

Ecologie de *Uronema elongatum* de quelques rivières de la région du littoral, Cameroun

[Ecology of *Uronema elongatum* of some rivers of littoral region, Cameroon]

Gildas Parfait NDJOUONDO¹, Marie Louise BA'ANA ETOUNDI², Roland Didier NWAMO³, Henri FANKEM¹, and Siegfried Didier DIBONG¹⁻³⁻⁴

¹Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, B.P. 24157 Douala, Cameroon

²Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Douala, B.P. 3132 Douala, Cameroon

³Département d'Aquaculture, Institut des Sciences Halieutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroon

⁴Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroon

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Galloping and anarchic anthropization is degrading more and more the fresh water resources available on the surface. The general objective of the study is to determine the ecology of *Uronema elongatum* of the current freshwater of the Littoral Region, Cameroon in order to propose its use as a biological indicator of the quality of the rivers of this Region. The specific objectives are: (1) to make a floristic inventory of the algae of some rivers of the Littoral region and to describe the morphology of the species *Uronema elongatum*; (2) to measure physicochemical parameters associated with these rivers; (3) make a floristic inventory of the macrophytes of these rivers and (4) establish probable correlations. Pelagic algae as well as those attached to stones and macrophytes were sampled. Physicochemical parameters were measured. *Uronema elongatum* is filamentous with looped chromatophores. Its density decreases with mineral-organic pollution of rivers with a maximum value at the Miana river of 1.250 ind/l. This density is greater on macrophytes and very low or absent on stones. *Uronema elongatum* has large cells (15 µm) in less polluted rivers and small in highly polluted rivers (5 µm). It emerges that *Uronema elongatum* is a filamentous, epiphytic, pollu-resistant species that proliferates in the current waters of the Littoral region in Cameroon. This species can be used as an indicator of pollution in this region.

KEYWORDS: pollution, *Uronema elongatum*, river, Littoral region, Cameroon.

RESUME: L'anthropisation galopante et anarchique dégrade de plus en plus les ressources en eau douce disponible en surface. L'objectif général de l'étude est de déterminer l'écologie de *Uronema elongatum* des eaux douces courantes de la Région du Littoral, Cameroun afin de proposer son utilisation comme indicatrice biologique de la qualité des rivières de cette Région. Les objectifs spécifiques sont de : (1) faire un inventaire floristique des algues de quelques rivières de la région du Littoral et décrire la morphologie de l'espèce *Uronema elongatum* ; (2) mesurer des paramètres physicochimiques associés à ces rivières ; (3) faire un inventaire floristique des macrophytes de ces rivières et (4) établir des corrélations probables. Les algues de la zone pélagique ainsi que celles fixées sur les pierres et sur les macrophytes ont été échantillonnées. Des paramètres physicochimiques ont été mesurés. *Uronema elongatum* est filamenteuse avec des chromatophores en boucle. Sa densité décroît avec la pollution minéralo-organique des cours d'eau d'une valeur maximale à la rivière Miana de 1 250 ind/l. Cette densité est plus importante sur les macrophytes et très faible ou absente sur les roches. *Uronema elongatum* a des cellules de grande taille (15 µm) dans les rivières moins polluées et de petite taille dans les rivières très polluées (5 µm). Il en ressort que

Uronema elongatum est une espèce filamenteuse, épiphyte, polluorésistante qui prolifère dans les eaux courantes de la région du Littoral au Cameroun. Cette espèce peut être utilisée comme indicatrice de pollution dans cette région.

MOTS-CLEFS: pollution, *Uronema elongatum*, rivière, Région du Littoral, Cameroun.

1 INTRODUCTION

La Région du Littoral est un lieu de concentrations humaines où les impératifs liés au développement de l'industrie et de l'agriculture menacent l'équilibre des hydrosystèmes côtiers [1]. Cette ville est drainée par de nombreux cours d'eau côtiers [2]. Elle est connue depuis plusieurs décennies pour sa forte productivité industrielle et sa commercialisation agropastorale (industrie, agriculture et élevage) [3]. Or, la production de ces ressources implique une utilisation de produits phytosanitaires (engrais, pesticides) qui pourraient avoir des conséquences sur la qualité de l'eau, et conduire à des changements profonds de la composition et de la structure des peuplements des organismes des hydrosystèmes [4]. La prise en compte des altérations provoquées par les activités humaines sur ces cours d'eau apparaît actuellement comme une préoccupation majeure.

Ainsi, la pollution en milieu urbain peut être déterminée par l'analyse des polluants, par des méthodes satellitaires ou l'analyse des communautés végétales [4]. Toutefois, nonobstant la pertinence des méthodes analytiques, elles présentent peu d'intérêts dans la détection des pollutions épisodiques [5]. Aussi, les plantes, intégratrices des phénomènes que connaissent les écosystèmes apparaissent comme des marqueurs des changements environnementaux [6]. L'analyse biologique permet d'identifier les perturbations et leurs effets sur les communautés animales et végétales en place. Aussi, la surveillance de la qualité de l'eau a longtemps été basée sur les analyses physico-chimiques afin de mettre en évidence des pollutions [7]. Cependant, celles-ci montrent quelques insuffisances dans la mesure où l'équilibre du milieu aquatique peut être sérieusement affecté lors des apports de polluants massifs mais de courte durée. Il est alors improbable de les détecter en échantillonnant l'eau une ou deux fois par mois [5].

Cependant, les réactions des différentes algues ou communautés d'algues à la pollution et aux changements des conditions aquatiques peuvent se manifester de diverses manières. Selon les changements du milieu, les espèces d'algues ou les communautés d'algues réagissent par : des variations d'ordre sociologiques comme la fréquence absolue ou relative, la diversité, la stabilité, la structure de la communauté ; la biomasse ; des activités physiologiques (photosynthèse, respiration, nutrition, accumulation de substances, déplacement) [8]. Dans les pays Européens et d'Amérique du nord, les Diatomées sont très utilisées comme indicatrices de réaction dans l'appréciation de la qualité des eaux. Par contre, au Cameroun dans la Région du Littoral principalement, les eaux courantes sont plus riches en Chlorophycées benthiques filamenteuses. *Uronema elongatum* est l'espèce dense et commune à toutes les rivières [9]. Pour ce faire, les caractéristiques de cette communauté doivent être connues. Le terme bio-indication englobe les méthodes biologiques qui permettent de tirer des conclusions sur les conditions de l'environnement en se basant sur les organismes présents. Pour que des organismes ou des communautés d'organismes puissent être qualifiés de bio-indicateurs, leur présence, leur comportement ou leurs adaptations physiologiques (changements d'état réversibles) doivent être en relation aussi simple et étroite que possible avec des facteurs écologiques (facteurs de stress) [8].

L'objectif général de l'étude est de déterminer l'écologie de *Uronema elongatum* de quelques rivières de la Région du Littoral, Cameroun afin de proposer son utilisation comme indicatrice biologique de la qualité des rivières de cette Région. Les objectifs spécifiques sont de : (1) faire un inventaire floristique des algues de quelques rivières de la région du Littoral et décrire la morphologie de l'espèce *Uronema elongatum* ; (2) mesurer les paramètres physicochimiques associés à ces rivières ; (3) faire un inventaire floristique des macrophytes de ces rivières et (4) établir des corrélations probables.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

La région du Littoral où sont situées les rivières est logée au fond du Golfe de Guinée. Le climat qui y règne est équatorial de type maritime [10]. La température moyenne mensuelle varie entre 24,8 °C de juillet à août et 27,7 °C en février. Les précipitations montrent qu'elle est pluvieuse, s'étendant sur 9 mois. Ces précipitations moyennes mensuelles varient de 55 mm en décembre à 800 mm en août. Le vent dominant est porteur de mousson [11]. La majeure partie de cette région a une couverture géologique constituée par formation du socle essentiellement représentées par des gneiss-embredistes à biotite et secondairement par des anatexites, des granites syntectoniques non circonscrits et circonscrits. Les sols dérivés de ces

roches sont très variés : sols ferrallitiques rouges dérivant de roches métamorphiques ou de basalte et sols bruns dérivés de basalte [11]. La végétation est essentiellement constituée par une forêt dense sempervirente atlantique de basse et moyenne altitude à *Lophira alata* dans la zone littorale et à Fabacées en moyenne altitude [11].

Dans cette région, 9 rivières ont été échantillonnées à Douala (3° 40' - 4° 11' Nord et 9° 16' - 9° 52' Est) et Yabassi (4° 20' - 4° 40' Nord et 9° 50' - 10° 10' Est): 3 rivières non polluées (Batika, Dima et Miana) à Yabassi, 1 rivière moins polluée (Kambo) et 5 rivières polluées (Longmayagui, Ngoua, Bobongo, Moussadi et Tongo'o Bassa) à Douala. Suivant le gradient longitudinal de chaque rivière, 3 stations y ont été délimitées (amont, transition et aval). A la rivière Batika, la station 1 est dans une zone agraire, laissée en jachère (Fig. 1A). Les stations 2 et 3 sont situées dans une forêt secondaire ombrophile. Aux rivières Miana et Dima, les stations (4 à 9) sont situées dans une forêt ombrophile. La principale activité anthropique de ces régions est l'agriculture de subsistance. A la rivière Tongo'o Bassa, la station 10 est située entre le pont de Sic-cacao Barry, Sic-cacao TSF, Makèpè maturité, Bépanda petit marché (Fig. 1B). La station 11 est située entre les quartiers Makèpè Missokè et Bépanda maturité. La station 12 est située dans la vallée du quartier Bonamoussadi. Les activités anthropiques du milieu sont l'industrie à savoir les sociétés Guinness Cameroun et CIC CACAO situées en amont. L'agriculture et l'élevage sont aussi pratiqués sur la rive de la rivière. Les riverains déversent directement les déchets domestiques dans la rive de la rivière. La rivière Kambo couvre le quartier Yassa (stations 13) exposé aux pollutions agropastorales. Les quartiers Arir, station 14 et Cogefar, station 15 sont exposés aux pollutions par les déchets ménagers. A la rivière Longmayagui, la station 16 couvre le quartier Logbaba et est exposée aux pollutions de la zone industrielle de Bassa notamment la Société Anonyme des Brasseries du Cameroun (SABC). Les quartiers Diboum et Cité des Billes (station 17), et Bobongo (station 18) sont exposés aux pollutions par les déchets ménagers et les activités agropastorales. Ils reçoivent aussi des eaux polluées par les hydrocarbures venant de l'aéroport international de Douala. La rivière Ngoua (station 19) couvre les quartiers Oyack et Tergal exposés aux pollutions industrielles de la zone industrielle de Bassa et ménagères à savoir la société PILCAM. La station 20 située entre les quartiers Madagascar et Souboum, et la station 21 située dans le quartier Song Mahop sont exposées aux pollutions ménagères. La rivière Bobongo située dans les quartiers Song Mahop (station 22), Bobongo (station 23) et Cité Berge (station 24) est exposée aux pollutions par les huiles de vidange venant de l'aéroport internationale de Douala et des pollutions ménagères. La rivière Moussadi couvre les quartiers Bonamoussadi (stations 25 et 26) et Bèssenguè (station 27). Elle est exposée aux pollutions ménagères.

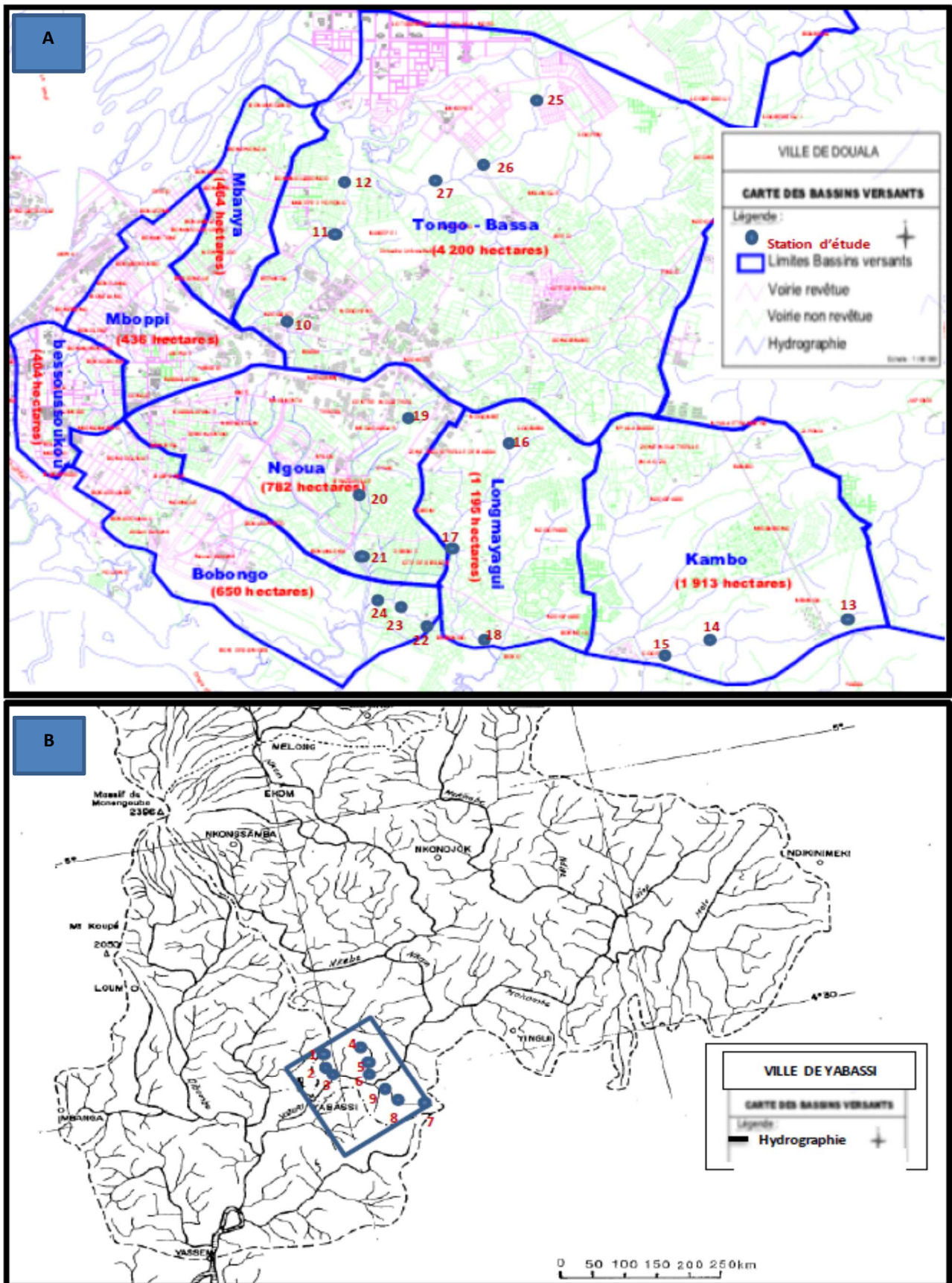


Fig. 1. Carte des zones d'étude montrant les stations d'échantillonnage à (A) Douala et (B) Yabassi.

2.2 ECHANTILLONNAGE

2.2.1 ECHANTILLONNAGE QUALITATIF

L'aspect qualitatif du phytoplancton a été déterminé à partir d'échantillons prélevés par des traits horizontaux, au moyen d'un filet à plancton. Après leur récolte, les échantillons ont été immédiatement fixés par addition de formol à 5% du volume. Le substrat solide, comme la surface des pierres et les végétaux immergés situés dans le courant, ont été échantillonnés. Les végétaux ont été pressés pour les espèces herbacées et grattés pour les espèces ligneuses de grand diamètre. Les pierres situées aux abords des cours d'eau ainsi que celles situées en pleine eau de faible profondeur ont été grattées au moyen d'une brosse à dents. Le contenu a été rincé dans un récipient à de l'eau distillée. L'échantillon a été agité et filtré au moyen d'un tamis afin de le débarrasser de restes de macrophytes, de petits cailloux, de feuilles ou d'autres grosses particules. Le contenu a été fixé au formol à 5% de son volume.

2.2.2 ECHANTILLONNAGE QUANTITATIF

Le prélèvement quantitatif du phytoplancton a été fait par filtration après ramassage de 200 l d'eau grâce à un seau de 5 l. Un bocal a été utilisé pour la récolte du périphyton pressé et gratté selon une surface de (30 × 30) cm², et dilué à de l'eau distillée jusqu'à 60 ml puis fixé au formol à 5% du volume. Chaque bocal a été étiqueté. Ces échantillons ont été introduits dans la glacière pour la conservation à l'obscurité.

2.2.3 ANALYSE QUALITATIVE DES ALGUES

Au laboratoire, des sous échantillons de 10 ml ont été prélevés. Après sédimentation des individus au fond des Béchers utilisés pour le sous échantillonnage pendant 24 h, une goutte de chaque échantillon a été montée entre lame et lamelle par un compte goutte puis observée au microscope photonique droit. Deux préparations ont été effectuées pour chaque échantillon. Les identifications ont été effectuées directement au microscope photonique (OLYMPUS). Mais des dessins et des photographies ont été effectués pour les individus difficiles à identifier pour plus de détails concernant les mensurations. Les clés d'identification suivantes ont été utilisées : [8], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18].

2.2.4 ANALYSE QUANTITATIVE DES ALGUES

Après dépôt des bocaux échantillonnés, une homogénéisation a été effectuée. Des sous échantillons de 10 ml par Bécher ont été effectués. Après agitation de chaque Bécher laissé au repos et à l'obscurité pendant 24 h, 1 ml du contenu a été prélevé par une micropipette puis versé dans la lame de comptage de Malassez. Le microscope photonique de marque OLYMPUS a été utilisé pour le comptage des individus. Au moins 200 individus ont été comptés. L'unité de comptage des filaments a été fixée à 100 µm comme 1 individu [18].

2.3 INVENTAIRE FLORISTIQUE DES MACROPHYTES DES SITES D'ETUDE

Un transect linéaire de 100 m a été effectué à chaque station, pour les inventaires floristiques des macrophytes selon le gradient longitudinal du cours d'eau. Des parcelles de 1 m² pour les herbacées et 5 m² pour les ligneux, distantes de 5 m ont été délimitées de part et d'autre de chaque transect pour les relevés floristiques. L'abondance-dominance de chaque relevé a été appréciée suivant l'échelle de [19] et l'indice de [20]: + = recouvrement < 1% correspondant à un recouvrement moyen de 0,5 ; 1 = recouvrement 1 à 5% correspondant à un recouvrement moyen de 3 ; 2 = recouvrement 5 à 25% correspondant à un recouvrement moyen de 15 ; 3 = recouvrement 25 à 50% correspondant à un recouvrement moyen de 37,5 ; 4 = recouvrement 50 à 75% correspondant à un recouvrement moyen de 62,5 ; 5 = recouvrement 75 à 100% correspondant à un recouvrement moyen de 87,5.

2.4 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PHYSIQUES

2.4.1 SECTION MOUILLÉE

Un transect a été réalisé dans chacune des stations d'échantillonnage suivant la procédure ci-après: deux piquets ont été implantés l'un à la rive droite et l'autre à la rive gauche, juste à la limite de la zone humide. Ces piquets sous-tendent perpendiculairement une ficelle horizontale graduée. Ensuite, une règle graduée plongée verticalement dans l'eau a permis de déterminer les profondeurs respectives d'eau et de vase d'une rive à l'autre, en suivant la graduation de la ficelle. Les données

obtenues ont permis de déterminer graphiquement la largeur du lit de la rivière, la section mouillée et les profondeurs d'eau et de vase pour chaque station.

2.4.2 VITESSE D'ÉCOULEMENT DES EAUX ET DÉBIT

La vitesse (V) d'écoulement des eaux exprimée en m/s a été mesurée à chaque station par la méthode indirecte qui consiste à déterminer à l'aide d'un chronomètre, le temps (t en s) mis par un objet flottant en polyéthylène pour parcourir une distance (d en m) connue, sans obstacle, préalablement définie : $V = d/t$. Le débit de l'eau exprimé en m^3/s a été calculé par la formule $Q = VS$, avec Q = débit en m^3/s , V = vitesse d'écoulement en m/s, S = section mouillée en m^2 .

2.4.3 MESURE DES PARAMÈTRES CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés *in-situ* et au laboratoire. La température a été mesurée *in-situ* à l'aide d'un thermomètre à alcool de marque INCOTREM gradué au $1/10$ °C et les résultats ont été exprimés en degré Celsius (°C). La conductivité électrique (COND), la salinité, les solides totaux dissous (TDS), le potentiel d'hydrogène (pH) et l'oxygène dissous (O_2) ont été mesurés à l'aide d'un multiparamètre de marque HANNA Hi 9829. Les résultats ont été respectivement exprimés en micro-siemens par centimètre ($\mu S/cm$), en unité conventionnelles (UC) et en pourcentage de saturation. Des échantillons d'eau ont été prélevés dans des bocaux en polyéthylène de 1 000 ml, conservés à l'obscurité et au frais à -4 °C dans une glacière. Ils ont été apportés au Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement de l'Université de Yaoundé I pour les mesures des Orthophosphates, nitrates et DBO_5 suivants les méthodes spectrophotométrique et manométrique.

2.5 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

2.5.1 RICHESSE SPÉCIFIQUE

La richesse spécifique (S) est définie par le nombre total de taxons identifiés dans un échantillon. C'est un élément qui indique la variété spécifique du peuplement autrement dit sa richesse en espèces. La richesse spécifique peut bien être un critère distinctif des écosystèmes ou des stations étudiées au sein d'un écosystème donné.

2.5.2 INDICE DE DIVERSITÉ

L'indice de Shannon-Weaver (H') représente toute une quantité d'informations sur la structure du peuplement d'un échantillon donné et sur la manière de répartition des individus entre différentes espèces. Un indice de diversité faible indique que la communauté est jeune à haut pouvoir de multiplication avec dominance d'une ou d'un petit nombre d'espèces, tandis qu'un indice élevé caractérise des populations mûres présentant une composition spécifique complexe avec une stabilité du peuplement relativement grande. L'indice de diversité de Shannon (H') relatif à un échantillon correspond à la valeur calculée à partir de la formule : $H' = -\sum_{i=1}^S ((n_i/N) \times \log_2 (n_i/N))$, avec n_i = nombre d'individus appartenant à une espèce, N = nombre total d'espèces. L'équitabilité de Pielou (E') est donnée par la formule : $E' = H'/\log_2 S$, avec S = volume total.

2.5.3 DENSITÉ DE *URONEMA ELONGATUM*

Le calcul de la densité (D) de *Uronema elongatum* s'exprime par la formule : $D = Ni \times R / v$, avec D en nombre d'individus par millilitre, R = rapport entre la surface de la cellule de comptage et la surface du champ oculaire) et v = volume d'échantillon sédimenté en ml.

2.6 ANALYSES STATISTIQUES

Microsoft Office Excel 2010 a été utilisé pour le calcul des erreurs types, des écart-types ainsi que la représentation des histogrammes. Ces données sont présentées en termes de moyennes et d'écart-types. La comparaison multiple des groupes a été effectuée par le test paramétrique « one way » ANOVA grâce au logiciel XLSTAT version 11.0.0.28844. Les différences ont été considérées significatives pour $p < 0,05$. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été appliquée à la composition du peuplement afin de regrouper les sites d'échantillonnage en fonction de leurs similarités floristiques. Ces analyses ont été effectuées avec les logiciels XLSTAT version 11.0.0.28844 et Past version 3.02a pour les dendrogrammes. Le regroupement des stations en fonction des variables abiotiques a été effectué pour la représentation des similarités spatiotemporelles des stations par l'analyse en composantes principales (ACP) grâce au logiciel R version i386 2.15.0.

3 RÉSULTATS

3.1 DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE *URONEMA ELONGATUM*

Les cellules des filaments de *Uronema elongatum* sont à plaste pariétal réduit (Figure 2). Une cellule basale de forme spéciale et une cellule apicale plus ou moins pointue existant aux extrémités du filament. Chaque cellule du thalle possède un plaste sous forme d'arc qui contourne le cytoplasme. La longueur de la cellule varie de 5 à 15 μm et le diamètre de 3 à 5 μm .

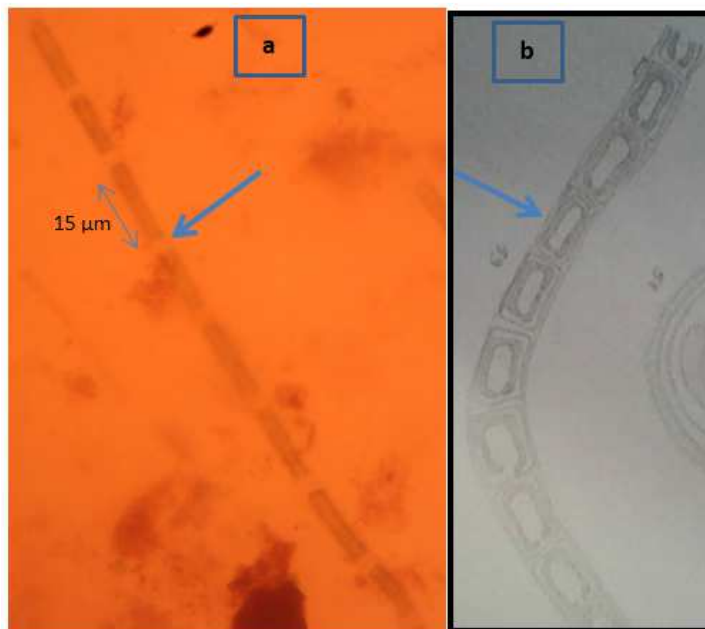


Fig. 2. *Uronema elongatum* : (a) photographie et (b) dessin.

3.2 EVOLUTION DE LA DENSITÉ

La variation de la densité de *Uronema elongatum* en fonction des sites et des habitats montre qu'elle est supérieure sur les macrophytes que sur les roches et dans l'eau, dans tous les sites (Fig. 3). A Tongo'o Bassa, Moussadi et dima, elle est absente sur les roches. Cependant, elle est très élevée sur les macrophytes de Kambo, Dima, Batika et Miana par rapport aux autres sites avec le maximum à Miana de 1 250 ind/l.

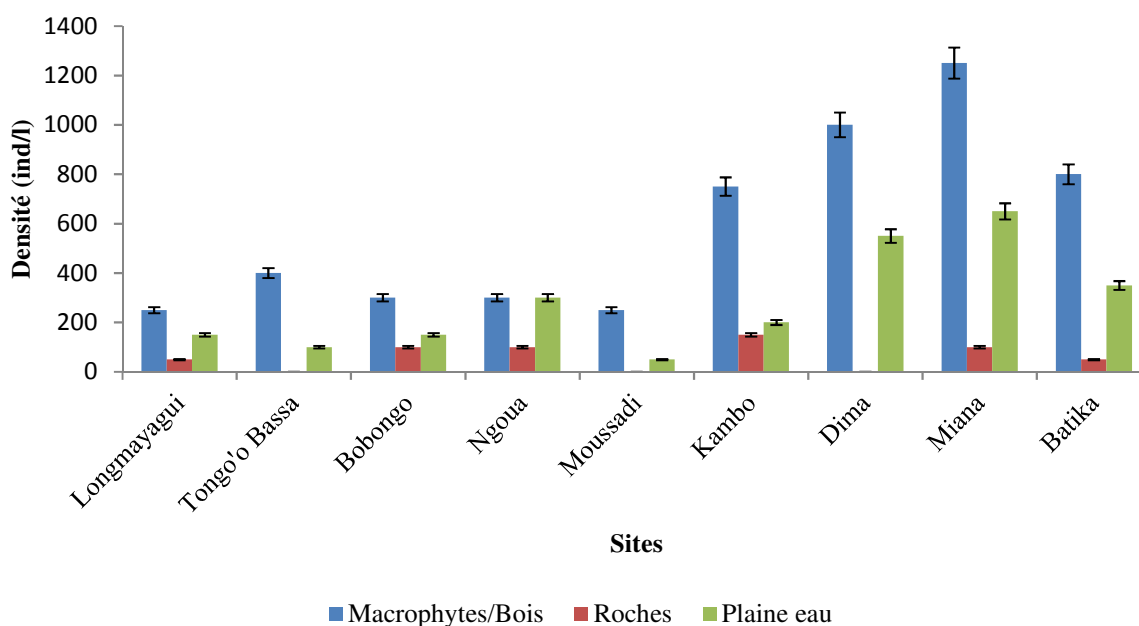


Fig. 3. Variation de la densité moyenne de *Uronema elongatum* en fonction de l'habitat.

3.3 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES DES MILIEUX ÉCHANTILLONNÉS

Les températures ambiantes et de l'eau sont variables et ne présentent pas de différence significative entre les sites (Tableau 1). La température ambiante varie de $26,20 \pm 0,12$ °C (Kambo) à $28,50 \pm 0,20$ °C (Dima). La température de l'eau varie de $24,10 \pm 0,21$ °C (Bobongo) à $26,10 \pm 0,30$ °C (Kambo).

Tous les autres paramètres montrent dans l'ensemble deux zones : la première correspond aux sites Kambo, Dima, Miana et Batika avec des valeurs significativement faibles et la deuxième correspond aux sites Longmayagui, Tongo'o Bassa, Bobongo, Ngoua et Moussadi avec des valeurs très élevées. La vitesse de l'eau est élevée et varie de $0,35 \pm 0,12$ m/s (Dima) à $1,70 \pm 0,23$ m/s (Moussadi). La largeur du lit mouillée varie de 7 m (Longmayagui) à 16 m (Moussadi). Les solides totaux dissous varient de $15,20 \pm 0,50$ ppm (Kambo) à $215,44 \pm 0,65$ ppm (Ngoua). La conductivité varie de $22,29 \pm 0,30$ μ S/cm (Dima) à $250,45 \pm 0,43$ μ S/cm (Ngoua). La salinité varie de $16,23 \pm 0,23$ ppm (Dima) à $185,24 \pm 0,21$ ppm (Longmayagui). Le pH varie de $6,31 \pm 0,01$ (Miana) à $7,21 \pm 0,02$ (Tongo'o Bassa). L'oxygène dissous varie de $0,25 \pm 0,21$ mg/l (Dima) à $1,87 \pm 0,56$ mg/l (Moussadi). Les nitrates varient de $0,81 \pm 0,21$ mg/l (Kambo) à $1,70 \pm 0,12$ (Longmayagui). Les phosphates varient de $0,015 \pm 0,02$ mg/l (Kambo) à $0,079 \pm 0,076$ mg/l (Batika). La DBO5 varie de 235 ± 10 mg/l (Kambo) à $12\ 300 \pm 83$ mg/l (Ngoua).

Tableau 1 : Moyenne des paramètres physicochimiques des sites d'étude (Ta = température ambiante, Ts = température de l'eau, TDS = solides totaux dissous, COND = conductivité de l'eau, O₂ = oxygène dissous et DBO₅ = demande biologique en oxygène).

Paramètres	Kambo	Dima	Miana	Batika	Longmayagui	Tongo'o Bassa	Bobongo	Ngoua	Moussadi
Ta (°C)	26,50 ± 0,30a	28,50 ± 0,20a	26,20 ± 0,12a	26,75 ± 0,21a	26,30 ± 0,42a	26,20 ± 0,13a	26,70 ± 0,32a	26,76 ± 0,23a	26,43 ± 0,14a
Ts (°C)	26,10 ± 0,30a	25,85 ± 0,10a	25,40 ± 0,13a	25,98 ± 0,12a	24,20 ± 0,11a	25,20 ± 0,32a	24,10 ± 0,21a	25,20 ± 0,22a	25,40 ± 0,25a
Vitesse (m/s)	0,55 ± 0,32a	0,60 ± 0,21a	0,53 ± 0,32a	0,58 ± 0,34a	0,43 ± 0,23a	0,98 ± 0,21b	1,10 ± 0,12b	1,50 ± 0,13b	1,40 ± 0,21b
Profondeur (cm)	0,43 ± 0,21a	0,35 ± 0,12a	0,55 ± 0,11a	0,50 ± 0,23a	0,98 ± 0,43b	0,75 ± 0,54a	1,10 ± 0,22b	1,50 ± 0,45c	1,70 ± 0,23c
Largeur (m)	9a	10a	8a	11a	7a	15b	15b	11a	16b
TDS (ppm)	15,20 ± 0,50a	19,78 ± 0,40a	20,43 ± 0,64a	22,16 ± 0,25a	198,25 ± 0,13b	176,34 ± 0,34b	203,87 ± 0,54b	215,44 ± 0,65b	196,65 ± 0,66b
COND (µS/cm)	23,60 ± 0,50a	22,29 ± 0,30a	23,12 ± 0,3a	23,23 ± 0,65a	225,75 ± 0,33b	230,25 ± 0,32b	227,50 ± 0,43b	250,45 ± 0,43b	243,20 ± 0,34b
Salinité (ppm)	17,32 ± 0,40a	16,23 ± 0,20a	17,44 ± 0,2a	18,23 ± 0,32a	185,24 ± 0,21b	178,21 ± 0,32b	175,02 ± 0,13b	176,40 ± 0,21b	179,12 ± 0,43b
pH	6,55 ± 0,02a	6,79 ± 0,03a	6,31 ± 0,01a	6,68 ± 0,02a	7,15 ± 0,08b	7,21 ± 0,02b	6,98 ± 0,01b	7,20 ± 0,04b	7,30 ± 0,01b
O ₂ dissous (mg/l)	0,54 ± 0,11a	0,25 ± 0,21a	0,43 ± 0,21a	0,48 ± 0,11a	0,87 ± 0,21a	1,25 ± 0,32b	1,86 ± 0,33b	1,76 ± 0,42b	1,87 ± 0,56b
Nitrates (mg/l)	0,81 ± 0,21a	0,87 ± 0,10a	0,82 ± 0,22a	0,82 ± 0,12a	1,70 ± 0,12b	1,59 ± 0,11b	1,45 ± 0,32b	1,54 ± 0,21b	1,54 ± 0,31b
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	0,015 ± 0,02a	0,074 ± 0,03b	0,076 ± 0,01b	0,079 ± 0,076b	0,025 ± 0,012a	0,018 ± 0,023a	0,032 ± 0,032a	0,034 ± 0,026a	0,024 ± 0,011a
DBO ₅ (mg/l)	235 ± 10a	548 ± 23a	543 ± 21a	540 ± 14a	12 200 ± 41b	11 300 ± 51b	11 254 ± 78b	12 300 ± 83b	11 876 ± 76b

Pour chaque paramètre, les lignes présentant les mêmes lettres n'ont pas de différence significative.

3.4 VARIATION SPATIO-TEMPORELLE DES STATIONS EN FONCTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats de l'ACP montrent l'organisation des 13 variables mesurés sur les plans F1 x F2 (77,62% d'inertie), représentés sous forme de cercles de corrélations (Fig. 4). L'axe F1 (61,88% d'inertie) est corrélé positivement à la vitesse du courant, la largeur du lit mouillé, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité, les solides totaux dissous, les nitrates, la salinité et la demande biologique en oxygène. Il est corrélé négativement à la température de l'eau, la température ambiante, les phosphates et la profondeur de l'eau. L'axe F2 (15,74% d'inertie) est corrélé positivement aux températures de l'eau et ambiante, à la profondeur, la vitesse de l'eau, la largeur du lit mouillé, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité de l'eau et négativement aux nitrates, aux solides totaux dissous, la demande biologique en oxygène et la salinité.

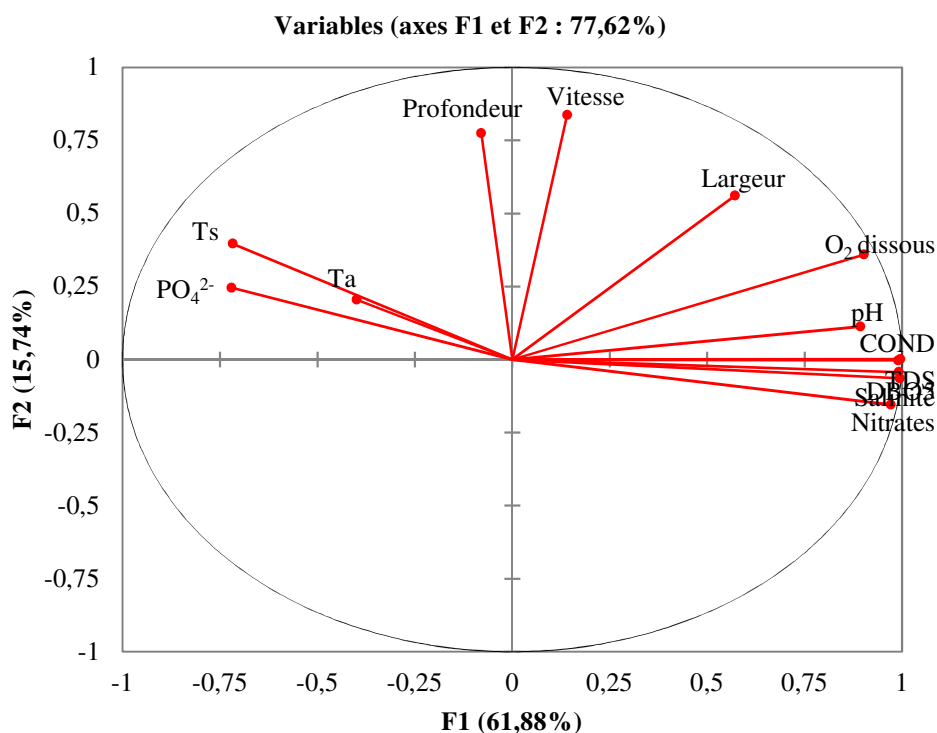


Fig. 4. Représentation des 13 paramètres physico-chimiques dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Ta = température ambiante, Ts = température de l'eau, O₂ dissous = oxygène dissous, DBO₅, Cond. = conductivité et TDS = taux de solides dissouts, pH = potentiel d'hydrogène, PO₄²⁻ = phosphates).

La variation spatiotemporelle des sites d'étude en fonction des variables abiotiques montrent deux groupes corrélés en fonction de la pollution (Fig. 5). Le groupe 1 constitué des sites Kambo, Dima, Batika et Miana présentent des éléments de minéralisation et organiques faibles. Le groupe 2 constitué des sites Longmayagui, Tongo'o, Bassa, Moussadi, Ngoua et Bobongo présente des éléments de minéralisation et organique très élevés. Ces groupes définissent donc un gradient de pollution chimique et organique.

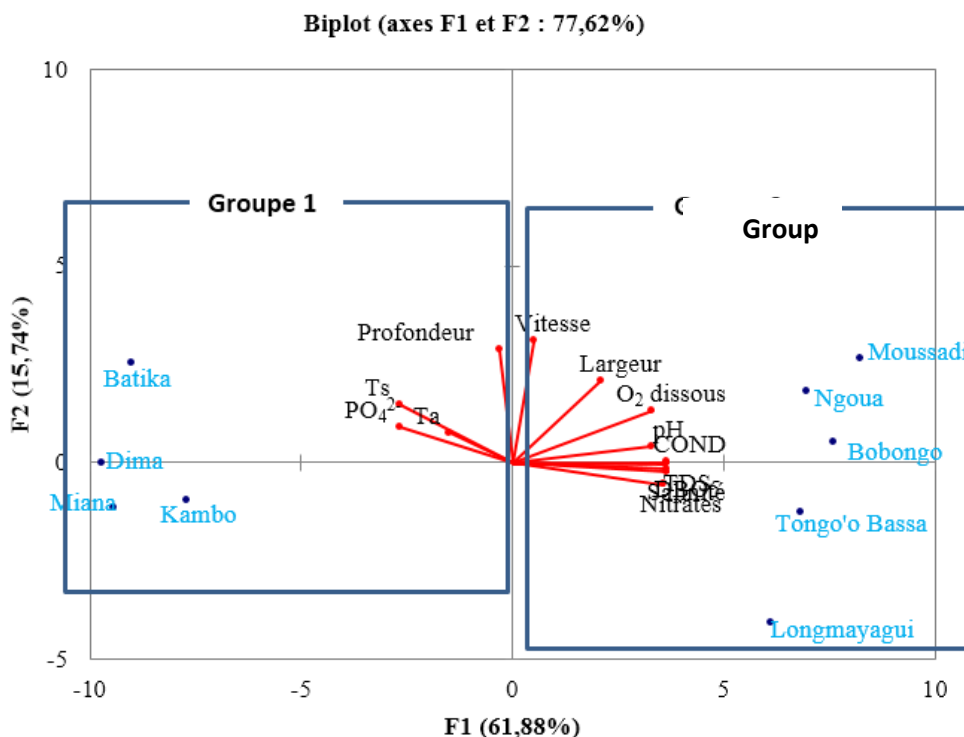


Fig. 5 : Rapprochement des stations en fonction des variables abiotiques dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Ta = température ambiante, Ts = température de l'eau, O₂ dissous = oxygène dissous, DBO₅, Cond. = conductivité et TDS = taux de solides dissouts, pH = potentiel d'hydrogène, PO₄²⁻).

3.5 INVENTAIRE FLORISTIQUE DES MACROPHYTES DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FLORE MICRO-ALGALE

La richesse spécifique des macrophytes s'élève à 25 familles réparties en 53 genres et 71 espèces. La famille la plus importante est celle des Poacées (15 genres et 24 espèces). L'indice de diversité de Shannon est variable et montre deux zones : la première montre des valeurs élevées et la deuxième des valeurs faibles (Fig. 6). Il est maximal à Longmayagui (2,718) et minimal à Miana (1,676). La régularité suit la même séquence que l'indice de diversité et varie de 0,92 (Longmayagui) à 0,76 (Batika).

Ces différentes espèces se répartissent le long de chaque cours d'eau en groupements selon l'abondance et la dominance. La dominance varie de 92,04% (Longmayagui) à 77,87% (Miana) (Fig. 7).

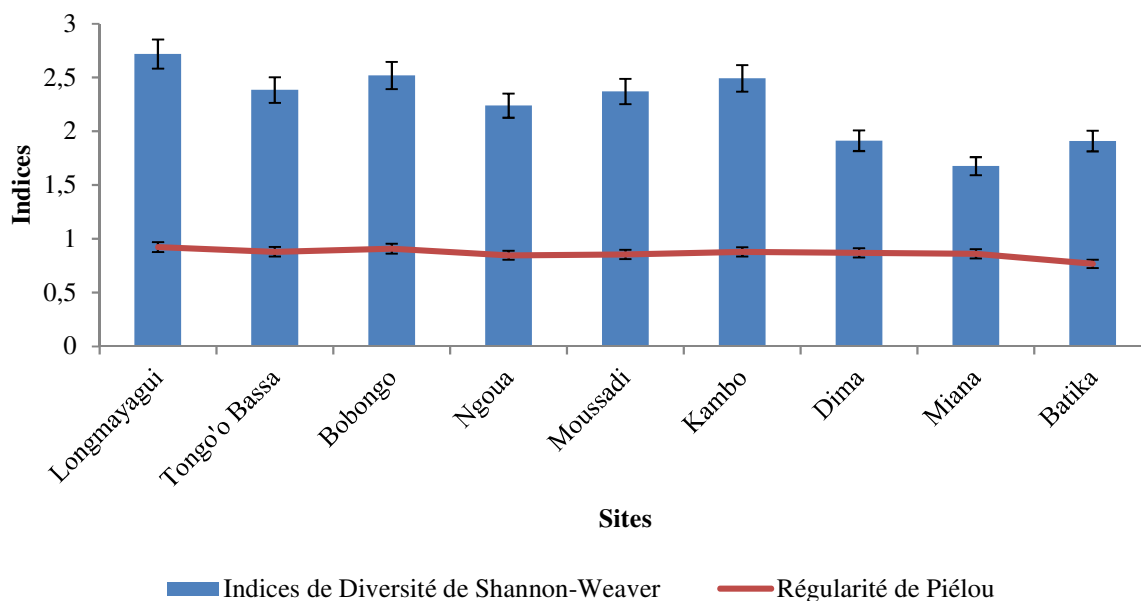


Fig. 6. Moyennes des indices de diversité de Shannon-Weaver et de régularité de Pielou.

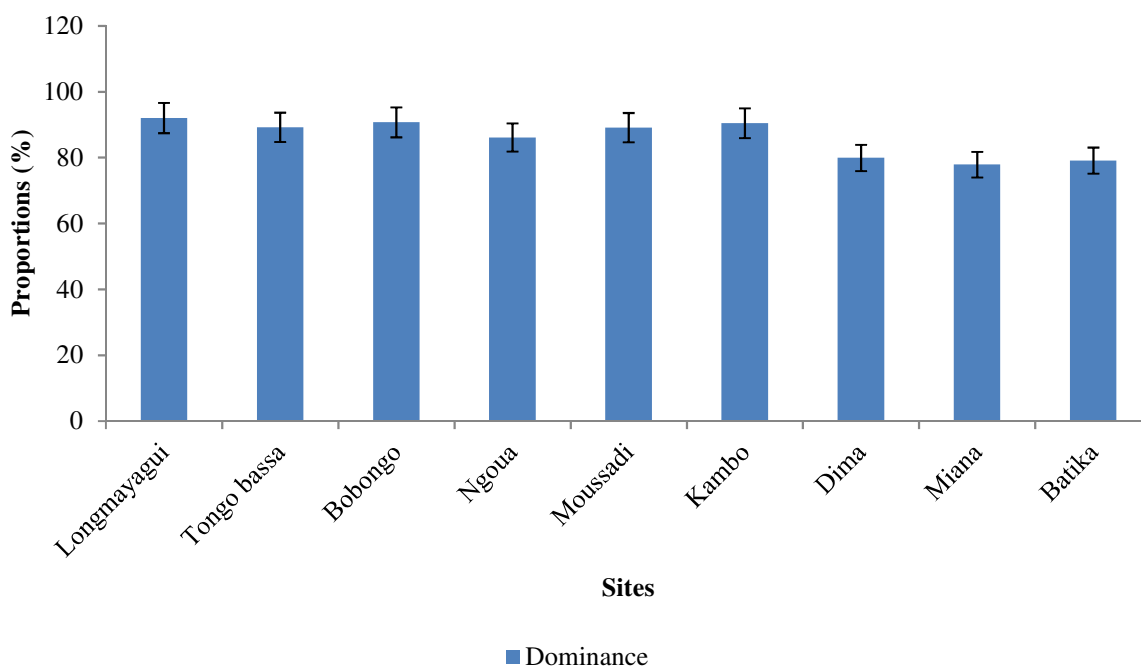


Fig. 7. Variation des dominances moyennes des espèces de macrophytes dans les sites d'étude.

3.6 VARIATION DE LA DENSITE DE *URONEMA ELONGATUM* EN FONCTION DE LA SALINITE DE L'EAU DES SITES D'ETUDE

Les courbes de variation de *Uronema elongatum* montrent deux principales zones : dans la première, alors que la densité est élevée à Kambo, Dima, Miana et Batika, la salinité est faible ; dans la deuxième zone, l'augmentation de la salinité traduit une baisse de la densité dans les sites Longmayagui, Tongo'o Bassa, Bobongo, Ngoua et Moussadi (Fig. 8).

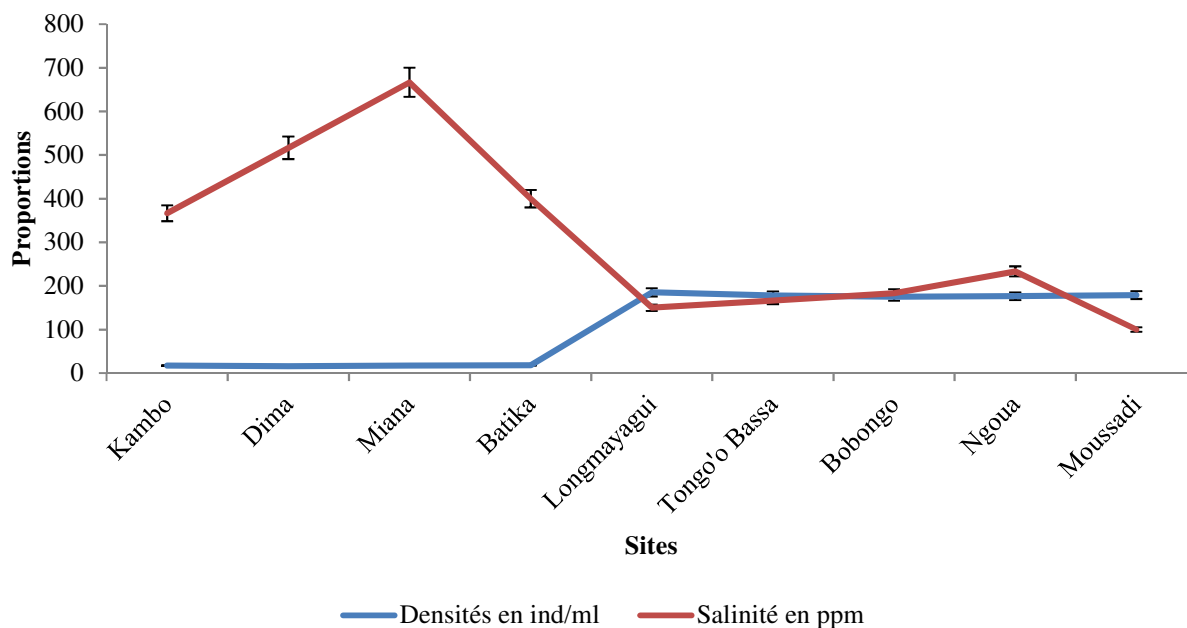
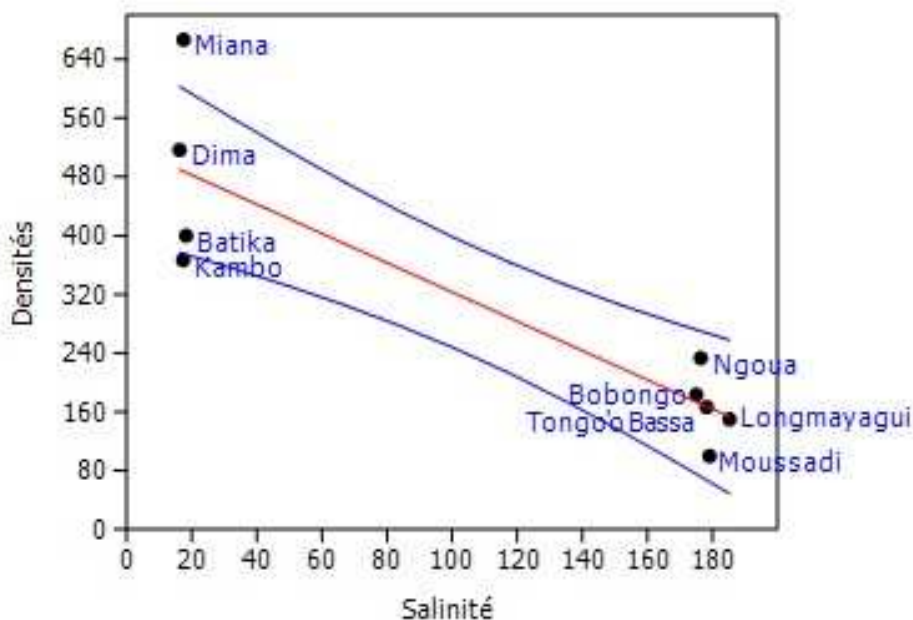


Fig. 8. Evolution de la densité de *Uronema elongatum* en fonction de la densité.

3.7 CORRELATION DE LA DENSITE A LA SALINITE DES SITES D'ETUDE

Il existe une forte corrélation (le coefficient de corrélation, $r = 0,88587$) entre la salinité des cours d'eau et la densité de *Uronema elongatum* dans les différents sites (Fig. 9). Il est constaté que les sites de salinité faible sont plus denses et ceux de salinité élevée sont moins denses. Une prédiction peut être établie sur la densité de cette espèce dans un site connaissant le degré de salinité de l'eau et d'exposition à la lumière.



— = intervalle de confiance ; — = droite de régression linéaire.

Fig. 9. Corrélation de la variation de la densité de *Uronema elongatum* en fonction de la salinité.

4 DISCUSSION

La description morphologique de *Uronema elongatum* est proche de celle obtenue par [21] qui ont inventoriés les algues du Lac Erié. Dans leurs travaux, ils ont montré que les filaments de cette espèce sont fixés, rarement rigides, relativement courts. Les cellules sont cylindriques avec des chromatophores en forme de boucle. La cellule terminale est asymétriquement effilée. Les cellules sont de 6 à 9 µm de diamètre. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par [22]. La variation de la densité de *Uronema elongatum* montre qu'elle est présente dans tous les cours d'eau. Dans les sites pollués, elle est faible par rapport aux sites moins pollués, très élevés. Les espèces des sites pollués sont de petites tailles. Celles des sites moins pollués sont de grandes tailles. Ces résultats sont en accord avec ceux de [23] qui ont travaillé sur la répartition des communautés algales du barrage Haranbaree et la rivière Mosam du Maharashtra. Dans leurs travaux, ils ont montré que la variation morphologique des espèces dépend de la charge polluante du cours d'eau. Cette espèce polluo-résistante préfère les cours d'eau moins pollués. Les résultats montrent que les espèces fixées sur les macrophytes sont plus denses que les espèces de pleine eau et fixées sur les roches. Il existe donc une préférence d'habitat chez cette espèce. Elle pourrait être qualifiée d'épiphyte facultative. [8], dans ses travaux sur l'utilisation des Diatomées comme indicatrices de la qualité des eaux a montré que la préférence d'habitat est un facteur très important dans la mesure où une espèce d'eau courante qui vit fixée est plus exposée à la pollution que les espèces de pleine eau.

Les températures ambiantes et de l'eau varient très peu entre les sites. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les sites d'étude soient situés dans la même zone climatique. [24], [25] ayant travaillé respectivement sur la diversité et l'écologie des algues des zones humides des rivières Kambo et Longmayagui (Douala) et la diversité et l'écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo ont trouvé des résultats similaires. Dans leurs travaux, ils ont montré que les rivières de la région du Littoral restent chaudes sur l'année avec des températures ambiantes moyennes journalières d'au moins 26 °C. La répartition des variables abiotiques montre un regroupement des sites en fonction du degré de pollution des eaux. Les eaux de la rivière Kambo proches de celles des rivières Miana, Batika et Dima présentent des valeurs de minéralisation et de DBO₅ relativement proches. Les eaux des rivières Longmayagui, Bobongo, Ngoua, Tongo'o Bassa et Moussadi présentent quant à elles des valeurs très élevées et relativement proches. Or [25] montrent dans leurs travaux que la rivière Kambo est située en zone périurbaine dans un milieu peu anthropisé où il est remarqué des activités telles que l'agriculture de subsistance. Les rivières Dima, Batika et Miana sont situées en zone rurale, très peu anthropisées et donc l'agriculture de subsistance est la principale dans le milieu. Ceci justifierait le rapprochement entre ces paramètres abiotiques de minéralisation de l'eau. [24], [25], [26], [27], [28] ont trouvé des résultats similaires. Dans leurs travaux sur ces rivières, ils ont montré que le degré de minéralisation suit le gradient longitudinal de la rivière, de l'amont vers l'aval. Tous les polluants dans les rivières situées en centre ville telles que Moussadi, Tongo'o Bassa, Bobongo, Ngoua et Longmayagui ont principalement la même source : il s'agit des industries de la zone industrielle de Douala, Bassa (PILCAM, Société Anonyme des Brasseries du Cameroun, SIC CACAO, METAFRIQUE et Guinness Cameroun).

La diversité des macrophytes est relativement faible dans les sites d'étude. Les indices de dominance sont très élevés ; ce qui veut dire qu'il y a dominance d'une ou quelques espèces. Or, la répartition des macrophytes dans ces sites suit un gradient longitudinal du cours d'eau. Ces macrophytes s'organisent en groupements végétaux. [19], ont montré dans leurs travaux sur la diversité et l'écologie des macrophytes de la rivière Kambo que les macrophytes s'organisent en groupement végétaux suivant le gradient longitudinale du cours d'eau non seulement par la nature des polluants mais aussi par la compétition interspécifique. Le développement d'une espèce qui trouve des conditions favorables peut inhiber celui d'autres espèces. Cependant, [17] a montré dans ses travaux sur la diversité et l'écologie des macrophytes de la rivière Batika que les groupements majoritaires sont à *Anubias barteri* ; ce qui témoigne la présence d'ombre dans le site d'étude.

Les macrophytes de Tongo'o Bassa, Ngoua, Bobongo et Longmayagui sont situées dans une zone à « ciel ouvert », avec une exposition complète à la lumière solaire. Ces rivières sont des drains entretenus et dont constitués d'espèces de macrophytes pionnières. Par ailleurs, les macrophytes de Kambo et Moussadi sont dans des zones peu dégradées, constituées d'espèces de transition ; ce qui permet à la couverture végétale d'empêcher la pénétration excessive de la lumière. Ces deux sites se rapprochent des sites Batika, Dima et Miana situés dans une forêt ombrophile. Ces différences d'habitat peuvent expliquer la variation des groupes de densité des sites montrés par l'analyse des facteurs physiques. La corrélation de la densité en fonction de la salinité associée à l'habitat permet de montrer que cette espèce prolifère dans des zones non polluées mais résistante à des concentrations élevées de polluants minéraux et organiques.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de connaître l'écologie de *Uronema elongatum* des eaux douces courantes de la région du Littoral (Cameroun). Les variations des paramètres abiotiques sont plus marquées au niveau spatial que temporel. A l'exception de la température, tous les paramètres mesurés varient significativement des rivières situées en centre ville de Douala par rapport aux rivières de Yabassi et de la périphérie de Douala. *Uronema elongatum* est filamenteuse avec des chromatophores en boucle. Sa densité décroît avec la pollution minéralo-organique des cours d'eau d'une valeur maximale à la rivière Miana de 1 250 ind/l. Cette densité est plus importante sur les macrophytes et très faible sur les roches. *Uronema elongatum* est de grande taille dans les rivières moins polluées et de petite taille dans les rivières très polluées. Il en ressort que *Uronema elongatum* est une espèce filamenteuse, épiphyte, polluo-résistante qui prolifère dans les eaux courantes de la région du Littoral au Cameroun. Cette espèce peut être utilisée comme indicatrice de pollution dans cette région. Une surveillance des cours d'eau pourrait être mise en place à partir des indices de pollution à *Uronema elongatum*.

REFERENCES

- [1] Bemmo, N., Njine, T., Nola, N. M., Ngamga, D., *Techniques utilisées au niveau des quartiers péri-urbains pour l'évacuation des eaux usées et excréta humains : proposition de systèmes appropriés*, Yaoundé, Cameroun, p. 121, 1998.
- [2] Fogwé, N. Z., Tchotsoua, M., *Evaluation géographique de deux décennies de lutte contre les inondations dans la ville de Douala (Cameroun)*, Rapport, Université de Douala
http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR_2-p3_Fogwe.pdf, 2007.
- [3] Folack, J., Mbome, I. L., Bokwe, A., Tangang, A., *Profil côtier du Cameroun. Projet Grand Ecosystème Marin du Golfe de Guinée, Ministère de l'environnement et des forêts*, p. 73, 1999.
- [4] R. J. Priso, S. D. Dibong, C. Tchinda-Metagne, V. Taffouo, N. Din, A. Amougou, "Impacts des eaux polluées sur la croissance, les teneurs en chlorophylles et substances organiques dans les feuilles de deux *Poaceae*", *Int. J. Biol. Chem. Sci.* vol. 4, n° 4, pp. 1122-1129, 2010.
- [5] F. Ramade, "Proposal of ecotoxicological criteria for the assessment of the impact of pollution on environmental quality", *Toxicological and Environmental chemistry*, vol 13, pp. 189-203, 1987.
- [6] N. Sauberer, K.P. Zulka, M. Abensperg-Traun, H.M. Berg, G. Bieringer, N. Milasowsky, D. Moser, C. Plutzar, M. Pollheimer, C. Storch, R. Trostl, H. Zechmeister, G. Grabherr, "Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of Eastern Austria". *Biological Conservation*, vol. 117, pp. 181-190, 2004.
- [7] Buchez, A., Dorigo, U., Rimet, F., *Surveillance des impacts environnementaux d'effluents aqueux de sites industriels par les Diatomées dulçaquicoles*, Etude Record n°071016/1A, p. 175, 2010.
- [8] Berne, *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : donnée Niveau R (région)*, OFEV, p. 122, 2007.
- [9] S. D. Dibong, G. P. Ndjouondo, "Inventaire floristique et écologie des algues des rivières Kambo et Longmayagui de la zone humide de Douala (Cameroun)", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 8, no. 6, pp. 2560-2577, 2014.
- [10] Tatso, R., *Etude exploratoire des techniques de réalisation des cartes d'aléa d'inondation : cas de la ville de Douala Cameroun*, Projet personnel M2 IASIG 2010-2011, Université Douala/ENSG UMLV, p. 16, 2011.
- [11] Folack, J., Mbome, I. L., Bokwe, A., Tangang, A., *Profil côtier du Cameroun. Projet Grand Ecosystème Marin du Golfe de Guinée, Ministère de l'environnement et des forêts*, p. 73, 1999.
- [12] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues vertes*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1966.
- [13] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues jaunes et brunes*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1968.
- [14] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues bleues et rouges*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1970.
- [15] P. Compère, "Algues du Sahara et de la région du Lac Tchad", *Bull. Jard. Bot. Nat.*, vol. 37, no. 2, pp. 109-288, 1967.
- [16] P. Compère, "Algues de la région du lac Tchad. VI. Chlorophycophytes (2^e partie : Ulotrichophycées, Zygnematacées)", *Cah. O.R.S.T.O.M., ser Hydrobiol*, vol. 10, no. 3, pp. 135-200, 1976.
- [17] R. Grönblad, G.A. Prowse, A.M. Scott, "Sudanese Desmids", *Acta Botanica Fennica*, vol. 58, no. 1-82, 1958.
- [18] Iltis, A., *Les algues*, In : J. R. Durand, C. Lévêque, (Eds), Flore et Faune aquatique de l'Afrique Sahélo – Soudanienne. Tome 1. ORSTOM, collection initiation, documents techniques n° 44, Paris, pp. 9-61, 1980.
- [19] Braun-Blanquet, J., *Pflanzensoziologie*, Springer Verlag, Wien, p. 865, 1964.
- [20] Massens, D. Y. B., *Etude phytosociologique de la région de Kikwit (Bandudu, Rép. Dém. Du Congo)*, Thèse, Université libre de Bruxelles, p. 398, 1997.
- [21] C. E. Taft, W. J. Kishler, "Algae from Western Lake Erie", *The Ohio State University, Ohio Journal of Science*, vol. 68, n° 2, pp. 80-83, 1968.
- [22] W. H. Kusber, V. Huck, C. Treuber, R. Jahn, "Phykologische Bestandsaufnahme am Geo-Tag der Artenvielfalt 7./8. Juni 2002 in Berlin (Fort und Grünanlage Hahneberg in Staaken)", *Phykologische Notizen* (Berlin), pp. 1-14, 2002.

- [23] S. N. Nandan, N. H. Aher, "Algal community used for assessment of water quality of Haranbaree dam and Mosam river of Maharashtra", *J. Environ. Biol.*, vol. 26, pp. 223-227, 2005.
- [24] S. D. Dibong, G. P. Ndjouondo, "Inventaire floristique et écologie des algues des rivières Kambo et Longmayagui de la zone humide de Douala (Cameroun) ", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 8, no. 6, pp. 2560-2577, 2014.
- [25] S. D. Dibong, G. P. Ndjouondo, "Inventaire floristique et écologie des macrophytes aquatiques de la rivière Kambo à Douala (Cameroun)", *J. Appl. Biosci.*, vol. 80, pp. 7147-7160, 2014.
- [26] Fokou, T. G., *Inventaire floristique et écologie des macrophytes aquatiques et des microalgues de la rivière Tongo'o bassa à douala (cameroun)*, Mémoire, Université de Douala, p. 51, 2015.
- [27] Siyou, N. J., *Inventaire et diversité des macrophytes de la rivière Batika (Yabassi)*, Mémoire de Master II, ISH, Université de Douala, p. 57, 2015.
- [28] Millo, M., *Inventaire et écologie du phytoplancton de la rivière Batika (Yabassi)*, Mémoire de Master II, ISH, Université de Douala, p. 60, 2015.