 1896	Amphileptidae	20. <i>Amphileptus quadrinucleatus</i> (Dragesco et Njiné, 1971) 21. <i>Litonotus anguila</i> (Kahl, 1930) 22. <i>Loxophyllum verrucosum</i> (Stokes, 1883)	2,8 5,7 0	0 17,1 2,8	0 11,4 0	11,4 14,3 2,8	
	Karyorelictida Corliss, 1974	Loxodidae	23. <i>Loxodes Kabli</i> (Dragesco et Njiné, 1971) 24. <i>Loxodes rex</i> (Dragesco, 1970)	48,6 0	65,7 5,7	40 2,8	77,1 11,4	
	Colpodida De Puytorac et al., 1974	Colpodidae	* 25. <i>Colpoda</i> sp.	5,7	17,1	8,5	2,8	
		Bursariidae	26. <i>Bursaria truncatella</i> (OF. Müller, 1776)	45,7	57,1	22,8	62,8	
		Chilodonellidae	27. <i>Chilodonella minuta</i> (Dragesco, 1960) * 28. <i>Chilodonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838)	11,4 31,4	20 51,4	22,8 54,3	5,7 25,7	
	Oligohymenophora De Puytorac et al., 1974	Hymenostomatida Delage et Herouard, 1896	Tetrahymemidae	* 29. <i>Tetrahymena pyriformis</i> (Ehrenberg, 1830)	5,7	11,4	8,5	5,7
			Parameciidae	30. <i>Paramecium africanum</i> (Dragesco, 1970) * 31. <i>Paramecium aurelia</i> (Ehrenberg, 1838) 32. <i>Paramecium caudatum</i> (Ehrenberg, 1838) 33. <i>Paramecium jankowskii</i> (Dragesco, 1972) 34. <i>Paramecium pseudotrichium</i> (Dragesco, 1970)	11,4 11,4 0 2,8 8,5	25,7 17,4 5,7 8,5 17,4	8,5 5,7 0 5,7 0	11,4 2,8 11,4 5,7 2,8
Frontoniidae			* 35. <i>Disematostoma gyrans</i> (Dragesco, 1972) * 36. <i>Frontonia atra</i> (Ehrenberg, 1833) 37. <i>Frontonia leucas</i> (Ehrenberg, 1838) 38. <i>Frontonia vesiculosa</i> (Da Cunha, 1914)	57,1 8,6 2,8 5,7	37,1 11,4 2,8 11,4	37,1 5,7 2,8 42,8	31,4 2,8 5,7 65,7	
Urocentridae			39. <i>Urocentron turbo</i> (OF. Müller, 1786)	54,3	80	42,8	60	
Neobursariidae			40. <i>Neobursaridium gigas</i> (Balech, 1941)	2,8	0	0	37,1	
Lembadionidae			41. <i>Lembadion lucens</i> (Maskel, 1887) 42. <i>Lembadion magnum</i> (Stokes, 1887)	2,8 0	2,8 2,8	0 0	5,7 5,7	
Scuticociliatida Small, 1967			Uronematidae	* 43. <i>Uronema acutum</i> (Von Buddenbruck, 1920) * 44. <i>Uronema nigricans</i> (OF. Müller, 1786)	11,4 100	8,5 100	5,7 100	8,5 22,8
Peritricha Stein, 1859		Vorticellidae	45. <i>Vorticella campanula</i> (Ehrenberg, 1831) 46. <i>Vorticella</i> sp.	54,3 31,4	74,3 37,1	65,7 17,1	62,8 65,7	
Polyhymenophora Jankowski, 1967	Heterotrichida Stein, 1859	Spirostomidae	47. <i>Spirostomum ambigum</i> (Ehrenberg, 1838)	0	0	0	28,6	
		Metopidae	48. <i>Metopus</i> sp.	11,4	5,7	2,8	5,7	
		Stentoridae	49. <i>Stentor multinucleatus</i> (Dragesco, 1970)	11,4	2,8	2,8	65,7	
		Caenomorphidae	50. <i>Caenomorpha medusula</i> (Perty, 1852)	0	0	0	2,8	
	Oligotrichida Bütschli, 1887	Strombididae	* 51. <i>Strombidium gyrans</i> (Stokes, 1887)	85,7	88,6	74,3	25,7	
	Hypotrichida Stein, 1859	Holostichidae	52. <i>Coniculostomum</i> sp.	2,8	0	0	0	
		Oxytrichidae	** 53. <i>Histiculus</i> sp. 54. <i>Oxytricha</i> sp. * 55. <i>Pleurotricha lanceolata</i> (Ehrenberg, 1838) 56. <i>Stylonychia</i> sp.	2,8 37,1 40 11,4	0 17,1 60 8,5	5,7 2,8 34,3 5,7	0 22,8 37,1 0	
Euplotidae		57. <i>Euplotes amieti</i> (Dragesco, 1970) 58. <i>Euplotes patella</i> (OF. Müller, 1838)	11,4 37,1	14,3 34,3	2,8 11,4	37,1 85,7		

N.B. : * espèces pélagiques, ** espèces récoltées au Cameroun pour la première fois; ***Herbier = Zone littorale

Tableau 4 Matrice des indices de similarité entre les différentes stations échantillonnées.**Table 4** Matrix of similarity indexes between the different study stations in the lake.

Station	A	B	C	D (herbier)
A	-	68,2 %	61,4 %	53,2 %
B			68 %	54,3 %
C				49 %

(VINER, 1969) et les lacs Oguta (NWADIARO, 1987) et OPA (AKINBUWA et ADENIYI, 1996) du Nigeria. Ces lacs se caractérisent par la faible variation de la température des eaux et une absence de gradient thermique vertical (Lewis, 1987). Ce sont plutôt des variations verticales des paramètres tels que l'intensité lumineuse, les teneurs en oxygène dissous ou en éléments nutritifs qui, généralement, définissent la variabilité verticale saisonnière dans ces lacs (KLEIN, 1959; ALMAZAN et BOYD, 1978). Dans le cadre de cette étude, ces variations indiquent que la zone 0,5 - 1,5m

(zone trophogène) constitue une strate importante dans le fonctionnement du Lac Municipal de Yaoundé, ce qui rejoint les conclusions de TADONLÉKÉ *et al.* (1998) et de KEMKA *et al.* (2003). Cette strate constitue, vraisemblablement, la zone où s'effectue l'essentiel de la photosynthèse, alors que dans la couche tropholytique micro-aérophile à anaérobie profonde (à partir de 2,5 m de profondeur), l'oxydation respiratoire et les processus réducteurs sont sans doute prépondérants, comme le suggèrent les concentrations en ammonium qui sont plus élevées dans les zones profondes du lac (Tableau 2).

Le nombre d'espèces de ciliés identifiés (58 espèces) semble relativement faible pour un lac hypereutrophe, ce qui rejoint les conclusions de DRAGESCO (1973) qui relevait déjà la faible diversité spécifique des communautés de ciliés dans les milieux aquatiques tropicaux. Ce nombre est pourtant supérieur aux 28 espèces mises en évidence par GOMES et GODINHO (2003) dans un lac similaire (le lac Monte Alegre) situé au Brésil, au cours d'une étude annuelle. Cela peut s'expliquer par le fait que le lac Monte Alegre offre, par sa plus faible profondeur, moins de microhabitats pour le développement

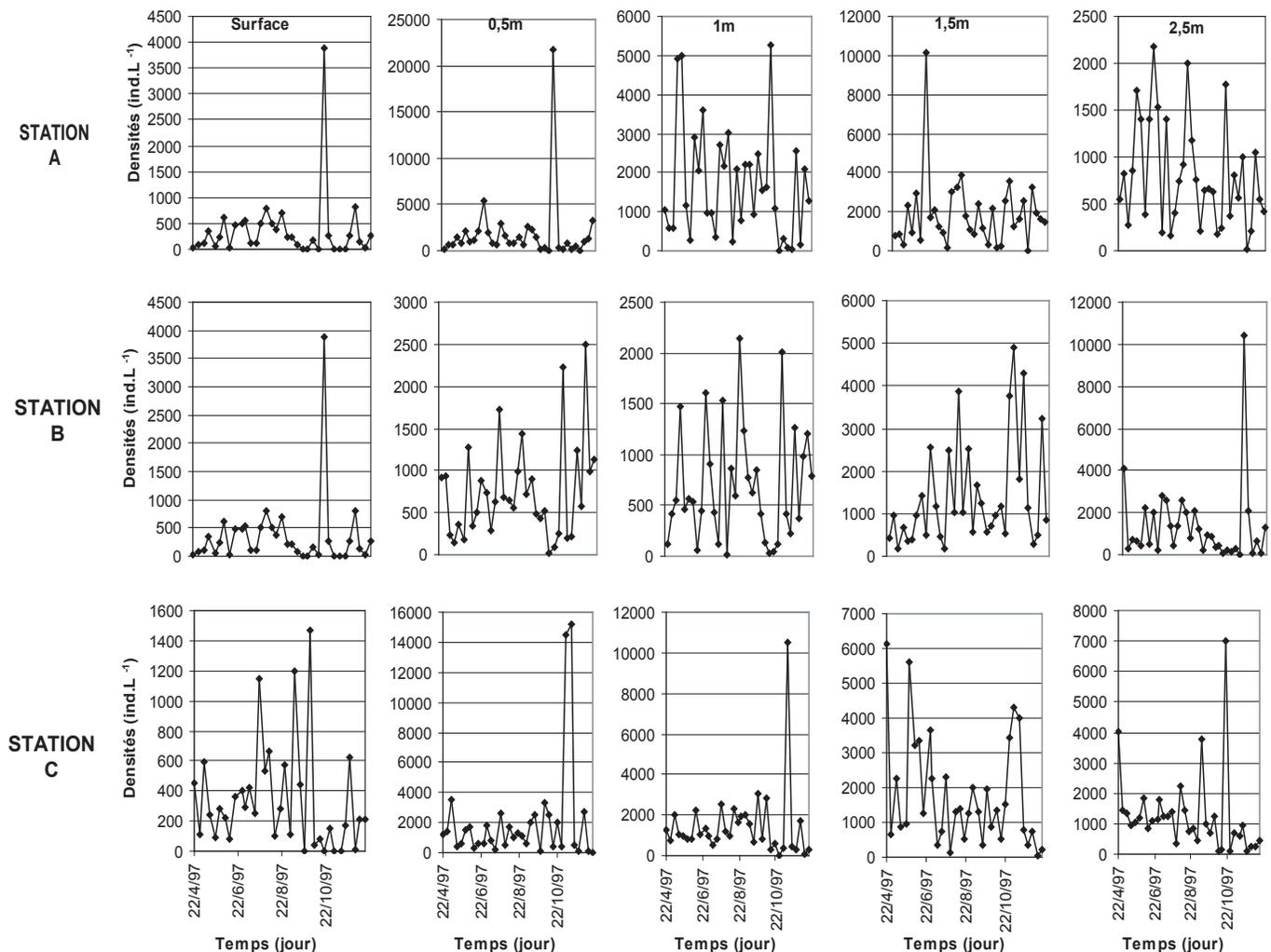


Figure 3 Variations saisonnières des abondances des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé pendant la période d'étude.
Seasonal variation of ciliate abundances in Municipal Lake of Yaoundé during the study period.

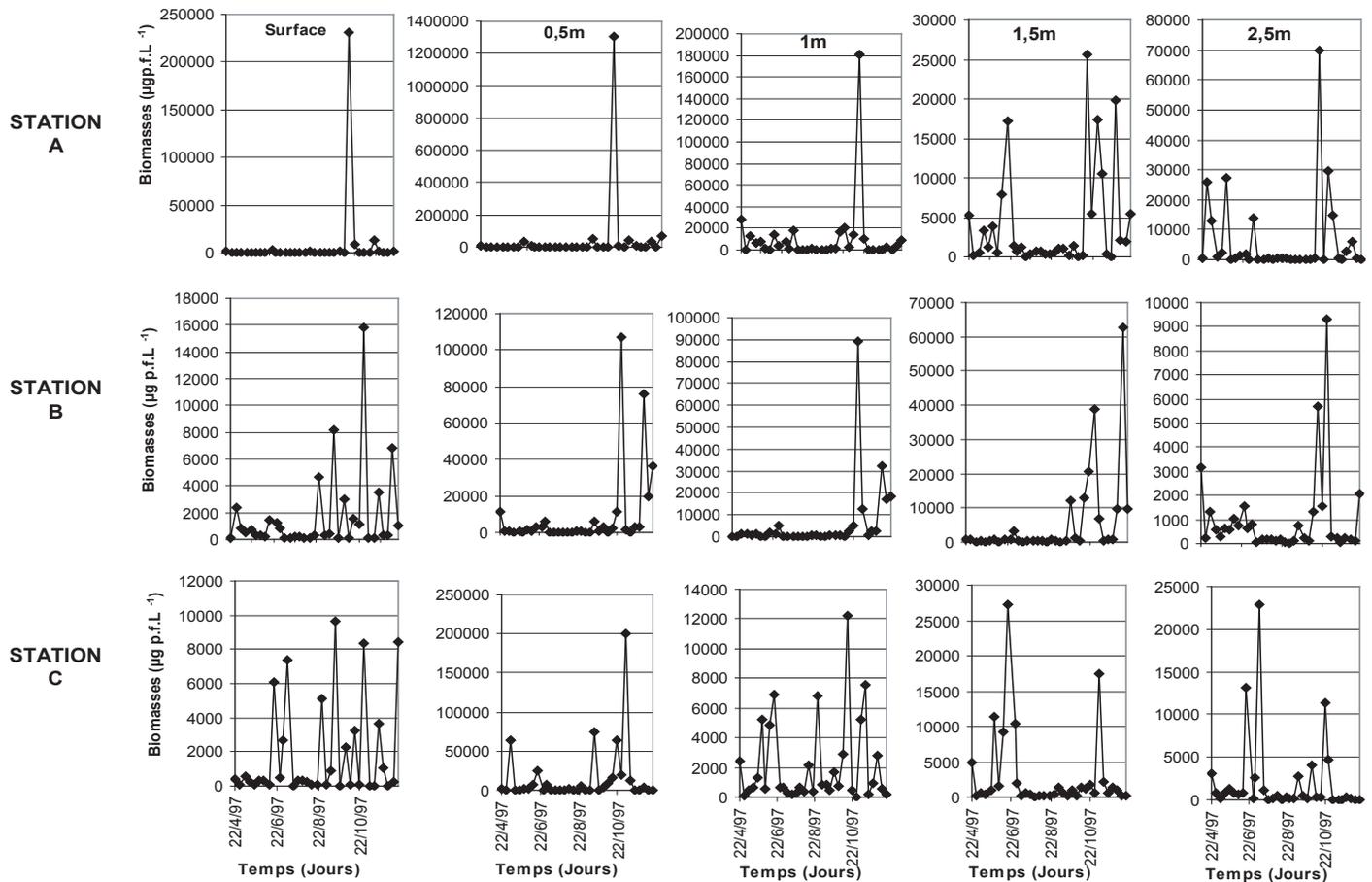


Figure 4 Variations saisonnières de la biomasse des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé pendant la période d'étude en poids frais.
Seasonal variation of ciliate wet weight biomass in Municipal Lake of Yaoundé during the study period.

des ciliés que le Lac Municipal de Yaoundé. La ressemblance entre le peuplement cilié du Lac Municipal de Yaoundé et celui rapporté dans des milieux lotiques du Cameroun (FOTO MENBOHAN, 1989; FOTO MENBOHAN et NJINÉ, 1998), suggère une distribution cosmopolite des espèces rapportées au cours de cette étude. Par ailleurs, plus de 60 % des espèces que nous avons identifiées se développent essentiellement dans la zone littorale du lac et sont, pour la plupart, des espèces périphytiques. Cela corrobore les études de GREEN (1995) et de LOUGHEED et CHOW-FRASER (1996) sur la richesse spécifique des zones littorales lacustres. La zone pélagique du Lac Municipal de Yaoundé est moins riche en espèces, avec une structure de peuplement qui reste dominée par trois, voire quatre ou cinq espèces.

Au cours de cette étude, la densité totale des ciliés a fluctué de 0 à $2,1 \times 10^4$ ind \cdot L $^{-1}$, ce qui correspond aux chiffres rapportés dans d'autres lacs tropicaux de même taille. Par exemple, GOMES et GODINHO (2003) ont dénombré de $3,6$ à $3,89 \times 10^3$ ind \cdot L $^{-1}$ de ciliés à la surface et de $7,11$ à $9,75 \times 10^4$ ind \cdot L $^{-1}$ de ciliés au fond du lac Monte Alegre; ce qui correspond bien à la moyenne de 10^3 à 10^4 relevée par PACE et

ORCUTT (1981). Cependant, plus d'études sont nécessaires dans des petits lacs tropicaux, afin de permettre une comparaison plus pertinente. D'un point de vue temporel, les variations de la densité et des biomasses des ciliés du Lac Municipal présentent généralement les plus fortes valeurs au cours de la grande saison des pluies. Ces observations rejoignent celles de NJINÉ (1977) dans différents types de mares au Cameroun. Pendant les pluies, on assiste à un apport important de matière organique dans le milieu (TADONLÉKÉ *et al.*, 1998), ce qui a sans doute pour conséquence d'accroître le potentiel de croissance des ciliés. BEAVER *et al.* (1988) ont montré un développement important des ciliés dans les lacs oligotrophes et eutrophes dont les eaux sont bien mélangées. NOGES et KISAND (2004) ont également montré que la resuspension des sédiments liée à l'action du vent et les variations du niveau d'eau sont des variables pouvant influencer significativement les densités du bactérioplancton et du protozooplancton. Cela expliquerait, sans doute, les corrélations que nous avons pu mettre en évidence entre les ciliés et l'oxygène dissous et les MES. Les pluies engendrent, par ailleurs, une dilution de certains facteurs physico-chimiques. ZÉBAZÉ TOGOUET (2000) arrive à la conclusion suivant laquelle, pendant la saison

sèche, les ciliés de grande taille sont les plus abondants alors que ceux de petite taille le sont en saison pluvieuse. C'est sans doute pourquoi des espèces comme *Coleps hirtus*, *Uronema nigricans* et *Prorodon ovalis* sont plus abondantes en septembre.

La forte variabilité saisonnière du nombre de ciliés au cours de cette étude implique que de nombreux autres facteurs que la pluie et les ressources, comme la prédation, affectent le peuplement ciliés étudiés (BEAVER *et al.*, 1988; SANDERS et LEWIS, 1988; SIME-NGANDO, 1991; PINEL-ALLOUL *et al.*, 1995; KECKEIS *et al.*, 2003). De plus, le peuplement cilié du Lac Municipal de Yaoundé reflète probablement la qualité des eaux de ce lac (CAIRN, 1978; FOISSNER, 1988; BACK, 1985; DRAGESCO et DRAGESCO-KERNEIS, 1986; NJINÉ et FOTO MENBOHAN, 1998, BONECKER *et al.*, 1997, 1998). Ainsi, des espèces comme *Coleps hirtus*, *Didinium nasutum*, *Frontonia atra*, *Prorodon africanum*, *P. ovalis*, *Strombidium gyrans*, *Uronema nigricans* et *U. acutum* sont connues comme étant caractéristiques des milieux aquatiques hypereutrophes.

5. CONCLUSION

Ce travail nous permet d'affirmer que la communauté des ciliés du Lac Municipal de Yaoundé est relativement peu diversifiée et constituée d'espèces caractéristiques des milieux aquatiques hypereutrophes. Ces peuplements ciliés sont majoritairement composés d'espèces littorales et périphtiques. On observe une forte variabilité spatio-temporelle, en relation avec les facteurs de l'environnement parmi lesquels le régime pluvial jouerait un rôle important.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement le personnel du Laboratoire de Biologie Générale de la Faculté des Sciences (Université de Yaoundé I) pour le soutien logistique et l'IRD-Cameroun pour le transport hebdomadaire sur le terrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKINBUWA O. et I.F. ADENIYI, 1991. The Rotifera fauna of OPA reservoir, Ile-Ile, Nigeria. *J. Afr. Zool.*, 105, 383-391.
- ALMAZAN G. et C.E. BOYD, 1978. An evaluation of Secchi disk visibility for estimating plankton density in fishponds. *Hydrobiol.*, 61, 205-208.
- APHA (American Public Health Association), 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th edition, APHA, Washington D.C., 1134 p.
- BACK A.W., 1985. Studies on ciliates protozoa in eutrophic lakes. 1. Seasonal distribution in relation to thermal stratification and hypolimnetic anoxia. *Hydrobiol.*, 124, 167-176.
- BEAVER J. R., CRISMAN T. L. et R. W. BIERNERT, 1988. Distribution of planktonic ciliates in highly coloured subtropical lakes: comparison with clearwater ciliate communities and the contribution of myxotrophic taxa to total autotrophic biomass. *Freshwater Biol.*, 20, 51-60.
- BONECKER C.C, LANSAC-TOHA F.A. et L.M. BINI, 1998. Composition of Zooplankton in different environments of the Matagrosso pantanal, Matagrosso, Brazil. Anais de VIII seminário regional de Ecologia, III: 1123-1135.
- BONECKER C.C., COSTA BONECKER S.L., BOZELLI R.L., LANSAC-TOHA F.A. et L.F. MACHADO VELHO, 1997. Limnological characterization of Marola lake, a pond in the middle Doce Valley River, Belo Oriente, State of Minas Gerais, Brazil. *Bras. Arquiv. Biol. Technol.*, 40, 817-827.
- CAIRNS J.J., 1978. Zooperiphyton (especially Protozoa) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Microscop. Soc.*, 97, 43-49.
- DRAGESCO J., 1970. Ciliés libres du Cameroun. *Ann. Fac. Sci. Cameroun*, 141 p.
- DRAGESCO J., 1973. Quelques données écologiques sur les ciliés libre de l'Afrique. *Amer. Zoologist*, 13, 231-232.
- DRAGESCO J. et T. NJINÉ, 1971. Complément à la connaissance des ciliés libres du Cameroun. *Ann. Fac. Sci. Cameroun*, 7/8, 79-140.
- DRAGESCO J. et A. DRAGESCO-KERNEIS, 1986. Ciliés libres de l'Afrique intertropicale : Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés. ORSTOM (éditeur), Faune Tropicale XXVI, Paris, 559 p.
- FOISSNER W., 1988. Taxonomie and nomenclatural revision of Sladeczek's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. *Hydrobiol.*, 166, 1-64.
- FOISSNER W. et H. BERGER, 1996. A user-friendly guide to the Ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologist bioindicators in rivers, lake and wastewaters,

- with notes on their ecology. *Freshwater Biol.*, 35, 375-482.
- FOTO MENBOHAN S., 1989. Étude de la qualité de la pollution de deux cours d'eau à Yaoundé : l'Abiergue et le Mfoundi : Étude physico-chimique et Biologique. Thèse de doctorat 3^e cycle, Université de Yaoundé, Cameroun, 142 p.
- FOTO MENBOHAN S., 1997. La population de deux cours d'eau urbain au Cameroun, l'Abiergue et le Mfoundi : Aspect physico-chimique. *Cam. J. Bioch. Sci.*, VII, 1-13.
- FOTO MENBOHAN S. et T. NJINÉ, 1998. Distribution et dynamique des populations des ciliés dans deux cours d'eaux urbains : l'Abiergue et le Mfoundi à Yaoundé. *Ann. Fac. Sci, Univ. Yaoundé I, Série Sci. Nat. vie*, 34, 269-279.
- FRONTIER S., 1972. Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 8, 121-132.
- FRY J.C. et T.C. ILES, 1993. Biological data analyses: Practical approach, Fry J.C. (éditeur), The Practical approach Ser., 417 p.
- GREEN J., 1995. Association of planktonic and periphytic rotifers in a Malaysian estuary and two nearby ponds: EJS MOUNT-KARABIN J. ET PONTIN R. M. (éditeurs), Rotifera symposium VII, K.A.P., *Hydrobiol.*, 314/314, 47-56.
- GOMES E.A.T. et J.L.M. GODHINO, 2003. Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Oecol.*, 24, 153-161.
- JANKOWSKI A.W., 1967. A new system of ciliate Protozoa (Ciliophora). *Akad. Nauk. SSSR, Zool. Inst.*, Leningrad, 43, 3-54.
- KAHL A., 1930. Urtiere oder Protozoa I. Wimpertiere Oder Ciliate (Infusoria). DAHL F. (éditeur), Die Tierwelt Deutschlands, Fisher G. Jena. 886 p.
- KECKEIS S.S., BARANYI C., HEIN T., HOLAREK C., RIEDLER P. et F. SCHRENIER, 2003. The signification of zooplankton grazing in a floodplain system of the river. *J. Plankton Res.*, 25, 243-253.
- KEMKA N., NJINÉ T., ZÉBAZÉ TOGOUET S.H., NIYITEGEKA D., MONKIÉDJE A., FOTO MENBOHAN S. et P. COMPÈRE, 2003. Quantitative importance of cyanobacteria populations in a shallow lake in the subequatorial African region (Yaoundé Municipal Lake, Cameroon). *Archiv. Hydrobiol.*, 156, 495-510.
- KEMKA N., NJINÉ T., ZÉBAZÉ TOGOUET S.H., NIYITEGEKA D., NOLA M., MONKIÉDJE A., DEMANOU J. et S. FOTO MENBOHAN, 2004. Phytoplankton du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun) : succession écologique et structure des peuplements. *Rev. Sci. Eau*, 17, 301-316.
- KLEIN L., 1959. River pollution: Chemical analysis. London, Butterworths, 206 p.
- KISAND V. et T. NOGES, 2004. Abiotic and biotic factors regulating dynamics of bacterioplankton in a large shallow lake. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 50, 51-62.
- LAIR M., REYES-MARCHANT et V. JACQUET, 1998. Développement du phytoplancton, des ciliés et des rotifères sur deux sites de la Loire moyenne (France) en période d'étiage. *Ann. Limnol.*, 34, 35-48.
- LEGENDRE L. et W.D. WATT, 1972. On a rapid technique for plankton enumeration. *Annl. Int. Oceanogr.*, XLVII, 173-177.
- LEWIS W.J., 1987. Tropical limnology. *Ann. Rev. Ecol. Sys.*, 18, 150-161.
- LOUGHEED V.L. et P. CHOW-FRASER, 1998. Factors that regulate the zooplankton communities structure of a turbid hypereutrophic great lakes wetland. *Can. J Fish. Aquat. Sci.*, 55, 150-161.
- MACKERETH F. T., HERON J. et J.F. TALLING, 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshwater Biol. Ass.*, Windermere, England, UK, 36, 120 p.
- NJINÉ T., 1977. Contribution à la connaissance des Ciliés libres du Cameroun, écologie- cytologie : Étude écologique. *Annl. Stat. Besse-en-Chandesse*, 11, 1-55.
- NJINÉ T., 1978. Contribution à l'étude des ciliés libres du Cameroun : Écologie –Cytologie. Thèse de Doctorat d'État, Fac. Sci., Université de Clermont Ferrand II, 201 p.
- NJINÉ T., 1979. Complément à l'étude des ciliés libres du Cameroun, *Protist.*, 15, 341-354.
- NJINÉ T. et S. FOTO MEMBOHAN, 1998. Influence de la pollution organique sur la diversité des peuplements de ciliés de deux cours d'eaux urbain en Cameroun. *Ann. Fac. Sci., Univ. Yaoundé I, Ser. Sci. Nat. Vie*, 34, 281-294.

- NIYITEGEKA D., 2001. Bioindicateurs et pathogènes bactériens des eaux du Mingoa et du Lac Municipal de Yaoundé : Conditions du milieu, structure des peuplements, répartition spatiale et fluctuations temporelles. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université de Yaoundé I, 178 p.
- NOLA M., NJINÉ T., FOTO S.M., KEMKA N., ZÉBAZÉ S.H., NGUEDJI J.B.T. et T.B. BOUETOU, 2003. Utilisation des protozoaires ciliés (*Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum*, *Neobursaridium gigas*) pour l'épuration bactériologique des eaux polluées en microcosme. *Tropicult.* 21, 73-78.
- NWADIARO C.S., 1978. Depth variation in the chemistry of Oguta Lake in southern Nigeria. *Hydrobiol. Bull.*, 21, 133-140.
- PACE M.L. et J.D. ORCUTT, 1981. The relative importance of Protozoan, rotifers and crustaceans in a freshwater zooplankton community. *Limnol. Oceanogr.*, 26, 822-830.
- PINEL-ALLOUL B., NIYONSENGA T. et P. LEGENDRE, 1995. Spatial and environmental components of freshwater zooplankton structure. *Ecosyst. Sci.*, 2, 1-19.
- PORTER K.G., SHERR E.B., SHERR B.F., PACE M. et R.V. SANDERS, 1985. Protozoa in planktonic food webs. *J. Protozool.*, 32, 409-415.
- PUYTORAC P. DE, BATISSE A., BOHATIER J., CORLISS J.O., DEROUX G., DIDIER P., DRAGESCO J., FRYD-VERSAREL G., GRAIN J., GROLIÈRE C.A., HOVASSE R., IFTODE F., LAVAL M., ROQUE M., SAVOIE A. et M. TUFFRAU, 1974. Proposition d'une classification du phylum *Ciliophora doflein*, 1901. *CR Acad. Sci.*, Paris, 278, 2799-2802.
- SAUNDERS III J.F. et W.T. LEWIS, 1988. Composition and seasonality of the zooplankton community of lake Valencia, Venezuela. *J. Plankton Res.*, 10, 957-985.
- SIME-NGANDO T., 1991. Contribution à l'étude des protozoaires ciliés planctoniques de différents lacs : variabilités spatio-temporelles saisonnières et nyctémérales en relation avec les ressources microbiennes du milieu. Thèse de Doctorat, Université Blaise-Pascal, Clermont Ferrand II, 462 p.
- SIME-NGANDO T., HARTMANN H.J. et C.A. GROLIÈRE, 1990. Rapid quantification of planktonic ciliates: comparison of improved live counting with other methods. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 2234-2242.
- SUCHEL B., 1972. Les climats du Cameroun. Thèse de Doctorat d'État Université de Bordeaux III, 1186 p.
- TADONLÉKÉ D.R., JUGNIA L.B., SIME-NGANDO T., ZÉBAZÉ S. et M. NOLA, 1998. Short-term vertical distribution of phytoplankton population in a shallow tropical lake (Lake Municipal, Yaounde, Cameroon). *Arch. Hydrobiol.*, 143, 469-485.
- VINER A.B., 1969. The chemistry of the waters of Lake George, Uganda. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 17, 289-296.
- ZÉBAZÉ TOGOUET S.H., 2000. Biodiversité et dynamique des populations du zooplancton (Ciliés, Rotifères, Cladocères et Copépodes) au Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun). Thèse de doctorat 3^e cycle, Université de Yaoundé I, 180 p.