

Utilisation des protozoaires ciliés (*Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum*, *Neobursaridium gigas*) pour l'épuration bactériologique des eaux polluées en microcosme

M. Nola^{1,*}, T. Njiné¹, S.M. Foto¹, N. Kemka¹, S.H. Zébazé¹, J.B.T. Nguedji¹ & T.B. Bouetou²

Keywords: Aquatic medium- Ciliated protozoa- Bacteria- Grazing- Time of contact

Résumé

Les essais de broutage des protozoaires ciliés *Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum* et *Neobursaridium gigas* sur les bactéries *Escherichia coli* et *Staphylococcus sp.* ont été réalisés en milieu aquatique en microcosme. Ces essais ont visé à évaluer le rôle de ces protozoaires prédateurs dans la purification bactériologique des eaux polluées. Il a été noté que l'évolution de la cinétique de broutage de ces protozoaires montre une phase d'adaptation du prédateur à la proie, avec une vitesse de broutage décélérée, et une phase d'accélération du taux de consommation, les 2 phases étant séparées par une courte période de reconnaissance de la proie. Les fonctions polynomiales de la cinétique de prédation montrent que *C. uncinatum* et *P. africanum* consomment *E. coli* plus vite qu'ils ne consomment *Staphylococcus sp.* Par contre, *N. gigas* broute plus vite sur *E. coli* que sur *Staphylococcus*. Le temps de contact entre le protozoaire cilié et la bactérie, l'espèce de protozoaire prédateur et l'espèce de bactérie présente, sont à considérer simultanément dans l'évaluation des fluctuations de la concentration des bactéries dans un milieu aquatique en épuration.

Summary

An Microcosm Use of Ciliate Protozoa (*Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum*, *Neobursaridium gigas*) for Bacterial Purification of Polluted Water

Tests on the grazing of ciliated protozoa *Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum* and *Neobursaridium gigas* on the bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus sp.* were carried out in an microcosm aquatic environment. These tests aimed at assessment of the role of these predators protozoa in the bacterial purification of polluted water. The evolution of the feeding kinetics of these protozoa shows a phase of adaptation of the predator to the prey, with a slow feeding rate and a phase of accelerate of feeding. The two phases are separated by a short period of recognition. The polynomial functions of the kinetics of predation show that *C. uncinatum* and *P. africanum* graze faster on *E. coli* than on *Staphylococcus sp.*, meanwhile *N. gigas* feeds slowly on *E. coli* than on *Staphylococcus sp.* The time of contact between the ciliated protozoa and the bacteria, the predatory protozoa specie and the specie of the bacteria, should be considered simultaneously when evaluating the variation of bacterial concentrations in aquatic environment being purified.

Introduction

Les réseaux trophiques dans les milieux aquatiques impliquent des groupes d'organismes qui diffèrent entre eux par leurs tailles et par leurs rôles. Ces organismes comprennent la classe des picoplanctons composée essentiellement de bactéries et de taille variant de 0.2 à 2 µm, la classe des nanoplanctons regroupant entre autres les diatomées et certains protozoaires ciliés et flagellés, de taille variant de 2 à 20 µm, et la classe des microzooplanctons dont la taille des individus varie de 20 à 200 µm (23). La forte corrélation observée en milieu lacustre dans l'évolution des effectifs des bactéries et du zooplancton (4, 17) suggérerait l'utilisation par le zooplancton, des bactéries comme ressource nutritionnelle. Plusieurs travaux sur la boucle microbienne dans divers types de milieux aquatiques montrent que le rôle de chaque

compartiment est assez-bien défini (10, 14, 18). Selon le modèle conceptuel de flux de carbone entre producteur, métazoaire et microorganisme (20), la plupart des régulations se déroulent par prédation. Le peuplement des protozoaires prédateurs est parfois structuré par une prédation directe ou indirecte par les crustacés zooplanctoniques (22), cette ingestion étant d'autant plus lente que les protozoaires sont de grande taille ou adhèrent aux particules solides (26). La consommation des microorganismes bactériens par les protozoaires ciliés conduit à la réduction de la concentration microbienne dans le milieu. Elle peut être utilisée dans la dépollution bactérienne des eaux de surface. Le broutage des protozoaires sur les bactéries cause un changement dans la taille de la struc-

¹ Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biologie Générale, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

² Université de Yaoundé 1, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Laboratoire de Mathématiques et d'Analyse des Systèmes, B.P. 8390, Yaoundé, Cameroun.

* Toute correspondance à M. Nola (E-Mail: mnola@uycdc.uninet.cm).

Reçu le 05.06.02. et accepté pour publication le 08.01.03.

ture de ces dernières, favorisant le développement de longs filaments (13).

Plusieurs approches mathématiques décrivant le flux de nutriments en milieu aquatique montrent que ce flux est fonction de plusieurs variables telles la vitesse de déplacement de la proie et du prédateur, la capacité stomacale du prédateur et sa vitesse d'ingestion, le temps de génération de la proie et du prédateur, la visibilité du prédateur et son aptitude à attraper la proie, la possibilité de survie et les risques de mortalité du prédateur et de la proie, entre autres (8, 18, 21).

Si le circuit global de la boucle microbienne est assez bien défini, l'importance quantitative et fonctionnelle par espèce biologique est cependant encore peu connue. Peu de données sont disponibles sur la spécificité ou la préférence régulationnelle de population par prédation, entre les espèces de protozoaires ciliés et les genres ou les espèces bactériennes. Cette prédation spécifique aboutit à l'épuration bactériologique des eaux polluées. Le présent travail préliminaire vise à évaluer le broutage (prédation) de 3 micro zooplanctons (*Paramecium africanum*, *Colpidium uncinatum* et *Neobursaridium gigas*) sur *Escherichia coli* et *Staphylococcus* sp., 2 picoplanctons respectivement témoin de contamination fécale et témoin de contamination cutanée en milieu aquatique.

Matériel et méthodes

1- Isolement et identification des protozoaires ciliés

Plusieurs campagnes d'étude ont été effectuées au cours du mois de novembre et décembre 2000 sur les eaux du lac municipal de Yaoundé au Cameroun. Yaoundé est situé à 3° 52' de latitude nord et 11° 32' de longitude est, à une altitude moyenne de 759 m. Le lac municipal est un petit lac eutrophe (15). Au cours des campagnes d'étude effectuées, les protozoaires ciliés ont été récoltés et isolés sous une loupe binoculaire Wild M5. Ces protozoaires ont ensuite été mis en cultures monospécifiques dans des boîtes de Pétri contenant chacune, un grain de riz et 10 ml d'une eau minérale de composition suivante (en mg/l): HCO_3^- , 128; Cl^- , 2,1; SO_4^{2-} , 1; NO_3^- , 4,1; Ca, 16,1; Mg, 10,2; K^+ , 5,2; Na^+ , 12,7. Ils ont été imprégnés au carbonate d'argent ammoniacal suivant la technique de Galiano (6) et identifiés à l'aide des clés de Galiano & Ruiz (7), et de Dragesco & Dragesco-Kerneis (3).

2- Isolement et identification des bactéries

Au cours de chacune des campagnes effectuées, un échantillon d'eau du lac a aussi été prélevé dans des flacons en verre stériles de 500 ml et transportés au laboratoire en enceinte réfrigérée. Une partie de cet échantillon a servi aux analyses bactériologiques. Ces analyses ont été faites par la méthode des membranes filtrantes (5). Les milieux de culture Endo et Chapman ont été utilisés pour l'isolement, respectivement de *Escherichia coli* et de *Staphylococcus* sp. (16). L'identification de *E. coli* et de *Staphylococcus* sp. s'est faite suivant des critères biochimiques usuels (16). Les cultures pures de chacune de ces 2 bactéries ont ensuite été faites sur gélose nutritive non sélective (16).

3- Préparation de la suspension bactérienne pour le broutage

Une autre partie de l'échantillon d'eau prélevée dans les flacons en verre stériles de 500 ml, est filtrée d'abord sur membrane Whatman, puis sur membrane en ester de cellulose de porosité 0,45 μm , et enfin sur membrane millipore stérile, Millex-GS (Millipore Product Division, Bedford, MA 01730) de porosité 0,22 μm . Cette eau triplement filtrée est recueillie dans une fiole stérile.

Les colonies issues de la culture pure de *E. coli* et de *Staphylococcus* sp. sont ensuite diluées dans 100 ml d'eau ainsi filtrée. L'eau du lac est utilisée dans le souci de maintenir l'environnement chimique aussi proche possible de l'état naturel. Dix ml de cette eau filtrée sont introduits dans plusieurs séries de 3 tubes stériles (A, B, C).

Pour chaque expérience avec un protozoaire cilié précis, on procède de la manière suivante: les bactéries contenues dans le tube A sont tuées à l'instant t_0 à l'aide d'une solution de formaldéhyde 4%, stérilisée par filtration sous membrane de porosité 0,22 μm . Leur dénombrement à l'épifluorescence permet de connaître la concentration des bactéries à l'instant t_0 . Le tube B contient les bactéries vivantes, mais sans protozoaire cilié. Aux bactéries contenues dans le tube C, on ajoute 20 protozoaires ciliés désengorgés 1 à 2 heures auparavant dans l'eau minérale. La quantité de bactéries consommées par le protozoaire est à chaque instant, évaluée par la différence du nombre de bactéries entre le tube B et le tube C.

Les tubes B et C sont incubés à la température du laboratoire (22-24 °C). Les temps d'incubation sont des multiples de 3, et cela pour 24 heures. On dispose ainsi de 8 tubes B (t_{3h} , t_{6h} , t_{9h} , t_{12h} , t_{15h} , t_{18h} , t_{21h} et t_{24h}) et de 8 tubes C (t_{3h} , t_{6h} , t_{9h} , t_{12h} , t_{15h} , t_{18h} , t_{21h} et t_{24h}). Au bout de chaque temps d'incubation, les organismes dans les 2 tubes B et C sont fixés au formaldéhyde 4%. Les dénombrements des microorganismes bactériens dans le tube A et dans les tubes B et C après incubation et fixation sont réalisés par la technique de l'épifluorescence (9), en utilisant une solution d'acridine orange stérilisée par filtration sur membrane 0,20 μm . Les dénombrements sont faits sur une trentaine de champs microscopiques choisis au hasard.

4- Calcul de l'abondance cellulaire et du taux de broutage

Connaissant la surface de la portion filtrante de la membrane et la surface du champ microscopique, le nombre N de cellules bactériennes par ml d'échantillon est calculé par la formule proposée par Sime- Ngando (24):

$$N = n/c \times S/s \times D/v$$

avec N= nombre moyen de cellules par ml;

n= nombre total de cellules dénombrées;

c= nombre de champs microscopiques considérés;

S= surface de portion filtrante de la membrane;

s= surface du champ microscopique;

D= facteur de dilution;
v= volume en ml de la suspension filtrée.

Le taux M de broutage par cilié est calculé par la formule:

$$M = (N_1 - N_2) / 20t$$

avec M= taux de broutage par cilié et par heure;
N₁= nombre de bactéries dans le tube B;
N₂= nombre de bactéries dans le tube C contenant les ciliés;
t= temps d'incubation (heures).

Résultats et discussion

L'évolution de la cinétique de broutage de *P. africanum* et de *C. uncinatum* sur les bactéries *E. coli* et *Staphylococcus* présente 3 phases plus ou moins distinctes. Les taux de broutage diminuent pendant les 5 premières heures dès que la proie et le prédateur sont mis en contact (Figures 1-2). Cette première période de prédation s'apparente à une phase d'adaptation du prédateur à la proie, cette adaptation étant accomplie entre 7 et 15 heures pour *P. africanum* et au bout de 10 heures pour *C. uncinatum*. L'accomplissement de cette adaptation, matérialisée par la concavité des courbes d'évolution des taux de prédation (Figures 1-2), correspond à la 2^{ème} phase. La 3^{ème} phase correspond à une accélération de la vitesse de broutage, les taux de consommation atteignant en général leurs maxima au bout de 24 heures. L'adaptation et la reconnaissance de *E. coli* et *Staphylococcus* par *N. gigas* sont relativement plus rapides par rapport aux 2 autres protozoaires

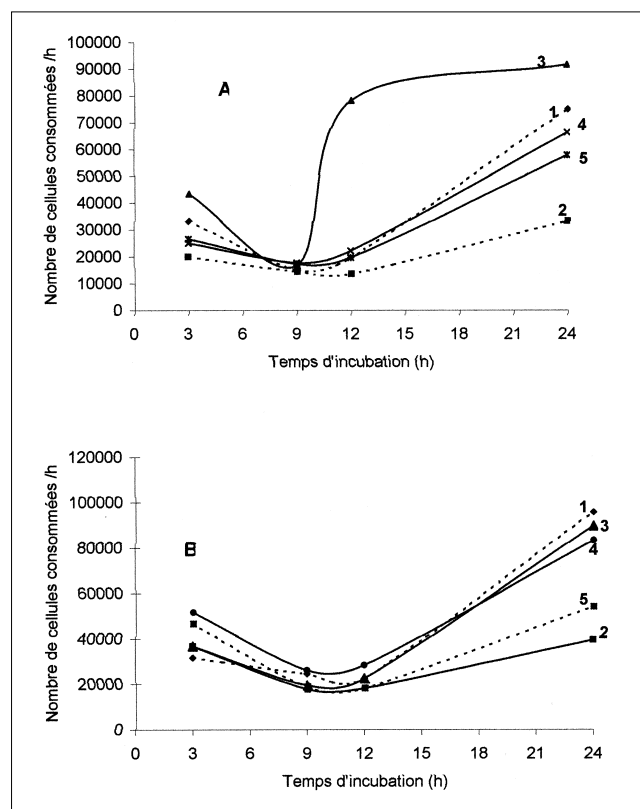


Figure 1: Variations du taux de broutage de *C. uncinatum* sur *E. coli* (A) et sur *Staphylococcus* sp. (B) (les chiffres sur les courbes indiquent les numéros des expériences).

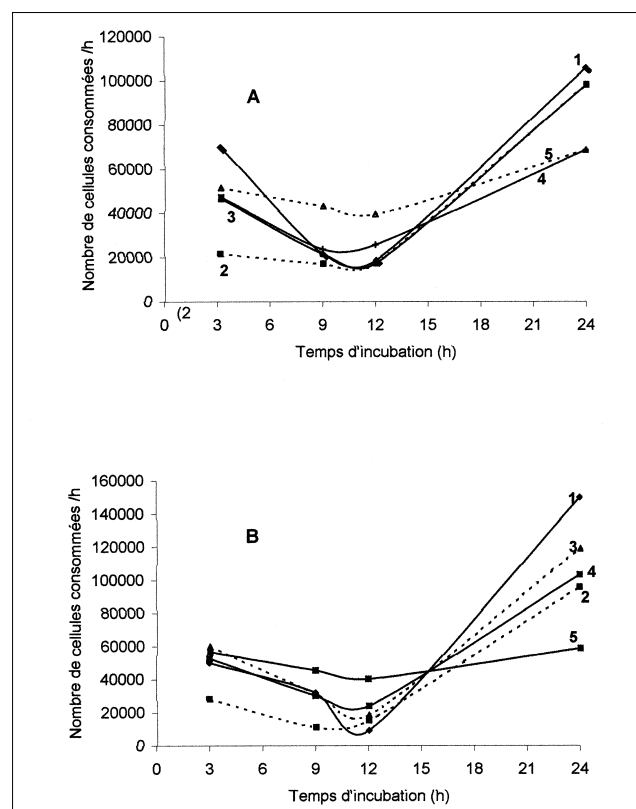


Figure 2: Variations du taux de broutage de *P. africanum* sur *E. coli* (A) et sur *Staphylococcus* sp. (B) (les chiffres sur les courbes indiquent les numéros des expériences).

(Figure 3). Cette relative rapidité de la reconnaissance de la proie s'accompagne d'une faible variation du taux de broutage durant cette phase, les amplitudes de variation fluctuant de 1×10^4 à 3×10^4 bactéries.heure⁻¹. Ces amplitudes de variation atteignent par contre 4×10^4 bactéries.heure⁻¹ pour *C. uncinatum* (Figure 1).

Les taux moyens calculés, de broutage sur *E. coli* ont varié de $2,38 \times 10^4$ à $6,88 \times 10^4$ cellules.heure⁻¹ pour *P. africanum*, de $1,73 \times 10^4$ à $5,78 \times 10^4$ cellules.heure⁻¹ pour *C. uncinatum* et de 4×10^4 à 10×10^4 cellules.heure⁻¹ pour *N. gigas*. Les taux moyens horaires de *Staphylococcus* consommés ont varié de $2,41 \times 10^4$ à $10,33 \times 10^4$ cellules pour *P. africanum*, de $2,14 \times 10^4$ à $7,25 \times 10^4$ cellules pour *C. uncinatum* et de $3,6 \times 10^4$ à $10,14 \times 10^4$ cellules pour *N. gigas*.

Les différences entre les évolutions des taux de broutage (Figures 1-3) seraient liées aux différents états physiques relatifs de chaque prédateur au moment de l'expérience. Les pourcentages de variance liées à la régression sont relativement faibles pour *P. africanum* et *C. uncinatum*, et sont relativement élevés pour *N. gigas* (Tableau 1). Un nombre réduit de paramètres influencerait le broutage de *N. gigas* sur *E. coli* et *Staphylococcus* sp.

Par interpolations des données expérimentales par les méthodes numériques, les fonctions polynomiales (P(t)) décrivant la cinétique de prédation de chaque bactérie par rapport au temps de contact entre la proie et le prédateur, ont été obtenues (Tableau 2). Il en res-

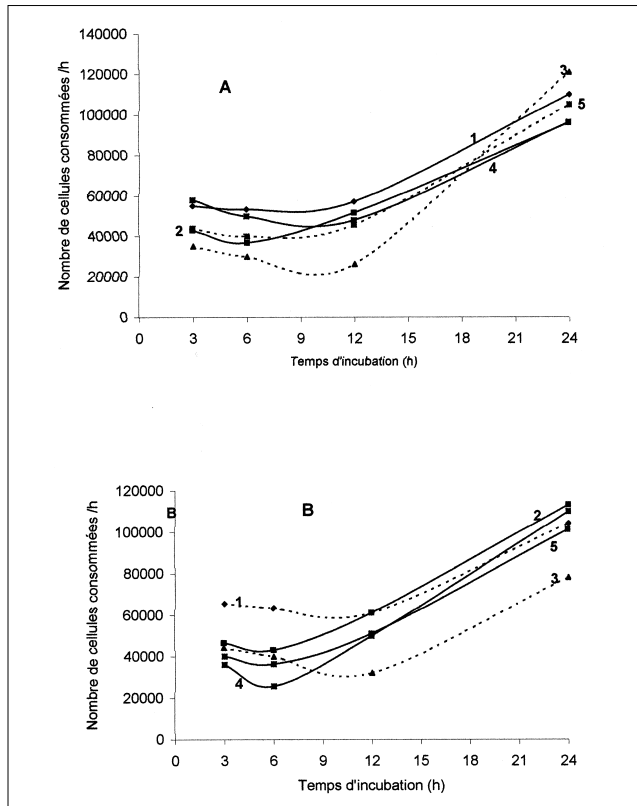


Figure 3: Variations du taux de broutage de *N. gigas* sur *E. coli* (A) et sur *Staphylococcus* sp. (B) (les chiffres sur les courbes indiquent les numéros des expériences).

Tableau 1
Pourcentages de variance dus à la régression, pour chaque proie et chaque prédateur

	<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus</i> sp.
<i>P. africanum</i>	15,16	30,09
<i>C. uncinatum</i>	30,75	36,25
<i>N. gigas</i>	83,29	83,86

sort que la cinétique de broutage du protozoaire sur la bactérie est fortement influencée par le temps de contact. En comparant les coefficients de 3^{ème} degré dans les fonctions P(t) de prédation, on note que *P. africanum* consomme *Staphylococcus* sp. plus vite que *E. coli*, et que *N. gigas* consomme plutôt *E. coli*

Tableau 2
Expression de la cinétique de broutage en fonction du temps, du protozoaire cilié prédateur sur la bactérie (proie)

Protozoaires prédateurs	Proies bactériennes	Fonctions P(t) de la cinétique de prédation
<i>C. uncinatum</i>	<i>Staphylococcus</i> sp. <i>E. coli</i>	P(t)= -5t ³ + 508t ² - 8688t + k ₁ P(t)= -5t ³ + 367t ² - 5423t + k ₂
<i>P. africanum</i>	<i>Staphylococcus</i> sp. <i>E. coli</i>	P(t)= 19t ³ - 278t ² - 2612t + k ₃ P(t)= -15t ³ + 877t ² - 12699t + k ₄
<i>N. gigas</i>	<i>Staphylococcus</i> sp. <i>E. coli</i>	P(t)= 97t ² + 708t + k ₅ P(t)= 222t ² - 3042t + k ₆

plus vite que *Staphylococcus* sp. (Tableau 2). On relève aussi que *C. uncinatum* broute rapidement *Staphylococcus* sp. par rapport à *E. coli*. Les différences entre les fonctions polynomiales, d'abord d'une bactérie à l'autre pour un même protozoaire prédateur, puis d'un protozoaire à l'autre pour une même bactérie, montrent qu'en milieu aquatique contenant l'une des 3 espèces de protozoaires ciliés prédateurs, le devenir de la bactérie est lié entre autres à la bactérie et au protozoaire, mis en cause.

Dans les fonctions P(t) de prédation, la constante k dépendrait de plusieurs facteurs tels la concentration et la diversité des proies et des prédateurs présents, l'état de la santé physique du prédateur et de son aptitude à attraper la proie, les caractéristiques physico-chimiques du milieu, entre autres. Des études antérieures ont noté en milieu aquatique une influence de la température dans le phénomène de broutage des protozoaires sur les bactéries (2). Aux températures inférieures à 21 °C, la vitesse d'ingestion de *E. coli* par les protozoaires ciliés était supérieure à celle d'ingestion de *Enterococcus faecalis*. Aux températures supérieures à 21 °C, la vitesse d'ingestion de *E. faecalis* devient supérieure à celle d'ingestion de *E. coli*, les variations des biomasses bactériennes du biotope étant très positivement liées aux variations des biomasses des protozoaires (2).

Une fonction polynomiale F(x₁, x₂, x₃, y₁, y₂, t), établie par interpolation par méthode numérique des données expérimentales et prenant en compte les 2 espèces bactériennes et les 3 espèces de protozoaires considérés, a été obtenue. Elle décrit le comportement de chacun des 3 protozoaires ciliés dans un milieu contenant *E. coli* et *Staphylococcus* sp.

$$F(x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, t) = x_1[y_1\{-5t^3 + 508t^2 - 8688t + k_1\} + y_2\{-5t^3 + 367t^2 - 5423t + k_2\}] + x_2[y_1\{19t^3 - 278t^2 - 2612t + k_3\} + y_2\{-15t^3 + 877t^2 - 12699t + k_4\}] + x_3[y_1\{97t^2 + 708t + k_5\} + y_2\{222t^2 - 3042t + k_6\}]$$

Les paramètres x₁, x₂, x₃, y₁, y₂ ont un caractère binaire et ne peuvent de ce fait prendre que deux valeurs à savoir 0 ou 1.

x₁, x₂ et x₃ représentent respectivement *C. uncinatum*, *P. africanum*, et *N. gigas*; y₁ et y₂ représentent respectivement *Staphylococcus* sp. et *E. coli*.

Le triplet (x₁, x₂, x₃) appartient à {(1, 0, 0); (0, 1, 0); (0, 0, 1)}. Le couple (y₁, y₂) appartient à {(0, 1); (1, 0)}.

La fonction F(x₁, x₂, x₃, y₁, y₂, t) décrit un aspect de fonctionnement d'un écosystème aquatique dont le nombre de facteurs interagissant est relativement réduit. Le suivi du comportement d'un organisme dans ce biotope se ferait en fixant les autres facteurs biologiques de même type.

La comparaison des coefficients des facteurs du 3^{ème} ou du 2^{ème} degré des fonctions du tableau 2 montre que certains protozoaires ciliés prédateurs ont une relative facilité à consommer certaines bactéries plus vite que d'autres. *P. africanum* et *C. uncinatum* présentent une préférence alimentaire pour les cocci, sans doute à cause de l'efficacité de rétention des proies de petites tailles par leurs appareils buccaux

(9). Le protozoaire *N. gigas* présente une préférence alimentaire plutôt pour le colibacille. Cette sélectivité prédatrice est parfois influencée chez certaines espèces des genres *Aphidium* et *Gymnodium* par les radiations solaires (11). Les successions des populations de prédateurs ciliés en milieu aquatique sont souvent saisonnières (1, 27), probablement liées aux successions qualitatives et quantitatives des proies bactériennes. Leur activité prédatrice est parfois associée aux teneurs en matières organiques et azotées du milieu (19), et leur organisation fonctionnelle en milieu aquatique peut varier le long du gradient vertical ou horizontal (25, 28).

L'augmentation de la cinétique de broutage avec le temps d'incubation telle notée dans cette étude pourrait être liée au grossissement du tube digestif des protozoaires, les protozoaires ciliés prédateurs augmentant de taille en présence d'une grande concentration de proies (27). Contrairement à certaines études qui ont montré que l'efficacité de la défense d'une communauté de proies dépend de la grande concentration d'individus la composant par rapport au prédateur (12), l'augmentation de la concentration des bactéries dans le cas des relations protozoaires ciliés – bactéries, profiterait plutôt au prédateur. Il conviendrait d'élaborer pour les milieux aquatiques continentaux, des modèles pouvant relier la cinétique de prédation spécifique et non spécifique, aux taux de croissance des bactéries (proie), et tenant compte de

la concentration du milieu en nutriments pour ces bactéries.

Conclusion

Les protozoaires ciliés prédateurs peuvent être utilisés pour la réduction du taux de pollution bactérienne d'un milieu aquatique. La réduction de ce taux de pollution procède par le mécanisme de broutage. Ce broutage en milieu aquatique des protozoaires ciliés sur les bactéries planctoniques débute par une reconnaissance de la proie par le prédateur. L'accélération de la prédation se produit avec un retard, le facteur temps jouant un rôle important. Ce broutage se produit avec une préférence alimentaire pour le prédateur. L'évaluation des fluctuations de la concentration des bactéries dans un milieu aquatique en épuration microbiologique devra tenir compte entre autres du temps de contact entre le protozoaire cilié prédateur et la bactérie, de l'espèce de protozoaire prédateur et de l'espèce de bactérie présente.

Remerciements

Nous remercions Monsieur J. Onambélé Abanga, ingénieur à l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (département du génie industriel) pour son assistance, ainsi que les relecteurs de ce manuscrit pour leurs critiques et suggestions éventuelles.

Références bibliographiques

1. Artolozoga I., Santamaria E., Lopez A., Ayo B. & Iriberrri J., 1997, Succession of bacterivorous protists on laboratory-made marine snow. *J. Plankton Res.* 19, 1429-1440.
2. Barcina I., Gonzalez J.M., Iriberrri J. & Egea L., 1991, Role of protozoa in the regulation of enteric bacteria population in seawater. *Marine Microbial Food Webs*, 5, 179-187.
3. Dragesco J. & Dragesco-Kerneis A., 1986, Ciliés libres de l'Afrique inter-tropicale. Collection faune tropicale. Tome 26. ORSTOM éd., Paris, 560 p.
4. Fenchel T., 2001, Marine bugs and carbon flow. *Science*, 292, 2444-2445.
5. Ford L.A., 1994, Detection of *Aeromonas salmonicida* from water using a filtration method. *Aquaculture*, 122, 1-7.
6. Galiano F.D., 1966, Une nouvelle méthode pour la mise en évidence de l'infraction des ciliés. *Protistologica*, 2, 35-38.
7. Galiano F.D. & Ruiz S., 1972, Description d'une nouvelle espèce de cilié *Colpidium uncinatum*. *Protistologica*, 8, 295-298.
8. Giske J., Aksnes D.L. & Fiksen O., 1994, Visual predators, environmental variables and zooplankton mortality risk. *Vie et Milieu*, 44, 1-9.
9. Gonzalez J.M., Iriberrri J., Egea L. & Barcina I., 1990, Differential rates of digestion of bacteria by freshwater and marine phagotrophic protozoa. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, 1951-1957.
10. IGBP, 1999, Global Ocean Ecosystem Dynamics. IGBP Report 47. Scientific Committee on Oceanic Research ed., Stockholm, 207 p.
11. Jakobsen H.H., Hansen P.J. & Larsen J., 2000, Growth and grazing responses of two chloroplast-retaining dinoflagellates: effect of irradiance and prey species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 201, 121-128.
12. Jeschke J.M. & Tollrian R., 2000, Density-dependent effects of prey defences. *Oecologia*, 123, 391-396.
13. Jurgens K. & Gude H., 1994, The potential importance of grazing-resistant bacteria in planktonic system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112, 169-188.
14. Jurgens K., Wickham S.A., Rothhaut K.O. & Santer B., 1996, Feeding rates of macro- and microzooplankton on heterotrophic nanoflagellates. *Limnol. Oceanogr.* 41, 1833-1839.
15. Kemka N., 2000, Evaluation du degré d'eutrophie du lac municipal de Yaoundé: étude du milieu, dynamique et structure du peuplement phyto-planctonique. Thèse Doctorat, Univ. Yaoundé I, 193 p.
16. Marchal N., Bourdon J.L. & Richard Cl., 1991, Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. Doin éd., Paris, 509 p.
17. Pace M.L., 1982, Planktonic ciliates: their distribution, abundance, and relationship to microbial resources in monomictic lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39, 1106-1116.
18. Pace M.L. & Cole J.J., 1996, Regulation of bacteria by resources and predation tested in whole-lake experiments. *Limnol. Oceanogr.* 41, 1448-1460.
19. Ploug H. & Grossart H.-P., 2000, Bacterial growth and grazing on diatom aggregates: Respiratory carbon turnover as a function of aggregate size and sinking velocity. *Limnol. Oceanogr.* 45, 1467-1475.
20. Pomeroy L.R. & Wiebe W., 1988, Energetics of microbial food web. *Hydrobiologia*, 159, 7-18.
21. Sarma S.S.S., Nandini & Dumont H.J., 1998, Feeding preference and population growth of *Asplanchna brightwellii* (rotifera) offered two non-evasive prey rotifers. *Hydrobiologia*, 361, 77-87.
22. Scheider B. & Adrian R., 1998, Trophic interactions between the crustacean and the protozoan plankton, in: Brunswick Press Limited ed., *Water of life. Abstracts of XXVII^e Congress of International Association of Theoretical and applied limnology*, Dublin, p. 317.
23. Sieburth J.McN., Smetacek V. & Lenk J., 1978, Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.* 23, 1256-1263.
24. Sime-Ngando T., 1991, Contribution à l'étude des protozoaires ciliés planctoniques des différents lacs: variabilités spatio-temporelles, saisonnières et nyctémérales, et relations avec les ressources microbiennes du milieu. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 462 p.

25. Spoljar M., Primc-Habdija B. & Plenkovic-Moraj A., 1998, Overflow effect on the dynamics of the zooplankton community in cascade lake system, *in*: Brunswick Press Limited ed., Water of life. Abstracts of XXVII^e Congress of International Association of Theoretical and applied limnology, Dublin, p. 309.
26. Thouvenot A., Debroas D., Richardot M. & Devaux J., 1999, Etude des ciliés planctoniques dans un réservoir nouvellement mis en eau: taux de croissance et consommation par le mézozooplankton. Bull. Soc. Linn. Bordeaux, Tome 27, p. 186.
27. Worner U., Zimmerman-Timm H. & Kausch H., 2000, Succession of protists on estuarine aggregates. Microb. Ecol. 40, 209-222.
28. Zhang Y. & Prepas E.E., 1996, Regulation of the dominance of planktonic diatoms and cyanobacteria in four eutrophic hardwater lakes by nutrients, water column stability and temperature. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53, 621-633.
-

M. Nola, Camerounais, Doctorat, Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, Cameroun.
T. Njiné, Camerounais, Doctorat d'Etat, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, Cameroun.
S.M. Foto, Camerounais, Doctorat, Chercheur associé au Laboratoire de Biologie Générale de la Faculté des Sciences à l'Université de Yaoundé I, Cameroun.
N. Kemka, Camerounais, Doctorat, Chercheur associé au Laboratoire de Biologie Générale de la Faculté des Sciences à l'Université de Yaoundé I, Cameroun.
S.H.T. Zébazé, Camerounais, Doctorat, Chercheur associé au Laboratoire de Biologie Générale de la Faculté des Sciences à l'Université de Yaoundé I, Cameroun.
J.B.T. Nguedji, Camerounais, Etudiant en Doctorat à la Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, Cameroun.
T.B. Bouetou, Camerounais, Doctorat, Chargé de cours au Laboratoire de Mathématiques et d'Analyse des Systèmes à l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui œuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison, il serait utile que vous nous fassiez connaître des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herrineren al onze lezers eraan, vooral diegenen in de ontwikkelingslanden, dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Faculteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar U zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.

Dank U.