

Dynamique des flux bactériens dans un hydrosystème ouest africain : cas de la rivière Agnébi, Côte d'Ivoire

Pascal Niamien MANIZAN^{1*}, Brou KONAN², Germain GOURENE¹ et Mireille DOSSO³

¹Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Université d'Abobo-Adjamé,
01 BP 6447 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de géosciences, Université Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³Département de Bactériologie-Virologie, Institut Pasteur de Côte d'Ivoire,
01 BP 490 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : manipascale@yahoo.fr

Résumé

La bactériologie des eaux a été étudiée en vue d'apprécier la qualité des eaux de la rivière Agnébi. Durant la période de novembre 1996 à octobre 1997, les eaux de ce bassin sont prélevées et analysées. Des analyses bactériologiques sont réalisées et la méthode des moindres carrés est appliquée à la relation débits-densités des germes. Les résultats obtenus concernent, les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux, les staphylocoques et les anaérobies sulfite-réducteurs. L'analyse quantitative a permis d'enregistrer les densités bactériennes maximales en début des crues et les minimales à l'étiage dans le bassin étudié. Les courbes des tendances indiquent la dynamique des densités des germes en fonction du débit annuel de l'Agnébi. Les coefficients de détermination expriment les relations densités-débits dans ce cours d'eaux.

Mots-clés : *rivière Agnébi, bactériologie, approche mathématique, courbes de tendance, débits.*

Abstract

Bacteria flour in west Africa : case of Agnebi river, Ivory Coast

The bacteriology of water has been studied to assess the water quality of the river Agnebi. During the period from November 1996 to October 1997, the waters of this basin are collected and analyzed. Bacteriological tests are performed and the method of least squares is applied to the flow-density relationship of germs. The results obtained concern, total coliforms, thermotolerant coliforms, faecal streptococci, staphylococci and anaerobic sulphite-reducing quantitative analysis allowed to record the maximum bacterial densities in early floods and minimum low water in the basin studied. The trend lines indicate the dynamics of the densities of seeds depending on the annual flow of Agnébi. The determination coefficients express the density-flow relationships in streams.

Keywords : *river Agnébi, bacteriology, mathematical approach, trends curves, flow.*

1. Introduction

L'homme, dans la conquête de la satisfaction de ses besoins essentiels, a toujours cherché à maîtriser et à dominer son environnement. L'un des outils de cette quête du bien-être est l'art et la science du contrôle de la qualité sanitaire des cours d'eau. En Côte d'Ivoire, les pollutions s'exerçant dans les eaux sont à dominance physico-chimique [1] et microbienne [2]. Ces pollutions jouent un rôle important dans l'apparition de certaines maladies chez l'homme [3]. L'eau d'alimentation, souvent contaminée par les eaux usées urbaines et industrielles, favorise la diffusion des bactéries pathogènes et donc la transmission des épidémies [4, 5]. Afin d'évaluer la qualité des indicateurs de pollution, des travaux de recherche ont été effectués dans l'environnement aquatique de la rivière Agnébi. Or, l'eau distribuée au consommateur doit être potable ; c'est-à-dire exempte de risques infectieux ou toxiques [6, 7]. De nos jours, les sources de contaminations bactériennes se sont diversifiées. Elles proviennent, le plus souvent, de l'absence de traitement et de désinfection ou de la défaillance dans le fonctionnement des systèmes de traitement des eaux [8]. Par ailleurs, les études bactériologiques des écosystèmes aquatiques ont été, le plus souvent, réalisées sur les eaux de mer et de lagune Ebrié notamment [5].

Très peu d'études sont consacrées aux eaux continentales. Pourtant, les systèmes d'alimentation en eau potable de nos villes et villages sont souvent réalisés à partir des eaux de ces cours d'eau continentaux. Ces eaux, sans aucun traitement préalable, pourraient véhiculer des germes susceptibles de nuire à la santé humaine [9]. Du point de vue microbiologique, de diverses contaminations bactériennes provenant le plus souvent de l'absence de traitement de désinfection ou d'incidents technologiques. Le présent travail portant sur l'inventaire et l'évaluation bactériens de la rivière Agnébi, contribuera à l'étude pluridisciplinaire de ces bassins en Côte d'Ivoire.

Dans cette investigation, une approche d'étude des tendances des densités bactériennes en fonction des débits de l'Agnébi est réalisée. Il s'agit d'établir la relation entre les variations mensuelles des débits et l'évolution des densités bactériennes dans ce cours d'eau.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'études

D'une longueur de 200 km et d'un bassin versant de 8 900 km² [10], la rivière Agnébi prend sa source dans la région du N'zi - Comoé (à Bongouanou) et se jette dans la lagune Ebrié (*Figure 1*). En saison des pluies, l'eau déborde du lit principal et inonde toutes les zones environnantes. La partie supérieure de l'Agnébi connaît depuis vingt années, un assèchement total pendant la saison sèche [11]. Trois (3) stations de prélèvements d'eaux sont retenues dans le cours d'eaux. Il s'agit du :

- cours supérieur (Gbessé) de latitude 5° 50' N et de longitude 4° 17' W. Les valeurs moyennes de la profondeur et de la largeur sont respectivement 1,2 m et 10 m.
- cours moyen (Pont Autoroute), de latitude 5° 30' N et de longitude 4° 14' W. Les valeurs moyennes de la profondeur et de la largeur sont respectivement de 3,29 m et 15 m ;
- cours inférieur (Armébé) de latitude 5° 20' N et de longitude 4° 19' W avec une profondeur moyenne de 7,8 m et une largeur de 35 m.

2-2. Echantillonnage

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. Ainsi, dans chaque station citée plus haut, un prélèvement d'eau a été effectué. Pour ces prélèvements, 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 au frais à 4 °C dans une glacière.

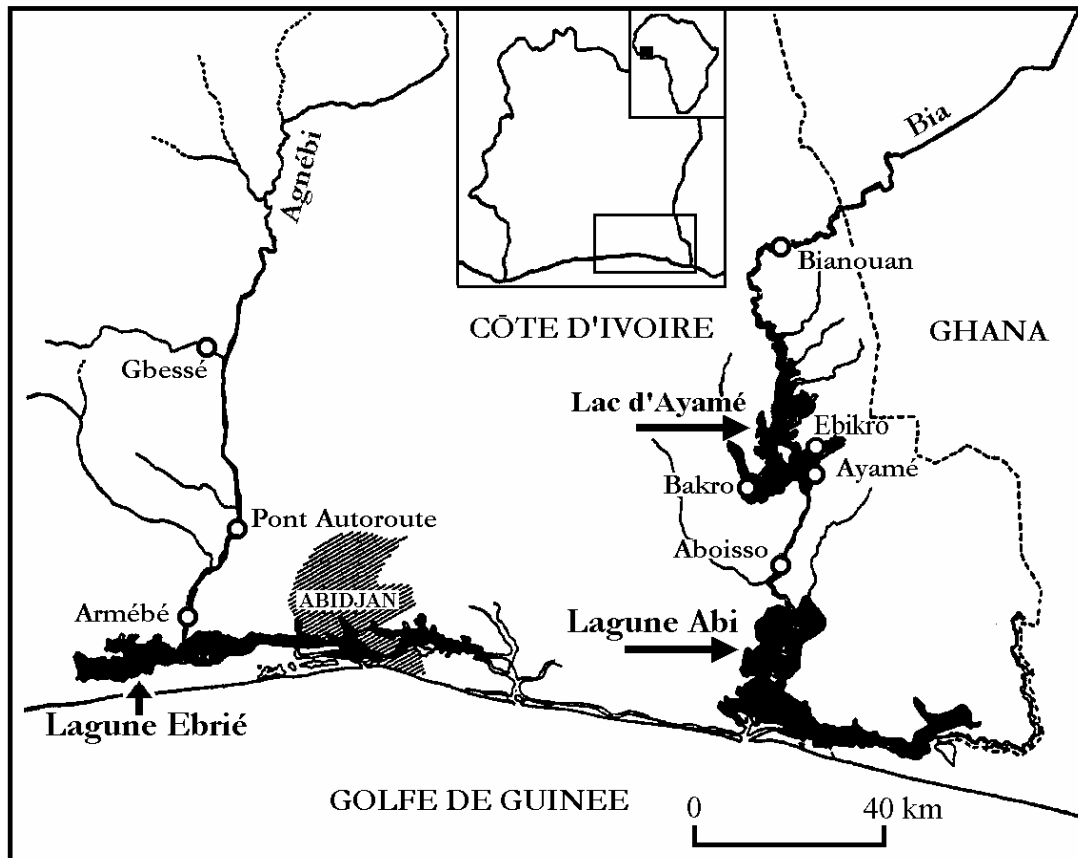


Figure 1 : Localisation des stations d'études dans la rivière Agnèbi [19] : Gbessé (Cours supérieur), Pont-Autoroute (Cours moyen), Armébé (Cours inférieur).

2-3. Méthodes d'analyses bactériologiques

Les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux, les staphylocoques et les anaérobies sulfito-réducteurs sont dénombrés sur chaque échantillon d'eau de l'Agnèbi prélevé 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 sulfito-réducteurs ont été isolé sur le milieu au tryptone sulfite et néomycine (TSN) par ensemencement en gélose profonde, après incubation à $46^{\circ} + 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 18 à 24 heures.

2-4. Méthode des moindres carrés

La méthode des moindres carrés est utilisée dans l'établissement d'une courbe qui relie les deux variables [12]. Pour une valeur donnée de X, soit X_1 , il y a une différence entre la valeur Y_1 et la valeur correspondante déterminée à partir de cette courbe. Cette différence (D_1) est appelée un écart, une erreur ou un résidu. Parmi toutes les courbes qui approchent l'ensemble de données, celle qui donne un meilleur ajustement des données au sens des moindres carrés est celle qui vérifie la propriété suivante [12] :

$$D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_N^2 \quad (1)$$

Les courbes de tendance obtenues sont donc des ajustements par la méthode des moindres carrés. Le coefficient de détermination R^2 mesure la part de la variance totale observée qui est expliquée par la régression avec l'équation à 6 degré. La valeur optimale de ce coefficient est 1. Dans cette étude, la variable explicative X est le débit moyen mensuel et la variable expliquée Y est la densité bactérienne. Les ajustements ont été effectués sur les débits observés [13] tels que relevés et sur les débits observés par ordre croissant.

3. Résultats

Les débits de l'Agnébi varient entre 0,01 et 46,45 m³/s, avec une moyenne annuelle de 7,4 m³/s. Les valeurs maximales sont également enregistrées entre mai et août.

Les **Figures 2 à 4** indiquent les différentes tendances de l'évolution des densités bactériennes dans la rivière Agnébi. Elles font état des tendances des débits enregistrés dans cette rivière.

Dans les stations de l'Agnébi (**Tableau 1**), les plus fortes valeurs de densités des coliformes totaux sont enregistrées entre mai et août tandis que les plus faibles se situent entre septembre et avril.

Les coliformes thermotolérants, en revanche, dans l'Agnébi (**Tableau 1**), les valeurs maximales des densités sont relevées entre janvier et avril et les valeurs minimales entre mai et novembre. Les plus fortes densités de streptocoques fécaux ont été notées entre mars et mai. Les plus faibles densités de ces germes ont été enregistrées en juin et février. Chez les staphylocoques, c'est entre avril et octobre que les valeurs maximales des densités des staphylocoques ont été déterminées et leurs valeurs minimales sont mesurées entre novembre et mars. Les anaérobies sulfite-réducteurs, les plus fortes valeurs de densités de ces bactéries sont atteintes entre août et octobre et les plus faibles valeurs entre novembre juillet.

Le **Tableau 2** fait état de la distribution des coefficients de détermination (R^2) dans l'Agnébi. La valeur maximale du coefficient de détermination (0,94) est obtenue chez les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteur ; et la valeur minimale (0,83) est atteinte chez les coliformes totaux.

Tableau 1 : Répartition des valeurs moyennes des Coliformes totaux (CT), Coliformes thermotolérants (C. TH), Streptocoques fécaux (S.F.), Staphylocoques (STA) et Anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) dans l'Agnébi

Stations	CT (UFC/100 mL)	C TH (UFC/100 mL)	S. F (UFC/100 mL)	STA (UFC/100 mL)	A.S.R. (UFC/100 mL)
Cours supérieur	2 790	755	276	1965	27
Cours moyen	2 745	1550	79	1 315	25
Cours inférieur	3 135	1000	133	2 560	36

Tableau 2 : Variation des coefficients de détermination R^2 dans l'Agnébi

Germes	Coefficients de détermination R^2
Coliformes totaux	0,83
Coliformes thermotolérants	0,91
Streptocoques fécaux	0,94
Staphylocoques	0,84
Anaérobies sulfito-réducteur	0,92

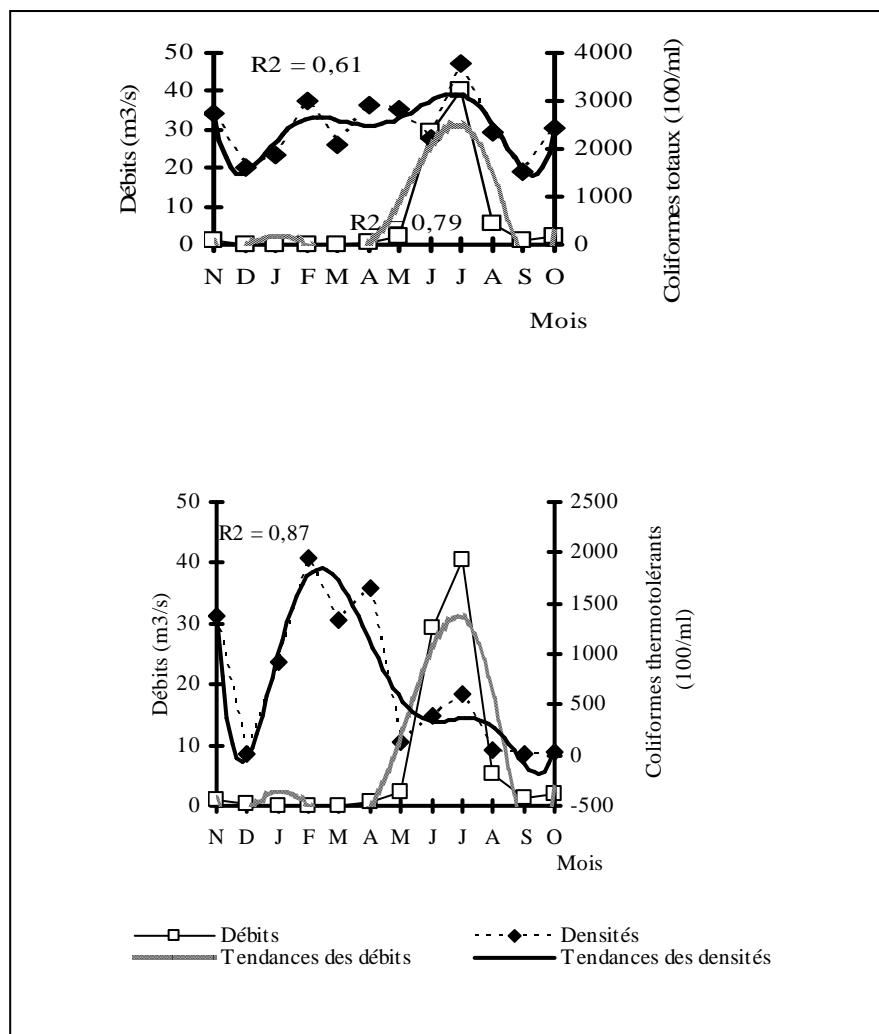


Figure 2 : Variation des tendances des densités des coliformes totaux et thermotolérants et des tendances des débits dans l'Agnébi

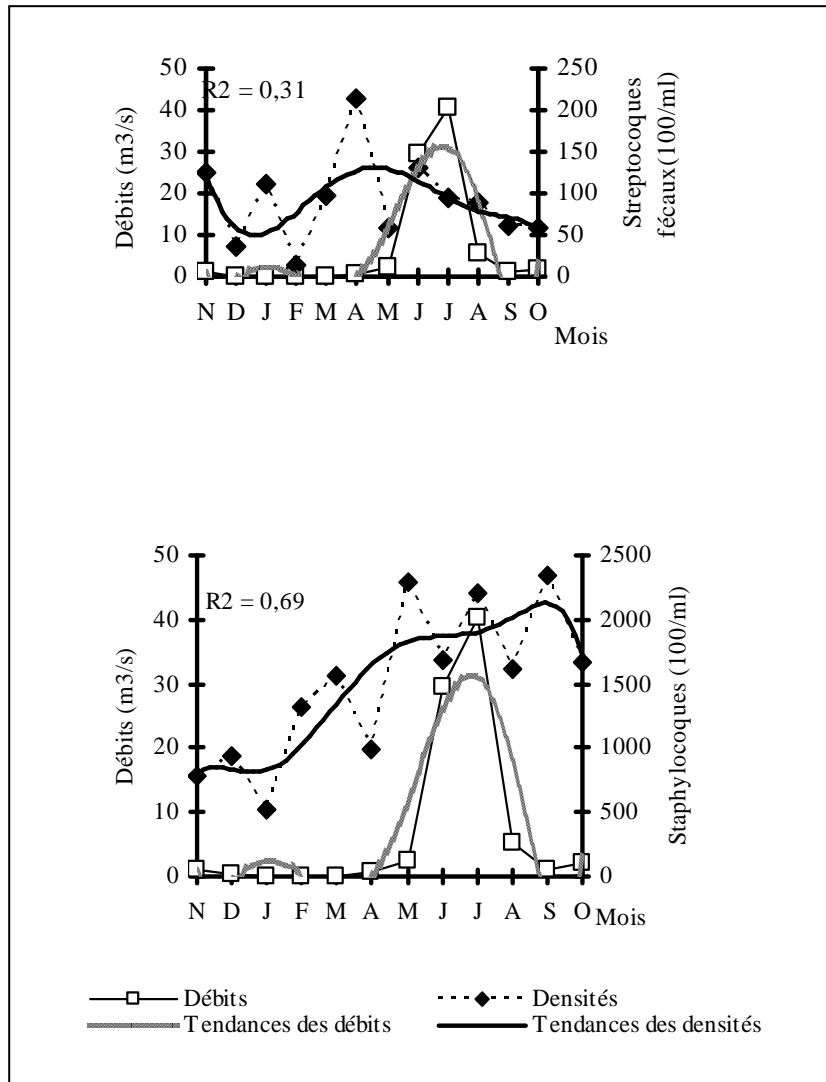


Figure 3 : Variation des tendances des densités des Streptocoques fécaux et des Staphylocoques des tendances des débits dans l'Agnèbi

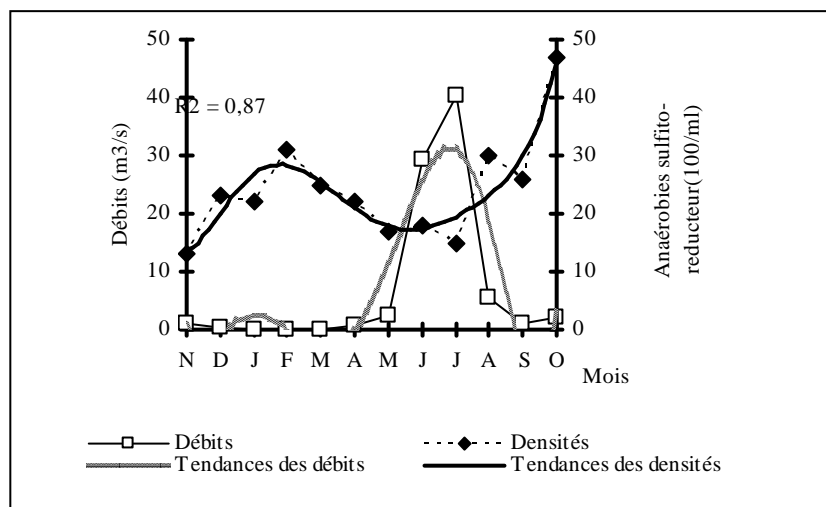


Figure 4 : Variation des tendances des densités des Anaérobies sulfito-réducteurs et des tendances des débits dans l'Agnèbi

4 - Discussion

Les résultats enregistrés montrent que les bactéries étudiées se répartissent en deux groupes : les streptocoques fécaux chez lesquelles les densités bactériennes coïncident avec celles des débits et les autres germes pour lesquelles, les valeurs maximales de densités précèdent les débits. Les valeurs des densités maximales des streptocoques fécaux sont enregistrées en saisons des pluies. Ces germes proviennent en grande partie des activités domestiques. Or, il a été observé que les agglomérations traversées par la rivière étudiée sont dépourvues de systèmes adéquats de collecte des eaux usées et domestiques. Cette situation favoriserait un déversement important de germes de contamination fécale dans ce cours d'eau par les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies. Cela pourrait expliquer l'augmentation de la densité de ces bactéries dans ces rivières lorsque le débit croît [14-16] notent que l'augmentation des apports de bactéries serait liée, au débordement des fosses septiques. Les faibles valeurs des densités observées en saison des pluies pour le deuxième groupe de bactéries semblent être essentiellement dues aux facteurs de dilution. En effet, l'augmentation de la masse d'eau dans les rivières aux périodes de fortes pluviométries réduirait le nombre de bactéries par unité de volume d'eau, ce qui pourrait expliquer les faibles densités de bactéries en période de pluies. La variation des densités des microbes dans le milieu aquatique dépend des facteurs environnementaux [17, 18].

Au niveau des différentes courbes de tendances observées, les relations entre les débits et les densités bactériennes semblent exprimées dans l'Agnébi. En effet, les coefficients de détermination entre les débits et les densités des germes seraient proches de 1. Ces débits transporteraient alors des densités de bactéries relativement plus importantes dans le lit principal de ce bassin. Nos données ainsi obtenues permettraient, sur la base des courbes de tendances des débits, de suivre l'évolution des densités de bactéries dans les différentes stations étudiées.

5. Conclusion

Les résultats, relatifs aux variations saisonnières ont montré que les densités maximales des bactéries inventoriées sont atteintes en début des saisons des pluies et les densités minimales sont enregistrées pendant la saison sèche. Ces périodes correspondent respectivement aux crues et à l'étiage de la rivière. Concernant la distribution des bactéries dans les bassins étudiés, nos résultats ont mis en évidence des densités bactériennes relativement homogènes

Les stations en zone urbaine sont plus contaminées que celles des zones rurales. Il est donc évident que les risques d'infection des populations riveraines sont évidents après les baignades et la consommation d'eaux. Une approche mathématique prédictive, ajustée aux densités bactériennes collectées a été développée en fonction des débits mensuels du cours d'eau. Les courbes de tendance montrent que la dynamique des densités bactériennes suit globalement la variation des débits du cours d'eau. Les densités des coliformes thermotolérants et des staphylocoques se décalent des courbes des débits. Les coefficients de détermination sont élevés dans l'Agnébi.

Remerciements

Ce travail fait partie 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] - KONAN (A.), SORO (M.), BAMBARA (S.) et ABE (J.), Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des plans d'eau et des sédiments des barrages dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Rapp. Int. Cent. Rech. Oceanogr.*, (1991) 32 p.
- [2] - SYMOENS (J.), BURGIS (M.) et GAUDET (J.), Écologie et utilisation des eaux continentales africaines. PNUED, (1982) 206 p
- [3] - GRABOW (M. O. K.), MORRIS (R.) et BOTZENHART (K.), Health related water microbiology, 1990. *Water Science and Technology*. IAWPRC, Vol. 24, Number 2, (1991) 433 p.
- [4] - DOSSO (M.), TAGLIANTE-SARACINO (J.), FAYE (H.), KOUAKOU (K.) et KADIO (A.), A propos d'une épidémie de diarrhées dues à *Vibrio parahaemolyticus* survenue à Abidjan en 1985. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 80: (1988.) 761 - 767.
- [5] - KOUASSI (A. M.), GUIRAL (D.) et DOSSO (M.), Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne ; *Rev. Hydrobio. trop.*, vol. 23 (3) (1990) 181 - 194.
- [6] - LECLERC (H.), Les bio-indicateurs bactériens de santé publique en milieu aquatique. *In*: Dynamique de population et qualité de l'eau. *Edition Bordas*, (1981.) 275 p.
- [7] - OMS, Directives de Qualité pour l'eau de boisson. Contrôle de la Qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités. Volume 3 (2000) 89 - 101.
- [8] - BLOCK (J. C.), Elimination des microorganismes au cours du traitement des eaux usées urbaines. *In* : Point sur l'Épuration des effluents, *Tec & Doc Lavoisier Ed. Vol. 1*: (1982) 103 - 140.
- [9] - GUILLEMIN (F.), Hydraulique villageoise et santé en milieu rural sahelien. Étude de la qualité microbiologique de 982 points d'eau. Thèse de Doctorat en Médecine ; Université de Nancy, France, (1985) 160 p.
- [10] - AVERNARD (J.M.), ELDIN (M.) et GIRARD (G.), Aspect géomorphologique. *In*: Le milieu naturel de Côte d'Ivoire (SIRCOULON J., TOUCHEBEUF P., GUILLAUMET J. L., ADJANOHOUN E. et PERRAUD A.), (Eds). Tome I. *ORSTOM Edition*, 50 (1971) 50 - 92.
- [11] - KOUAMELAN (E. P.), L'effet du lac de barrage d'Ayamé en Côte d'Ivoire sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons *Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes)*. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, (1999) 200 p.
- [12] - SPIEGEL (M. R.), Théorie et application de la statistique. *Ediscience, Série Schaum*, (1976) 358 p.
- [13] - MIE, Relevés mensuels des débits. Département des études, Direction de l'eau, Sous Direction de l'Hydrologie, Côte d'Ivoire, (2002) 4 p
- [14] - CROWTHER (J.), WYER (M.D.), BRADFORD (M.) KAY (D.), FRANCIS (C.A.), Modelling faecal indicator concentrations in large rural catchments using land use and topographic data. *Journal of Applied Microbiology*; : (2003) 962 – 973.
- [15] - KAY D. WYER M.D. CROWTHER J. WILKINSON J. STAPLETON C. GLASS P. Sustainable reduction in the flux of microbial compliance parameters from urban and arable land use to coastal bathing waters by a wetland ecosystem produced by a marine flood defence structure. *Water Research*; 39 (14) (2005) 3320-3332.
- [16] - CAUMETTE (P.), GUIRAL (D.), et TORETON (J. P.), Les communautés bactériennes. *In*: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire (DURAND J. R., DUFOUR P. et ZABI S.G.F.), (Eds). Tome II. Les milieux lagunaires. *ORSTOM Editions*, 50 (1994) 281 – 305.
- [17] - MANIZAN (N. P.), 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, (1996) 41 p.

- [18] - MANIZAN, 2003 N. P., , Bactériologie des eaux et des sédiments des complexes fluvio-lacustre, Bia et fluviale Agnebi (Cote d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé. (2003)
- [19] - GOURENE (G.), TEUGELS (G. G.), HUGUENY (B.) et THYS VAN DEN AUDENAERDE (D. F. E.), Evaluation et conservation de la diversité ichthyologique d'un bassin ouest - africain après la construction d'un barrage. *Cybiurn*, 23(2) (1999) 147 - 160.