

STRUCTURE ET DYNAMIQUE DES ALGUES PERIPHYTIQUES DES RIVIERES BATIKA (YABASSI) ET TONGO'O BASSA (DOUALA)

[STRUCTURE AND DYNAMIC OF PERIPHYTICS ALGAE OF BATIKA (YABASSI) AND TONGO'O BASSA RIVERS (DOUALA)]

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: The rampant and uncontrolled human impact degrades increasingly freshwater resources available in surface. The overall objective of the study is to determine the diversity and distribution of microalgal periphytics communities Batika and Tongo'o Bassa rivers. The specific objectives are to make a floristic inventory; measure the physicochemical parameters associated with these rivers and to identify their spatial and temporal variations. Organic materials and stones were sampled in each river. A total of 87 species were identified, of which about 39.08% of *Diatomophyceae*, 26.43% of *Chlorophyceae*, 11.49% of *Cyanophyceae*, 09.19% of *Zygothryx*, 08.04% of *Euglenophyceae*, 03.44% of *Dinophyceae*, 01.14% respectively *Chrysophyceae* and *Prasinophyceae*. Diatoms are the most frequent class in samples of river stations. *Chlorophyceae* are the most dominant class and dense in all stations. The *Uronema elongatum*, *Mougeotia* sp. and *Oedogonium* sp. 1 species are common to all stations. The specific changes in algal communities between stations located upstream from the stations located in the transition and downstream are striking, with a richness and diversity in higher epiphyton station 1 (46 species) and lower the epilithon station 6 (8 species).

KEYWORDS: anthropogenic, diversity, periphyton, Batika, Tongo'o Bassa.

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 la diversité et la distribution des communautés microalgales périphtiques des rivières Batika et Tongo'o Bassa. Les objectifs spécifiques sont de faire un inventaire floristique; mesurer les paramètres physicochimiques associés à ces rivières et d'en dégager leurs variations spatiotemporelles. Les supports organiques et les pierres ont été échantillonnés dans chaque rivière. Au total, 87 espèces ont été identifiées, parmi lesquelles environ 39,08% de Diatomées, 26,43% de Chlorophycées, 11,49% de Cyanophycées, 09,19% de Zygothryx, 08,04% d'Euglénophycées, 03,44% de Dinophycées, 01,14% respectivement de Chrysophycées et Prasinophycées. Les Diatomées constituent la classe la plus fréquente dans les prélèvements des stations des rivières. Les Chlorophycées constituent la classe la plus dominante et dense dans toutes les stations. Les espèces *Uronema elongatum*, *Mougeotia* sp. et *Oedogonium* sp. 1 sont communes à toutes les stations. Les variations spécifiques des communautés algales entre les stations situées en amont par rapport aux stations

situées à la transition et en aval sont marquantes, avec une richesse spécifique et une diversité plus élevées à l'épiphyton de la station 1 (46 espèces) et moins élevées à l'épilithon de la station 6 (8 espèces).

MOTS-CLEFS: anthropique, diversité, périphyton, Batika et Tongo'o Bassa.

1 INTRODUCTION

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 97% de ces eaux sont marines. Les 2,57% restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs. Or, seulement 1% des 2,57% est disponible pour les activités humaines [1]. Cependant, les activités humaines dans la région du Littoral conduisent à la dégradation des écosystèmes aquatiques, se manifestant par la destruction des habitats, la perte de la diversité biologique et de la qualité de l'eau dont la résultante est une modification du biotope (érosion, écroulement de terrain), la destruction ou la substitution des espèces végétales, les modifications de la composition spécifique [2], [3], [4]. En effet, la croissance démographique et le développement économique sont responsables de ces modifications majeures. L'industrialisation ascendante, le manque d'une véritable politique de gestion de l'environnement, la pauvreté des populations plombent la situation des villes de Douala et Yabassi. La ville de Douala connaît une occupation anarchique, intensive et incontrôlée [5], [6]. Les cours d'eau servent de dépotoir de déchets liquides et solides, particulièrement en milieu urbain [7]. Toutefois, les eaux courantes sont le centre d'intérêt pour les activités de l'homme à l'instar de l'alimentation, l'agriculture, l'industrie et le loisir [8]. Le maintien de la qualité de ces eaux est une préoccupation majeure pour les ressources en eau disponible [1]. La prise en compte des altérations provoquées par les activités humaines sur ces hydrosystèmes apparaît actuellement comme une préoccupation majeure. Ce contexte impose aujourd'hui une approche pluridisciplinaire des effets anthropiques associant l'étude des composantes biologiques et physicochimiques [9]. L'objectif général de l'étude est de déterminer la diversité et la distribution des communautés microalgales périphytiques des rivières Batika et Tongo'o Bassa. Les objectifs spécifiques sont de: faire un inventaire floristique du périphyton; mesurer les paramètres physicochimiques associés à ces rivières et d'en dégager leurs variations spatiotemporelles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITES D'ÉTUDE

La région du Littoral où sont situées les rivières Batika et Tongo'o Bassa est logée au fond du Golfe de Guinée. Le climat qui y règne est équatorial du 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].

Suivant le gradient longitudinal de chaque rivière, 3 stations ont été délimitées en amont, à la transition et en aval. A la rivière Batika, la station 1 (amont, 04° 27' 79" N - 099° 57' 09" E) est dans une zone agraire, laissée en jachère. Les stations 2 (transition, 04° 27' 71" N - 009° 56' 99 E) et 3 (aval, 04° 27' 59" N - 009° 56' 79" E) sont situées dans une forêt secondaire ombrophile (Fig. 1a). La principale activité anthropique de la région est l'agriculture de subsistance. A la rivière Tongo'o Bassa, la station 4 (amont, 04° 03' 28" N - 009° 43' 43" E) est située entre le pont de Sic-cacao et le pont du Tongo Bassa, et comprend les quartiers Sic-cacao Barry, Sic-cacao TSF, Maképè maturité, Bépanda petit marché (Fig. 1b). La station 5 (transition, 04° 03' 51" N - 009° 44' 05" E) est située entre les quartiers Maképè missokè et Bépanda. La station 6 (aval, 04° 04' 23" N - 009° 44' 05" E) 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.

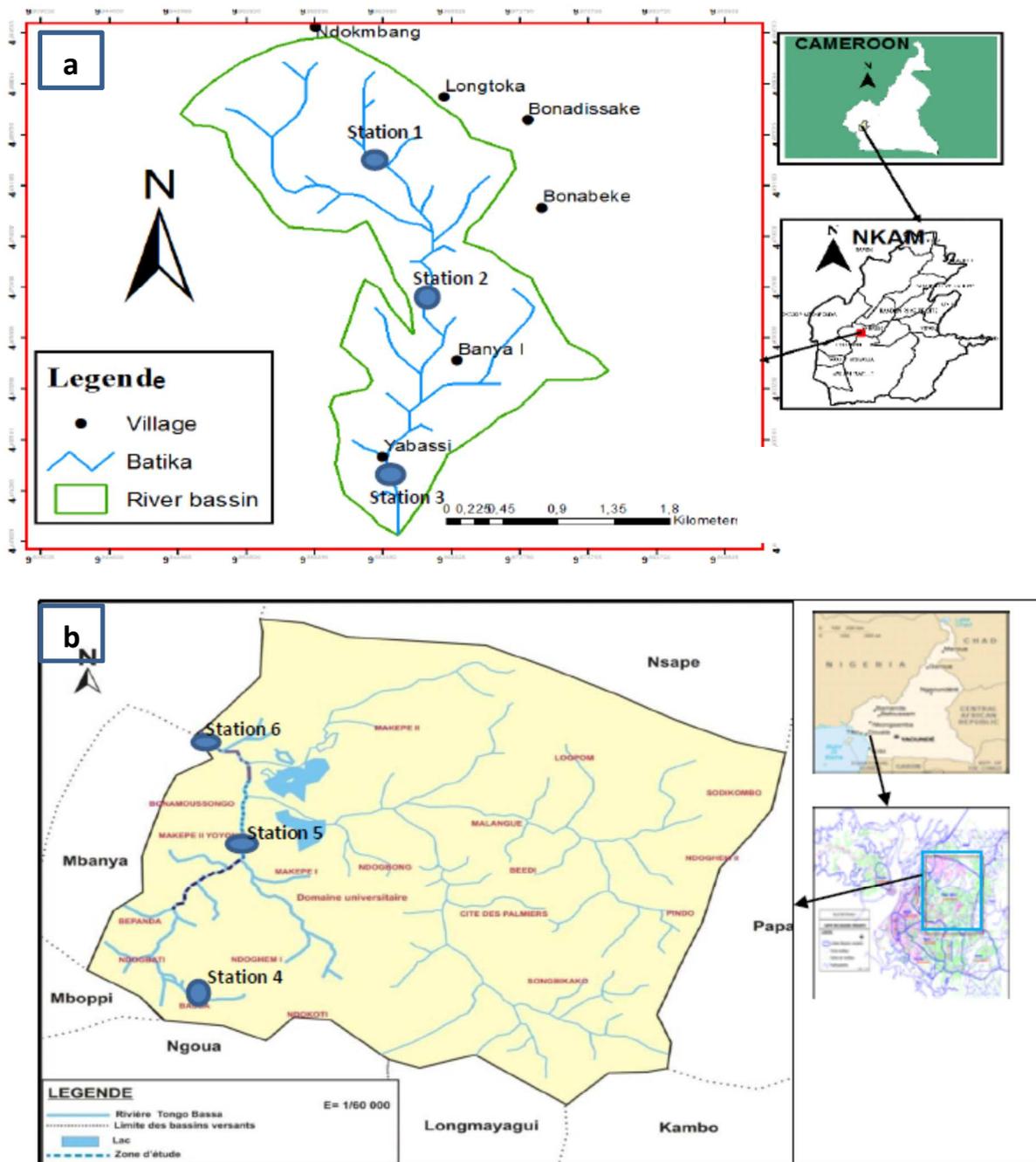


Fig. 1. Localisation des stations d'étude

- Stations d'échantillonnage des sites d'étude : (a) site 1 (Batika) et (b) site 2 (Tongo'o Bassa).

2.2 ECHANTILLONNAGE QUALITATIF

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.

2.3 ECHANTILLONNAGE QUANTITATIF

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.

2.4 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 : [6], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20].

2.4.1 PREPARATION DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE POUR L'ANALYSE DES DIATOMÉES

Des sous échantillons ont été effectués après homogénéisation et dilués à l'eau distillée. Les lamelles ont été placées à distance régulière sur la plaque chauffante. Après agitation, 0,5 ml du contenu du sous échantillon, a été déposé sur les lamelles et chauffé jusqu'à évaporation. Après dessiccation du matériel, la température a été augmentée pour carboniser la matière organique jusqu'à obtention de la couleur grise. Les lamelles couvre-objet ont été plongées dans de l'eau distillée pour éliminer les cendres. Plusieurs préparations ont ainsi été effectuées avec des dilutions différentes.

2.4.2 OBSERVATION MICROSCOPIQUE ET IDENTIFICATION DES DIATOMÉES

La préparation a été montée entre lame et lamelle. Ce travail au microscope comprend la détermination des espèces et le comptage des valves de Diatomées, comme les petites ornementsations des valves. Les clés d'identifications suivantes ont été utilisées : [12], [21].

2.5 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 400 individus ont été comptés. L'unité de comptage des filaments a été fixée à 100 µm comme 1 individu. Les colonies et les coenobes ont été considérées comme 1 individu [20].

2.5.1 COMPTAGE DES DIATOMÉES

Le comptage s'est effectué selon la méthode de [12]. Après détermination des Diatomées fréquentes dans un échantillon, le dénombrement des valves de Diatomées a été effectué. Au moins 400 valves ont été comptées. Toutes les valves trouvées en cours de dénombrement ont été identifiées, même celles de taxons qui n'ont pas de valeur indicatrice D. Le comptage s'est effectué sur toute la préparation en tenant compte de toutes les valves intactes ; les cellules entières ont été comptées comme 2 valves. Parmi les fragments, ceux qui présentent au moins une demi-valve ont été comptés.

2.6 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PHYSIQUES

2.6.1 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 la section mouillée et les profondeurs d'eau pour chaque station.

2.6.2 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 .

2.6.3 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 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 conventionnelle (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.

2.7 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

2.7.1 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.

2.7.2 INDICES DE DIVERSITÉ

L'introduction par les écologistes, de la notion de la diversité spécifique avait pour but de rendre compte de l'inégale répartition des individus entre les espèces. Parmi les indices établis pour l'estimation de cette diversité, l'indice de Shannon-Weaver (H') demeure le plus utilisé. Il est doté d'une supériorité incontestable par rapport aux autres. L'indice de Shannon-Weaver 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 en bits 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. L'indice de dominance « d » de Berger-Parker avec pour formule $d = N_{max}/N$; N_{max} est l'abondance maximale ou le nombre d'individus les plus fréquents du milieu et N l'abondance totale. Il établit la dominance des espèces et montre que, si d est faible c'est-à-dire qu'il tend vers 0, la diversité est grande et la dominance est nulle. Lorsque d tend vers 1, les espèces sont dominantes et la diversité est faible. L'indice D de Simpson est $D = \sum N_i (N_i - 1) / (N (N - 1))$. Cet indice représente la probabilité que deux individus choisis au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce. Pour connaître le nombre d'espèces dominantes, l'indice de Hill est calculé = $(1/D)/\exp H'$. Le coefficient de similitude de Sorensen, lequel met un accent remarquable sur la présence conjointe de deux espèces au même endroit est $Q = [2a/(2a + b + c)]$ avec $0 < Q < 1$, a = nombre d'espèces communes aux deux milieux ; b = nombre d'espèces présentes dans le milieu A et absentes dans le milieu B ; c = nombre d'espèces présentes dans le milieu B et absentes dans le milieu A a été utilisé.

2.7.3 DOMINANCE RELATIVE DES ESPÈCES À FREQUENCE SUPÉRIEURE À 25% DES PRÉLEVEMENTS

Le degré d'organisation de tout peuplement est l'une de ses caractéristiques primordiales. Il reflète principalement la distribution des dominances relatives (D_r) de chaque espèce et le spectre des fréquences relatives de l'espèce la plus abondante à la plus rare. La dominance relative d'une espèce est le rapport entre sa densité spécifique (D_a), en nombre d'espèces par unité de volume et la densité phytoplanctonique totale de l'échantillon (D_t) exprimée par la même unité : $D_r =$

Da/Dt. Plusieurs auteurs rapportent que les espèces qui contribuent pour moins de 1% à la composition quantitative globale sont à négliger; seules celles dont la dominance relative dépasse ce seuil sont considérées dominantes.

2.7.4 DENSITÉ

Le calcul de la densité (D) s'exprime par la formule : $D = N_i \times R \times 1\,000/v$, avec D en nombre d'individus par litre, N_i = nombre d'individus comptés pour l'espèce considérée, R = rapport entre la surface de la cellule de comptage et la surface du champ oculaire, 1 000 = facteur de conversion en litre et v = volume d'échantillon sédimenté en ml.

2.7.5 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) et la classification ascendente hiérarchique (CAH) grace au logiciel R version i386 2.15.0.

3 RÉSULTATS

3.1 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, représentés sous forme de cercles de corrélations (Fig. 2). L'axe F1 est corrélé positivement au pH, à la DBO₅, à la Conductivité, aux solides totaux dissous, à la salinité, à l'oxygène dissous et à la largeur du lit mouillé. Le côté négatif est corrélé à la vitesse du courant, à la profondeur de l'eau, aux phosphates, aux températures ambiantes et de l'eau. L'axe F2 est corrélé positivement à l'oxygène dissous, à la largeur moyenne du lit mouillé, à la vitesse du courant, aux phosphates, à la température ambiante, à la DBO₅, aux solides totaux dissous, à la conductivité et à la salinité. Le côté négatif de cet axe est corrélé à la température de l'eau, le pH et les nitrates. La composante factorielle F1 définit un gradient de pollution des cours d'eaux en rapprochant les stations 1, 2 et 3 formant le groupe I et les stations 4, 5 et 6 formant le groupe II (Fig. 3 et 4).

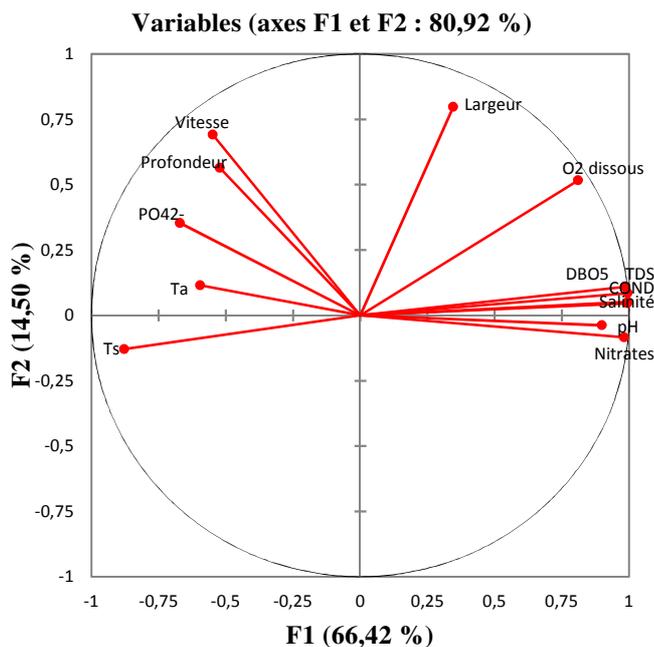


Fig. 2. Représentation des 13 paramètres physico-chimiques dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Ta = température ambiante, Ts = température de l'eau, O₂ dissous = oxygène dissous, DBO₅, Cond. = conductivité et TDS = taux de solides dissouts, pH = potentiel d'hydrogène, PO₄²⁻ = phosphates).

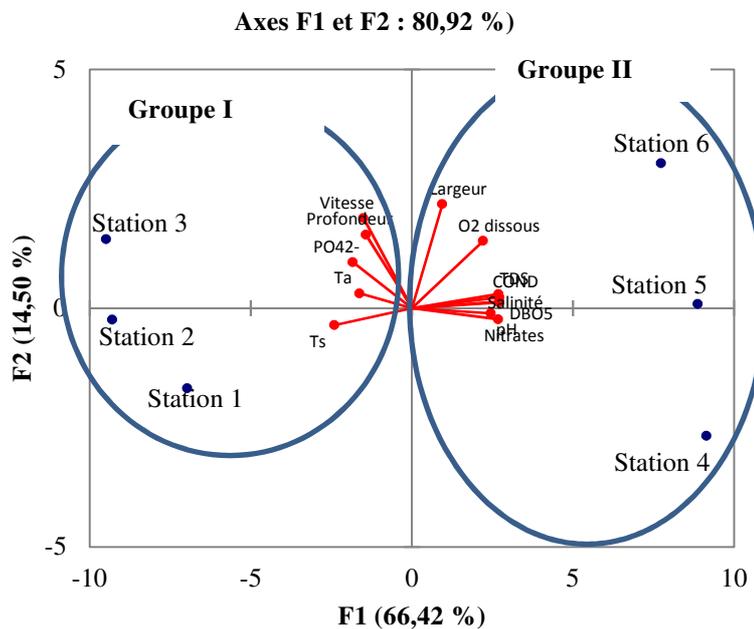


Fig. 3. Rapprochement des stations en fonction des variables abiotiques dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP (Ta = température ambiante, Ts = température de l'eau, O₂ dissous = oxygène dissous, DBO₅, Cond. = conductivité et TDS = taux de solides dissouts, pH = potentiel d'hydrogène, PO₄²⁻ = phosphates)

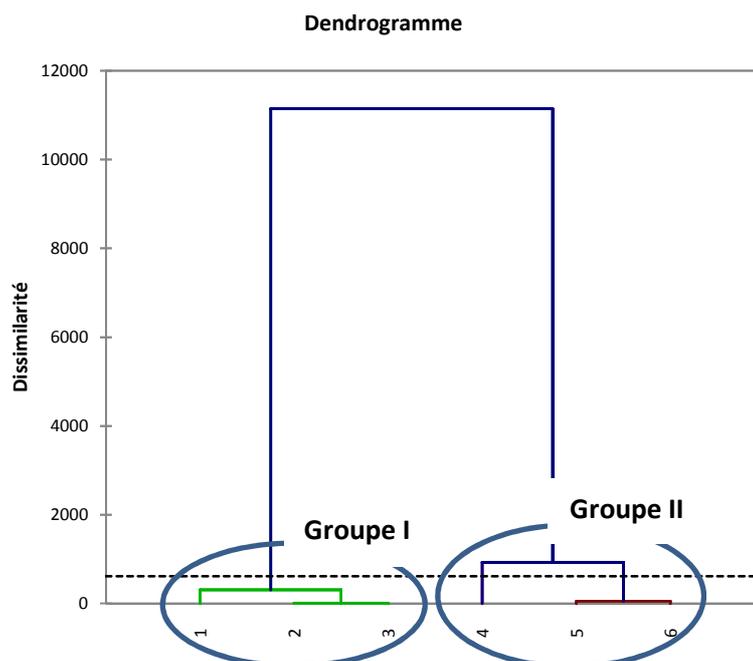


Fig. 4. Classification ascendante hiérarchique (CAH) des stations en fonction des variables abiotiques.

3.2 RICHESSE SPÉCIFIQUE

La richesse spécifique des sites d'étude s'élève à 8 classes réparties en 55 genres et 87 espèces (Tableau 1). La classe la plus importante est celle des Diatomées (39,08%) avec le genre *Cymbella* (4 espèces) suivie des Chlorophycées (26,43%) avec les genres *Chlamidomonas* et *Spirogyra* (4 espèces). Les classes les moins importantes sont celles des Chrysophycées et Prasinophycées (1,14%) avec les genres respectivement *Rhodomonas* et *Pyramimonas* (1 espèce).

Au site 1, la richesse spécifique est élevée à 6 classes réparties en 49 genres et 67 espèces (Figure 5). La classe la plus importante est celle des Diatomées (30 espèces) suivie des Chlorophycées (14 espèces). La classe la moins importante est celle des Dinophycées (2 espèces). Au site 2, la richesse spécifique est élevée à 8 classes réparties en 47 genres et 65 espèces. La classe la plus importante est celle des Diatomées (27 espèces) suivie des Chlorophycées (17 espèces). Les classes les moins importantes sont celles des Chrysophycées et Prasinophycées (1 espèce).

Tableau 1 : Richesse spécifique des sites d'étude.

Classes	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Proportions (%)
Diatomées	23	34	39,08
Chlorophycées	14	23	26,43
Zygophycées	5	8	9,19
Euglénophycées	2	7	8,04
Cyanophycées	7	10	11,49
Chrysophycées	1	1	1,14
Prasinophycées	1	1	1,14
Dinophycées	2	3	3,44

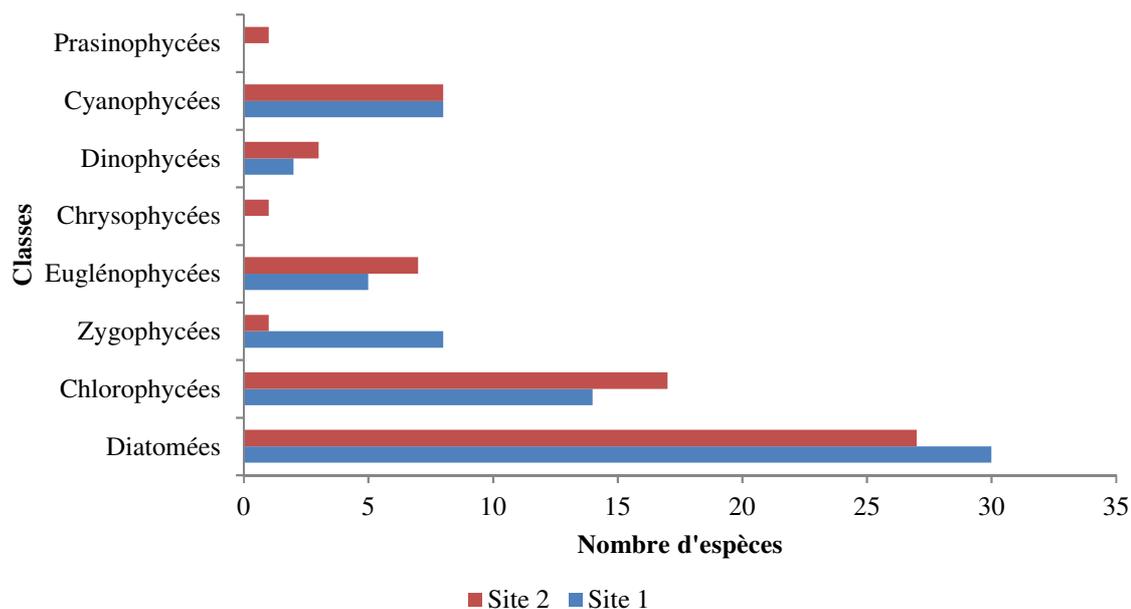


Fig. 5. Richesse spécifique par classe d'algues en fonction du nombre d'espèces des sites d'étude.

3.3 INDICES DE DIVERSITÉ

L'indice de diversité de Shannon est variable entre les habitats et les stations d'étude (Tableau 2). Il reste supérieur chez les épiphytes par rapport aux épilithes à chaque station. Il est maximal chez les épiphytes de la station 1 de 3,293 bits et minimal chez les épilithes de la station 6 de 2,008 bits. L'équitabilité de Pielou suit la même séquence que la diversité de Shannon. Elle est élevée dans toutes les stations (> 0,5) et varie de 0,985 (épilithes, station 5) à 0,824 (épiphytes, station 3). La dominance de Berger-Parker est proche de 0 dans toutes les stations d'étude. Elle varie de 0,037 (épiphyte, station 4) à 0,250 (épiphytes, station 3). L'indice D de Simpson varie de 0,142 (épiphytes, station 6) à 0,037 (épiphytes, station 3). L'indice de Hill montre que le nombre dominant d'espèces est variable dans toutes les stations. Il est maximal chez les épiphytes de la station 5 (18 espèces) et minimal chez les épilithes de la station 6 (7 espèces). L'indice de similitude de Sorensen est faible entre les habitats des stations (Fig. 6). Il varie de 0,22 (épiphyte 1-épilithe 1, station 1) à 0,44 (épiphyte 5-épilithe 5, station 5).

Tableau 2 : Répartition des indices de diversité des différents habitats des stations d'étude (H' = indice de Shannon-Weaver, E' = équitabilité, d = dominance de Berger-Parker, D = dominance de Simpson et A = indice de Hill).

Indices			H'	E'	d	D	A
Sites	Stations	Habitat					
1	1	Epiphyte	3,293	0,860	0,150	0,060	16
		Epilithe	2,427	0,946	0,173	0,100	10
	2	Epiphyte	2,901	0,844	0,222	0,094	10
		Epilithe	2,342	0,913	0,200	0,116	8
	3	Epiphyte	2,955	0,824	0,250	0,105	9
		Epilithe	2,800	0,968	0,107	0,066	15
2	4	Epiphyte	3,519	0,947	0,090	0,037	27
		Epilithe	2,868	0,974	0,107	0,061	16
	5	Epiphyte	3,062	0,951	0,128	0,055	18
		Epilithe	2,902	0,985	0,090	0,057	17
	6	Epiphyte	2,605	0,939	0,217	0,092	10
		Epilithe	2,008	0,965	0,214	0,142	7

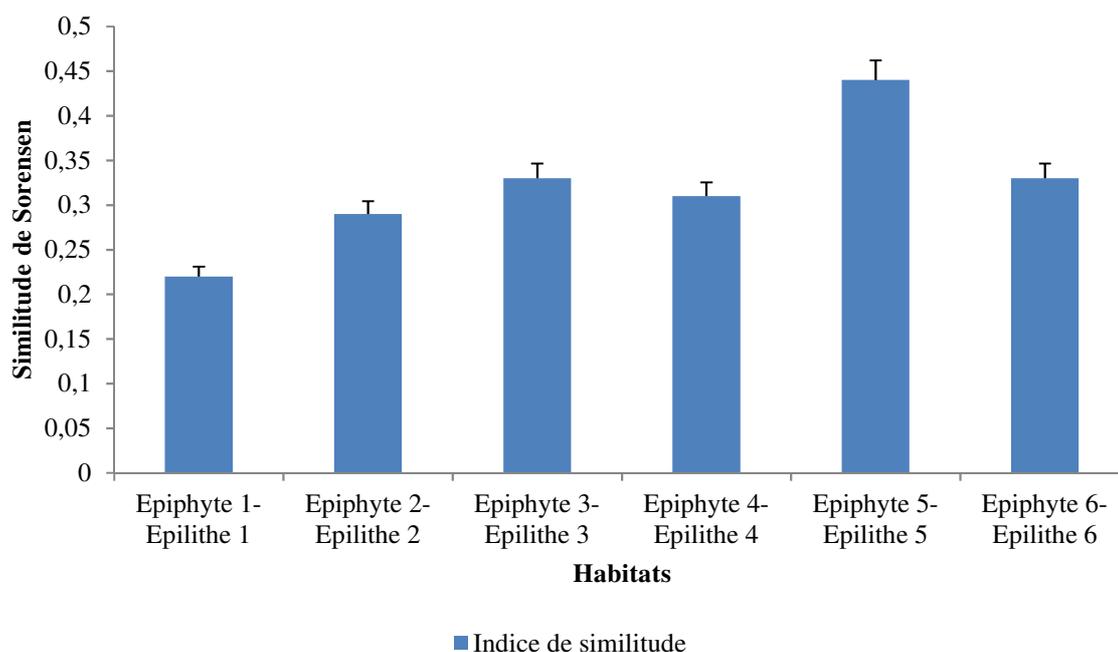


Fig. 6. Variation de l'indice de similitude en fonction des habitats des différentes stations.

3.4 DOMINANCE RELATIVE DES ESPECES A FREQUENCE SUPERIEURE A 25% DES PRELEVEMENTS

La dominance relative est supérieure à 1% chez les espèces dont la fréquence relative est supérieure à 25% des prélèvements des stations du site 1, exception faite des espèces *Tabellaria flocculosa*, *Pinnularia gibba*, *Stigeoclonium* sp., *Navicula cryptocephalla* et *Fragilaria capucina* qui ont une dominance inférieure à 1% à la station 1 (Tableau 3a). Parmi ces espèces, *Uronema elongatum* apparaît la plus dominante dans toutes les stations du site 1, d'un maximum à la station 3 de 0,250. Elle est suivie de *Oedogonium* sp. de valeur maximale 0,170 à la station 3. Les espèces les moins dominantes (0,013) appartiennent à la station 2 et sont respectivement : *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Closterium leibleinii*, *Cyclostephanos* sp., *Fragilaria vaucheriae*, *Fragilaria capucina* et *Rivularia aquatica*.

Tableau 3a : Variation des dominances relatives des espèces de fréquence supérieure à 25% des prélèvements dans les stations du site 1.

Espèces	Stations		
	1	2	3
<i>Uronema elongatum</i>	0,155	0,222	0,250
<i>Oedogonium</i> sp.1	0,101	0,167	0,170
<i>Mougeotia</i> sp.	0,015	0,013	0,014
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,007	0,027	0,029
<i>Spirogyra</i> sp.1	0,030	0,013	0,044
<i>Mélosira varians</i>	0,037	0,041	0,073
<i>Pinnularia gibba</i>	0,007	0,027	0,014
<i>Closterium leibleinii</i>	0,030	0,013	0,014
<i>Cyclostephanos</i> sp.	0,022	0,013	0,014
<i>Cyclotella stelligera</i>	0,037	0,027	0,029
<i>Stigeoclonium</i> sp.	0,007	0,013	0,014
<i>Cymbella kappii</i>	0,022	0,056	0,058
<i>Diatoma tenuis</i>	0,015	0,013	0,014
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	0,022	0,013	0,014
<i>Navicula cryptocephalla</i>	0,007	0,027	0,014
<i>Fragilaria capucina</i>	0,007	0,013	0,014
<i>Rivularia aquatica</i>	0,030	0,013	0,014

Au site 2, toutes les espèces à fréquence relative supérieure à 25% sont dominantes. Cependant, *Rivularia aquatica* est la plus dominante de 0,217 (station 6) par rapport à *Tabellaria flocculosa*, *Lyngbya martensiana*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Thalassiosira pseudonanas*, *Microspora* sp. et *Gloeotrichia* sp. moins dominantes de 0,015 (station 1) (Tableau 3b).

Tableau 3b : Variation des dominances relatives des espèces de fréquence supérieure à 25% des prélèvements dans les stations du site 2.

Espèces	Stations		
	4	5	6
<i>Uronema elongatum</i>	0,030	0,076	0,086
<i>Oedogonium</i> sp.1	0,030	0,128	0,086
<i>Euglena fusca</i>	0,045	0,051	0,086
<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,015	0,025	0,043
<i>Lyngbya martensiana</i>	0,015	0,051	0,043
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	0,015	0,025	0,043
<i>Thalassiosira pseudonanas</i>	0,015	0,025	0,043
<i>Euglena mutabilis</i>	0,030	0,076	0,130
<i>Rivularia aquatica</i>	0,090	0,076	0,217
<i>Phacus acuminatus</i>	0,030	0,025	0,043
<i>Microspora</i> sp.	0,015	0,025	0,043
<i>Chlamidomonas ovata</i>	0,030	0,051	0,043
<i>Gloeotrichia</i> sp.	0,015	0,025	0,043
<i>Rhodomonas</i> sp.	0,030	0,025	0,086
<i>Phacus orbicularis</i>	0,015	0,025	0,043
<i>Mougeotia</i> sp.	0,030	0,051	0,043

3.5 DENSITES MOYENNES DES DIFFERENTES CLASSES D'ALGUES DES SITES D'ETUDE

La variation de la densité moyenne des différentes classes d'algues montre 2 zones (Fig. 7). La première zone représentant les stations du site 1 est caractérisée par des valeurs relativement élevées de densité. La deuxième zone, quant à elle montre des valeurs faibles de densité. Elle représente les stations du site 2. Les Chlorophycées restent les plus denses de la station 1 à la station 6 avec une densité maximale de 18 500 ind/l (station 1). Les Cyanophycées et les Diatomées qui apparaissent secondairement, fluctuent entre les stations d'étude. Les Prasinophycées et Chrysophycées demeurent les moins denses et apparaissent uniquement à la station 4 de 400 ind/l. La densité totale décroît de la station 1 (55 600 ind/l) à la station 6 (8 400 ind/l).

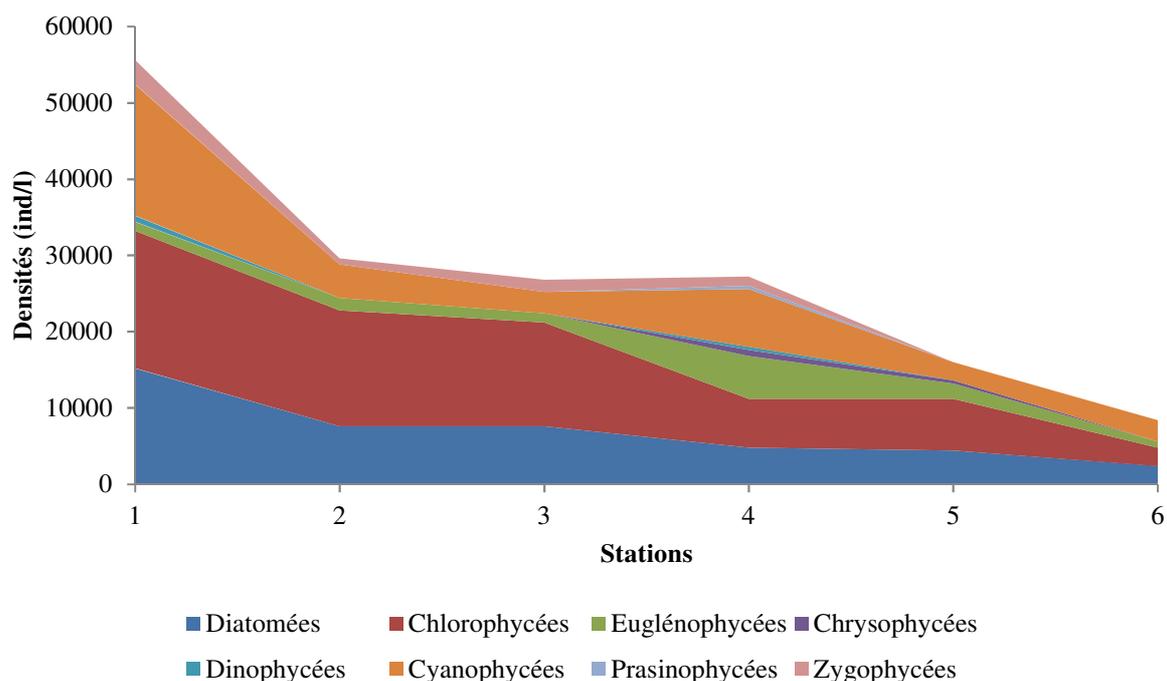


Fig. 7. Densités moyennes des différentes classes d'Algues en fonction des stations.

3.6 VARIATION SPATIOTEMPORALE DES STATIONS EN FONCTION DES ESPECES

Les résultats de l'AFC montrent 3 groupes de stations définis par des espèces qui leur sont communes (Fig. 8). Les axes F1 et F2 (49,21% d'inertie) sont corrélés négativement au groupe I comprenant les stations 1, 2 et 4, et constitué des espèces *Cosmarium margaritatum*, *Rivularia* sp. 1, *Mélosira varians*, *Peridinium* sp., *Planothidium lanceolatum*, *Glenodinium* sp., *Chlamidomonas* sp. 1, *Closterium* sp., *Cyclostephanos* sp., *Cyclotella stelligera*, *Cymbella kappii*, *Nitzschia intermedia*, *Closterium leibleinii*, *Oscillatoria chalibae*, *Cymbella ventricosa*, *Merismopedia elegans*, *Ankistrodesmus gracilis*, *Astasia torta*, *Nostoc entophyllum*, *Ankistrodesmus* sp., *Gloeocystis* sp., *Tabellaria fenestrata*, *Aphanocapsa littoralis*, *Stigeoclonium aestivale*, *Fragilariforma viriscens*, *Achnanthes minutissima*, *Chlamidomonas ovata*, *Rivularia* sp. 2, *Chlorella* sp., *Euglena fusca*, *Pyramimonas* sp., *Tabellaria binalis*, *Staurastrum* sp., *Phacus longicauda* et *Rivularia* sp. 3. Par contre, ces axes sont corrélés positivement au groupe II comprenant les stations 5 et 6, et constitué par les espèces *Gloeotrichia* sp., *Chlamidomonas* sp. 2, *Ulothrix bipyrenoidosa*, *Spirogyra* sp. 3, *Aulacoseira granulata*, *Chlamidomonas* sp. 3, *Stenopterobia* sp. et *Nitzschia intermedia*. La station 3 par rapport aux axes F1 et F2 est une entité isolée des sites constituant le groupe III dont les espèces sont *Spirogyra gracilis*, *Euglena* sp., *Achnantheidium linearis*, *Closterium acerosium*, *Euglena viridis*, *Epithemia adnata*, *Nitzschia sigma*, *Melosira* sp.

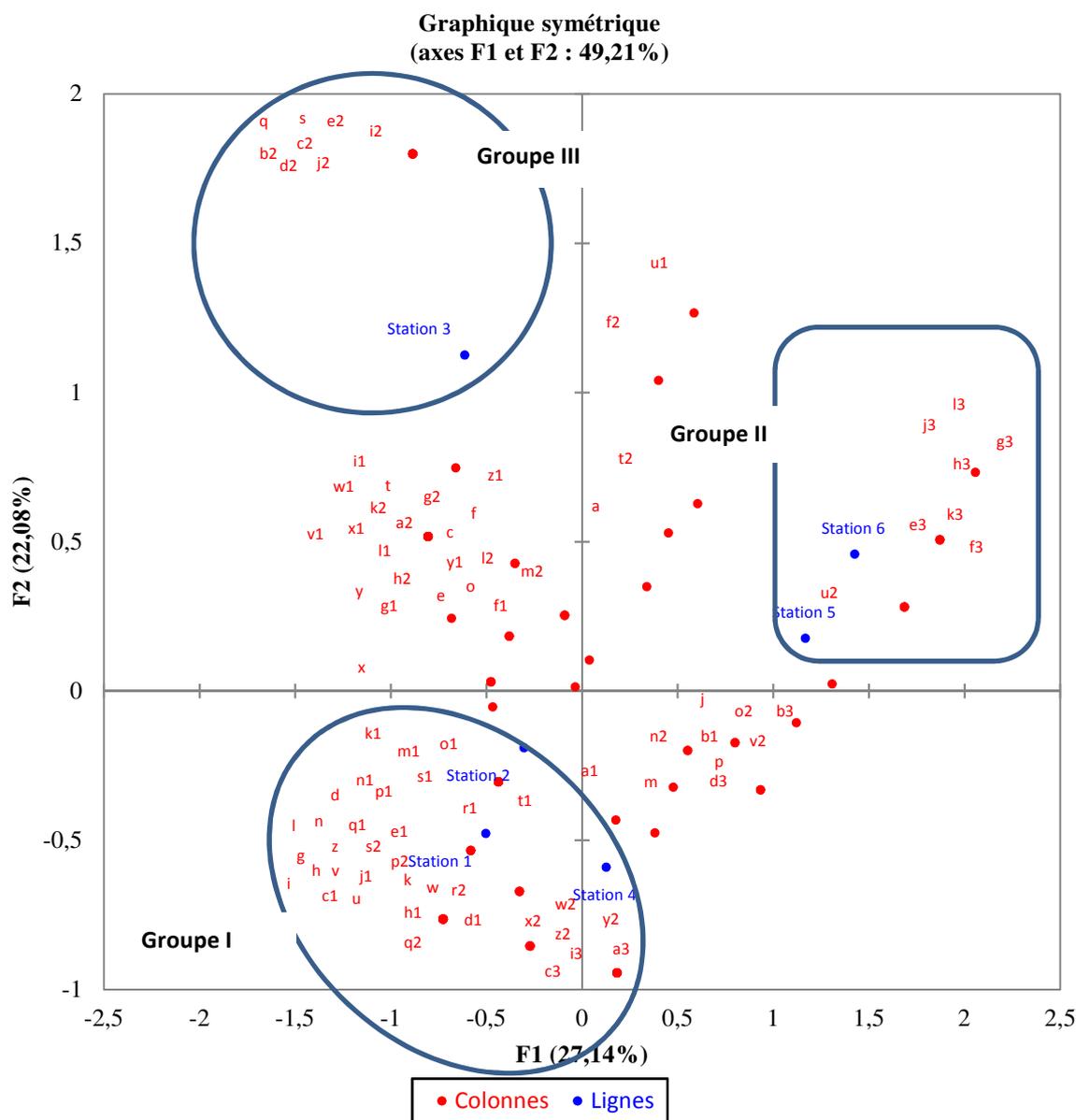


Fig. 8. Variation spatiale des stations en fonction des espèces (*Uronema elongatum* = a, *Oedogonium* sp.1 = b, *Mougeotia* sp. = c, *Cosmarium margaritatum* = d, *Tabellaria flocculosa* = e, *Spirogyra* sp.1 = f, *Rivularia* sp.1 = g, *Mélosira varians* = h, *Peridinium* sp. = i, *Lyngbya martensiana* = j, *Planothidium lanceolatum* = k, *Glennodinium* sp. = l, *Ulothrix zonata* = m, *Chlamidomonas* sp. 1 = n, *Oedogonium* sp.2 = o, *Pseudostaurosira brevistriata* = p, *Spirogyra gracilis* = q, *Pinnularia gibba* = r, *Euglena* sp. = s, *Micrasterias radians* = t, *Closterium* sp. = u, *Cyclostephanos* sp. = v, *Cyclotella stelligera* = w, *Stigeoclonium* sp. = x, *Microcoleus lacustris* = y, *Cymbella kappii* = z, *Diatoma tenue* = a1, *Thalassiosira pseudonanas* = b1, *Nitzschia intermedia* = c1, *Closterium leibleinii* = d1, *Oscillatoria chalibae* = e1, *Clostridium parvulum* = f1, *Cyclotella gamma* = g1, *Cymbella ventricosa* = h1, *Stephanodiscus hanzschuii* = i1, *Merismopedia elegans* = j1, *Ankistrodesmus gracilis* = k1, *Cyclotella ocellata* = l1, *Astasia torta* = m1, *Nostoc entophyllum* = n1, *Ankistrodesmus* sp. = o1, *Gloeocystis* sp. = p1, *Tabellaria fenestrata* = q1, *Aphanocapsa littoralis* = r1, *Stigeoclonium aestivale* = s1, *Fragilariforma viridescens* = t1, *Reinertia* sp. = u1, *Fragilaria vaucheriae* = v1, *Amphora ovalis* = w1, *Euglena mutabilis* = x1, *Navicula cryptocephalla* = y1, *Gonatozygon monotaenium* = z1, *Spirogyra* sp. 2 = a2, *Achnanthis linearis* = b2, *Closterium acerosum* = c2, *Euglena viridis* = d2, *Epithemia adnata* = e2, *Diatomella balfouriana* = f2, *Fragilaria capucina* = g2, *Oscillatoria boryana* = h2, *Nitzschia sigma* = i2, *Melosira* sp. = j2, *Achnanthes minutissima* = k2, *Actinella* sp. = l2, *Rivularia aquatica* = m2, *Phacus acuminatus* = n2, *Micropora* sp. = o2, *Chlamidomonas ovata* = p2, *Rivularia* sp.1 = q2, *Chlorella* sp. = r2, *Euglena fusca* = s2, *Cymbella turgida* = t2, *Gloeotrichia* sp. 2 = u2, *Rhodomonas* sp. = v2, *Pyramimonas* sp. 1 = w2, *Ophiocytium choleare* = x2, *Tabellaria binialis* = y2, *Staurastrum* sp. = z2, *Phacus longicauda* = a3, *Cymbella naviculiformis* = b3, *Peridinium cinctum* = c3, *Phacus orbicularis* = d3, *Chlamidomonas* sp. 2 = e3, *Ulothrix bipyrenoidosa* = f3, *Spirogyra* sp. 3 = g3, *Aulacoseira granulata* = h3, *Rivularia* sp. 2 = i3, *Chlamidomonas* sp. 3 = j3, *Stenopterobia* sp. = k3, *Nitzschia intermedia* = l3).

4 DISCUSSION

Les valeurs des différentes variables abiotiques observées montrent que les cours d'eau dans chaque site ont approximativement les mêmes caractéristiques physico-chimiques, malgré des variations non significatives observées d'une station à l'autre. La dissemblance spécifique des sites serait en rapport avec les polluants reçus : au site 1, les polluants proviennent des activités agropastorales alors qu'au site 2, ils proviennent des activités industrielles et ménagères. Une autre explication possible viendrait de la nature du substrat drainé par ces deux rivières : au site 1, le substrat est sableux tandis qu'au site 2, il est vaseux. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de [5], qui ont montré que la rivière Kambo située en périphérie de la ville de Douala, non anthropisée reçoit des polluants des activités agropastorales. Ces mêmes auteurs ayant échantillonné sur la rivière Longmayagui de caractéristiques physico-chimiques élevées sont similaires à celles de la rivière Tongo'o Bassa. [22] a montré des résultats similaires sur la rivière Tongo'o Bassa.

La richesse spécifique des sites d'étude s'élève à 87 taxons dans les sites d'étude parmi lesquels 67 taxons à la rivière Batika et 65 taxons à la rivière Tongo'o Bassa. A titre comparatif, [22] a trouvé 34 taxons constitués uniquement du périphyton à la rivière Tongo'o Bassa de Douala (Cameroun). [5] ont trouvé 105 taxons du peuplement algal des rivières Kambo et Longmayagui de Douala (Cameroun). [9] ont trouvé 192 taxons du peuplement algal des rivières du Sud-Est de la côte d'Ivoire parmi lesquels les algues de pleine eau. La variation de la richesse spécifique des milieux montre que les Diatomées (39,08%) apparaissent les plus fréquentes et abondantes dans tous les habitats et les stations de prélèvement. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de [5], [9], [22] qui ont trouvés respectivement 38,23%, 40,59% et 75% de Diatomées dans la composition floristique. Les Diatomées sont des organismes autotrophes les plus diversifiés dans les rivières puisqu'elles ont la possibilité de coloniser toutes les surfaces disponibles. Cette facilité de colonisation justifierait leur prédominance dans la composition taxonomique des algues fixées sur les macrophytes. En outre, les Diatomées peuvent aussi se détacher des supports et se retrouver en dérive dans la colonne d'eau, ce qui expliquerait également leur diversité importante dans le périphyton [9].

La variation du nombre d'espèces des stations montre que la station 1 de la rivière Batika et la station 4 de la rivière Tongo'o Bassa situées en amont de chaque rivière renferment le plus grand nombre d'espèces par rapport aux autres stations. Ces constats peuvent s'expliquer par le fait que la station 1 de la rivière Batika située en dehors du couvert forestier, reçoive moins de polluants, plus de lumière et une vitesse d'écoulement faible. Ce qui permet au périphyton de subir moins d'agression et de stress, favorisant ainsi leur développement. L'indice de diversité est élevé à l'épiphyton qu'à l'épilithon. Les algues fixées sur les macrophytes sont plus diversifiées que les algues fixées sur pierre. Ces pierres situées au fond dans le courant subissent de façon permanente une pression du courant et la sédimentation des particules en suspension. Les épiphytes fréquemment rencontrés dans ces habitats sont de grande taille, coloniales ou filamenteuses. Ces différentes configurations favoriseraient leur résistance aux éléments perturbateurs. La dominance est faible et tend vers 0. Elle traduit la forte richesse spécifique des milieux. D'après [5], la population n'est pas soumise à l'influence d'une seule espèce qui se développe mais plutôt à un fort développement de plusieurs individus différents. [23] ont montré qu'une diversité faible caractérise une population jeune à haut pouvoir de multiplication avec prédominance d'une espèce ou d'un petit nombre d'espèces, tandis qu'une diversité élevée caractérise au contraire des populations sénescentes présentant une composition spécifique complexe. D'après les résultats obtenus, il y a une forte similitude entre la régularité et l'indice de diversité. Or, [5] ayant fait ce constat aux rivières Kambo et Longmayagui, signalent que la similitude entre les variations de la régularité et celles de l'indice de diversité spécifique est une preuve que ces rivières sont plus influencées par la richesse spécifique que par une répartition plus ou moins équitable des espèces présentes instantanément dans ce milieu. La dominance des espèces des stations est marquée par les Chlorophycées situées sur les macrophytes à savoir 3 espèces filamenteuses, *Uronema elongatum*, *Oedogonium* sp. 1 et *Mougeotia* sp. Ces espèces sont de grande taille au site 1 et de petite taille au site 2. La rivière Tongo'o Bassa est très polluée. La couleur sombre de l'eau limite le développement algal car elle empêche la lumière de traverser pour la photosynthèse. La variation de la densité suit la même séquence que la dominance. Les Chlorophycées dominantes susmentionnées auraient une forte capacité à se développer sur les macrophytes et à s'épanouir dans les eaux de la rivière Batika. Le mélange, la température et les disponibilités en lumière et nutriments, fluctuent sur des échelles de temps différentes et peuvent influencer la dynamique des algues. Les fortes densités algales caractérisant le secteur amont du site 1 s'accordent bien avec les quantités des matières organiques particulières élaborées grâce à l'autotrophie des macrophytes [6], [9], [24], [25]. Pour sa croissance et sa reproduction, le phytoplancton a besoin d'énergie lumineuse et de nutriments. Dans ce sens, [26] montre que le mélange vertical de la colonne d'eau influence la dynamique des populations phytoplanctoniques : la turbulence stimule la croissance des Diatomées, les Dinophycées se développant, à l'inverse, lorsque la colonne d'eau est stratifiée.

La répartition des stations selon les espèces d'après l'analyse factorielle des correspondances montre que les stations 1, 2 et 4 sont proches ainsi que les stations 5 et 6 formant des groupements différents. Ce qui pourrait traduire des similarités pour ces stations non seulement en termes d'apport de polluants, d'éléments de minéralisation de l'eau, mais aussi de la végétation ceinturant et des activités anthropiques [9]. Les changements globaux, et notamment la dégradation du milieu peuvent fortement impacter les communautés périphytiques. Ces pressions globales se combinent aux pressions locales générées par

les activités anthropiques qui exercent à l'échelle de chaque écosystème [22]. Dans le même sens [27] ayant travaillé sur la structure, la dynamique et les typologies physico-chimiques et phytoplanctoniques de l'estuaire du Bou Regreg (côte atlantique marocaine) a montré que les turbulents et l'action des brouteurs, peuvent altérer l'évolution d'une population en provoquant des augmentations ou des diminutions numériques même à court terme. Par ailleurs, la composition spécifique et la dynamique des populations algales sont influencées par d'innombrables facteurs chimiques tels que la quantité d'éléments nutritifs bio-disponibles, physiques comme la lumière, la température, l'hydrodynamique et le brassage de la colonne d'eau et par les interactions biologiques, comme le broutage par le zooplancton, la compétition interspécifique et le parasitisme [22], [5].

Comparés aux animaux, ces peuplements algaux représentent un très bon outil pour appréhender la biodiversité, la dynamique spatiotemporelle et le fonctionnement des hydrosystèmes. En effet, du fait de leur faible longévité et de leur taux élevé de multiplication, les algues intègrent un pas de temps très court et permettent une saisie quasi immédiate des changements écologiques naturels (ou provoqués) [3], [28].

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de connaître la composition, la structure et la dynamique spatio-temporelle des algues périphytiques en relation avec les caractéristiques abiotiques des rivières Batika (Yabassi) et Tongo'o Bassa (Douala). 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 du site 1 au site 2. En outre, la nature du substrat et des polluants influencent la conductivité et la salinité. Selon le type de cours d'eau, le débit est proportionnel à l'oxygénation. L'inventaire de la microflore algale a permis de recenser 87 espèces, parmi lesquelles environ 39,08% de Diatomées, 26,43% de Chlorophycées, 11,49% de Cyanophycées, 09,19% de Zygothycées, 08,04% d'Euglénophycées, 03,44% de Dinophycées, 01,14% respectivement de Chrysophycées et Prasinophycées. Les compositions algales des deux cours d'eau ont montré de nombreuses similitudes du fait de leur température et pH assez semblables. Le nombre de taxons recensés varie de 67 (rivière Batika) à 65 (rivière Tongo'o Bassa). Les communautés algales des stations en amont comparées à celles obtenues dans les stations en aval des cours d'eau ont montré peu de différences au niveau périphytique. Les communautés algales de la rivière Batika comparées à celles de la rivière Tongo'o Bassa ont montré des différences spécifiques. Les résultats de cette étude indiquent que la rivière Batika (site 1) est non polluée alors que la rivière Tongo'o Bassa (site 2) est polluée. Une surveillance, basée sur les indices biologiques de ces algues pourrait être mise au point dans le but de prévenir les risques de perturbation dus aux pollutions diverses.

REFERENCES

- [1] Grogga, N., *Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire)*, Thèse de Doctorat, université de Toulouse, p. 224, 2012.
- [2] A. Beyene, T. Addis, D. Kifle, W. Legesse, H. Kloos, L. Triest, "Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kabena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia", *Ecol. Indic.*, vol. 9, pp. 381-392. 2009.
- [3] Mouelhi, S., *Etude écologique de la retenue de Sidi Salem : Aspects physicochimiques des eaux et dynamique des peuplements zooplanctoniques*, Thèse de doctorat en sciences biologiques, université de Tunis II. p. 126, 2000.
- [4] B. W. Sweeney, T. L. Bott, J. K. Jackson, L. A. Kaplan, J. D. Newbold, L. J. Standley, W. C. Hession, R. J. Horwitz, "Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem service", *Proc. Natl. Acad. sci.*, vol. 101, pp. 14132-14137, 2004.
- [5] 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.
- [6] R. J. Priso, G. O. Oum, N. Din, "Utilisation des macrophytes comme descripteurs de la qualité des eaux de la rivière Kondi dans la ville de Douala (Cameroun-Afrique Centrale)", *J. Appl. Biosci.*, vol. 53, pp. 3797-3811, 2012.
- [7] L. P. Agendia, T. Fonkou, D. J. Sonwa, R. Mefenya, Y. M. Kengne, A. J. M. Zambo, "Collecte, épuration et évacuation des eaux usées dans les lotissements Sic-Maetur de Yaoundé", *Rev. Geogr. Cam.*, vol. 2, pp. 173-192, 2000.
- [8] Neveu, A., Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P., Papy, F., *L'eau dans l'espace rural, vie et milieux aquatique*, INRA, Paris, 2001.
- [9] K. F. Konan, J. E. Niamien-Ebrottié, O. E. Edia, A. Ouattara, G. Gourène, "Composition et variation spatio-saisonnière du peuplement algal des rivières côtières la Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 66, pp. 5147-5161, 2013.
- [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] Berne, *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : donnée Niveau R (région)*, OFEV, p. 122, 2007.
- [13] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues vertes*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1966.
- [14] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues jaunes et brunes*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1968.
- [15] Bourrelly, P., *Les algues d'eau douce : algues bleues et rouges*, Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 1970.
- [16] P. Compère, "Algues du Sahara et de la région du Lac Tchad", *Bull. Jard. Bot. Nat.*, vol. 37, no. 2, pp. 109-288, 1967.
- [17] P. Compère, "Algues de la région du lac Tchad. II Cyanophycées". *Cah. O.R.S.T.O.M., ser. Hydrobiol*, vol. 8, no. 3-4, pp. 165-198, 1974.
- [18] P. Compère, "Algues de la région du lac Tchad. VI. Chlorophycophytes (2^e partie : Ulotrichophycées, Zygnématacées) ", *Cah. O.R.S.T.O.M., ser Hydrobiol*, vol. 10, no. 3, pp. 135-200, 1976.
- [19] R. Grönblad, G.A. Prowse, A.M. Scott, "Sudanese Desmids", *Acta Botanica Fennica*, vol. 58, no. 1-82, 1958.
- [20] A. Iltis, *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.
- [21] R. Camerlo, R. H. Grethe, A. S. Caren, T. John, R. H. Berit, Identifying marine phytoplankton, Academic press, 1997.
- [22] 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.
- [23] N. Kemka, T. Njine, T. S. H. Zébazé, D. Niyitegeta, M. Nola, F. Menbohan, "Phytoplancton du lac municipal de Yaoundé : succession écologique et structure des peuplements", *Journal Water Science*, vol.17, no. 3, pp. 301-316, 2004.
- [24] Pannard, A., *Dynamique du phytoplancton et flux sédimentaires en réponse aux perturbations par le vent et la pluie dans les systèmes lentiques*, Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, p. 189, 2006.
- [25] Sanaa, B., *Structure, dynamique et typologies physico-chimiques et phytoplanctoniques de l'estuaire du Bou Regreg (côte atlantique marocaine)*, Université Mohammed V – Agdal, Faculté des sciences, p. 233, 2006.
- [26] K. S. McCann, "The diversity-stability debate". *Nature*, vol. 405, no. 6783, pp. 228-233, 2000.
- [27] K. Atanle, M. Bawa, M. Kokou, B. G. Djaneye, M. F. Etorh, "Distribution saisonnière du phytoplancton en fonction des caractéristiques physico-chimiques du lac de Zowla (Lac Bako) dans le Sud-Est du Togo: cas de la petite saison sèche et de la grande saison sèche", *J. Appl. Biosci.*, vol. 64, pp. 4847-4857, 2013.
- [28] M. Hasnaoui, S. Souissi, G. Balvay, "Distribution temporelle du phytoplancton dans un étang d'alévinage (station de la Deroua, Béni-Mellal, Maroc) ", *Sud Sciences et Technologies*, no. 13-24, 2007.