

ETUDE PRELIMINAIRE DU PEUPEMENT ZOOPLANCTONIQUE DANS LE BASSIN DU HAUT-BANDAMA (COTE D'IVOIRE)

T. A. SORO^{1*}, R. N. ETILE², G. GOOREBI³, B. R. D. ABOUA⁴

¹Laboratoire d'Hydrobiologie et Ecotechnologie des Eaux, UFR Biosciences, Université Felix Houphouët-Boigny (Abidjan-Cocody, CÔTE D'IVOIRE), 22 BP 582 Abidjan 22, COTE D'IVOIRE.

¹tieligounon@yahoo.fr / +225 09562902/ +225 45775784

²Ndoua_et@yahoo.fr / +225 08599231

³gouligoorebi@gmail.com / +225 08324357

⁴abouabrd@yahoo.fr / +225 06610188

RESUME

Cette étude a pour but d'évaluer la diversité et l'abondance du zooplancton dans le Haut-Bandama. Pour ce faire, des échantillonnages du peuplement zooplanctonique ont été faits entre novembre 2017 et septembre 2018 dans la rivière Lokpoho et le fleuve Bandama, avec un filet à plancton de 30 µm de vide de maille. 71 taxons zooplanctoniques ont été déterminés dont 49 rotifères, 12 cladocères, 4 copépodes et 6 autres formes zooplanctoniques. La densité moyenne du zooplancton est plus élevée en saison des pluies (601 ind/l) qu'en saison sèche (374 ind/l). Les stations les plus denses de la rivière Lokpoho sont les stations L4 (857 ind/l) en saison sèche et L3 (1217 ind/l) en saison des pluies. Dans le fleuve Bandama, la station M2 est la plus abondante durant les saisons sèche (463 ind/l) et pluvieuse (421 ind/l). La population des rotifères est dominée par le genre *Polyarthra* en saison des pluies et par le genre *Anuraeopsis* en saison sèche. Les Nauplii de copépode sont les plus abondants chez les copépodes. Chez les cladocères *Diaphanosoma excisum* et *Daphnia* sp. dominant respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. L'abondance du zooplancton en saison des pluies est liée aux activités agropastorales menées dans le bassin du Haut-Bandama. Ceci est un signe de dégradation de ses eaux.

Mots clés : zooplancton, composition, abondance, Haut-Bandama, Côte d'Ivoire

ABSTRATS

PRELIMINARY STUDY OF THE ZOOPLANKTON POPULATION IN THE UPPER BANDAMA BASIN (IVORY COAST)

*This study aimed to assess diversity and abundance of the zooplankton population in Upper Bandama. To this end, sampling was carried out between November 2017 and September 2018 in the Lokpoho and Bandama rivers, with a 30 µm plankton net. 71 zooplankton taxa have been determined, including 49 rotifers, 12 cladocerans, 4 copepods and 6 other zooplankton taxa. The average zooplankton density is higher in the rainy season (601 ind/l) than in the dry season (374 ind/l). The densest stations in the Lokpoho River are L4 (857 ind/l) in the dry season and L3 (1217 ind/l) in the rainy season. In the Bandama River, the M2 station is the most abundant during the dry (463 ind/l) and rainy (421 ind/l) seasons. The rotifer population is dominated by *Polyarthra* sp. in the rainy season and by *Anuraeopsis* sp. in the dry season. The copepods population is dominated by Nauplii of Copepod. That of Cladocerans is dominated by *Diaphanosoma excisum* in the rainy season and *Daphnia* sp. in the dry season. The abundance of zooplankton in the upper Bandama is linked to agricultural and pastoral activities around the rivers. This is a sign of degradation of its waters.*

Key Word: Zooplankton, upper Bandama, Ivory Coast, Rotifer, Copepod, Cladoceran

INTRODUCTION

Le zooplancton des cours d'eau est constitué d'organismes animaux vivants qui n'ont pas une puissance natatoire suffisante pour leur permettre de remonter les courants et d'être autonomes vis-à-vis des masses d'eau (Ferdous et Muktarid, 2009). Ces organismes constituent une ressource énergétique importante dans les milieux aquatiques, pour les poissons et d'autres organismes de niveau trophique supérieur (Medeiros et Arthington, 2008 ; Aka *et al.*, 2010). En outre, ces organismes sont également un bon indicateur de la qualité de l'eau dans le contexte mondial d'eutrophisation des milieux aquatiques attribuable à l'urbanisation et à l'industrialisation galopantes d'une part et à l'utilisation des produits phytosanitaires dans les exploitations agro-industrielles d'autre part (Ferdous et Muktarid, 2009 ; Duggan *et al.*, 2001 ; Brito *et al.*, 2011). En effet, la connaissance de la structure et de la distribution du peuplement zooplanctonique s'avère importante non seulement dans la surveillance de la qualité des cours d'eau mais aussi, dans la compréhension du transfert de l'énergie dans les écosystèmes aquatiques.

En Côte d'Ivoire, il existe de nombreux travaux sur le zooplancton. Ces études ont été menées dans divers bassins et cours d'eau à savoir les réservoirs agro-pastoraux dans la zone de Korhogo (Aka *et al.*, 2000), les rivières Bia et Agnéby (Ouattara *et al.*, 2007), le bassin du fleuve Comoé (Yao *et al.*, 2015), la rivière Bagoé (N'da *et al.*, 2015), les rivières côtières Ehania, Boulo 1 et 2 et Bodoua (Monney, 2017), etc. Cependant, dans la partie septentrionale du bassin du Bandama, les travaux de recherches sur le zooplancton ont suscité peu d'intérêt. Or, dans cette partie du bassin versant du fleuve Bandama, de nombreuses activités anthropiques susceptibles de dégrader les habitats et la qualité des eaux telles que

l'élevage, l'agriculture artisanale et industrielle, la pêche, les activités minières (observation personnelle) y sont pratiquées. Face à ces menaces, il devient alors urgent de disposer des bases de données scientifiques sur les organismes aquatiques dans ce milieu dans une optique de suivi et de gestion dudit environnement.

Ainsi, la présente étude porte sur le peuplement zooplanctonique de la partie septentrionale du bassin du Bandama. Elle a pour objectif de faire l'inventaire du peuplement zooplanctonique et d'étudier la distribution des taxa en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu.

MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE

La présente étude a été menée dans le Haut-Bandama dans la région de Ferkessédougou et Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 3°50' et 7° Ouest et entre les latitudes 5° et 10° 20' Nord (Figure 1). Le climat de cette région est de type tropical sub-humide ou sub-soudanien de transition (Guillaumet et Adjanohoun, 1971), avec deux saisons : l'une humide (juin à septembre) et l'autre sèche (octobre à mai). La région est également soumise à l'harmattan (alizé boréal) qui est un vent chaud et sec en provenance du Sahara de décembre à février. La pluviométrie annuelle dans le Haut-Bandama est de 1 200 mm avec un régime uni-modal centré en août-septembre. Durant cette période, 600 à 700 mm de pluie soit 50 à 60 % de la pluviométrie annuelle totale sont enregistrés (Péné et Kéhé, 2005). Huit stations dont trois sur le cours principal du fleuve Bandama et cinq sur la rivière Lokpoho (deuxième affluent de la rive gauche du fleuve Bandama) ont été retenues pour l'échantillonnage.

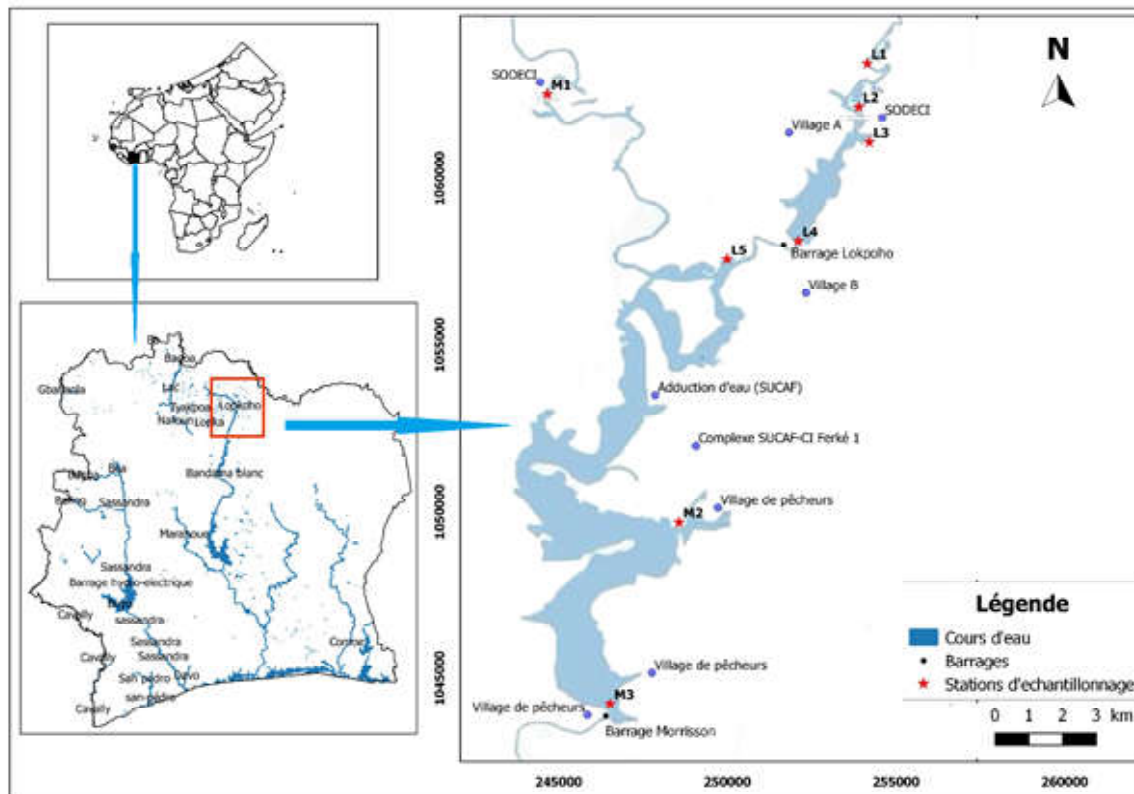


Figure 1 : Localisation de la partie septentrionale du Bassin du Bandama, de la Rivière Lokpo et des stations d'échantillonnage.

Hydrographic map of the northern part of the Bandama Basin (Upper Bandama and Lokpo River in the Ferkessedougou region). L: Lokpo River Stations; M: Bandama Stations (Morrisson Dam).

Echantillonnage, collecte et analyse des données

La stratégie d'échantillonnage adoptée dans cette étude vise à couvrir toutes les périodes hydrologiques, climatiques et toutes les saisons de la région de Ferkessedougou. Ainsi, trois campagnes d'échantillonnage ont été effectuées pendant la saison sèche (novembre 2017, janvier 2018 et avril 2018) et quatre pendant la saison des pluies (juin à septembre 2018). Le zooplancton a été récolté dans chaque station par filtration de 100 litres d'eau avec un filet à plancton de 30 µm de vide de maille. Le concentré obtenu a été recueilli dans un pilulier de 350 ml. Les organismes ont été colorés au rouge neutre pour faciliter l'observation, puis ils ont été fixés avec du formaldéhyde à 5%. Sur chaque station, les paramètres physico-chimiques ont été mesurés. La température, l'oxygène dissous, le pH et la conductivité ont été mesurées *in situ* à l'aide d'appareils portatifs de marque AZ 8403 et PANCELENT. La

transparence, la vitesse de l'eau et la profondeur ont été évaluées respectivement avec un disque de Secchi, une bouteille d'un litre à moitié pleine et un chronomètre, et une corde graduée et lestée. Pour les paramètres chimiques comme le nitrate, le nitrite, le phosphate, l'ammonium, le chlorure, le potassium, le magnésium, le zinc et le silicium, un litre d'eau a été prélevé et conservé dans une glacière à chaque station, pour être ensuite analysé au laboratoire avec une DR 900.

Au laboratoire, les taxa ont été identifiés sous un microscope optique de marque MOTIC (objectif ×5, ×40 et ×100). La détermination des taxa au niveau spécifique a été faite à l'aide des documents d'identification suivants : Saint-Jean (1985), Amoros (1984), Pourriot et Francez (1986), Baribwegure et Segers (2000), Hamaidi *et al.* (2008). Le comptage des taxa a été fait dans une boîte de pétri quadrillée sous une loupe binoculaire de marque MOTIC (grossissement X160, X250 et X400) en adoptant la technique de Cassié (1968).

Les tests de Student et d'Anova ont été effectués pour apprécier la variation des densités zooplanctoniques et des paramètres physico-chimiques en fonction des saisons et des stations. Ces tests ont été réalisés avec le logiciel R version 3.5.2. Le programme CANOCO a été utilisé pour établir la corrélation entre la distribution des taxa et les paramètres physico-chimiques mesurés dans chaque site d'échantillonnage à travers une analyse de redondance (RDA).

RESULTATS

Variables environnementales

Le tableau 1 présente les valeurs moyennes,

minimales et maximales des variables physico-chimiques dans le Haut-Bandama. Ce tableau montre que dans le Haut-Bandama, l'oxygène dissous, la vitesse de l'eau, le taux de silicium, la profondeur et les ions (le nitrate, le nitrite, le phosphate, l'ammonium, le zinc et le chlore) ont des valeurs moyennes plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche. Les valeurs moyennes de la conductivité, du potassium, de la transparence, de la température et du pH y sont plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies. L'analyse statistique indique que, la température, la transparence, la vitesse, la profondeur, la teneur en phosphate, en nitrate, en nitrite, et en zinc de l'eau (tests-t Student ; p -value < 0,05) diffèrent significativement d'une saison à l'autre.

Tableau 1 : Valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres physico-chimiques dans le haut Bandama, en saison sèche et en saison des pluies. Moy : valeurs Moyennes, Min : valeurs minimales, Max : valeurs maximales.

Mean, minimum and maximum values of the physicochemical parameters in the upper Bandama, in the dry season and in the rainy season. Moy: average values, Min: minimum values, Max: maximum values.

BASSIN	HAUT BANDAMA					
	Saison sèche			Saison des pluies		
Saisons	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Paramètres physico-chimique						
Température (°C)	26,55	27,70	28,67	28,20	29,72	31,30
pH	6,53	6,68	6,76	6,39	6,64	7,00
Oxygène dissous (mg/L)	2,36	3,89	6,04	2,31	4,13	7,02
Transparence (m)	0,61	0,71	0,87	0,17	0,23	0,27
Profondeur (m)	2,17	4,05	5,87	3,14	4,95	6,88
Conductivité (µs/cm)	46,67	59,04	68,67	39,00	50,74	68,38
Vitesse (m/s)	-	0,04	0,13	0,08	0,27	0,59
Nitrate (mg/L)	0,02	0,03	0,03	0,03	0,08	0,24
Nitrite (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Ammonium (mg/L)	0,13	0,25	0,36	0,25	0,33	0,39
Potassium (mg/L)	1,83	3,19	4,35	2,28	2,78	3,28
Phosphate (mg/L)	1,03	2,44	3,10	3,53	5,50	7,06
Silicium (mg/L)	10,57	12,89	16,20	12,58	19,82	34,78
Chlore (mg/L)	0,73	1,60	2,10	2,90	5,38	7,53
Zinc (mg/L)	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,04
Magnésium (mg/L)	0,05	0,23	0,33	0,06	0,23	0,61

Composition faunistique du peuplement zooplanctonique et richesse spécifique

Le tableau 2 dresse la liste des espèces de zooplancton échantillonnées durant la présente étude dans le Haut-Bandama. Au total, 71 taxons zooplanctoniques dont 49 rotifères, 12

cladocères, 4 copépodes et 6 autres organismes ont été identifiés.

Dans la rivière Lokpoho, la richesse taxonomique varie de 37 taxons dans la station L5 à 65 taxons dans la station L3. La richesse taxonomique totale est de 65 taxons zooplanctoniques dans la rivière Lokpoho.

Tableau 2 : Liste faunistique et distribution des taxons zooplanctoniques récoltés dans la partie septentrionale du bassin du haut Bandama (Cote d'Ivoire) d'octobre 2017 à septembre 2018. (+) : presence.

Faunistic list and distribution of zooplankton taxa in the northern part of the Upper Bandama Basin (Cote d'Ivoire) from October 2017 to September 2018. (+) : presence.

FAMILLE	Taxons	Rivière Lokpoho					Fleuve Bandama		
		L1	L2	L3	L4	L5	M1	M2	M3
COPEPODES									
Cyclopide	<i>Nauplii de copepode</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Thermocyclops sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Mesocyclops sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Calanoide	<i>Thermodiaptomus yabensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
CLADOCERES									
Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Ceriodaphnia affinis</i>	+	+			+		+	
	<i>Daphnia sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Moina micrura</i>	+	+	+	+	+		+	
	<i>Scapholeberis mucronata</i>				+	+			+
	<i>Juvenile de Daphnia sp.</i>		+	+					
Chydoridae	<i>Coronatella mucronata</i>				+	+			
	<i>Coronatella sp.</i>				+	+			
Sididae	<i>Diaphanosoma excisum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Macrothricidae	<i>Macrothrix sp.1</i>				+				
	<i>Macrothrix sp.2</i>				+	+			
	<i>Macrothrix sp.3</i>				+				
ROTIFERES									
Gastropidae	<i>Ascomorpha sp.</i>			+	+	+		+	+
Asplanchnidae	<i>Asplanchna priodonta</i>	+	+	+	+			+	+

Tableau 2 : (suite)

FAMILLE	Taxons	Rivière Lokpoho					Fleuve Bandama		
		L1	L2	L3	L4	L5	M1	M2	M3
Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i> sp	+	+	+	+			+	+
	<i>Anuraeopsis fissa</i>	+	+	+	+	+		+	+
	<i>Anuraeopsis Navicula</i>	+	+	+	+	+			+
	<i>Brachionus angularis</i>	+	+	+	+	+		+	+
	<i>Brachionus falcatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	+	+	+	+	+		+	+
	<i>Brachionus plicatilis</i>	+	+	+	+			+	+
Brachionidae	<i>Brachionus caudatus</i>	+	+	+				+	+
	<i>Brachionus quadridentatus</i>		+	+	+		+	+	
	<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Keratella lenzi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Keratella quadratata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Keratella tecta</i>							+	+
	<i>Keratella tropica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Plationus patulus</i>			+				+	+
	<i>Platyias quadricornis</i>			+	+				
	<i>Conochilus unicornis</i>	+	+	+	+	+		+	+
Filinidae	<i>Filinia teminalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Filinia opoliensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Hexarthridae	<i>Hexarthra intermedia</i>	+	+	+	+	+		+	+
	<i>Hexarthra</i> sp.	+	+	+	+	+		+	+
Lecanidae	<i>Lecane decipience</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Lecane bulla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Lecane elasma</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Lecane lunaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Lecane quadridentat</i>	+	+	+	+	+			
	<i>Lecane ungulata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 2 : (suite)

FAMILLE	Taxons	Rivière Lokpoho					Fleuve Bandama		
		L1	L2	L3	L4	L5	M1	M2	M3
Lecanidae	<i>Lecane leontina</i>			+	+				
	<i>Lecane papuana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Lecane</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+
Lepadellidae	<i>Lepadella patella</i>	+	+	+	+	+	+	+	
Scaridiidae	<i>Scaridium longicaudum</i>		+	+				+	
Synchaetidae	<i>Polyarthra vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Polyarthra</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	
Testudinellidae	<i>Testudinella</i> sp.	+	+	+	+	+		+	
Trichocercidae	<i>Trichocerca rousseleti</i>	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Trichocerca similis</i>	+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Trichocerca cylindrica</i>		+	+	+		+	+	
	<i>Trichocerca mus</i>			+	+			+	
	<i>Trichocerca pusilla</i>			+	+			+	
	<i>Trichocerca uncinata</i>		+	+	+		+	+	
Trichotriidae	<i>Macrochaetus colinsi</i>			+	+				
	<i>Trichotria pocillum</i>			+	+				
	<i>Trichotria</i> sp.			+	+				
Collotheceidae	<i>Stephanoceros</i> sp.			+					
Flosculariidae	<i>Sinantherina socialis</i>			+					
Habrotrochidae	<i>Habrotrocha</i> sp.			+					
AUTRES									
Centropxyidae	<i>Centropxyis</i> sp.			+	+				
Ostrcodes	Ostracodes			+	+		+		
Indeterminés	Larve de poisson				+			+	
	Larve de Diptère						+		
	Larve de <i>Chaoborus</i> sp.						+		
	Planaire						+		
FAMILLE	Taxons	Rivière Lokpoho					Fleuve Bandama		
		L1	L2	L3	L4	L5	M1	M2	M3
	Zooplancton total par station	40	46	65	56	37	33	50	45
	Zooplancton total par cours d'eau			65				56	

Dans le cours principal du fleuve Bandama, la diversité est plus faible que dans la rivière Lokpoho. Elle varie entre 33 taxons dans la station M1 et 50 taxons dans la station M2. La richesse taxonomique totale y est de 56 taxons zooplanctoniques.

De façon globale dans les eaux du Haut-Bandama, le groupe des rotifères est le plus diversifié. Dans ce groupe, la famille des Brachionidae, avec 15 taxons soit 30,61 % est la famille la plus riche en taxons. Celle-ci est suivie de la famille des Lecanidae (9 taxons soit 18,37 %) et des Trichocercidae (6 taxons soit 12,24 %). Au niveau générique, *Lecane* (9 espèces), *Trichocerca* (6 espèces), *Keratella* (5 espèces) et *Brachionus* (4 espèces) constituent les genres les plus diversifiés des rotifères.

Chez les Cladocères, les taxa obtenus se répartissent en quatre familles (Daphniidae, Macrothricidae, Chydoridae et Sidadae). La famille des Daphniidae est représentée par cinq taxons et présente la diversité la plus élevée. Ensuite, vient la famille des Macrothricidae (3 espèces du genre *Macrothrix*).

Le groupe des copépodes est représenté par les sous-groupes des cyclopidés (75 %) et des calanoides (25 %). Les cyclopidés sont représentés par les nauplii, *Termocyclops* sp. et *Mesocyclops* sp. Les calanoides sont représentés par l'espèce *Thermodiaptomus yabensis*.

Densité total zooplanctonique et structure des grands groupes

La figure 2 présente la variation spatiale de la densité du zooplancton total et la structure des grands groupes (rotifères, copépodes et

cladocères) échantillonnés dans la rivière Lokpoho et le cours principal du fleuve Bandama.

Pendant la saison sèche (Figure 2A), la densité totale du zooplancton évolue de façon croissante de 308 ind/l à la station L1 à 857 ind/l à la station L4 dans la rivière Lokpoho. Après la digue du lac de barrage Lokpoho, la densité décroît et atteint la valeur de 113 ind/l à la station L5. Au niveau du cours principal du fleuve Bandama, la densité totale du zooplancton est maximale (463 ind/l) à la station M2 et minimale (46 ind/l) à la station M1. La variation spatiale de la densité totale durant la saison sèche est significative dans les stations du Haut-Bandama (Anova ; p -value < 0,05). La structure du peuplement zooplanctonique pendant la saison sèche (Figure 2A) est marquée par la dominance en densité des rotifères sur toutes les stations échantillonnées, suivit de l'abondance des copépodes.

Durant la saison des pluies (Figure 2B), dans la rivière Lokpoho, la densité totale du zooplancton croît de 767 ind/l à la station L1 à 1217 ind/l à la station L3 et elle décroît ensuite jusqu'à 551 ind/l à la station L5. Au niveau du cours principal du fleuve Bandama, la densité la plus faible (99 ind/l), est obtenue dans la station M1. La densité maximale (421 ind/l) a été enregistrée au niveau de la station M2. La différence est significative entre les densités des stations du Haut-Bandama en saison des pluies (Anova ; p -value < 0,05). La structure du peuplement zooplanctonique de la saison des pluies (Figure 2B), est caractérisée par la dominance numérique des rotifères dans toutes les stations échantillonnées, à l'exception de la station L5 où le groupe des cladocères domine le peuplement zooplanctonique.

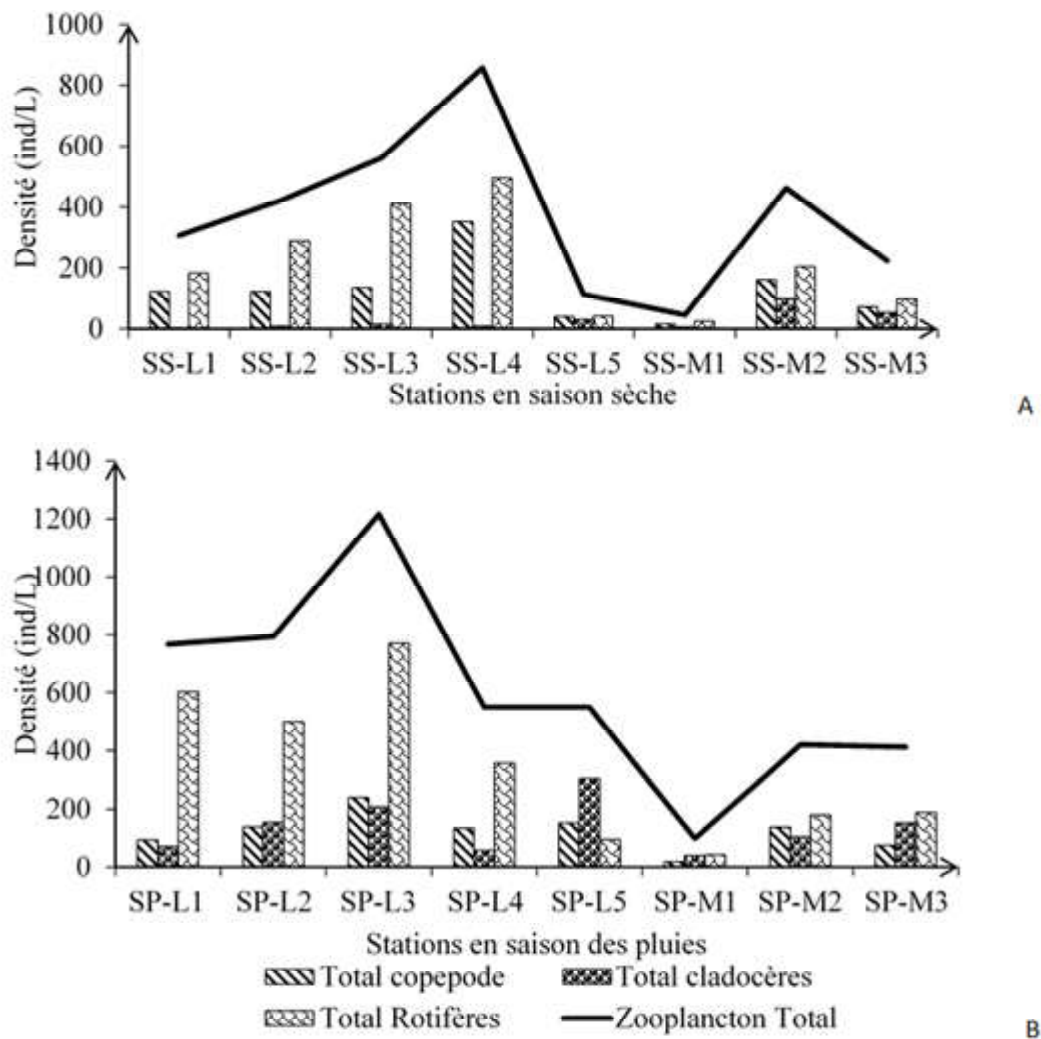


Figure 2 : Variation spatiale de la densité totale zooplanctonique, de la densité des rotifères, des cladocères et des copépodes durant la saison sèche (A) et la saison des pluies (B) dans le haut Bandama.

Spatial variation of total zooplankton density, rotifer density cladoceran density and copepod density sampled in the upper Bandama during the dry season (A) and the rainy season (B), between October 2017 and September 2018.

Structure des rotifères

Les résultats précédents montrent que les rotifères sont les plus diversifiés et abondants dans le peuplement zooplanctonique du Haut-Bandama. La figure 3 présente ici l'organisation structurale des rotifères dans les stations du Haut-Bandama en saison sèche (Figure 3A) et en saison des pluies (Figure 3B)

En saison sèche (Figure 3A), le genre *Anuraeopsis* domine le peuplement de rotifère dans les stations L2 (99 ind/l) et L3 (159 ind/l). Le genre *Trichocerca* est le plus abondant au

niveau des stations M1 (7 ind/l) et M3 (24 ind/l). Dans les stations L1 (48 ind/l) et L4 (125 ind/l) le genre *Keratella* est le plus dense. Le genre *Brachionus* domine au niveau de la station M2 (43 ind/l).

En saison pluvieuse (Figure 3B), le genre *polyarthra* est le plus dense (34 à 283 ind/l) dans les stations L1, L2, L4, L5, M2 et M3. Les genres *Filinia* et *Trichocerca* sont les plus abondants dans le peuplement de rotifère respectivement dans les stations L2 (171 ind/l) et M1 (12 ind/l). Dans la station L3, *Conochulus unicornis* est le plus abondant (299 ind/l).

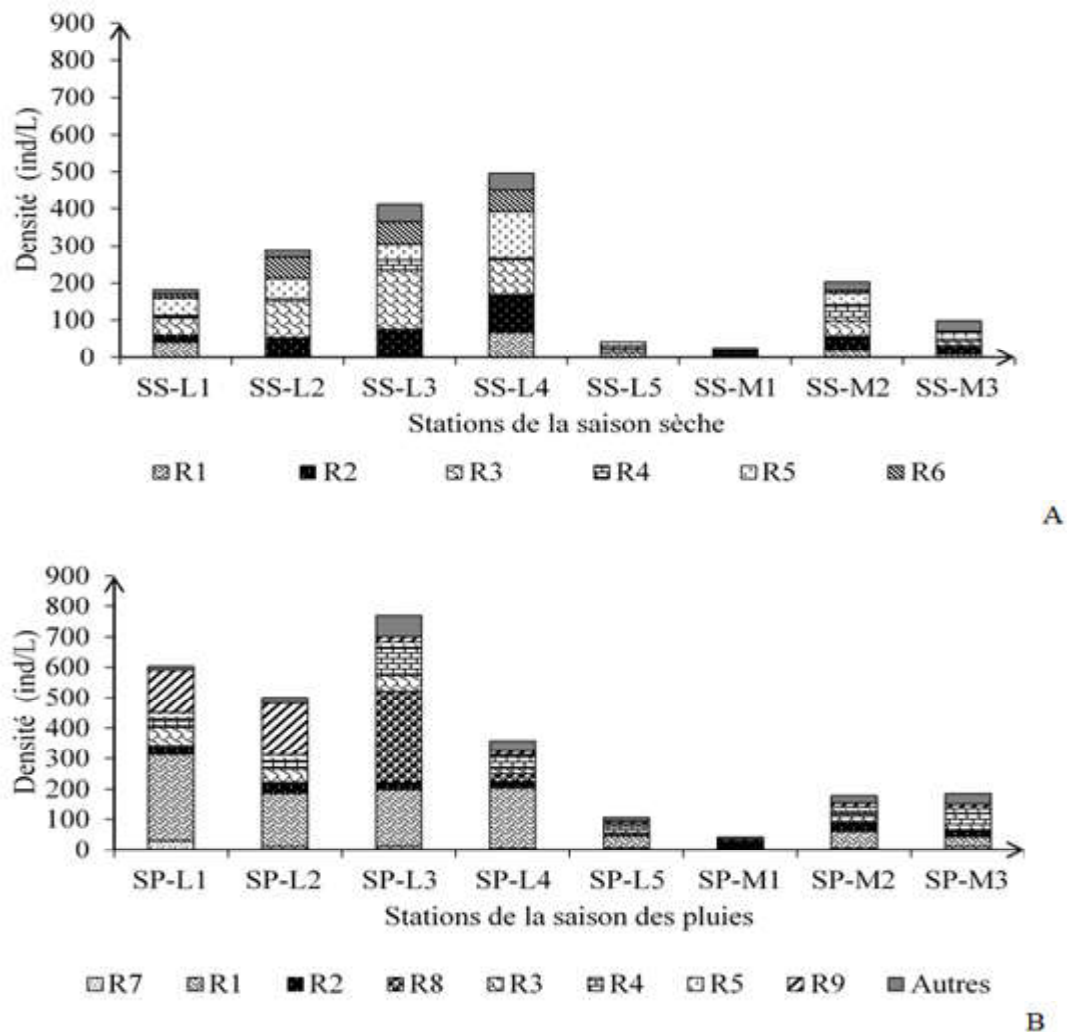


Figure 3 : Structure du peuplement des rotifères dans les stations du haut Bandama, en saison sèche (A) et en saison des pluies (B). R1 : *Polyarthra* sp., R2 : *Trichocerca* sp., R3 : *Anuraeopsis* sp., R4 : *Brachionus* sp., R5 : *Keratella* sp., R6 : Ostracodes, R7 : *Lecanes* sp., R8 : *Conochilus unicornis*, R9 : *Filinia terminalis*.

Rotifer populations structure in the upper Bandama stations, in the dry season (A) and in the rainy season (B). R1 : Polyarthra sp., R2 : Trichocerca sp., R3 : Anuraeopsis sp., R4 : Brachionus sp., R5 : Keratella sp., R6 : Ostracodes, R7 : Lecanes sp., R8 : Conochilus unicornis, R9 : Filinia terminalis.

Analyse des corrélations entre variables environnementales et Taxons zooplanctoniques

La corrélation entre les variables environnementales et la distribution des taxons du Haut-Bandama, en saison sèche (Figure 4A) et en saison des pluies (Figure 4B), a été établie à travers une analyse de redondance (ARD). Les deux premiers axes expriment ensemble plus de 70 % des variances totales pour l'ARD des deux saisons.

Durant la saison sèche (Figure 4A), l'analyse montre trois groupes de stations : les stations

L1 à L4 (groupes 1), les stations L5 et M1 (groupe 2) et les stations M2 et M3 (groupe 3). Le premier groupe de stations est caractérisé principalement par des teneurs plus importantes des eaux en phosphate, en nitrate, en chlore, en potassium et par une conductivité élevée. Les taxons associés à ces stations sont *Trichocerca* sp., nauplii de copépode, *Keratella* sp., *Anuraeopsis fissa*, *Filinia terminalis*, *Polyarthra vulgaris*, *Lecane* sp., *Brachionus* sp., *Calanoides*, *Cyclopides*, *Asplanchna* sp. et *Conochilus unicornis*. Le seconde groupe constitué des stations L5 et M1 se caractérise par la vitesse du courant des eaux élevée.

Ceriodaphnia cornuta est la seule espèce représentée dans ce groupe. Les stations M2 et M3 constituent le troisième groupe. Au niveau de ces stations, l'eau est plus transparente et mieux oxygénée. Les teneurs en ammonium et en silicium de l'eau y sont également élevées. Au plan biologique, ces deux stations présentent une richesse spécifique et une densité zooplanctonique relativement élevées. Les principaux taxons qui s'y trouvent sont les cladocères *Daphnia* sp., *Moina micrura*, et le rotifère *Hexarthra* sp.

Durant la saison des pluies (Figure 4B), l'ARD partage notre milieu d'étude en trois principaux groupes également : L1 à L4 (groupe 1), L5 (Groupe 2) et M1 à M3 (groupe 3). Le groupe 1 est sous l'influence de la température de l'eau

et des teneurs en zinc, en magnésium, en chlore et en phosphate. Au plan biologique, ces stations sont caractérisées par une abondance totale du zooplancton et une diversité plus importante. Les principaux taxons sont *Keratella* sp., nauplii de copépodes indéterminés, *Lecane* sp., *Moina micrura*, *Hexarthra* sp., *Polyarthra vulgaris*, *Lepadella* sp., *Brachionus* sp., *Conochilus unicornus*, *Filinia terminalis* et *Anuraeopsis fissa*. Le second groupe (M1 à M3) est constitué des stations du cours principal du fleuve Bandama. Ce groupe est caractérisé par des valeurs importantes de la vitesse du courant d'eau, de la profondeur de l'eau et de la teneur en silicium. Le groupe 3 est constitué d'une seule station (L5). Il est caractérisé par l'abondance de *Daphnia* sp.

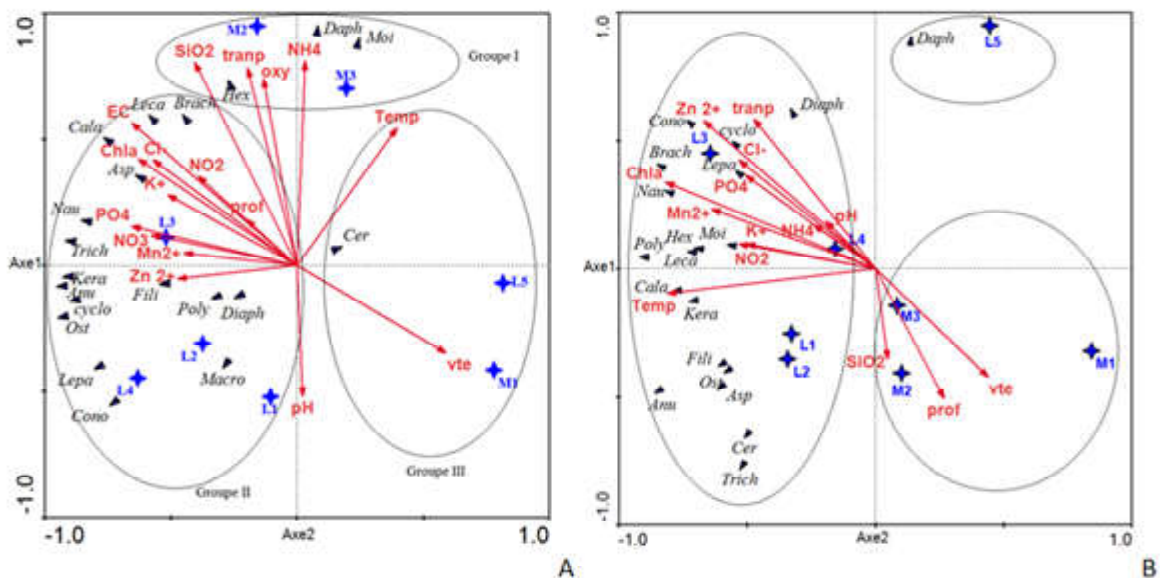


Figure 4 : Analyse de redondance réalisée sur les variables environnementales, les stations et les densités des taxons de zooplancton du haut Bandama, en saison sèche (A) et en saison des pluies (B).

Redundancy analysis carried out on the environmental variables, the stations and the densities of zooplankton taxa of upper Bandama, in dry season (A) and in rainy season (B).

Diaph : *Diaphanosoma excisum*, *Cono* : *Conochilus unicornis*, *Brach* : *Brachionus*, *Nau* : *Nauplius*, *Cyclo* : *Cyclopidés*, *Cala* : *Calanoides*, *Anu* : *Anuraeopsis* sp., *Kera* : *Keratella*, *Trich* : *Trichocerca*, *Ost* : *Ostracodes*, *Macro* : *Macrochaetus* sp., *Leca* : *Lecane* sp., *Poly* : *Polyarthra* sp., *Moi* : *Moina micrura*, *Fili* : *Filinia terminalis*, *Asp* : *Asplanchna priodonta*., *Cer* : *Ceriodaphnia cornuta*, *Hex* : *Hexarthra* sp. SS : saison sèche, SP : saison des pluies, L : station de la rivière Lokpoho, M : station du fleuve Bandama (barrage hydroagricole Morrisson)

DISCUSSION

La distribution et l'abondance des organismes zooplanctoniques dans les écosystèmes aquatiques sont déterminées par les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux (Etilé *et al.*, 2009, Onana *et al.*, 2014). Les paramètres obtenus au cours de cette étude montrent que les conditions environnementales sont favorables au développement du zooplancton dans les eaux du Haut-Bandama. Les valeurs moyennes saisonnières de la température, dans ce milieu, sont conformes à celles observées par Ilitis et Lévêque (1982) dans les rivières de Côte d'Ivoire. Son intervalle de variations est comparable aux mesures faites par Aboua (2012) et Lozo (2016) dans le fleuve Bandama. L'oxygène dissous, le taux de silicium, les ions (le nitrate, le nitrite, le phosphate, l'ammonium, le zinc et le chlore) ont des valeurs moyennes plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche. L'augmentation des valeurs de ces paramètres en saison des pluies est provoquée d'une part par la vitesse d'écoulement et d'autre part par le renouvellement des eaux pendant la saison des pluies (Mergaoui *et al.*, 2003). Ces valeurs peuvent aussi s'expliquer par les eaux de ruissellement chargées de sels nutritifs, en provenance des terres agricoles et de la ville de Ferkessedougou. Ces résultats sont en accord avec ceux de Arfi *et al.* (2007) dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. En saison pluvieuse, la transparence et le pH ont des valeurs plus faibles qu'en saison sèche. Cela est dû à la présence de débris organiques biodégradables en saison des pluies (Fekhaoui, 2005)

La richesse totale zooplanctonique enregistrée est plus élevée que celles enregistrées dans le bassin du Bandama (De-Ridder et Pourriot, 1984 ; 53 espèces), dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire (Aka *et al.*, 2000 ; 30 taxons), dans le bassin de la rivière Bia (Ouattara *et al.*, 2007 ; 64 taxons), dans la rivière Agnéby (Ouattara *et al.*, 2007 ; 30 taxons), dans le fleuve Comoé (secteur parc national de la Comoé) (Yao *et al.*, 2015 ; 20 taxons), dans la rivière Bagoé (N'Da *et al.*, 2015 ; 38 taxons) et dans le complexe lagunaire Aby-Tendo-Ehy (Monney, 2017 ; 59 taxons). Ces différences de richesse taxonomique du peuplement zooplanctonique entre ces différents milieux pourraient être liées à la taille de la maille du filet utilisé. La taille de la maille du filet utilisée dans la présente étude

(30 µm) est inférieure à celles utilisées dans les études ci-dessus citées. Ces différences peuvent être dues aussi aux caractéristiques environnementales (Manca et Armiraglio, 2002), le climat régional et l'hydrologie des cours d'eau. En fait, toutes ces études, sauf celle N'Da *et al.* (2015), ont été réalisées dans la zone Sud de la Côte d'Ivoire. Ces paramètres sont des facteurs qui peuvent influencer la distribution du zooplancton d'une région à l'autre (Ouattara *et al.*, 2007).

Les résultats révèlent la dominance en nombre de taxons et en densité des rotifères dans le peuplement zooplanctonique échantillonné dans le Haut-Bandama. Les Brachionidae et les Lecanidae sont les familles les plus diversifiées. La dominance des rotifères a été également signalée par Ouattara *et al.* (2007) dans les rivières Bia et Agnéby, N'Da *et al.* (2015) dans la rivière Bagoé et Monney (2017) dans 4 rivières côtières du Sud-Est. Cette dominance qualitative et quantitative des rotifères peut s'expliquer par la prédation (Lampert et Sommer, 2001 ; Kuczyńska-Kippen et Basińska, 2008), le cycle de développement, le mode de reproduction et la tolérance à une variété de facteurs environnementales (Bennett et Borass, 1989 ; Badsy *et al.*, 2010). En effet, le caractère opportuniste des rotifères leur permet de mieux résister aux variations des conditions environnementales (Matsumura-tundisi *et al.*, 1990). De plus, leur grande compétitivité, en raison de leur plasticité alimentaire vis-à-vis des ressources disponibles et de leur petite taille les rendent moins vulnérables à la pression de prédation (Dumont, 1994).

Dans le cours supérieur du Bandama, le peuplement zooplanctonique est plus abondant en saison des pluies qu'en saison sèche. Ce résultat s'oppose à celui de N'Da *et al.* (2015) dans la rivière Bagoé. Cependant, il concorde avec ceux de nombreux autres auteurs dont Masundire (1994) dans le lac Kariba en Zambie et au Zimbabwe, Okogwu et Ugwumba (2006) dans la lagune Ologea au Sud-Ouest du Nigéria et Ouattara *et al.* (2007) dans la rivière Bia en Côte d'Ivoire. L'augmentation de la densité du zooplancton en saison des pluies, dans le Haut-Bandama, pourrait être liée à l'entrée des eaux de pluies chargées de sels nutritifs divers. En effet, les eaux chaudes et riches en sels nutritifs constituent un milieu nutritif riche pour le développement du phytoplancton et du zooplancton (Makaoui *et al.* 2005 ; Somoue *et al.* 2013).

En saison des pluies, toutes les stations sont dominées par les rotifères, à l'exception de la station L5 dans laquelle les cladocères dominent. Cette prolifération des cladocères à la station L5 pendant la saison des pluies serait due à la prédation exercée par les alevins et les poissons sur les copépodes et rotifère (Tchapgnou *et al.*, 2012). Aussi, la couverture de la canopée de la station L5 favorise la prolifération des cladocères. En effet en saison des pluies, la station L5 déborde de son lit mineur et s'étend sur le lit majeur, qui est rempli de *Panicum* sp., constituant, d'après Tchapgnou *et al.* (2012), une zone de protection pour les cladocères.

La forte densité zooplanctonique observée au niveau de la station L4 pendant la saison sèche s'explique par le fait que durant cette période la digue constitue un barrage et entraîne la stagnation des eaux de la rivière Lokpoho. Ainsi, l'eau à ce niveau est donc plus stable que sur les autres stations de la rivière Lokpoho. L'absence de l'écoulement favorise le développement du plancton (Ouattara *et al.*, 2007). Sur le cours principal du fleuve Bandama, la station M2 est la plus dense en raison de la stabilité relative de l'eau due à la digue du barrage Morrisson située dans la station M3. Aussi, cette station est la plus dense en zooplancton, parce qu'elle reçoit en permanence des intrants divers en provenance de l'usine sucrière, du village C et des villages de pêcheurs environnants.

Pendant la saison des pluies, la densité maximale est enregistrée dans la station L3. Ce déplacement de la densité maximale de la station L4 (en face de la digue) en saison sèche à la station L3 en saison des pluies, dans la rivière Lokpoho, s'explique par le fait que pendant la saison pluvieuse la digue de la rivière Lokpoho déborde. De ce fait, l'eau du lac de barrage Lokpoho coule à grande vitesse (0,28 m/s) au-dessus de la digue. Cet écoulement entraîne le zooplancton de la surface de l'eau de la station L4. Ainsi, la densité de la station L4 se trouve réduite par rapport à la station L3. En outre, la station L3 a presque les mêmes caractéristiques hydrologiques que la station M2 du cours principal du Bandama. Elle reçoit les effluents (les nutriments notamment) en provenance de la ville de Ferkessedougou. Elle est stable (vitesse faible) et peu turbide (Richardson et Mackay, 1991 ; Ouattara *et al.*, 2001 ; Ouattara *et al.*, 2007) même après une grande pluie.

CONCLUSION

La richesse taxonomique du zooplancton est élevée dans les eaux du Haut-Bandama. Soixante-onze (71) taxons zooplanctoniques ont été déterminés dont 49 rotifères, 12 cladocères et 4 copépodes. L'abondance des taxons zooplanctoniques est plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche. Les stations les plus denses sont les stations L4 et M2 en saison sèche et les stations L3 et M2 en saison des pluies. Le groupe des rotifères domine en richesse et en densité le peuplement zooplanctonique. La population des rotifères est dominée par le genre *Polyarthra* en saison des pluies et par le genre *Anuraeopsis* en saison sèche. Les Nauplii de copépode sont les plus denses dans la population des copépodes toute l'année. Celle des cladocères est dominée par *Diaphanosoma excisum* en saison des pluies et *Daphnia* sp. en saison sèche. L'abondance du zooplancton, surtout en saison des pluies, est liée aux activités agricoles et pastorales menées dans le bassin du Haut-Bandama. Ceci est un signe de dégradation des eaux du Haut-Bandama en saison des pluies.

REFERENCES

- Aboua B.R.D. 2012. Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama. *Thèse de Doctorat*, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 227 p.
- Aka N. M., Pagano M., Saint-Jean L., Arfi R., Bouvy M., Cecchi P., Corbin D. & Thomas S. 2000. Zooplankton Variability in 49 Shallow Tropical Reservoirs of Ivory Coast (West Africa). *International Review of Hydrobiology*, 85(4) : 491-504.
- Aka N. M., pagano M., Cecchi P. & Corbin D. 2010. Identification de quelques copépodes des petits lacs de barrage du Nord de la Côte d'Ivoire. *F. Tech. & Doc. Vulg* : 1-7
- Amoros C. 1984. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales Françaises. Les crustacés cladocères. *Extrait du bulletin mensuel de la société Linnéenne de Lyon*, 53^e année, n°3 et 4. p72-144
- Arfi R., Bouvy M., Cecchi P., Pagano M., Saint-Jean L. & Thomas S. 2007. Facteurs limitant la

- productivité phytoplanctonique dans 49 petits barrages. In : *L'eau en partage : Les petits barrages de Côte d'Ivoire*. IRD, 295p.
- Badsì H, Ali O.H., Loudiki M., El-Hafa M. & Aamari A. 2010. Ecological factors affecting the distribution of zooplankton community in Massa Lagoon (Southern Morocco). *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(11): 751-762.
- Baribwegure D. & Segers H. 2000. Rotifera from Burundi : the Lecanidae (Rotifera : Monogononta). *Annls Limnol.* 36 (4): 241 - 248.
- Bennett W.N & Borass M.E., 1989. A demographic profile of the fastest growing metazoan: a strain of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera). *Oikos*, 55: 365-369.
- Brito S. L, Maia-Barbosa P. M. & Pinto-Coelho R. M. 2011. Zooplankton as an indicator of trophic conditions in two large reservoirs in Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 16: 253–264
- Cassié, R.M. 1968. Sample design in zooplankton sampling. *UNESCO Monographs Oceanographic methodology*, 2: 105-121.
- De Ridder M. & Pourriot R. 1984. Peuplement en Rotifères du bassin du Bandama Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 17 :287-294.
- Duggan J.D. Green & Shiel R.J. 2001. Distribution of rotifers in North Island, New Zealand, and their potential use as bioindicators of lake trophic state. *Hydrobiologia*, 446/447: 155–164.
- Dumont H.J. 1994. The distribution and ecology of the fresh-and brackish water medusa of the world. *Hydrobiologia*, 272: 1-12.
- Etilé N.R., Kouassi A.M., Aka M.N., Pagano M., N'douba V. & Kouassi N.J., 2009. Spatio-temporal variations of the zooplankton abundance and composition in West African tropical coastal lagoon (Grand-Lahou, Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia*, 624: 171-189.
- Fekhaoui M. 2005. Projet gestion intégrée du Complexe des Zones Humides du Bas Loukkos (Larache, Maroc) ; phase du diagnostic : Hydrologie. Fondation Ciconia, Lichtenstein, et géré par le GREPOM, 40 p
- Ferdous Z. & Muktedir A.K.M. 2009. A Review: Potentiality of Zooplankton as Bioindicator. *American Journal of Applied Sciences*, 6 (10): 1815-1819.
- Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. 1971. La végétation. In : *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Mémoires ORSTOM, n° 50. Paris: 157-263.
- Hamaidi F., Hamaidi M. S., Guetarni D., Saidi F. & Said M. S., 2008. Rotifères de l'Oued Chiffa (Algérie). *Bulletin de l'institut scientifique*, Rabat, section sciences de la vie, 2008, n°30.p19-27.
- Ilitis A. & Lévêque C. 1982. Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 15: 115-130.
- Kuczyńska-Kippen N. & Basińska A. 2008. Spatio-temporal distribution of zooplankton between macrophyte and open water zones of lake W'sowskie. *Teka Kom. Ochr. Kszt. Ćerod. Przynr.* – OL PAN, 5, 75-84.
- Lampert W. & Sommer U. 2001. The fresh water ecology (in Polish). PWN, Warszawa, 389 pp.
- Lozo R.N. 2016. Composition floristique et distribution des peuplements de micro-algues du fleuve Bandama. *Thèse de Doctorat*, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 161 p
- Makaoui A., Orbi A., Hilmi K., Zizah S., Larissi J. & Talbi M. 2005. L'upwelling de la côte Atlantique du Maroc entre 1994 et 1998. *C. R. Geoscience*, 337, 1518-1524.
- Manca M., & Armiraglio M. 2002. Zooplankton of 15 lakes in the Southern Central Alps: comparison of recent and past (pre-ca 1850 AD) communities. *Journal of Limnology*, 61 (2), 225-231.
- Masundire H.M. 1994. Mean individual dry weight and length-weight regressions of some zooplankton of Lake Kariba. *Hydrobiologia*, vol. 272, n° 1, p. 231-238.
- Matsumura-Tundisi T., Neumann-Leitão S., Agüena L.S. & Miyahara J., 1990. Eutrofização de Represa de Barra Bonita. Estrutura e organização da comunidade de rotifera. *Rev. Brasil. Biol = Braz. J. Biol.*, vol. 50, no. 4, p. 923-935.
- Medeiros E.S.F. & Arthington A.H. 2008. The importance of zooplankton in the diets of three native fish species in floodplain waterholes of a dryland river. *Hydrobiologia*. 614: 19-31.
- Mergaoui L., Fefhaoui M., Driss B., Gheït A. & Stambouli A., 2003. Qualité des eaux et macrofaune benthique d'un milieu estuarien du Maroc : cas de l'estuaire de Sebou. *Bulletin de l'institut Scientifique, Section Sciences de la vie*, 25 : 67-75.
- Monney A.I., 2017. Diversité et variations spatiotemporelles du peuplement

- zooplanctonique dans différents hydrosystèmes du sud-est de la Côte d'Ivoire. *Thèse de doctorat*, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 218 p.
- N'Da S.A., Etilé R.N., N'zi K.G., Berté S. & N'douba V. 2015. Composition and Distribution of Zooplankton Relationship to Environmental Factor in a Tropical River: (Bagoé, Côte d'Ivoire). *International Research Journal of Biological Sciences*, Vol. 4 (11), 1-11.
- Okogwu O.I. & Ugwumba O.A., 2006. The zooplankton and environmental characteristics of Ologe Lagoon, Southwest, Nigeria. *Zoologist*, 3: 86-92.
- Onana F.M., Zebaze T. S. H., Nyamsi T.N.L., Domche T.H.B. & Ngassam P., 2014. Distribution spatio-temporelle du zooplancton en relation avec les facteurs abiotiques dans un hydrosystème urbain : le ruisseau Kondi (Douala, Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 82: 7326-7338.
- Ouattara A., Podoor N. & Gourène G., 2001. Etudes préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (bassin Bia, Côte d'Ivoire). *Hydroécologie Appliquée*, 13(1) :113-132.
- Ouattara I.N., Ouattara A., Koné T., N'douba V. & Gourène G., 2007. Distribution du zooplancton le long de deux petits bassins côtiers ouest africains (Bia et Agnébi ; Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 19 (2) : 197-210.
- Péné C.B. & Kéhé M. 2005. Performances de trois variétés de canne à sucre soumises au rationnement hydrique en pré-maturation au nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 17(1) : 7-18.
- Pourriot R. & Francez A. J. 1986 Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.-8 : Rotifères. In : *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 551^e année, n°5, pp. 148-176.
- Richardson J.S. & Mackay R. J. 1991. Lake outlets and the distribution of Filter Feeders: An Assessment of Hypotheses. *Oikos*, vol 62 (3) pp.370-380
- Saint-Jean L. 1985. Méthodes d'évaluation de la production du zooplancton. Document Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan, 26 p
- Somoue L., Berraho A., Ettahiri O., Elkhiahi N., Ramdani M., Larissi J., Makoui A. & Lam T. H. (2013). Le plancton (phytoplancton, zooplancton et ichthyoplancton) de la côte atlantique sud marocaine (Cap Boujdor-Cap Blanc). *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, Série Zoologie, n°49, 7-18.
- Tchapgnouo J.G.N., Njine T., Zebaze Togouet S.H., Segnou S.C.D., Tahir T.S.M., Tchakonte S. & Pinel-Alloul B. 2012. Diversité spécifique et abondance des communautés de copepodes, cladoceres et rotifères des lacs du complexe Ossa (Dizangue, Cameroun). *Varia*, 6: 71-93.
- Yao S.S., Etilé R.N. & Blahoua G.K. 2015. Diversity and structure of zooplankton community of Comoé River in relation with environmental factors (Comoé National Park, Côte d'Ivoire). *International Journal of Engineering Research and Management (IJERM)*, (2): 68-74.