

INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES SUR LA DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES DENSITÉS BACTÉRIENNES DANS LE SYSTÈME FLUVIO-LACUSTRE DE LA BIA, SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE

**Niamien Pascal MANIZAN^{1*}, Allassane OUATTARA¹, Germain
GOURENE¹, et Mireille DOSSO²**

¹*Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Université d'Abobo-
Adjamé, 02 B.P. 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

²*Institut Pasteur de Côte d'Ivoire à Cocody, 01 BP 490 Abidjan 0,
Côte d'Ivoire*

(Reçu le 15 Novembre 2009, accepté le 27 Mai 2010)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : *manipascale@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

Douze campagnes ont été réalisées au cours d'un cycle annuel de Novembre 1996 à Octobre 1997 pour estimer la qualité bactériologique des eaux de la Bia dont le bassin versant a été modifié par un barrage hydroélectrique. Le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes thermotolérants, des streptocoques fécaux, des staphylocoques et des anaérobies sulfito-réducteurs est comparé à ceux des eaux dans la partie lacustre de la Bia dont. La quantification des bactéries a été couplée à une caractérisation physico-chimique des eaux (température, pH, ammonium, nitrates, oxygène dissous, conductivité et phosphates). Les analyses canoniques ont permis de relever une corrélation positive entre le pH et l'ammonium et les densités des bactéries dans ce bassin.

Mots-clés : *Physico-chimiques, Bactériologie, Eaux douces, Pollutions,
Côte d'Ivoire*

ABSTRACT

**Impact of physico-chemical and bacteria in Bia river, south-east
of Côte d'Ivoire**

Twelve surveys were conducted during an annual cycle from November 1996 to October 1997 to assess the bacteriological quality of the Bia whose watershed has been modified by a hydroelectric dam. The count of total

coliforms, thermotolerant coliforms, fecal streptococci, staphylococci and anaerobic sulfite-reducers is compared to those of water in the lake of which Bia. Quantification of bacteria was coupled with a physico-chemical water (temperature, pH, ammonium, nitrate, dissolved oxygen, conductivity and phosphate). The canonical analysis have identified a positive correlation between pH and ammonium and the density of bacteria in the basin.

Keywords : *Physical-chemical, bacteriological, Fresh Water, Pollution, Côte d'Ivoire*

1 - INTRODUCTION

Connaître l'importance de la bactériologie dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques exige des études relatives à la caractérisation physico-chimique et à la dynamique des espèces. L'estimation quantitative et qualitative de la communauté bactérienne constitue un volet fondamental dans l'étude de la qualité des écosystèmes aquatiques. En effet, l'identification et le dénombrement des densités bactéries est un maillon primordial dans le milieu aquatique du fait de la consommation des eaux. Ces eaux sans traitement préalable, constituent un risque de santé pour la population riveraine [1 ; 2]. Par ailleurs, selon [3 ; 4], la microbiologie est également utilisée pour apprécier les qualités écologiques et biologiques des eaux de surface de la Lagune Ebrié. Parmi les travaux effectués, on citerait ceux de [5-7]. En revanche, très peu d'études sont réalisées dans les eaux continentales en Côte d'Ivoire.

De ce point de vue, l'on perçoit l'intérêt que peut comporter la connaissance de la microfaune bactérienne dans la Bia, d'autant plus qu'à notre connaissance, aucune étude bactériologique n'a été entreprise dans cette rivière.

Aussi, le présent travail est une contribution à la connaissance et la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux des écosystèmes aquatiques en Côte d'Ivoire.

II - MATERIEL ET METHODES

II-1. Milieu d'étude

La rivière Bia prend sa source, à l'ouest du Ghana et se jette dans la Lagune Abi au Sud – Est de la Côte d'Ivoire (*Figure 1*). Elle présente un bassin versant long de 300 km, avec une superficie de 9 650 km² [8]. Les trois stations de prélèvements sont situées :

- à l'amont (Bianouan), au niveau de la ville de Bianouan de latitude $6^{\circ} 01' N$ et de longitude $3^{\circ} 00' W$;
- dans le lac d'Ayamé I, à Ayamé de latitude $5^{\circ} 36' N$ et de longitude $3^{\circ} 10' W$. Ce lac a une superficie d'environ 197 km^2 peut retenir jusqu'à $14 109 \text{ m}^3$ d'eau en période de crue [9 - 11].

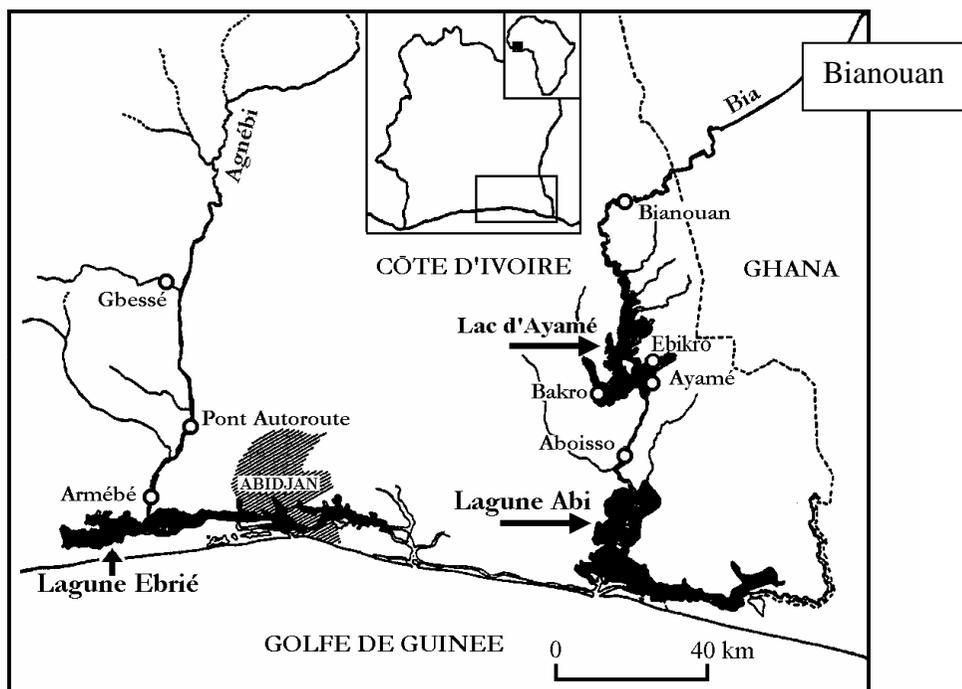


Figure 1 : Localisation des stations de prélèvements dans la rivière Bia [19]
: Bianouan (Amont), Ayamé (Lac), Aboisso (Aval).

II-2. Echantillonnage dans l'eau

Le temps de l'échantillonnage a duré douze mois de novembre 1996 à octobre 1997, à raison d'une sortie par mois. Les prélèvements d'eau, en vue des analyses bactériologiques, ont été réalisés à l'aide de flacons en verre de 250 ml préalablement stérilisé à l'autoclave de Lequeux. Dans chaque station, quatre prélèvements d'eau ont été effectués. Pour les prélèvements d'eau, le flacon maintenu fermé est immergé dans l'eau jusqu'à vingt centimètres environ en orientant l'ouverture vers le haut et en tenant le flacon à sa base. Ensuite, à l'aide de l'autre main, le flacon est ouvert en prenant soins de le diriger à contre courant dans une position oblique. Enfin, après le remplissage, il est fermé hermétiquement, puis mis à l'abri de la lumière et au frais dans la glacière avant les analyses au laboratoire.

II-3. Mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau

La détermination des paramètres physico-chimiques concerne la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous, mesurés *in situ* entre 7 heures et 9 heures. Avant toute opération de mesure, tous les appareils tels que l'oxymètre, le conductimètre et le pH-mètre ont été calibrés pendant 15 à 20 minutes. Pour les différentes mesures, les sondes respectives de ces appareils ont été immergées dans l'eau, puis en sélectionnant la fonction désirée indiquant le paramètre à mesurer, l'on obtient l'affichage automatique de la valeur de celui-ci. Les nitrates, l'ammonium et les phosphates ont été déterminés au spectrophotomètre DR 2000 avec des kits Aquamerck.

II-4. Analyses bactériologiques de l'eau

Sur chaque échantillon d'eau de la Bia prélevé, ont été recherchés les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux, les staphylocoques et les anaérobies sulfite-réducteurs selon les normes standard. Les échantillons sont analysés selon la technique du nombre le plus probable (NPP) à trois tubes pour les coliformes totaux, coliformes thermotolérants à $44 \pm 0,5$ °C pendant 24 heures; et les streptocoques fécaux ont été dénombrés sur milieu D Cocossel après incubation à $37 \pm 0,5$ °C pendant 24 heures. Les staphylocoques ont été dénombrés sur le milieu de Baird Parker pendant 24 à 48 heures à $37 \pm 0,5$ °C. Les anaérobies sulfite-réducteurs ont été isolés sur le milieu au tryptone sulfite et néomycine (TSN) par ensemencement en gélose profonde, après incubation à $46 \pm 0,5$ °C pendant 18 à 24 heures.

II-5. Analyses statistiques

Les données recueillies ont été soumises à deux analyses statistiques. Une analyse de redondance (RDA), avec le logiciel CANOCO (Canonical Community Ordination, Version 4.0) [12] a été effectuée pour mettre en relation les paramètres physico-chimiques et les abondances des densités bactériologiques, après avoir subi une transformation logarithmique. Ce traitement permet une analyse simultanée des variables, notamment les paramètres physico-chimiques (variables abiotiques) et les bactéries (variables biotiques) en relation avec les stations d'échantillonnage dans le bassin.

III - RESULTATS

III-1. Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques

Le tableau I montre les valeurs moyennes des paramètres caractérisant les stations d'étude dans la Bia. L'eau a un pH (7.2) relativement neutre durant la période d'échantillonnage. La température observée est constante. L'eau est plus oxygénée pendant la grande saison sèche dans les stations Amont et

Aval. Le taux de l'ammonium est plus élevé dans la station Aval que celles d'Amont et dans le Lac. L'eau, en Amont est relativement minéralisée que dans le lac et la station Aval au cours de différentes saisons.

III-2. Analyses canoniques

Le **Tableau 1** présente les valeurs propres des 3 premiers axes aux différentes stations, de même que les pourcentages de variance cumulée. Ils démontrent que les axes I et II expriment la grande variabilité des données. Ce sont ces deux axes qui ont été retenus pour les analyses.

Tableau 1: Moyennes des paramètres physico-chimiques dans la Bia
(GSS= Grande saison sèche, GSP= Grande saison des Pluies,
PSS= Petite saison sèche, PSP= Petite saison des pluies)

Stations		pH	Tempér (°C)	Oxygène dissous (mg/l)	Ammoniu m (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphates (mg/l)	Conductivité (µS/cm)
Amont	GSS	7,4	25,6	10,0	0,2	0,2	2.8	123,8
	GSP	7,2	27,0	8,6	0,6	0,3	2.7	109,2
	PSS	7,4	24,8	7,1	0,6	0,2	1.6	115,9
	PSP	7,0	26,6	7,8	0,4	0,3	3.6	118,1
Lac	GSS	7,2	27,7	7,9	0,3	0,2	1.66	68,2
	GSP	7,1	27,0	8,1	0,4	0,2	1.44	72,2
	PSS	7,3	25,9	6,8	0,5	0,4	1.30	52,4
	PSP	7,0	29,1	6,5	0,5	0,2	1.7	66,3
Aval	GSS	7,2	27,3	11,0	2,1	0,2	2.19	90,4
	GSP	7,2	27,8	8,2	1,6	0,1	1.6	83,3
	PSS	7,4	26,2	7,0	1,7	0,4	1.81	84,9
	PSP	7,6	27,0	8,2	2,0	0,3	2.2	86,1

Les **Figures 2, 3** indiquent les résultats des analyses canoniques de correspondances mettant en relation les densités bactériennes et les paramètres physico-chimiques de l'eau aux stations de la rivière Bia. Les bactéries rencontrées sont celles qui constituent au moins 5 % des effectifs totaux à au moins une des stations d'échantillonnage.

A la station de Bianouan (**Figure 2**), la distribution suivant les axes I et II indique que la température, la conductivité, l'oxygène dissous, l'ammonium et les nitrates sont les plus importantes variables environnementales qui affectent la répartition des bactéries. Les coliformes thermotolérants sont fortement et positivement corrélés à l'oxygène dissous en février et avril. Les

staphylocoques le sont à l'ammonium en mai, juin et en octobre; et aux nitrates en juillet. Les coliformes totaux et les streptocoques fécaux sont fortement et négativement corrélés à la température en janvier et en décembre. Les anaérobies sulfito-réducteurs sont fortement corrélés et positivement à la température en septembre.

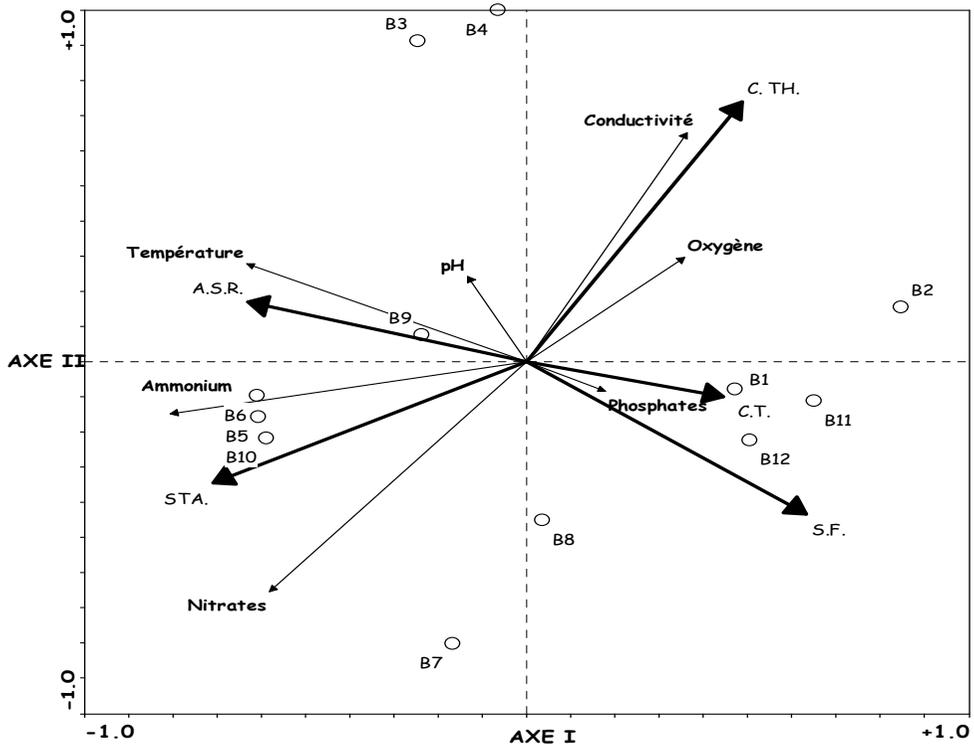


Figure 2 : Analyse canonique des correspondances (RDA, programme CANOCO) des bactéries et des variables physico-chimiques à Bianouan, de novembre 1996 (B1) à octobre 1997 (B12) :
 CT = coliformes totaux, CTH = coliformes thermotolérants,
 SF = streptocoques fécaux, ST = staphylocoques, ASR = anaérobies sulfito-réducteurs.

A la station d'Ayamé (**Figure 3**), la distribution des bactéries est influencée par la conductivité, les nitrates, l'ammonium et les phosphates. Les coliformes thermotolérants sont corrélés positivement à la conductivité en novembre. Quant aux streptocoques fécaux, ils sont fortement et positivement corrélés aux nitrates en janvier et en décembre. Les anaérobies sulfito-réducteurs, les coliformes totaux et les staphylocoques semblent corrélés positivement aux nitrates en juillet et en septembre.

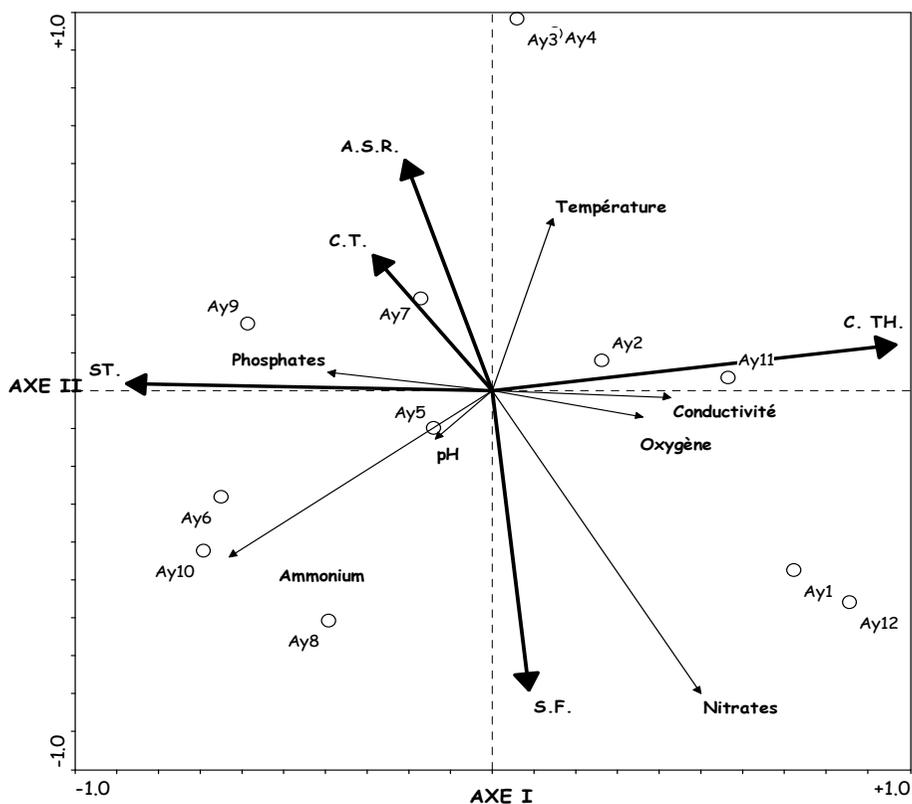


Figure 3 : Analyse canonique des correspondances (RDA, programme CANOCO) des bactéries et des variables physico-chimiques à Ayamé, de novembre 1996 (Ay1) à octobre 1997 (Ay12) : CT = coliformes totaux, CTH = coliformes thermotolérants, SF = streptocoques fécaux, ST = staphylocoques, ASR = anaérobies sulfito-réducteurs.

Tableau 2 : Pourcentages de variance exprimés par les 3 premiers axes dans l'analyse canonique des « bactéries-variables environnementales » dans la rivière Bia.

Stations	Axes	Pourcentage de variance de chaque axe principal	Pourcentage de variance cumulée
Bianouan	1	68,8	68,8
	2	3,4	72,2
	3	0,6	72,8
Ayamé	1	74,2	74,2
	2	7,4	81,6
	3	0	81,6

IV - DISCUSSION

L'analyse en composantes principales effectuée sur la base de l'effectif des bactéries dénombrées au niveau de l'eau donne les différents regroupements des stations d'études. Cette analyse a montré que les stations étudiées peuvent être réparties en deux groupes : les stations de la zone lacustre de la Bia d'une part et celle de la zone fluviale de la Bia (Bianouan) d'autre part. En effet, les densités des bactéries de la zone fluviale sont plus importantes que celles observées dans la zone lacustre. L'importance relative des densités bactériennes de la zone fluviale semble être liée à la grande diversité de sources de pollutions au niveau de ce bassin [5]. Signalons que des agglomérations (Ayamé et Bianouan) sont implantées sur les rives de cette rivière. Aussi, le déversement d'eaux résiduaires, domestiques et agro-industrielles sans aucun traitement préalable participerait à la contamination des eaux. Ces résultats corroborent ceux de [3,6] dans la lagune Ebrié et ceux de [13] dans la rivière Banco. Les analyses canoniques réalisées ont permis de mettre en parallèle les caractéristiques physico-chimiques des eaux et les variations saisonnières des bactéries inventoriées dans les milieux étudiés. Au niveau de la zone lacustre, les paramètres physico-chimiques ayant les plus fortes contributions sont la température et l'ammonium. En ce qui concerne la température, les données observées indiquent que les fortes valeurs sont enregistrées dans Ayamé. Cette situation serait due au fait que le lac est plus exposé. C'est aussi au niveau d'Ayamé que nous avons enregistré les plus fortes densités des coliformes thermotolérants. Ce qui est conforme aux températures élevées dans cette zone. Une observation similaire a été faite par [14] dans l'eau de barrage à Ouagadougou. [2, 7] ont noté que la température élevée favoriserait la croissance de certaines bactéries dans les eaux de la lagune Ebrié à Abidjan. Ces observations sont conformes aux résultats de [15] dans les eaux de surface de la zone estuarienne de la lagune Ebrié. Dans la zone fluviale de la Bia, le pH et les nitrates ont été les paramètres les plus déterminants. Le caractère presque neutre du pH favoriserait le développement de bons nombres de bactéries, notamment les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux dans la zone fluviale de la Bia. [3, 16] ont montré que son incidence était fondamentale sur la prolifération des coliformes totaux, des coliformes thermotolérants et des streptocoques fécaux, recensés respectivement dans les eaux de la rivière Tamagawa et de la rivière dans la zone nord-ouest de Londres. Pour ce qui concerne les nitrates et le pH, les taux sont relativement constants sur les stations d'étude [17]. Ils constitueraient des éléments de maintien pour certaines bactéries dans le milieu aquatique. Les analyses canoniques ont révélé une corrélation positive entre les nitrates, l'oxygène dissous et les anaérobies sulfite-réducteurs et les streptocoques fécaux. Ce lien a été noté par [18] dans la lagune Ebrié.

V -CONCLUSION

Le présent travail porte sur la diversité bactériologique dans le bassin de la Bia. Il a permis de préciser l'influence des données physico-chimiques sur celles des densités des bactéries de l'eau de la rivière Bia. La distribution des densités bactériennes dans ce cours met en évidence de faibles densités bactériennes dans la zone lacustre et de fortes densités notées dans la zone fluviale.

Remerciements

Ce travail fait parti du projet VLIR/KUL (Vlaamse Interuniversitaire Raad), intitulé « Evolution de la biodiversité des poissons après la construction d'un barrage : cas de la rivière Bia en Côte d'Ivoire », financé par l'Administration Générale pour la Coopération au Développement (AGCD – ABOS) de la Belgique.

RÉFÉRENCES

- [1] - DOSSO (M.), TAGLIANTE-SARACINO (J.), FAYE (H.), KOUAKOU (K.) et KADIO (A.), 1988. A propos d'une épidémie de diarrhées dues à *Vibrio parahaemolyticus* survenue à Abidjan en 1985. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 80 : 761 - 767.
- [2] - KOUASSI (A. M.), GUIRAL (D.) et DOSSO (M.), 1990. Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne ; *Rev. Hydrobio. trop.*, vol. 23 (3) : 181 - 194.
- [3] - ARAI (T.), 1991. Studies on the bacterial fauna of the Tamagawa river. *In Wat. Sci. Tech. Vol. 24, N°2* : 109 - 112.
- [4] - GUILLEMIN (F.), 1985. Hydraulique villageoise et santé en milieu rural sahelien. Etude de la qualité microbiologique de 982 points d'eau. Thèse de Doctorat en Médecine ; Université de Nancy, France. 160 p.
- [5] - LANUSSE (A.), 1987. La contamination microbienne d'une lagune tropicale (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Influence de l'hydroclimat. Thèse Université de Provence (Aix-Marseille I, France), 147 p.
- [6] - GUIRAL (D.), KOUASSI (A. M.) et ARFI (R.), 1993. Estimation des niveaux de pollution organique et bactérienne des eaux à proximité des berges dans la ville d'Abidjan (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *In : J. Ivoir. Océanolo. Limnol.*, Vol. 2 (1) : 1 – 18.
- [7] - MANIZAN (N. P.), 1996. Evaluation de la contamination des huîtres par les *Vibrionaceae* dans le système lagunaire Ebrié. Mémoire de DEA d'Ecologie Tropicale, Option animale ; Université de Cocody, 41 p.

- [8] - VAN DEN BOSSCHE (J. P.) et BERNASCK (G. N.), 1990. Source book for the inland fishery resources of Africa. FAO Fisheries Technical Paper, 18 / 2, Rome, 240 p.
- [9] - KOUASSI (N. J.), 1980. Données sur l'effort de pêche et la production piscicole du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan. Série (E). XIII* : 155 - 181.
- [10] - 10 - N'DOUBA (V.), 1987. Contribution à l'étude des relations trophiques dans les étangs et lacs de Côte d'Ivoire : Cas des pleuplements de Copepodes. Thèse de Doctorat 3^o cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 126 p.
- [11] - LAË (R.), 1997. Estimation des rendements de pêche dans les lacs africains au moyen de modèles empiriques. *Aquat. Living Resour.*, 10 : 36 - 87.
- [12] - TER BRAAK (C. J. F.) et SMILAUER (P.) 1998. CANOCO Reference manual and guide to Canoco for Windows (Version 4) 351 p.
- [13] - 1KONE (K.), 2002. Contribution à l'étude de souches d'*Enterobactéries* isolées de la rivière Banco. Mémoire de DEA. Université d'Abobo – Adjamé, 34 p.
- [14] - ZONGO (F.), 1994. Contribution à l'étude du phytoplancton d'eau douce du Burkina - Faso. Cas du barrage N^o3 de la ville de Ouagadougou. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Ouagadougou, 151 p.
- [15] - LANUSSE (A.) et GUIRAL (D.), 1988. Suivi annuel de la contamination bactérienne et viral des eaux et des sédiments lagunaires au niveau d'Abidjan. *Océanis*, vol. 14 (1) : 71 - 87.
- 16 - JACOBS (J. L.) et ELLIS (J. B.), 1991. Bacterial water quality in urban receiving waters. *Wat. Sci. Tech. Vol. 24, N^o2* : 113 - 116.
- [16] - R. PEREZ. Les algues qui nous entourent conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture, aquaculture. IFREMER. Nantes- France (1997) 272.
- [17] - ILTIS (A.) et LEVEQUE (C.), 1982. Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 15 (2) : 115 - 130.
- [18] - 1CAUMETTE (P.), GUIRAL (D.), et TORETON (J. P.), 1994. Les communautés bactériennes. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires. ORSTOM Edition : 281 – 305.
- [19] - 1GOURENE (G.), TEUGELS (G. G.), HUGUENY (B.) et THYS VAN DEN AUDENAERDE (D. F. E.), 1999. Evaluation et conservation de la diversité ichthyologique d'un bassin ouest - africain après la construction d'un barrage. *Cybiu*m, 23 (2) : 147 - 160.