

QUALITE DES EAUX DU BANDAMA-BLANC (COTE D'IVOIRE) ET DE SES AFFLUENTS SOUMIS A DE FORTES ACTIVITES ANTHROPIQUES A PARTIR DE LA MICROFLORE ALGALE

M. P. ADON^{1*}, J. E. NIAMIEN-EBROTTIE², K. F. KONAN¹, C. N. AZAH³, A. OUATTARA², G. GOURENE²

¹ Université Jean Lorougnon Guédé, UFR - Environnement, Département de Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Nangui Abrogoua, UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³ D-Consulting Afrique, 15 BP 149 Abidjan 15, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant Email: adonmariepaulette@gmail.com; Tel : (225) 01 72 54 70 / 07 57 19 13 / Fax : (225) 32 78 75 70

RESUME

La qualité écologique des eaux des localités soumises à l'exploitation artisanale et clandestine de l'or au niveau du Bandama-Blanc et de ses affluents a été étudiée entre le 01 et le 15 Avril 2015. Le prélèvement du phytoplancton a été réalisé à l'aide de la bouteille hydrologique et du filet à plancton, tandis que le périphyton a été récolté par les méthodes de grattage et d'expression respectivement sur cailloux, bois et feuilles immergés. Cent soixante (160) taxons composés de 84 taxons de Chlorophyta, 42 taxons d'Euglenophyta, 25 taxons de Cyanobacteria, 5 taxons de Dinophyta, 2 taxons de Chrysophyta, 1 taxon de Rhodophyta et 1 taxon de Xanthophyta ont été identifiés au niveau des sites d'échantillonnage. La densité des Cyanobacteria est élevée dans les sites soumis aux activités d'orpaillage, de pêche et d'élevage au niveau des eaux du barrage et de la carrière avec une contribution élevée de *Microcystis aeruginosa*. Les valeurs des indices de diversité ont montré que les eaux de la zone d'étude sont diversifiées avec un peuplement dominé par les espèces *Microcystis aeruginosa* et *Peridinium cinctum*. Une mésotrophie des sites d'échantillonnage de la zone d'étude a été révélée par les valeurs de l'indice B proposé par Nygaard (1949).

Mots clés : Phytoplancton, périphyton, diversité, barrage, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

WATER QUALITY OF THE BANDAMA-BLANC (COTE D'IVOIRE) AND ITS TRIBUTARIES SUBJECT TO STRONG ANTHROPOGENIC ACTIVITIES FROM THE ALGAL MICROFLORA.

Ecological waters quality of the localities subjected to artisanal and clandestine gold mining at the level of Bandama-Blanc and its tributaries was studied between 01 and 15 April 2015. Phytoplankton sampling was performed using the hydrologic bottle and plankton net, while periphyton was harvested by scraping and expression methods respectively on rocks, wood and floating leaves. The microalgae comprised 160 taxa, mainly Chlorophyta (84 taxa), Euglenophyta (42 taxa), Cyanobacteria (25 taxa), Dinophyta (5 taxa), Chrysophyta (2 taxa), Rhodophyta (1 taxa) and Xanthophyta (1 taxa). Highest Cyanobacteria densities was observed in the localities subjected to gold mining, fishing and rearing activities at the level of the Kossou dam and the quarry with a high contribution of the species *Microcystis aeruginosa*. Values of the diversity indices showed that the waters of the study area are diversified with a stand dominated by the species of *Microcystis aeruginosa* and *Peridinium cinctum*. Mesotrophy of the sampling sites in the study area was revealed by the Nygaard B index values (1949).

Keys words : Phytoplankton, periphyton, diversity, dam, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

La qualité écologique des eaux est fondée sur plusieurs composantes telles que l'hydromorphologie, la physico-chimie et les organismes biologiques. Au niveau des organismes biologiques, la communauté algale représente, du point de vue abondance et biomasse, une composante essentielle des milieux aquatiques. Le développement de cette communauté dans des conditions de stabilité et d'enrichissement en substances nutritives favorables, peut être bénéfique ou préjudiciable pour la santé de l'Homme (Chomerat, 2005).

Très peu d'études menées sur la qualité des eaux ivoiriennes ont concerné les travaux de Ouattara (2000) et Adon (2006) réalisés respectivement sur l'évaluation de l'état de trophie du lac d'Ayamé et de la retenue d'alimentation en eau de la ville d'Adzopé, et de ceux de Niamien-Ébrottié *et al.* (2008) effectués sur l'étude diagnostique de l'état de pollution du système fluvio-lagunaire Aby-Bia-Tanoé. Au niveau du Bandama Blanc et de ses affluents, des travaux ont été effectués sur la limnologie du fleuve Bandama (Lévêque *et al.*, 1983), sur les diatomées dans le but de contribuer à la connaissance taxonomique des Bacillariophyceae des rivières du Bandama (Lozo *et al.*, 2013), sur la dynamique spatiale des communautés de diatomées phytoplanktoniques et périphtiques en corrélation avec les facteurs de l'environnement (Attoungbre, 2015), ainsi que sur l'étude hydrobiologique du bassin du Bandama dans la zone d'influence du Projet aurifère de Yaouré (Konan *et al.*, 2015). Notre étude a pour objectif d'étudier la qualité écologique des eaux des localités soumises à l'exploitation artisanale et clandestine de l'or au niveau du Bandama-Blanc et de ses affluents à partir des communautés algales.

MATERIEL ET METHODES

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE

D'ETUDE ET CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT

Le fleuve Bandama, seul fleuve qui a son bassin versant situé entièrement en Côte d'Ivoire, est formé du Bandama-Blanc appelé N'zi et du Bandama-Rouge nommé Marahoué. Notre zone d'étude a concerné le Bandama-Blanc dont le bassin versant est de 35 000 km² (Avit *et al.*, 1999). Long de 725 km, le Bandama-Blanc prend sa source à 400 m d'altitude à l'Est de Ferkessedougou et conflue avec le Bandama un peu en amont de Tiassalé. La zone est caractérisée par quatre saisons bien marquées dans la zone sud où la pluviosité est comprise entre 160,42 mm et 12,29 mm (Kouamé *et al.*, 2008). Les deux saisons de pluies vont de mars à juin et de septembre à octobre, tandis que les saisons sèches partent de novembre à février et de juillet à août. La végétation est caractérisée par une savane pré-forestière, qui occupe la partie centrale, au nord et une savane au sud.

Pour la présente étude, 13 stations d'échantillonnage (Figure 1) ont été retenues dont 4 sur le cours principal du Bandama-Blanc entre la digue du barrage de Kossou et le pont du village Bozi (B1 (0777148 N ; 0225787 E), B2 (0774798 N ; 0224544 E), B3 (0766626 N ; 0223240 E), (B4 (0764878 N ; 0220529 E)) et 9 sur les affluents du Bandama et bas-fonds de la zone d'étude. Les affluents sont composés de 3 stations localisées sur le lac Kossou (K1 (0778680 N ; 0226842 E), K2, (0780341 N ; 0223094 E), K3 (0781600 N ; 0221151 E)), 1 station sur un lac de carrière qui a pris naissance dans une ancienne mine d'or (M1 (0776806 N ; 0221060 E)), 2 stations localisées sur une mare située entre la route de Patizia et le village Allahou Bazi/Angovia, (A1 (0770450 N ; 0221060 E ; A4 (0778576 N ; 0220592 E)), 2 stations situées sur la rivière Palé dont une est localisée après Patizia (A2 (0771969 N ; 0219502 E)) et l'autre dans le village Akakro (A3 (0774877 N ; 0217288 E)), et enfin 1 station située dans un bas-fond dans le village de Kouakougnanou (A5 (0774725 N ; 0222202 E)).

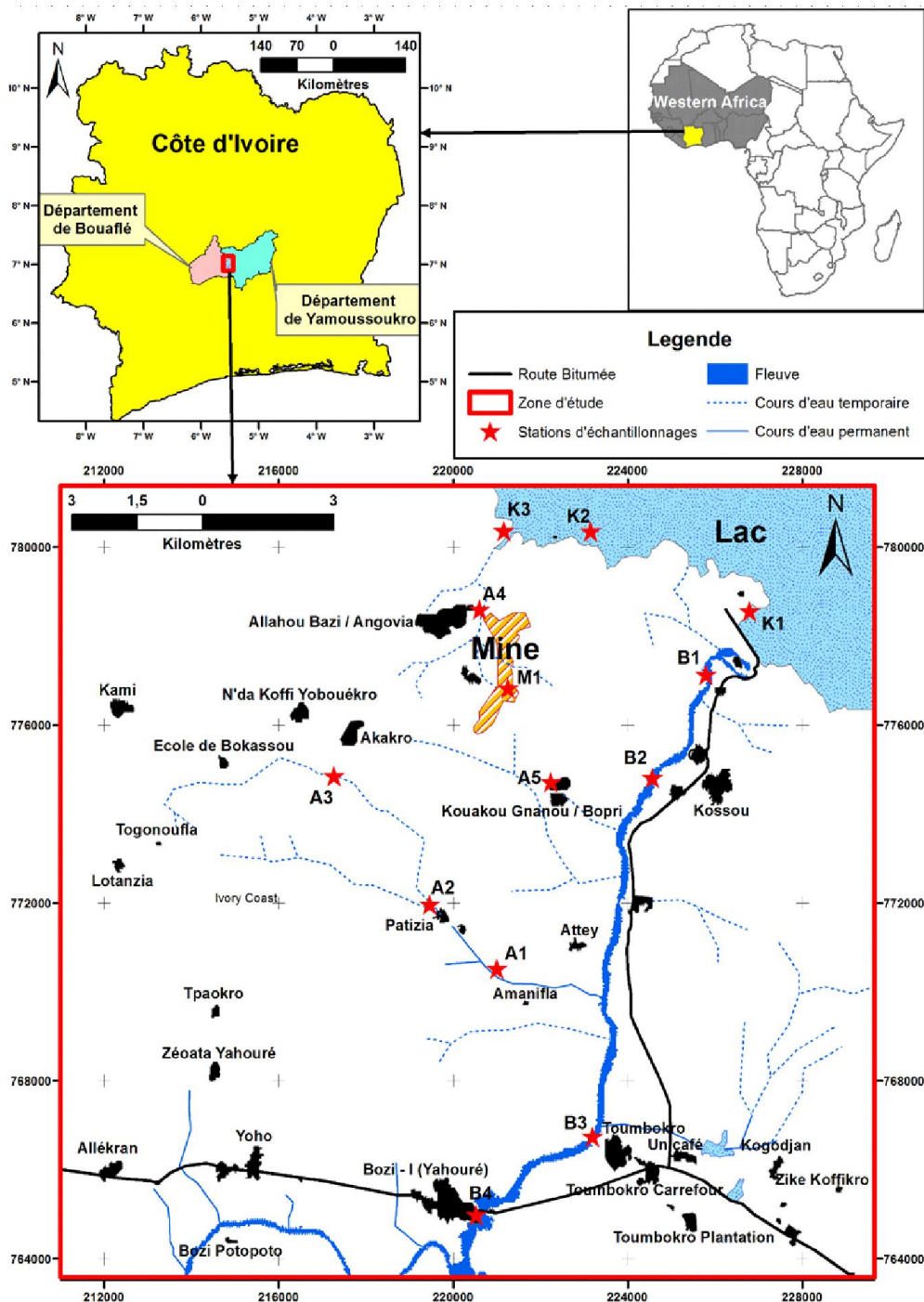


Figure 1 : Localisation des stations d'échantillonnage dans la zone d'étude (Konan et al., 2015 modifié).

Map showing position of the sampling station (Konan et al., 2015 modified).

ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES MICRO-ALGUES

Des récoltes destinées à l'étude des peuplements de la microflore algale ont été effectuées, du 01 au 15 Avril 2015, respectivement à partir des prélèvements au filet à plancton de 20 µm de vide de maille (phytoplankton) dans

la colonne d'eau (surface ; 1 m et 2 m), des expressions de végétaux immergés ainsi que des grattages sur les cailloux, bois et feuilles immergés (périphyton) à l'aide d'une brosse à dent dans les différentes stations de prélèvement. Tous les échantillons prélevés ont été fixés avec de l'alcool 90° pour les analyses au laboratoire.

L'observation des taxons phytoplanctoniques et périphytiques a été effectuée sous un microscope photonique de type Leica CME. Les taxons observés ont été mesurés puis photographiés à l'aide d'un Amscope de marque S/N C1107201525 couplé à un ordinateur.

L'identification au niveau spécifique et infraspécifique des taxons a été réalisée à partir de combinaison de travaux de plusieurs auteurs dont ceux de Bourrelly (1968), Komárek et Fott (1983), Anagnostidis et Komárek (1988), Compère (1989), Komárek et Anagnostidis (1999, 2005) et Marin *et al.* (2003).

La densité phytoplanctonique a été obtenue par comptage dans la cellule de Malassez.

Pour évaluer la qualité écologique de l'eau, divers indices tels que la richesse spécifique (Alliaume

et al., 1990), la fréquence d'occurrence (Dajoz, 2000), l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité (Shannon et Weaver, 1949 ; Pielou, 1966) et l'indice composé de Nygaard (1949) ont été utilisés.

L'indice composé de Nygaard (1949) qui consiste à faire le rapport de la somme du nombre d'espèces de quatre groupes d'algues typiques des conditions eutrophes (Cyanophycées, Chlorococcales, Centrales, Euglénophycées) sur le nombre d'espèces d'un groupe typique des conditions Oligotrophes (Desmidiées) a été calculé pour évaluer le caractère trophique des eaux. Dans cette étude, seul l'indice B généralement utilisé pour reconnaître le type de trophie a été calculé. Cet indice est basé sur le quotient du nombre d'espèces de Chlorococcales et de Desmidiées.

$$B = \frac{\text{Chlorococcales}}{\text{Desmidiées}} \quad \text{avec } B < 1 = \text{milieu oligotrophe ; } B > 1 = \text{milieu eutrophe}$$

RESULTATS

COMPOSITION TAXINOMIQUE

Un total de 160 taxons (espèces et variétés) répartis en 53 genres, 13 ordres et 7 embranchements a été inventorié (Tableau 1). Les embranchements sont les Chlorophyta (84 taxons), les Euglenophyta (42 taxons), les Cyanobacteria (25 taxons), les Dinophyta (5 taxons), les Chrysophyta (2 taxon), les Rhodophyta (1) et les Xanthophyta (2 taxon). Les Chlorophyta, les Euglenophyta et les Cyanobacteria sont les plus diversifiés. Parmi les Chlorophyta, l'ordre des Chlorococcales caractérisé par 33 taxons est moins diversifié que celui des Zygnematales (47 taxons). Au niveau de cet ordre, les genres les mieux représentés sont, par ordre d'importance, les *Cosmarium* (15 taxons), les *Staurastrum* (14 taxons) et les *Euastrum* (6) taxons. L'embranchement des Euglenophyta est constitué uniquement de l'ordre des Euglenales. Cet ordre est représenté principalement par les taxons des genres *Trachelomonas* (18 taxons), *Phacus* (8 taxons), *Lepocinclis* (7 taxons) et *Euglena* (5 taxons). Au niveau des Cyanobacteria, l'ordre des hormogonales est plus diversifié avec une contribution élevée des espèces de *Chroococcus* (3 taxons) et de *Microcystis* (3 taxons). Les genres *Gymnodinium* (1 taxon), *Peridinium* (1 taxon) et *Protoperdinium* avec 3

taxons constituent les Dinophyta. Les Chrysophyta, les Rhodophyta et les Xanthophyta sont respectivement représentés par les genres *Dinobryon* (1 taxon), *Mallomonas* (1 taxon), *Audouinella* (1 taxon), *Centritractus* (1 taxon) et *Tetraëdriella* (1 taxon).

Au niveau des sites de prélèvement, 143 taxons ont été récoltés dans les affluents contre 72 taxons collectés dans le Bandama-Blanc. Dans les affluents, un total de 121 taxons est recensé dans le barrage de Kossou, tandis que 40 taxons sont répertoriés au niveau de la carrière, 34 taxons dans les rivières, 16 taxons pour le ruisseau et 14 taxons au niveau des mares. Le nombre de taxons par communauté au niveau des différents sites est présenté dans le Tableau 2. Dans le Bandama-Blanc, le lac de Kossou ainsi que dans les rivières, mares et bas-fond, les taxons phytoplanctoniques au nombre de 58 taxons, 97 taxons et 35 taxons respectivement, sont plus diversifiés que le périphyton récolté sur les végétaux dont le nombre est respectivement de 41 taxons, 60 taxons et 19 taxons. En revanche, au niveau de la carrière, le nombre de taxons phytoplanctoniques (19 taxons) est dans l'ensemble semblable au nombre de taxons périphytiques récolté sur les végétaux (15 taxons) et les cailloux (19 taxons).

Dans la zone d'étude, un total de 6 taxons constants a été recensé contre 30 taxons accessoires et 125 taxons accidentels.

Suite tableau 1

TAXONS	Bandama-Blanc										Affluents							
	Lac Kossou										Mares					F	H	
	B1	B2	B3	B4	K1	K2	K3	M1	A1	A4	A2	A3	A5					
EUGLENOPHYTA																		
EUGLENALES																		
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>coronata</i> Lemmerm.	X				X									X			23	P
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>duplex</i> Defl.					X							X					15	P
<i>Trachelomonas intermedia</i> P.A.Dangeard	X	X				X			X								38	VP
<i>Trachelomonas klebsii</i> Defl.					X												8	P
<i>Trachelomonas mangini</i> Defl.				X													15	P
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmerm.		X			X				X								23	VP
<i>Trachelomonas oblonga</i> var. <i>atenuata</i> Playfair				X													8	V
<i>Trachelomonas planctonica</i> var. <i>longicollis</i> Skvortsov					X						X						15	P
<i>Trachelomonas planctonica</i> var. <i>oblonga</i> Drez.				X					X								23	P
<i>Trachelomonas raciborskii</i> var. <i>nova</i> Drez.											X						8	P
<i>Trachelomonas scabra</i> Playf.					X												8	P
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenb.		X			X				X								77	VP
<i>Trachelomonas volvocina</i> var. <i>derephora</i> W.Conrad	X				X									X			15	VP
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svir.	X	X			X				X					X			69	VP
<i>Strombomonas acuminata</i> var. <i>deflandreana</i> W.Conrad in W.Conrad & Van Meel														X			15	P
<i>Strombomonas girardiana</i> (Playf.) Defl.														X			8	V
<i>Strombomonas morenensis</i> Balech & Dastugue														X			15	P
<i>Strombomonas verrucosa</i> var. <i>zmiewika</i> (Svir.) Defl.									X								8	P
CHLOROPHYTA																		
CHLOROCOCCALES																		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs					X				X					X			31	VP
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda					X				X								15	VP
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (W.B.Turner) Lemmerm.																	8	VP
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris		X			X				X								31	VP

Suite tableau 1

TAXONS	Bandama-Blanc										Affluents				
											Rivières				
	B1	B2	B3	B4	K1	K2	K3	M1	A1	A4	A2	A3	A5	F	H
CHLOROPHYTA															
CHLOROCOCCALES															
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli							X							8	P
<i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Komárek		X			X					X				31	VP
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood					X									8	P
<i>Dictyosphaerium granulatum</i> Hindák	X													8	P
<i>Fusula viridis</i> J.W.Snow							X					X		15	P
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	X				X			X						23	P
<i>Golenkiniopsis minutissima</i> (M.O.P.Iyengar & M.S. Balakrishnan) R.Starr	X				X			X						23	P
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	X				X			X						8	VP
<i>Oocystis solitaria</i> Witt.					X			X						23	VP
<i>Pediastrum biradiatum</i> var. <i>longicomutum</i> Gutwinski							X							8	P
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i> West & G.S.West							X							8	P
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	X	X		X	X	X								38	VP
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat				X	X	X		X						31	VP
<i>Scenedesmus acutiformis</i> Schröder							X	X						15	VP
<i>Scenedesmus bernardii</i> G.M.Smith		X					X	X						23	VP
<i>Scenedesmus bicaudatus</i> (Hansgirg) Chodat					X	X	X							23	VP
<i>Scenedesmus decorus</i> Hortob												X		8	P
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing		X			X	X		X						31	VP
<i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek					X	X				X				15	VP
<i>Scenedesmus obtusus</i> f. <i>alternans</i> (Reinsch) Compère					X	X		X						15	VP
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P.G.Richter							X							15	VP
<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat	X	X		X	X	X								46	VP
<i>Goniochloris mutica</i> (A.Braun) Fott	X				X									23	P
<i>Tetraedron minimum</i> (A.Braun) Hansg.	X				X					X				15	VP
<i>Tetraedron muticum</i> (A.Braun) Hansg.					X	X		X						8	P
<i>Tetraedron regulare</i> Kütz.						X								8	P
<i>Tetraedron trigonum</i> f. <i>crassum</i> (Reinsch) De Toni			X											8	P
<i>Tetraedron tumidulum</i> (Reinsch) Hansg.	X													8	P
<i>Tetraedron</i> sp.							X							8	P

Suite tableau 1

TAXONS	Bandama-Blanc										Affluents					
	B1	B2	B3	B4	K1	K2	K3	M1	A1	A4	A2	A3	A5	Bas-fond	F	H
DESMIDIALES																
<i>Actinotaenium cucurbitinum</i> (Reinsch) Hansg.					X		X				X				15	P
<i>Arthrodesmus constrictus</i> G.M.Smith					X										8	V
<i>Arthrodesmus convergens</i> Ehrenb. ex Ralfs						X									8	VP
<i>Closterium erhenbergii</i> Meneghini												X			8	VP
<i>Closterium</i> sp.												X			8	V
<i>Cosmarium aversiforme</i> Krieg. & Gerl.		X			X	X	X	X							38	VP
<i>Cosmarium asphaerosporum</i> Witt.	X														8	V
<i>Cosmarium binum</i> Nordst.							X								8	V
<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirch					X										15	VP
<i>Cosmarium contractum</i> var. <i>pachydermum</i> A.M.Scott & Prescott	X	X			X						X				38	V
<i>Cosmarium granatum</i> var. <i>concaevum</i> Lagerh.	X	X		X	X			X							31	V
<i>Cosmarium impressulum</i> Eifving						X									8	V
<i>Cosmarium moniliforme</i> Ralfs	X	X		X	X	X					X				38	VP
<i>Cosmarium pachydermum</i> f. <i>parvum</i> Croasdale															8	V
<i>Cosmarium portianum</i> W.Arch.											X				23	V
<i>Cosmarium pseudoconnatum</i> Nordst.											X				8	V
<i>Cosmarium quadrum</i> P.Lund	X	X			X	X	X	X							38	V
<i>Cosmarium retusifforme</i> var. <i>africanum</i> (F.E.Fritsch) Comp.	X					X	X	X							15	V
<i>Cosmarium spinuliferum</i> West & G.S.West															8	P
<i>Cosmarium subtumidum</i> Nordst.					X		X								23	V
<i>Desmidium swartzii</i> (Ralfs) Agardh															8	P
<i>Euastrum binale</i> Ralfs	X				X		X	X							38	VP
<i>Euastrum elegans</i> (Turp.) Ralfs	X				X		X	X				X			15	V
<i>Euastrum germanicum</i> (Schmid.) Krieg.							X	X							8	V
<i>Euastrum praemorsum</i> (Nordst.) Schmid.	X														8	V
<i>Euastrum platycerum</i> Reinsch							X								8	V

Suite tableau 1	Bandama-Blanc											Affluents							
												Rivières					Bas-fond		H
	B1	B2	B3	B4	K1	K2	K3	M1	A1	A4	A5	A2	A3	A3	A5	F			
TAXONS																			
DESMIDIALES																			
<i>Euastrum rectangularare</i> Fritsch & M.F.Rich				X	X	X	X					X					31	VP	
<i>Gonatozygon monotaenium</i> De Bary		X			X	X	X	X					X				1	VP	
<i>Mougeotia</i> sp.		X		X	X	X	X	X				X					62	VP	
<i>Staurastrum asperatum</i> Grönb. var. <i>minus</i> Behre		X			X	X	X	X				X					23	VP	
<i>Staurastrum brachioprominens</i> Børgesen					X	X	X	X				X					8	P	
<i>Staurastrum forficulatum</i> var. <i>forficulatum</i> P. Lund					X	X	X	X				X					23	P	
<i>Staurastrum forficulatum</i> var. <i>minus</i> (Fritsch & Rich) Grönb. & Scott					X	X	X	X				X					15	P	
<i>Staurastrum gladiosum</i> Turm.					X	X	X	X				X					31	P	
<i>Staurastrum gracile</i> (Reinsch) Chod. var. <i>gracile</i>		X		X	X	X	X	X				X		X			46	P	
<i>Staurastrum gracile</i> var. <i>elongatum</i> Scott & Presc.					X	X	X	X				X					8	VP	
<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>cornutum</i> Wille		X		X	X	X	X	X				X					54	VP	
<i>Staurastrum margaritaceum</i> Meneg. ex Ralfs var. <i>margaritaceum</i>					X	X	X	X				X					8	V	
<i>Staurastrum margaritaceum</i> var. <i>gracilius</i> A.M.Scott & Grönb. & Scott					X	X	X	X				X					8	V	
<i>Staurastrum polymorphum</i> Bréb. ex Ralfs				X	X	X	X	X				X					23	P	
<i>Staurastrum punctulatum</i> Bréb.					X	X	X	X				X					8	P	
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs		X			X	X	X	X				X					46	VP	
<i>Staurastrum volans</i> W.West & G.S.West					X	X	X	X				X					8	P	
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Bréb.) Teil.				X	X	X	X	X				X					15	VP	
<i>Staurodesmus mammillatus</i> (Nordst.) Teil.					X	X	X	X				X					8	VP	
<i>Staurodesmus pachyrhynchus</i> (Nordst.) Teil.					X	X	X	X				X					8	VP	
<i>Teilingia granulata</i> (Roy & Biss.) Bourr.		X			X	X	X	X				X					23	VP	
VOLVOCALES																			
<i>Eudorina elegans</i> Ehrbg.		X		X	X	X	X	X				X					31	P	
<i>Pandorina morum</i> (Müll.) Bory				X	X	X	X	X				X					15	P	
OEDOGONIALES																			
<i>Bulbochaete</i> sp.					X	X	X	X				X					8	VP	
<i>Oedogonium</i> sp.		X		X	X	X	X	X				X					31	VP	

Tableau 2 : Répartition des taxons dans les différents habitats. P : phytoplancton ; PC : périphyton sur cailloux ; PV : périphyton sur végétaux. P : phytoplancton ; PC : périphyton sur caillou ; PV : périphyton sur végétaux.

Distribution of taxa in different habitats. P : phytoplankton ; PC : périphyton sur cailloux ; PV : périphyton sur végétaux. P : phytoplankton ; PC : périphyton sur caillou ; PV : périphyton sur végétaux.

Taxons	Bandama-Blanc						Affluents						
	Tous les sites	Barrage Kossou			Carrière			Rivières, mares et bas-fond					
	Nombre de taxons	P	PC	PV	P	PC	PV	P	PC	PV	P	PC	PV
Cyanobacteria	(25 taxons) 15,63 %	5	0	7	14	2	11	9	6	4	6	3	4
Euglenophyta	(42 taxons) 26,25 %	12	0	6	30	1	6	2	0	4	13	1	5
Chlorophyta	(84 taxons) 52,50 %	31	0	23	47	1	40	4	8	10	11	1	8
Dinophyta	(5 taxons) 3,13 %	7	0	3	6	1	2	4	1	1	5	0	1
Chrysophyta	(2 taxons) 1,25 %	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Rhodophyta	(1 taxon) 0,62 %	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Xanthophyta	(1 taxon) 0,62 %	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	58	0	41	97	6	60	19	15	19	35	6	19

VARIATION SPATIALE DE LA DENSITE DES COMMUNAUTES MICRO ALGALES

Les valeurs des densités absolue et relative des micro-algues des sites prospectés sont présentées par la Figure 2. Dans l'ensemble, les densités de Cyanobacteria sont élevées dans le barrage de Kossou (périphyton : $83 \cdot 10^5$

cells/L ; phytoplancton : $59 \cdot 10^5$ cells/L) et la carrière (périphyton : $54 \cdot 10^5$ cells/L ; phytoplancton : $115 \cdot 10^5$ cells/L) avec des proportions de plus de 19 % du peuplement. En revanche, des valeurs élevées de Dinophyta sont observées dans les stations du Bandama-Blanc ($71 \cdot 10^5$ cells/L) et des autres affluents ($20 \cdot 10^5$ cells/L) au niveau du phytoplancton.

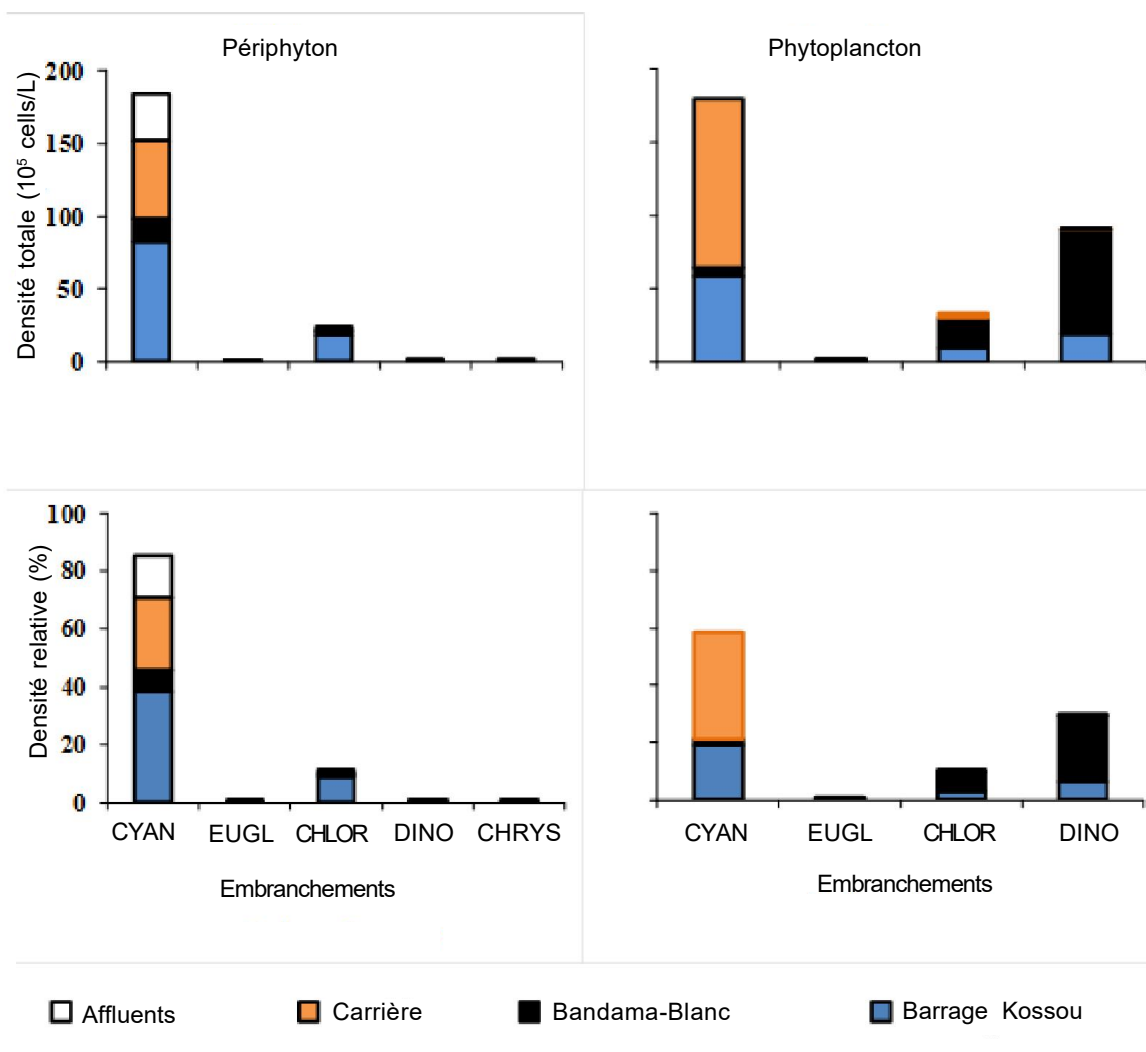


Figure 2 : Densités absolue et relative des micro algues des sites prospectés.

Total and relative abundance of micro algae of study sampling.

DYNAMIQUE SPATIALE DE LA DIVERSITE DES PEUPELEMENTS

Les valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité dans les différents sites prospectés sont présentées dans le Tableau 3. Dans les deux communautés, les valeurs de l'indice de Shannon varient respectivement entre 0,28 au niveau de la carrière et 0,82 bit/cells

dans le barrage de Kossou pour le périphyton, tandis que ces valeurs oscillent entre 0,15 au niveau des affluents et 1,25 bit/cells dans la carrière. En revanche, les valeurs de l'équitabilité oscillent entre 0,31 au niveau de la carrière et 0,71 dans les affluents pour le périphyton, alors que ces valeurs sont comprises entre 0,13 et 0,77 à ces mêmes stations pour le phytoplancton.

Tableau 3 : Valeurs des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) dans les différents sites d'échantillonnage. BAND : Bandama ; CARR : Carrière ; AFFL : Affluents.

Values of Shannon and equitability diversity index in different sampling sites. BAND : Bandama ; CARR : Carrière ; AFFL : Affluents.

	Indices	KOSSOU	BAND	CARR	AFFL
Périphyton	H' (bit/cells)	0,82	0,69	0,28	0,78
	E	0,51	0,54	0,31	0,71
Phytoplancton	H' (bit/cells)	1,25	0,85	0,75	0,15
	E	0,77	0,54	0,65	0,13

EVALUATION DE L'ETAT DE TROPHIE DES SITES PROSPECTES

Le Tableau 4 présente les valeurs de l'indice B de Nygaard dans les différents sites prospectés.

Au niveau du périphyton, les valeurs de l'indice varient entre 0 et 2. Pour ce qui est du phytoplancton, ces valeurs sont comprises entre 0 et 1.

Tableau 4 : Valeurs de l'indice de Nygaard (1949) dans les différents sites d'échantillonnage. Péri : Périphyton ; Phyto : Phytoplancton ; KOS : Kossou ; BAND : Bandama ; CARR : carrière ; AFFL : Affluents.

Values of Nygaard index (1949) in different sampling sites. Péri : Périphyton ; Phyto : Phytoplankton ; KOS : Kossou ; BAND : Bandama ; CARR : carrière ; AFFL : Affluents.

	Indice	KOSSOU	Etat	BAND	Etat	CARR	Etat	AFFL	Etat
Phyto	B	0,2	O	1	E	1	E	0	O
Péri		1	E	0,5	O	0	O	2	E
			M		M		M		M

DISCUSSION

Au cours de la période d'étude, une diversité élevée de la richesse taxinomique au niveau du Bandama-Blanc et de ses affluents a été relevée. Cette richesse serait liée au nombre élevé de taxons collectés dans le barrage de Kossou, la carrière et les rivières. Ce résultat pourrait être lié au fait que les eaux du barrage de Kossou et de la carrière sont stagnantes favorisant ainsi les processus biologiques tels que les cycles complets de reproduction et de développement des algues. Cette richesse taxinomique élevée au niveau des deux lacs en relation avec la stabilité des eaux a été constatée par Ouattara (2000) sur le lac d'Ayamé, Kouassi-Blé (2013) et Adon *et al.* (2014) sur la retenue d'eau d'Adzopé en Côte d'Ivoire. En effet, le développement des communautés dépend étroitement de la stabilité dans le fonctionnement de l'écosystème face aux

perturbations environnementales (Gonzales et Descamps-Julien, 2004). Au niveau des rivières, la richesse élevée serait liée à la méthode d'échantillonnage pour le phytoplancton et le type de substrat utilisé pour le prélèvement du périphyton. En effet, dans le cadre de notre étude, une concentration des échantillons prélevés par la bouteille hydrologique a été réalisée à l'aide du filet à plancton pour le phytoplancton, tandis que les méthodes de grattage et d'expression ont été utilisées pour le périphyton.

Les Chlorophyta avec 84 taxons suivis des Euglenophyta (42 taxons) représentent les groupes les plus diversifiés. Ces groupes sont caractérisés par une diversité élevée des *Trachelomonas* (18 taxons), des *Cosmarium* (15 taxons) et des *Staurastrum* (14 taxons). Des études récentes (Adon, 2013 ; Kouassi-Blé, 2013) montrent que cette diversité des Chlorophyta et des Euglenophyta serait

particulièrement liée à la richesse des eaux de la zone d'étude en substances organiques putrescibles et en nutriments. La présence de certaines espèces d'Euglenophyta est connue pour leur prédilection dans les milieux eutrophes. Ce résultat a été également observé par NJine *et al.* (2004) au niveau du lac municipal de Yaoundé au Cameroun dans lequel plus de 70 % du peuplement est composé d'Euglenophyta.

La densité de Cyanobacteria est élevée dans les eaux du barrage de Kossou et de la carrière avec une contribution élevée de l'espèce *Microcystis aeruginosa*. Cette densité élevée coïncide avec les valeurs élevées de température qui sont comprises entre 28,4 et 33,4°C au niveau des stations du barrage et 31°C pour les eaux de la carrière en cette période d'étude. En effet, d'après Robart *et al.* (1996), les Cyanobacteria possèdent un optimum de croissance à des températures élevées comprises entre 28 et 32°C, bien qu'elles soient capables de tolérer et de survivre à des températures moins élevées. Par ailleurs, des études récentes (Konan *et al.*, 2015 ; Goh, 2016) montrent que ces deux sites sont soumis à de fortes activités anthropiques telles que la présence d'une forte activité de pêche et de parcs à bétail ainsi que l'exploitation artisanale et clandestine d'or qui constitue aujourd'hui la principale activité socio-économique. Ces activités favorisent une élévation de la conductivité des eaux de ces sites due à l'entrée de la matière organique pendant la saison pluvieuse. Cet état de fait favorise la prolifération de Cyanobacteria lorsque les eaux sont chargées en matières organiques (Brient *et al.*, 2001). La dominance de Cyanobacteria observée dans le barrage de Kossou et dans la carrière est en accord avec les travaux de certains auteurs tels qu'Arfi *et al.* (2001), Bouvy *et al.* (2006) et Wondie *et al.* (2007) respectivement dans des retenues d'eau du Centre et du Nord de la Côte d'Ivoire, dans le lac de Guiers au Sénégal et dans le lac Tana en Ethiopie. En outre, d'après Komárek et Anagnostidis (2005), les Cyanobacteria sont généralement rencontrées dans les réservoirs peu profonds riches en nutriments. Contrairement au barrage de Kossou et à la carrière, le Bandama-Blanc et ses autres affluents sont caractérisés par une dominance de Dinophyta. Cette dominance des Dinophyta serait liée à leur distribution résultant de l'interaction de trois composantes que sont la migration, le mouvement de l'eau et la

turbulence générée pendant le phénomène de mélange de l'eau (Heaney et Talling, 1980).

Une variation des valeurs des indices de diversité est notée d'un site à un autre. Les valeurs élevées de diversité dans le barrage de Kossou et dans le Bandama-Blanc pour les deux communautés ainsi que dans les affluents pour le périphyton et dans la carrière pour le phytoplancton seraient dues au fait qu'il n'y pas eu de dominance monospécifique marquée. Ceci à cause du stock toujours disponible d'éléments nutritifs. En revanche, les faibles valeurs de diversité enregistrées dans la carrière pour le périphyton et au niveau des affluents pour le phytoplancton traduiraient une dominance monospécifique. En effet, une contribution élevée des espèces *Microcystis densa* et *Mallomonas elegans* est observée dans la carrière pour le périphyton, tandis qu'une dominance élevée de l'espèce *Peridinium cinctum* est relevée au niveau des affluents dans le phytoplancton. WHO (1999), Backer (2002) et AFSSA (2006) ont montré que, dans les conditions de fortes activités anthropiques, les assemblages de blooms d'algues toxiques envahissent le milieu aquatique. Cette étude a mis en évidence l'abondance de quelques espèces de micro algues, potentiellement toxiques, indicatrices de pollution au cours de la période d'étude. Ce sont les espèces *Oscillatoria tenuis* et *Oscillatoria salina* abondant dans le phytoplancton au niveau de la carrière, et *Oscillatoria tenuis* dont l'abondance est relevée dans le périphyton au niveau du barrage de Kossou et la carrière. Les résultats de l'indice B proposé ont révélé des valeurs comprises entre 0 et 2 qui semblent indiquer que tous les sites d'échantillonnage sont mésotrophes au regard des résultats des deux communautés d'algues. Ces valeurs démontrent la variabilité des réponses avec l'usage des indices et ce quotient ne met en évidence que l'aspect qualitatif de la communauté algale hormis les diatomées.

CONCLUSION

Les données obtenues à partir des microorganismes phytoplanctonique et périphytique (indices, richesse spécifique et indicateurs de trophie) ont permis de montrer que le Bandama-Blanc et ses affluents étaient dans un état mésotrophe. La prise en compte des risques pour la santé publique dus aux

proliférations de Cyanobacteria potentiellement toxiques nécessite un renforcement de la surveillance des plans d'eau et justifie le développement de systèmes d'alerte automatisés permettant de prévenir les situations de crise.

REFERENCES

- Adon M. P. 2006. Etat de trophie de la retenue d'alimentation en eau de la ville d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université Nangui Abrogoua (ex-Université d'Abobo-Adjamé), Abidjan, Côte d'Ivoire, 55 p.
- Adon M. P. 2013. Variations spatiale et saisonnière du phytoplancton de la retenue d'eau d'Adzopé. Thèse de doctorat, Univ. Nangui Abrogoua, (Côte d'Ivoire), 143 p.
- Adon M. P., Ouattara A., Gourene G. 2014. Variability of phytoplankton community in a shallow tropical reservoir (Adzopé, Côte d'Ivoire). *Asian academic research journal of multidisciplinary*, 1 (20) : 2319 - 2801.
- AFSSA. 2006. Risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau. Evaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives. Rapport commun de l'Afssa et de l'Afsset, France, 232 p.
- Aliaume C., Lasserre G., Louis M. 1990. Organisation spatiale des peuplements ichtyologiques des herbiers à Thalassia du Grand Cul-de-sac marin en Guadeloupe. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 23 : 231 - 250.
- Anagnostidis K., Komárek J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Algol. Studies*, 50 (53) : 291 - 302.
- Arfi R., Bouvy M., Cecchi P., Pagano M., Thomas S. 2001. Factors limiting phytoplankton productivity in 49 shallow reservoirs of North Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquat. Ecosyst. Health*, 4 (2) : 123 - 138.
- Attoungbre K. S. 2015. Variation spatiale des diatomées phytoplanctoniques et périphytiques du bassin de Bandama dans la zone d'influence du projet aurifère de yaouré (Bouaflé, Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, 54 p.
- Avit J. B. L. F., Pédia P. L. et Sankaré Y. 1999. Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt, 273 p.
- Backer L. C. 2002. Cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHABs): Developing a public health response. *Lake and reservoir management*, 18 (1) : 20 - 31.
- Bourrelly P. 1968. Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome II : Les algues jaunes et brunes (Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées). Editions. N. BOUBÉE & Cie, Paris - Vle, 440 p.
- Bouvy M., Ba N., Ka S., Sane S., Pagano M., Arfi R. 2006. Phytoplankton community structure and species assemblage succession in a shallow tropical lake (Lake Guiers, Senegal). *Aquat. Microb. Ecol.*, 45 : 147-161.
- Brient L., Raoult C., Le Rouzic B., Vézic C., Bertru C. 2001. Conditions d'utilisation du CuSO₄ pour limiter les proliférations de cyanobactéries et réduire ses effets sur l'environnement. *TSM*, 9 : 66 - 74
- Chomerat N. 2005. Patrons de réponse du phytoplancton à la variabilité des facteurs abiotiques dans un étang méditerranéen hypereutrophe : succès écologique de *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. & Kom. (Cyanoprokaryote) dans un écosystème saumâtre. Thèse de doctorat, Université Paul Cézanne (Aix-Marseille III), 307 p.
- Compère P. 1989. Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique. Tome 2. Pyrrhophytes : Cryptophyceae, Dinophyceae ; Raphidophytes : Raphidophyceae ; Euglenophytes : Euglenophyceae. Jardin Botanique National de Belgique, 209 p.
- Dajoz R. 2000. Précis d'écologie. Septième édition. Dunod, Paris, 615 p.
- Goh D. 2016. L'exploitation artisanale de l'or en côte d'Ivoire : la persistance d'une activité illégale. *ESJ*, 12 (3) : 1-18.
- Gonzales A., Descamps-Julien B. 2004. Population and community variability in randomly fluctuating environments. *Oikos*, 106 : 105 - 116.
- Heaney S. I., Talling J. F. 1980. Dynamic aspects of dinoflagellate distribution patterns in a small productive lake. *J. Ecol.*, 68 : 75 - 94.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1999. Cyanoprokaryota. 1. Teil : Chroococcales. In H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig et D. Mollenhauer (Eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*, 19 (1) : 1 - 548.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil : Oscillatoriales. In B. Büdel,

- L. Krienitz, G. Gärtner, M. Schagerl (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 19 (2) : 1 - 759.
- Komárek J., Fott B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung : Chroococcales. In G. Huber-Pestalozzi (ed.), *Das Phytoplankton des Süßwassers*, 7 (1) : 1-1044 + 253 pl.
- Konan K. F., Bony K. Y., Adon M. P. et Potgieter J. 2015. Hydrobiological study of the Bandama Basin in Yaoure Gold Project's Area of Influence (Yaoure Gold Project, Côte d'Ivoire). Study report - Amara Mining Côte d'Ivoire SARL / Cabinet AMEC Foster Wheeler / Cabinet 2D Consulting Afrique, 99 p.
- Kouame Y. A., Yao G. F., Alui K. A., N'guessan K. A., Tiemoko P. T., Kloman K. Y. 2008. Etude morphopédologique du bassin versant du mont Blanguand dans le massif du Yaouré en région centre de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 04 (3) : 426 - 451
- Kouassi-Blé A.T. 2013. Taxinomie, composition floristique et dynamique spatio-saisonnière des algues périphtiques de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Univ. Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, 206 p.
- Lévêque C., Dejoux C., Ittis A. 1983. Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologia*, 100 : 113 - 141.
- Lozo N., Berté S., Komoé K., Yao S., Kouamélan P. 2013. *Bacillariophyceae* (Heterokontophyta) from Bandana River in Côte d'Ivoire, West Africa. *J. Anim. Plant Sci.*, 20 (2) : 3113 - 3121.
- Marin B., Palm A., Klingberg M., Melkonian M. 2003. Phylogeny and Taxonomic Revision of Plastid-Containing Euglenophytes based on SSU rDNA Sequence Comparisons and Synapomorphic Signatures in the SSU rRNA Secondary Structure. *Protist*, 154 : 99 - 145.
- Niamien-Ebrottié E. J., Konan K. F., Gnagne T., Ouattara A., Ouattara M., Gourène G. 2008. Etude diagnostique de l'état de pollution du système fluvio-lagunaire Aby-Bia-Tanoé (Sud-Est, Côte d'Ivoire). *Sud Sciences et Technologies*, (20) : 1 - 9.
- NJine N. K., Zebaze S. H., Togouet S. H., Niyitegeka D., Nola M., Monkiedje J., Demanou J., Foto Menbohan S. 2004. Phytoplankton du lac municipal de Yaoundé (Cameroun) : succession écologique et structure des peuplements. *Rev. Sci. Eau*, 17 (3) : 301 - 316.
- Nygaard G. 1949. Hydrobiological studies of some Danish ponds and lakes. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Philos. Trans.*, 7 (1) : 1 - 293.
- Ouattara A. 2000. Premières données systématiques et écologiques du phytoplankton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique, 207 p.
- Pielou E. C. 1966. The measure of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13 : 131 - 144
- Robarts R., Zohary T., Pais-Madeira A. M., Ham Bright K. D. 1996. Interannual phytoplankton dynamics of a hypertrophic african lake. *Arch Hydrobiol*, 136 : 105 - 126.
- Shannon C. E., Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana Univ. Press, Illinois, 117 p.
- WHO. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. In : Chorus I. et Bartram J. (Eds). A guide to their public health consequences, monitoring and management. London, pp1 - 388.
- Wondie A., Mengistu S., Vijverberg J., Dejen E. 2007. Seasonal variation in primary production of a large high altitude tropical lake (Lake Tana, Ethiopia) : effects of nutrient availability and water transparency. *Aquat. Ecol.*, 41 : 195 - 207.