



Etude de la flore diatomique en relation avec l'hétérogénéité des habitats et la conductivité électrique des eaux de la rivière Muha à Bujumbura

Balthazar Mpawenayo¹ et Cassien Niyondiko²

¹Institut de Pédagogie Appliquée, Université du Burundi, B.P. 5223 Bujumbura, Burundi ; bmpawenayo@yahoo.com

^{1,2}Faculté des Sciences, Université du Burundi, B.P. 2700 Bujumbura, Burundi.

Reçu: le 26 Juillet 2012

Accepté: le 7 Août 2012

Publié: le 11 Novembre 2013

RESUME

Mots-clés: Algues, conditions physico-chimiques, diatomées, rivières, Afrique de l'Est

Cette étude vise à analyser les diatomées de la rivière Muha en établissant une relation avec l'hétérogénéité des habitats et les paramètres physico-chimiques des eaux. Du point de vue physico-chimique, le pH, la température et la conductivité électrique des eaux de la rivière Muha ont été analysés sur 5 stations depuis le niveau de l'Institut de Pédagogie Appliquée jusqu'à l'embouchure sur le lac Tanganyika. L'étude de la flore diatomique a été faite à partir de 30 échantillons d'algues finalement classées suivant les différentes familles. L'analyse semi-quantitative faite sur 16 lames microscopiques pouvant contenir chacune 100 frustules a permis de montrer la présence des espèces avec des populations représentatives. Les espèces comptées ont été classées en constantes, accessoires et accidentelles. Des successions de diatomées ont été mises en évidence. Trois groupes écologiques ont été identifiés sur base de l'ordination et de la classification des données de comptages transformées selon l'échelle de Descy. Les espèces dominantes dans la Muha ont été également signalées principalement dans les eaux peu minéralisées de la plaine de la Rusizi. Enfin, une relation entre les conditions physico-chimiques des eaux et les espèces identifiées a été établie. Certaines diatomées de la rivière Muha ont été trouvées dans les rivières polluées du Kenya, d'Europe et d'Asie.

ABSTRACT

Key words: Algae, physicochemical parameters, diatoms, rivers, East Africa

The study deals with the diatoms of the River Muha and indicates the relationship between the habitat heterogeneity and the physicochemical parameters of the waters. The pH, temperature and conductivity of the waters have been measured at 5 sites from the Institute of Applied Pedagogy to the Lake Tanganyika. The study of diatoms was carried out on 30 algal samples and diatoms were classified into families. Counts of 100 frustules from 16 samples were used to indicate the constancy degree of species and the diatom successions. Three ecological groups were identified by the methods of ordination and classification on transformed data using the Descy's scale. The dominant species in the Muha River were also found dominant in the rivers of the Rusizi plain with low mineralization. The relationship between the physicochemical parameters of the waters and diatoms was established. Some diatoms found in the Muha River resemble those of polluted Kenyan, European and Asian rivers.

1. INTRODUCTION

Mpawenayo (1985, 1996) a publié sur la flore et la végétation des diatomées des rivières de la plaine de la Rusizi et a montré la distribution de ces dernières en fonction de la composition physico-chimique des eaux. Jusqu'à présent, aucune publication n'est connue sur la composition physico-chimique et algale des rivières

traversant la ville de Bujumbura. La rivière Muha, une des rivières traversant cette ville, prend son origine dans la région des Mirwa, à 1650 m (Mvukiye et *al.*, 2001). La profondeur de la rivière pendant la saison sèche varie entre 4,5 et 25 cm et peut atteindre 100 cm en saison des pluies. La hauteur des berges varie entre 1,1 et 3 m tandis que la largeur des lits varie de 11,8 à 37,2 m.



La Muha est utilisée comme source d'eau potable pour l'homme et les animaux, ses eaux servent pour le lavage ou le nettoyage des vêtements, des véhicules et des denrées alimentaires et pour l'arrosage des champs. C'est un milieu actuellement fréquenté pour l'extraction des matériaux de construction (pierres, gravier et sable), ce qui fait que ces eaux sont constamment troubles. La Muha reçoit de nombreux effluents des ménages des quartiers environnants.

Pendant les périodes de grandes précipitations, la terre riche en éléments minéraux est entraînée en même temps que les débris végétaux et les plantes arrachées de leurs substrats allant ainsi former dans la vallée un sol riche en humus après décomposition et minéralisation. Ce type de sol favorise l'installation des plantes rudérales depuis l'embouchure jusqu'au pont situé sur l'« Avenue du Large ». A certains endroits, on note la présence de groupements végétaux sous forme de petits buissons et, tout le long des berges, on observe des arbres et arbustes.

L'ensemble des conditions du milieu influent sur la distribution de la biodiversité notamment, la diversité algale, tout au long de cette rivière sous un climat de plus hautes précipitations (149,9 et 142,8 mm) des mois de janvier à avril 2007 et de plus basses précipitations (6,9 à 29,9 mm) des mois de mai, juin, août et septembre et sous la température peu variable avec une moyenne de 25,01°C.

Cette étude sur la flore diatomique cherche à analyser la richesse spécifique et la distribution des diatomées en tenant compte de l'hétérogénéité des habitats et des paramètres physico-chimiques des eaux de la rivière Muha. En effet, selon Robison (1994) et Leland (1990) (in Mpawenayo & Mathooko, 2005), les assemblages diatomiques peuvent varier le long des rivières en fonction de l'hétérogénéité de l'habitat et du type de substrat. De plus, les assemblages peuvent différer remarquablement entre les habitats du même site alors que dans d'autres circonstances les différences sont moins prononcées. La contamination des espèces de diatomées entre les habitats semble être commune spécialement dans les rivières où les diatomées peuvent être entraînées par le courant. Dans les rivières perturbées par les activités humaines, le changement des particules du substrat peut causer des variations dans l'abondance et la structure de l'assemblage des diatomées. Cette variabilité environnementale influence la diversité des diatomées. Les assemblages de diatomées de zones érodées sont plus fortement soumis aux conditions locales que les assemblages de zones de déposition, probablement composées de plusieurs assemblages en provenance de l'amont (Mpawenayo et Mathooko, 2005, Mathooko et al., 2005).

2. METHODOLOGIE

2.1. Description des stations d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé dans 5 stations situées le long de la rivière Muha (fig. 1) à trois périodes différentes: le 27 juillet 2007, le 29 août 2007 et le 5 octobre 2007. La prise d'échantillons a été respectivement effectuée sur pierres (flore épilithique) et sur sable (flore épipsammique). Nous décrivons ci-après la végétation terrestre des berges à chaque station pour situer les sites d'échantillonnage.

Station 1 (Alt. 834,8 m, S 03°23,849, E 29°22,356): Elle se situe à la hauteur de l'Institut de Pédagogie Appliquée. Des champs de cultures vivrières : patates douces, orgho, maïs, colocase, des plantations de *Moringa oleifera*, *Eucalyptus saligna*, *Tithonia diversifolia*, *Euphorbia tirucalli*, et des espèces appartenant aux familles des Verbenaceae et Malvaceae s'observent aux alentours de la station. Celle-ci est soumise à une exploitation intense des galets et graviers servant à la construction des maisons dans les quartiers Gasekebuye et Musaga.

Station 2 (Alt. 819,2 m, S 03°23,861, E 29°22,176): Elle est située au niveau du pont Muha sur la route Bujumbura-Jenda. Les espèces végétales de la station se composent principalement de *Moringa oleifera*, *Lantana camara*, *Tithonia diversifolia*, *Cassia siamea*, *Carica papaya*, *Solanum incanum*, *Amaranthus spinosus* et *Ricinus communis*. La station constitue un lieu de nettoyage d'amarantes et de véhicules.

Station 3 (Alt. 795,4 m, S 03°23,756, E 29°21,286): Elle se situe au niveau du pont Muha sur la route Bujumbura – Rumonge. Les eaux résiduaires domestiques venant du quartier Kinanira II et du Grand Séminaire de Bujumbura se jettent en amont de la station. La végétation riveraine comprend *Tithonia diversifolia*, *Amaranthus viridis*, *Lagenaria rufa*, *Ceiba pentandra*, *Carica papaya*, *Mangifera indica*, *Cassia siamea* et *Citrus limon*.

Station 4 (Alt. 779,8 m, S 03°23,827, E 29°21,287): Elle est localisée au niveau d'une décharge publique à Kabondo à une vingtaine de mètres avant d'atteindre le pont sur la route Bujumbura-Kibenga. La végétation macrophytique est composée de *Tithonia diversifolia*, *Eucalyptus saligna*, *Cassia siamea*, *Mangifera indica*, *Carica papaya*, *Terminalia montally* et *Ricinus communis*.

Station 5 (Alt. 770,4 m, S 03°23,825, S 29°20,783): Elle se situe à côté du Lac Tanganyika à quelques mètres de l'embouchure.

La végétation supérieure est composée des espèces suivantes: *Ipomoea cairica*, *Mimosa pigra*, *Phragmites mauritianus*, *Tithonia diversifolia*, *Solanum incanum*, *Ricinus communis*, *Urena lobata*, *Lagenaria rufa*, *Amaranthus spinosus*, *Cassia siamea*, *Luffa*

cylindrica, *Sesbania sesban* et *Crotalaria laburnifolia* subsp. *laburnifolia*. Des cultures vivrières de patates douces, sorgho et amarantes y abondent. La station est soumise à une exploitation intense et permanente de sable.



Fig. 1 : Situation géographique des sites d'échantillonnage

2.2. Matériel et méthodes

La température, le pH et la conductivité électrique de l'eau ont été mesurés sur place, le jour même de la récolte, respectivement à l'aide d'un pH-mètre de marque WTW 82362 type pH 31,5 et d'un conductimètre de marque XTW 82362 type LF 320.

Trente récoltes d'algues ont été effectuées dans les cinq stations décrites précédemment à raison de 6 échantillons par station ; 15 par grattage sur pierres et 15 par prélèvement de sable. Le matériel récolté a été fixé au formol 5% au laboratoire de Limnologie du Département de Biologie et a servi à la préparation de lames permanentes de diatomées. Les lames préparées ont été observées au microscope binoculaire de type Olympus au grossissement 1000X. Un oculaire gradué a permis de mesurer les dimensions des diatomées et de compter le nombre de stries par 10 µm. Les ouvrages d'identification consultés sont Hustedt (1930), Krammer et Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a et b), Mpawenayo (1996), Patrick & Reimer (1966, 1975) et Van Meel (1954). Le site..... a été consulté pour mettre les noms actualisés de familles et d'espèces.

Ce travail consiste en une étude qualitative en fonction du substrat, ainsi qu'en une étude semi-quantitative basée sur un comptage de 100 frustules dans les échantillons qui en possédaient. L'étude qualitative a permis d'observer le nombre d'espèces par station et par substrat et la présence/absence des différents taxons. Le comptage des frustules a été utilisé pour déterminer l'abondance relative des espèces, la présence relative a aidé dans la détermination des espèces constantes (présentes dans au moins 80% des échantillons), accessoires (présentes entre 79 et 20%) et accidentelles (présentes dans moins de 20% des échantillons) (Vanden Berghen, 1966), ainsi que les taxons dominants et rares. L'échelle de Descy (1975) a été utilisée pour les données à traiter mathématiquement par les méthodes d'ordination et de classification. Un tableau définitif selon la méthode de phytosociologie classique (Braun-Blanquet, 1932 in Kent & Cooker, 1992) a permis de visualiser les groupes écologiques.

3. RESULTATS

3.1. Paramètres physico-chimiques

La rivière Muha a des eaux dont le pH est faiblement alcalin variant de 7,94 à 8,89 (Tableau 1). La température de l'eau varie de 24,1 à 32,5 °C, elle est basse à la station 1 et plus élevée à la station 5.

Cela pourrait être dû aux heures de prise d'échantillons, mais aussi à la faible profondeur de la masse d'eau.

La basse conductivité électrique s'observe à la station 1 tandis que les conductivités les plus élevées s'enregistrent aux stations 3, 4 et 5. Etant donné que les matières organiques et les différents colloïdes participent peu dans la conductivité des eaux, les valeurs de conductivités élevées aux différentes stations montrent qu'il y a introduction dans la rivière des effluents chargés de matières minérales. Ces derniers viennent de Kinanira, du Grand Séminaire et de la rivière Mpimba. La conductivité électrique augmente au mois d'août dans toutes les stations, mais diminue légèrement au mois de novembre. Ce changement peut s'expliquer par des variations de précipitations et d'évaporation.

Tableau 1: Mesures de pH, de température et de conductivité électrique de l'eau aux différentes stations de prélèvement

Station	Date	pH	Température (°C)	Conductivité électrique (µS/cm)
1	27/07/2007	8,20	24,1	364
	29/08/2007	8,20	29,4	443
	05/10/2007	8,17	25,9	433
2	27/07/2007	8,41	26,4	370
	29/08/2007	8,28	30,9	466
	05/10/2007	8,12	26,1	447
3	27/07/2007	8,64	26,5	619
	29/08/2007	8,63	29,6	595
	05/10/2007	7,94	24,8	509
4	27/07/2007	8,36	28,3	722
	29/08/2007	8,89	30,8	623
	05/10/2007	8,14	25,1	582
5	27/07/2007	8,74	31,6	767
	29/08/2007	8,52	32,5	724
	05/10/2007	8,16	24,6	640

3.2. Etude qualitative

Le tableau 2 montre la distribution de la flore diatomique dans les stations étudiées et par type de substrat. La flore diatomique comprend 68 espèces réparties en 14 familles et 21 genres de la sous-classe des Pennatophycidées. La famille des Naviculaceae est dominante contribuant pour 32,3% de la flore diatomique totale, suivie par la famille des Nitzschiaceae qui est représentée à 11,8%. Le nombre d'espèces varie d'une station à une autre (8 à 43), et au sein d'une même station, des différences s'observent au niveau du type de substrat et de la période de prélèvement. La flore épilithique est plus riche en espèces que la flore épipsammique.

Tableau 2: Distribution de la flore diatomique en fonction de prélèvement et du substrat

Familles	Genres	Espèces	Stations et substrats												
			Pierre					Sable							
			S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5			
Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria canucina</i> Desmazières									+				
		<i>Fragilaria dorsiventralis</i> (O. Müll.) L.-Bert.		+											
		<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) L.-Bert.	+	+					+	+	+				
Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia muscicola</i> Krasske.		+	+			+							
		<i>Eunotia pectinalis</i> (Kütz.) Rabh.													+
Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes exigua</i> Grun.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb. ex Kütz.) Grun.								+					
		<i>Achnanthes linearis</i> (W. Sm.) Grun.	+	+	+										
		<i>Achnanthes minutissima</i> Kütz.			+										
	<i>Achnanthes pusilla</i> Grun.	+								+					
<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.			+				+							
Catenulaceae	<i>Amphora</i>	<i>Amphora montana</i> Krasske	+		+			+			+	+	+		
Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cl.	+												
		<i>Cymbella gracilis</i> (Rabenh.) A.Clev		+											
		<i>Cymbella leptoceros</i> (Ehr.) Kütz.			+										
	<i>Encyonema</i>	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	+	+							+				+
		<i>Cymbella muelleri</i> Hust.	+	+											
		<i>Cymbella stiletta</i> Bleisch	+												
		<i>Cymbella</i> sp.	+												
<i>Cymbella subaequalis</i> Grun.	+	+													
Dinloisidaceae	<i>Dinlois</i>	<i>Dinlois elliptica</i> (Kütz.) Cl.									+				
Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	<i>Frustulia vulgaris</i> (Tw.) De Toni	+		+					+			+		
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabh.	+	+		+									
		<i>Gomphonema clavatum</i> Ehr.		+											
		<i>Gomphonema clevei</i> (Fricke) Gil	+	+	+	+					+				
		<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.	+												
		<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grun.) Grun.		+							+				
Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabh.			+						+				
		<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabh.) Cl.	+	+					+						
Naviculaceae	<i>Caloneis</i>	<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Mereschk.	+								+				
		<i>Craticula</i>												+	
	<i>Luticola</i>	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) D.G. Mann	+	+	+						+	+		+	
		<i>Navicula atomus</i> (Kütz.) Grun.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Navicula</i>	<i>Navicula contenta</i> f. <i>biceps</i> (Arn.) Hust.									+				
		<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		<i>Navicula cryptotenella</i> L.-Bert.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		<i>Navicula exigua</i> (W.Greg.)	+	+					+	+	+	+	+	+	
		<i>Navicula nivalis</i> Ehr.							+						
		<i>Navicula pygmaea</i> Kütz.		+											
		<i>Navicula saxophila</i> Bock ex Hust.	+		+						+				
		<i>Navicula simplex</i> Krasske	+	+	+	+	+								
		<i>Navicula</i> sp.									+				
		<i>Navicula subrhynchocephala</i> Hust.	+												
		<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.	+	+	+	+	+				+	+	+	+	
		<i>Sellaphora</i>	<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Mer.	+		+				+	+	+			
	<i>Pinnularia</i>		<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W.Sm.	+											
		<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	+		+									
		<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.	+	+					+						
		<i>Pinnularia interrupta</i> W.Sm.	+		+										
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cl.			+						+		+				
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske		+	+												
Epithemiaceae	<i>Rhopalodia</i>	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O.Müll.	+	+	+					+					
		<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O.Müll.	+	+	+				+	+					
		<i>Rhopalodia hirundiniformis</i> O.Müll.	+	+										+	

Tableau 2: Distribution de la flore diatomique en fonction de prélèvement et du substrat (suite)

Familles	Genres	Espèces	Stations et substrats									
			Pierre					Sable				
			S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	+	+	+		+		+	+		
		<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i> Grun.		+	+		+		+			
	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W.Sm.		+								
		<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.			+							
		<i>Nitzschia fonticola</i> (Grun.) Grun.				+						
		<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grun.			+							
		<i>Nitzschia linearis</i> (C. Agardh) W.Sm.	+	+	+				+			
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W.Sm.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella angusta</i> Kütz.	+	+		+			+			
		<i>Surirella ovalis</i> Bréb.	+									
		<i>Surirella ovata</i> Kütz.							+			
		<i>Surirella tenera</i> W. Greg.	+	+								
		TOTAL	43	39	29	14	17	13	29	13	8	15

3.3. Etude semi-quantitative

Parmi les 30 échantillons étudiés, seize seulement contenaient 100 frustules par lame microscopique. Le tableau 3 donne les résultats des comptages effectués. Les échantillons utilisés pour les comptages sont :

1 = 1S1P, 2 = 2 S1P, 3 = 1S2P, 4 = 1S3P, 5 = 1S4P, 6 = 1S5P, 7 = 2S2P, 8 = 2S3P, 9 = 2S5P, 10 = 3S3P, 11 = 3S5, 12 = 1S2S, 13 = 1S3S, 14 = 1S4S, 15 = 2S2S, 16 = 2S5S; 1 à 16 : échantillons ; S1 à S5: stations; 1 à 5; 1S1 = Echantillon de la station 1 prise le 27/07/07; 2S1 = Echantillon de la station 1 pris le 29/07/07; 3S3 = Echantillon de la station 3 pris le 5/10/07; P = pierre; S = sable.

Quarante cinq espèces ont été observées dans nos comptages avec une présence absolue variant de 1 à 16. Les espèces constantes sont: *Gomphonema parvulum*, *Navicula viridula*, *Nitzschia palea*, *Achnanthes exigua* et *Navicula cryptocephala*. Les espèces accidentelles sont *Pinnularia gibba*, *P. borealis*, *Surirella ovalis*, *Rhopalodia hirundiniformis*, *Gomphonema angustatum*, *G. gracile*, *G. montanum*, *Nitzschia obtusa*, *Cymbella subaequalis*, *Rhopalodia gibberula*, *N. amphibia*, *Cocconeis placentula*, *Nitzschia fonticola*, *Cymbella muelleri*, *Achnanthes minutissima*, *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia interrupta*, *Cymbella leptoceros*, *Eunotia muscicola*, *Surirella ovata*, *Fragilaria capucina*, *Navicula sp. et Frustulia vulgaris*. Toutes les espèces restantes sont accessoires.

Les genres représentés par le plus grand nombre de frustules sont: *Navicula* (55,9% du total), *Nitzschia* (17,6%), *Gomphonema* (14%) et *Achnanthes* (5,8%). *Navicula cryptocephala*, *N. viridula*, *Nitzschia palea* et

Gomphonema parvulum sont des espèces constantes dominantes.

3.4. Successions algales

Les résultats des comptages effectués en juillet et août 2007 sur les échantillons 1 et 2, 3 et 7 représentant les prélèvements sur pierres aux stations 1 et 2, et sur les échantillons 12 et 15 prélevés sur sable à la station 2 (Tableau 3) ont été utilisés dans cette étude et ont porté sur les espèces ayant un nombre de frustules élevé. *Gomphonema parvulum*, *Navicula simplex*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula viridula*, *Achnanthes exigua* et *Nitzschia palea* y sont représentés par des populations importantes (atteignant parfois 10 % de la population totale) dont la variation peut servir à l'étude des successions algales (Fig. 2).

Le nombre de frustules avait tellement diminué au mois d'octobre 2007 qu'il n'a pas été utilisé dans cette étude. A partir de ces résultats, on constate qu'à la station 1, les populations de *Gomphonema parvulum* ont augmenté au mois d'août 2007 tandis que celles de *Navicula viridula*, *Navicula simplex* et *Achnanthes exigua* ont diminué.

A la station 2, *Navicula cryptocephala* forme une population très importante sur sable alors qu'il est absent sur pierre. *Gomphonema parvulum*, *Navicula viridula*, *Nitzschia palea* voient leurs populations épilithiques augmenter au mois d'août, alors que celles de *Navicula simplex* et *Achnanthes exigua* diminuent. Sur sable, *Gomphonema parvulum* et *Navicula viridula* doublent ou triplent leurs populations en août, *Navicula simplex* n'est pas représenté, le nombre de frustules de *Nitzschia palea* et *Navicula cryptocephala* diminue au mois d'août 2007.

Tableau 3: Résultats de comptages des diatomées épilithiques et épipsammiques de la rivière Muha (P= Présence ; - = espèce non comptée ; les chiffres suivant le nom d'espèce indique le nombre de frustules comptés ; Tot.= Nombre total de frustules)

Espèces	Echantillons																P	Tot.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
<i>Surirella angusta</i>	4	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8
<i>Gomphonema parvulum</i>	20	31	15	7	6	2	33	27	3	3	7	9	10	5	20	2	16	200
<i>Navicula viridula</i>	19	13	9	20	14	30	13	14	8	4	6	6	17	36	18	13	16	240
<i>Navicula atomus</i>	4	1	-	4	26	6	2	4	13	57	39	-	4	5	-	-	12	165
<i>Navicula simplex</i>	25	22	19	15	6	-	13	-	15	-	5	-	-	-	-	-	8	120
<i>Gomphonema clevei</i>	3	1	5	4	3	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	7	18
<i>Nitzschia palea</i>	4	5	4	18	24	32	12	27	35	12	1	6	30	21	4	30	16	265
<i>Sellaphora pupula</i>	1	3	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	4	6
<i>Encyonema minutum</i>	6	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5	16
<i>Surirella tenera</i>	1	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5
<i>Fragilaria ulna</i>	4	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	-	1	-	6	10
<i>Pinnularia gibba</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Achmanthes exigua</i>	5	3	13	5	3	1	10	9	-	2	12	3	5	5	4	3	15	83
<i>Nitzschia linearis</i>	1	-	4	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	8
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	2	-	13	11	15	-	9	25	7	28	60	20	14	44	28	14	277
<i>Pinnularia borealis</i>	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Surirella ovalis</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Rhopalodia hirundiniformis</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Navicula exigua</i>	-	3	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	3	-	4	9
<i>Gyrosigma scalproides</i>	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	6	6
<i>Gomphonema angustatum</i>	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4
<i>Achmanthes linearis</i>	-	1	5	2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	10
<i>Gomphonema gracile</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	4	4
<i>Navicula cryptotenella</i>	-	-	6	5	3	12	-	1	-	11	-	2	8	11	2	20	11	81
<i>Luticola mutica</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	1	5	6
<i>Cymbella subaequalis</i>	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4
<i>Rhopalodia gibberula</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	2
<i>Nitzschia intermedia</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Nitzschia amphibia</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Amphora montana</i>	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	2	-	-	7	8
<i>Cocconeis placentula</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Rhopalodia gibba</i>	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	1	4	5
<i>Nitzschia fonticola</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Cymbella muelleri</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
<i>Achmanthes minutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Pinnularia interrupta</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Cymbella leptoceros</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	2	4
<i>Eunotia muscicola</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Surirella ovata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
<i>Fragilaria capucina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
<i>Gomphonema montanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
<i>Navicula</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	2
<i>Frustulia vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1

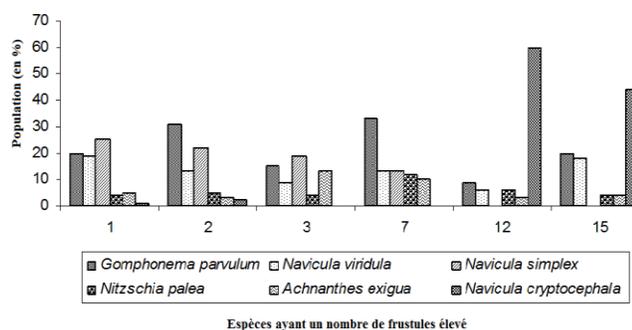


Fig. 2: Successions algales dans la rivière Muha aux stations 1et 2

3.5. Groupes écologiques

Le tableau 4 a été utilisé pour l'étude des groupes écologiques. Le tableau brut a été soumis à une ordination utilisant la méthode des composantes principales (Principal component analysis) et à une classification hiérarchique ascendante par analyse de la variance avec MVSP (Multi-variate Statistical Package). Les figures 3 et 4 montrent les résultats de ces analyses. Elles montrent que les diatomées de la rivière Muha se classent en trois groupes écologiques. Le groupe I correspond aux échantillons 1, 2, 3 et 7; le groupe II aux échantillons 4, 5, 9 et 11, tandis que le groupe III comprend les échantillons 6, 8, 10,12, 13,14 ,15 et 16.

Tableau 4: Tableau brut transformé en utilisant l'échelle de Descy (2=1-2% ; 3= 2-5% ; 4= 5-10% ; 5= 10-50% ; 6>50%)

Espèces	Echantillons															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Surirella angusta</i>	3	2	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i>	5	5	5	4	4	3	5	5	3	3	4	5	5	4	5	3
<i>Navicula viridula</i>	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
<i>Navicula atomus</i>	3	2	-	3	5	4	3	3	5	6	5	-	3	4	-	-
<i>Navicula simplex</i>	5	5	5	5	4	-	5	-	5	-	4	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema clevei</i>	2	2	4	3	3	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Nitzschia palea</i>	3	4	3	5	5	5	5	5	5	5	2	4	5	5	3	5
<i>Sellaphora pupula</i>	2	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Encyonema minutum</i>	4	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
<i>Surirella tenera</i>	2	2	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria ulna</i>	3	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	2	2	-	2	-
<i>Pinnularia gibba</i>	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes exigua</i>	4	3	5	4	3	2	5	4	-	3	5	3	4	4	3	3
<i>Nitzschia linearis</i>	2	-	3	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Navicula cryptocephala</i>	2	3	-	5	5	5	-	4	5	4	5	6	5	5	5	5
<i>Pinnularia borealis</i>	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella ovalis</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia hirundiniformis</i>	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula exigua</i>	-	3	-	-	-	-	3	-	-	2	-	-	-	-	3	-
<i>Gyrosigma scalproides</i>	-	2	-	2	-	2	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-
<i>Gomphonema angustatum</i>	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes linearis</i>	-	2	5	2	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Gomphonema gracile</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia obtusa var. scalpelliformis</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	-	-	-
<i>Navicula cryptotenella</i>	-	-	4	4	3	5	-	2	-	5	-	3	4	5	3	5
<i>Luticola mutica</i>	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	-	2	2	-	-	2
<i>Cymbella subaequalis</i>	-	-	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia gibberula</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
<i>Nitzschia intermedia</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphora montana</i>	-	-	-	2	-	2	-	-	-	2	2	2	2	3	-	-
<i>Cocconeis placentula</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhopalodia gibba</i>	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	2
<i>Nitzschia fonticola</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella muelleri</i>	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Achnanthes minutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia interrupta</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella leptoceros</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-
<i>Eumotia muscicola</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella ovata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Fragilaria capucina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Gomphonema montanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
<i>Navicula sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>Frustulia vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

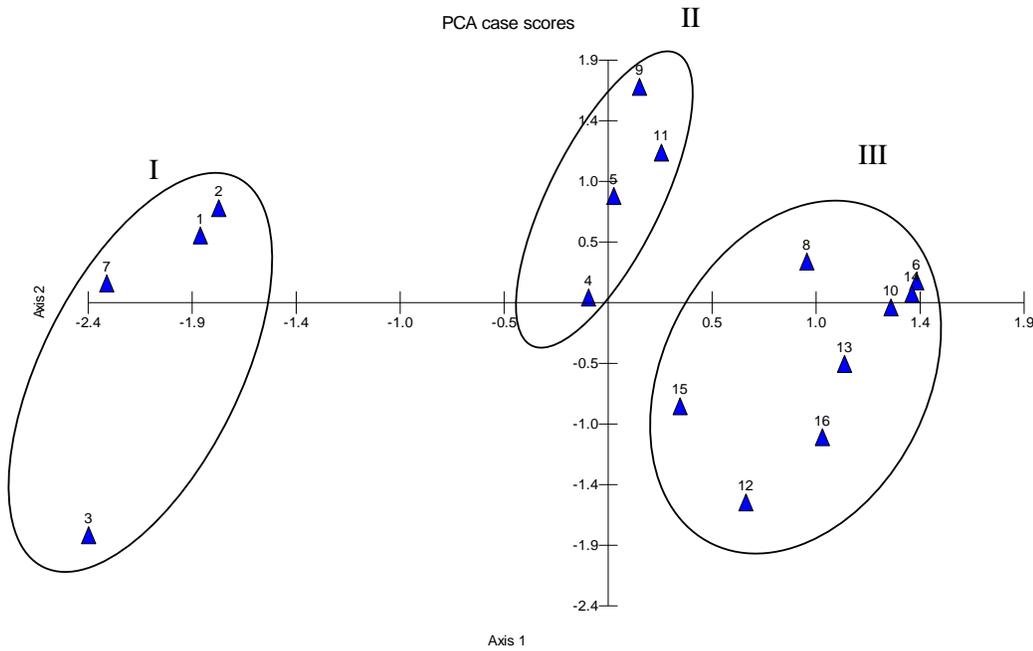


Fig. 3: Groupes écologiques identifiés par la méthode d'ordination (PCA)

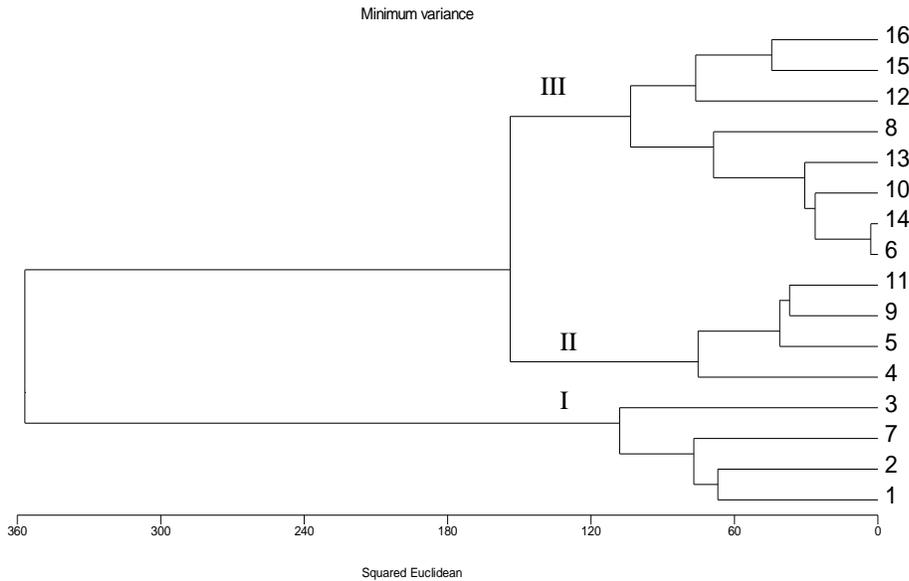


Fig. 4: Groupes écologiques identifiés par la méthode de classification utilisant la variance minimum

Le tableau 5 indique la composition spécifique des 3 groupes écologiques. On constate à partir de ce tableau que *Gomphonema parvulum*, *Navicula viridula*, *Nitzschia palea*, *Achnanthes exigua* et *Navicula cryptocephala* sont des espèces constantes, c'est-à-dire, présentes dans au moins 80% des échantillons. Elles ne permettent donc pas de séparer les 3 groupes écologiques.

Le groupe I se caractérise par les espèces constantes ci-haut citées ainsi que d'autres espèces constantes du groupe et qui sont moins représentées dans les autres groupes. Il s'agit de *Navicula simplex*, *Gomphonema clevei*, *Surirella angusta* et *S. tenera*. On y remarque aussi une présence importante de *Encyonema minutum*, *Fragilaria ulna*, *Nitzschia linearis* et *Achnanthes linearis*.

Le groupe II se distingue du précédent par la dominance de *Navicula cryptocephala* et *N. atomus*. Les espèces constantes du premier groupe y sont peu représentées.

Le groupe III a des affinités avec le groupe précédent. *Navicula cryptocephala* y atteint des valeurs

très élevées ; *Navicula atomus* permet de séparer le groupe en 2 sous-groupes. Le sous-groupe A, formé des échantillons 6, 8, 10, 13 et 14, comprend *Navicula atomus*, tandis que le sous-groupe B, composé des échantillons 12, 15 et 16 en est dépourvu. Le groupe III se distingue des 2 précédents par la présence constante de *Navicula cryptotenella*.

Tableau 5 : Composition spécifique des groupes écologiques

Groupes écologiques	I				II				A				B			
	Echantillons				4	5	9	11	6	10	8	13	14	12	15	16
Espèces	1	3	7	2	4	5	9	11	6	10	8	13	14	12	15	16
<i>Pinnularia gibba</i>	2	2														
<i>Pinnularia borealis</i>	2		2													
<i>Cymbella subaequalis</i>		3	2													
<i>Rhopalodia hirundiniformis</i>		2		2												
<i>Cymbella muelleri</i>			3													
<i>Gomphonema angustatum</i>			2	3												
<i>Surirella ovalis</i>				2												
<i>Gomphonema gracile</i>				2												
<i>Rhopalodia gibba</i>			2		2								3			2
<i>Encyonema minutum</i>	4	3		4											2	2
<i>Fragilaria ulna</i>	3	2	3									2		2	2	
<i>Nitzschia linearis</i>	2	3	2		2										2	
<i>Achnanthes linearis</i>		5	2	2	2									2		
<i>Surirella tenera</i>	2	2	3	2												
<i>Surirella angusta</i>	3	2	2	2		2										
<i>Gomphonema clevei</i>	2	4	2	2	3	3								2		
<i>Navicula simplex</i>	5	5	5	5			4	5			4					
<i>Gomphonema parvulum</i>	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	5	5	4	5	5	3
<i>Navicula viridula</i>	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	5
<i>Nitzschia palea</i>	3	3	5	4	5	5	2	5	5	5	5	5	5	4	3	5
<i>Achnanthes exigua</i>	4	5	5	3	4	3	5		3	3	4	4	4	3	3	3
<i>Navicula cryptocephala</i>	2			3	5	5	5	5	5	4	4	5	5	6	5	5
<i>Navicula atomus</i>	3		3	2	3	5	5	5	4	6	3	3	4			
<i>Navicula cryptotenella</i>		4			4	3			5	5	2	4	5	3	3	5
<i>Gyrosigma scalproides</i>			2	2	2				2			2	2			
<i>Luticola mutica</i>		3								2		2		2		2
<i>Navicula exigua</i>			3	3						2					3	
<i>Nitzschia obtusa</i>				2			2					2		2		
<i>Sellaphora pupula</i>	2			2				2			2					
<i>Nitzschia intermedia</i>					2					2						
<i>Nitzschia amphibia</i>					2											
<i>Cocconeis placentula</i>					2											
<i>Nitzschia fonticola</i>						2										
<i>Cymbella leptoceros</i>											2			3		
<i>Achnanthes minutissima</i>											2					
<i>Hantzschia amphioxys</i>											2					
<i>Pinnularia interrupta</i>											2					
<i>Surirella ovata</i>														2		
<i>Fragilaria capucina</i>														2		
<i>Gomphonema montanum</i>														2		
<i>Navicula sp.</i>															3	
<i>Frustulia vulgaris</i>																2

3.6. Relation entre les conditions physico-chimiques des eaux et les espèces identifiées

La relation entre les conditions physico-chimiques des eaux et les espèces de diatomées a été faite par la méthode d'analyse en composantes principales (Principal component analysis). Les données utilisées dans cette étude sont les paramètres pH, température et conductivité électrique ainsi que 16 prélèvements d'algues et 45 taxons.

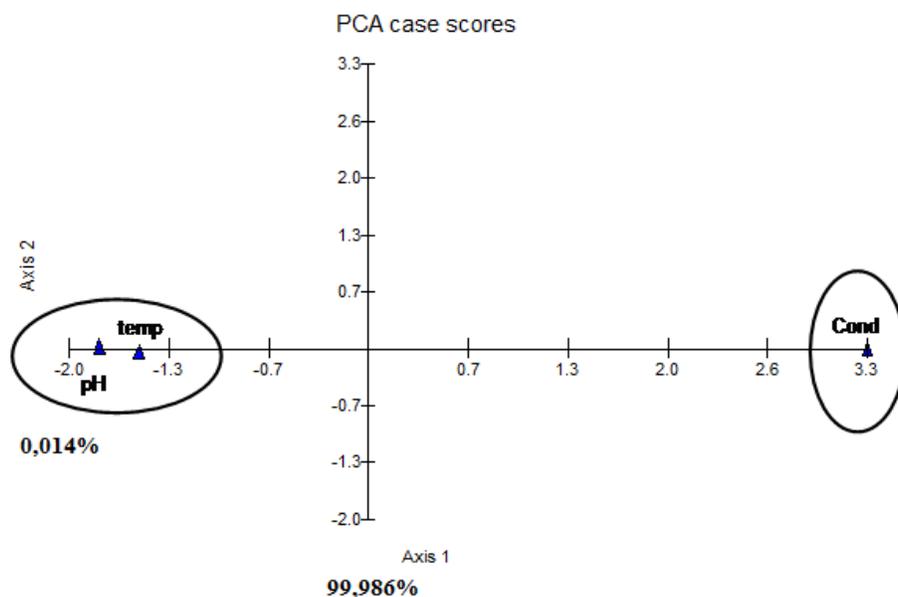


Fig. 5: Ordination des facteurs physico-chimiques de l'eau de la rivière Muha

3.6.2. Analyse des données biologiques

Les deux premiers axes extraits de cette ordination se caractérisent respectivement par des pourcentages de variance de 64,17% et 11,25% soit un total de 75,42% (Fig. 6).

L'analyse des données biologiques montre également la présence de 2 groupes. Le groupe I est formé d'espèces comme *Surirella angusta*, *Surirella tenera*, *Encyonema minutum*, *C.subaequalis*, *C.muellerii*, *C.leptoceros*, *Gomphonema clevei*, *G.angustatum*, *G.gracile*, *Achnanthes linearis*, *Amphora montana*, *N.linearis*, *N.fonticola*, *N.intermedia*, *N.obtusa var. scalpelliformis*, *Rhopalodia gibba*, *R. giberrula*, *Navicula exigua*, *Sellaphora pupula*, *Luticola mutica*, *Navicula sp.*,

3.6.1. Analyses des données physico-chimiques

Les deux premiers axes extraits de cette ordination se caractérisent respectivement par des pourcentages de variance de 99,986% et 0,014% (Fig. 5). Le premier axe semble donc contenir toute l'information de l'analyse en composantes principales et montre la présence de 2 groupes dont l'un principalement lié au pH et à la température et l'autre lié à la conductivité électrique.

Frustulia vulgaris, *Eunotia muscicola*, *Rhopalodia hirundiniformis*, *Gyrosigma scalproides* et *Fragilaria ulna*. Ces espèces présentent une faible amplitude écologique et peuvent se trouver dans un seul relevé. Elles seraient plus liées au pH et à la température qu'à la conductivité électrique.

Le groupe II est constitué de *Navicula atomus*, *Achnanthes exigua*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia palea*, *Navicula viridula*, *Navicula cryptocephala* et *Navicula cryptotenella*. Ces espèces se caractérisent par leur large distribution, la plupart d'entre elles étant des espèces constantes dominantes. Elles semblent préférer les teneurs élevées de conductivité électrique. *Navicula simplex* domine dans certains relevés et manque dans d'autres et semble se démarquer des groupes ci-haut-cités.

Cette étude a montré la richesse de la rivière Muha en diatomées et la distribution de ces dernières en fonction du substrat et de la composition physicochimique des eaux. Avec des échantillonnages effectués sur plusieurs types d'habitats et sites, des espèces additionnelles de diatomées pourraient être observées. Nous proposons que des études plus détaillées portant sur plusieurs paramètres physicochimiques qui pourraient influencer la distribution spatio-temporelle des diatomées dans la rivière Muha soient entreprises.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dr. Masharabu Tatien et Dr. Ndayishimiye Joel, professeurs à l'Université du Burundi, pour leur bonne contribution dans le traitement des données avec les logiciels d'analyses multivariées.

BIBLIOGRAPHIE

Biggs, B. J. F., (1995). The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater Biology* 33 (3): 419-438.

Cazaubon, A., (1988). The significance of a sample in a natural lotic ecosystem: microdistribution of diatoms in the karstic Argens Spring, South-east France. In Samola, H. (ed.), *Proceedings of the 10th International Diatom Symposium*, Koeltz, Koenigstein, Germany: 513-519.

Descy, J.P., (1975). *Etude qualitative du peuplement algal benthique en vue de l'établissement d'une méthodologie d'estimation biologique de la qualité des eaux courantes*. Thèse de Doctorat, Université de Liège, 173p.

Fukushima, S., Y. Koichi & H. Fukushima, (1994) . Effects of self-purification on periphytic algal communities in lotic systems. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 25: 1966-1970.

Hustedt, F., (1930) . Bacillariophyta. In Pascher, A. (ed.), *Die Süßwasserflora Mitteleuropas* 10. Verlag Gustav Fischer, Jena, 466p.

Jüttner, I, H. Rothfritz & S. J. Ormerod, (1996) . Diatoms as indicators of river quality in the Nepalese Middle Hills with consideration of the effects of habitat-specific sampling. *Freshwater Biology* 36: 475-486.

Kent, M. & Cooker, P., (1992): *Vegetation description and analysis: A practical approach*. Belhaven Press, London, 363p.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986) . Bacillariophyceae 1. Teil Naviculaceae. In Ettl, H.,J. Gerloff, H. Heyning& D.Mollenhauer (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1: 1-876.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988) . Bacillariophyceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Ettl, H.,J. Gerloff, H. Heyning& D.Mollenhauer (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/2: 1-596.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991a) . Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Ettl, H.,J. Gerloff, H. Heyning& D.Mollenhauer (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3: 1-599.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991 b) . Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In Ettl, H.,J. Gerloff, H. Heyning& D.Mollenhauer (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/4: 1- 437.

Mathooko, J.M., B. Mpawenayo, J.K. Kipkemboi and C.M. M'Erimba (2005). Distributional patterns of diatoms and *Limnodrilus* Oligochaetes in a Kenyan dry streambed following the 1999-2000 drought conditions. *Intern.Rev. Hydrobiol.*90(2).185-200

Mpawenayo.B., (1985). La flore diatomique des rivières de la plaine de la RUSIZI au BURUNDI. *Bull. soc.roy. Bot.Belg.*118 : 141-156.

Mpawenayo, B. (1996). Les eaux de la plaine de la Rusizi (Burundi). Les milieux, flore et la végétation algale. *Ac. Roy. Sc. Outre-Mer, classe sc. Nat. Méd. Mém.* In 8° n.s. 23 (2): 236p.

Mpawenayo, B. & Mathooko, J.M., (2005). The structure of diatoms assemblages associated with *Cladophora* and sediments in a high land stream in Kenya. *Hydrobiologia*: 1-12.

Mvukiye et al., (2001) . *Etude de stabilisation des berges du ravin GATOKE*. Projet de fin d'études présenté publiquement en vue de l'obtention du grade d'Ingénieur Civil, 110p.

Patrick, R. & C. W. Reimer. (1966). The Diatoms of the United States. Vol. 1. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr* 13. 688 p.

Patrick, R. & C. W. Reimer. (1975). The Diatoms of the United States. Vol 2. Part I. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia, Monogr.* 13, 213 p.

Vanden Berghen, C., (1966). Initiation à l'étude de la végétation.-*Naturalistes belges*, Bruxelles, 163p.

Van Meel, L., (1954). Le phytoplancton: Etat actuel de nos connaissances sur les Grands lacs Africains et leur phytoplancton. In exploration hydrobiologique B. *Atlas Bruxelles*, 76p.