



UNIVERSITÉ FELIX HOUPHOUËT BOIGNY
COCODY-ABIDJAN



UFR BIOSCIENCES

N° d'ordre : 602 / 2009

THÈSE D'ÉTAT

Présentée à

L'Unité de Formation et de Recherche Biosciences
Pour obtenir

Le grade de Docteur d'Etat ès Sciences en Hydrobiologie

Par

GOORE BI GOULI

THÈME

Impact des activités humaines sur les communautés de poissons dans les systèmes aquatiques de la zone côtière ivoirienne : *Établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique (IIB)*

Soutenue le 18 Avril 2009 devant le jury composé de :

M. SERI Bialli	Professeur, <i>Université de Cocody</i>	Président
M. KOUASSI N'Guessan Joël	Professeur, <i>Université de Cocody</i>	Directeur de thèse
M. N'DA Konan	Maître de conférences, <i>Université Abobo-Adjamé</i>	Rapporteur
M. TANO Yao	Professeur, <i>Université de Cocody</i>	Examineur
M. N'DOUBA Valentin	Professeur, <i>Université de Cocody</i>	Examineur

Dédicaces

~

Je dédie ce travail à mes frères et sœurs de Zéménafla v'nan (Département de Sinfra), au Ministre Lia bi Douayoua, Président du Conseil Général de Sinfra, à mes enfants, Troukourey Wilfried Tonin, Gnamien Aristide Tonin, Tchéssé Désiré Jonathan Tonin, Sow Martge Mireille Tonin, Yao Jean Tonin et à mon épouse Tchéssé lou Trazouho Aurelienne.

Cette thèse a été réalisée dans le cadre du projet ivoiro-belge intitulé « Caractérisation, utilisation et conservation de la biodiversité des poissons d'eaux douces de Côte d'Ivoire ». Ce travail est le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), le Laboratoire d'Ecologie aquatique de l'Université Catholique de Leuven, le Musée Royal de l'Afrique Centrale et l'Institut de Recherche pour la nature et la foresterie de Duboislaan (Belgique).

Nous sommes reconnaissants à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail et en particulier aux personnes suivantes:

Professeur KOUASSI N'Guessan Joël, Directeur du Laboratoire d'Hydrobiologie de l'UFR Biosciences, qui a accepté de diriger ces travaux. Nos remerciements vont au-delà du présent travail car depuis 1992, il a accepté de nous former à la recherche en supervisant tous nos travaux.

Professeur N'DOUBA Valentin, Vice-Président de l'Université de Cocody, Chef local du projet, « Caractérisation, utilisation et conservation de la biodiversité des poissons d'eaux douces de Côte d'Ivoire », pour ses encouragements permanents, ses critiques, son amitié et sa participation au jury.

Docteur, Professeur, FRANS Ollevier, Directeur du Laboratoire d'Ecologie aquatique de l'Université Catholique de Leuven, promoteur belge du projet susmentionné pour le compte de la Belgique, pour ses observations, sa disponibilité et l'accueil chaleureux qu'il nous a toujours réservé lors des visites que nous avons effectuées dans son laboratoire.

Docteur, Professeur, Joss SNOOKES, Ichtyologue au Musée Royal de l'Afrique Centrale et Professeur à l'Université Catholique de Leuven, pour son analyse critique du document et intérêt qu'il a manifesté pour ce sujet.

Claude BELPHARE, Chef de Service à l'Institut de Recherche pour la nature et la foresterie de Duboislaan (Belgique) pour nous avoir guidé lors de la mise en place de la méthodologie pour l'établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique.

BREINE J. Jan, de l'Institut de Recherche pour la nature et la foresterie de Duboislaan (Belgique) pour avoir accepté de nous faire profiter de son expertise dans la réalisation de l'Indice d'Intégrité Biotique. Qu'il soit remercié également pour son amitié envers nous.

Professeur, THYS VAN Den Audenaerd, pour son implication dans ce travail et ses critiques constructives.

Professeur, N'Goran Kouakou Eliezer du Laboratoire de Zoologie à l'Unité de Formation et de Recherche des biosciences (UFR Biosciences) de l'Université de Cocody, pour avoir participé à l'amélioration du document par ses critiques judicieuses.

Professeur, SERI Bialli, du Laboratoire de Neurosciences de UFR Biosciences de l'Université de Cocody, pour sa lecture critique du document et pour avoir accepté de présider le jury.

Professeur, TANO Yao, Directeur du Laboratoire de Zoologie de l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody, pour avoir accepté de participer au jury.

Professeur, N'DA Konan, Maître de Conférences à l'Université d'Abobo Adjamé, pour sa participation au jury.

Professeur, KOUASSI Kouassi Philippe, Maître de Conférences au Laboratoire de Zoologie de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques (UFR Biosciences) de l'Université de Cocody, pour sa lecture critique du document.

Professeur, KOUAMELAN Essetchi Paul, Maître de conférences au Laboratoire d'Hydrobiologie de l'UFR Biosciences de l'université de Cocody pour ses conseils et sa contribution à l'amélioration de la qualité de ce document.

Professeur, TROUKOUREY Albert, Directeur du Laboratoire de Chimie Physique et Vice-Doyen de l'Unité de Formation et de Recherche des sciences de la structure de la matière et des technologies pour l'analyse chimique des prélèvements.

Professeur, KONE Tidiani, Maître de Conférences à l'Unité de Formation et de Recherche des biosciences pour ses critiques pertinentes et son amitié.

Docteur OUATTARA Nahoua Issa, Maître-assistant à l'UFR biosciences pour sa contribution à l'amélioration de ce document.

Docteur YAO Silvain Stanislas Maître-assistant à l'UFR biosciences pour la lecture critique du document.

Docteur NOBAH Céline Koco, Assistante à l'Unité de Formation et de Recherche des biosciences au Laboratoire de Biologie cellulaire, pour son amitié.

Mes sincères remerciements à tous les doctorants et aux techniciens qui ont participé à la collecte des données BAMBAMamadou, Kouadio N'GUESSAN Firmin et Ingrid HONTIS ainsi qu'au personnel technique N'Dindin GNANGBO Patrick, PORQUET Hugues, KOFFI Jean-Baptiste, SERI Bi Philippe, ETILE Hughes, KOUAME et MAÏGA.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE -----	I
REMERCIEMENTS -----	II
TABLE DES MATIERES -----	v
LISTE DES FIGURES -----	VIII
LISTE DES TABLEAUX -----	XI
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES -----	
RESUME GENERAL -----	XIII
INTRODUCTION -----	1
Chapitre 1 : GÉNÉRALITÉS -----	5
I- GÉNÉRALITÉ SUR LA ZONE CÔTIÈRE -----	5
1- Localisation et géomorphologie de la zone côtière -----	5
2- Climat et végétation -----	8
3- Hydrographie -----	8
3-1-La rivière Tanoé -----	9
3-2-La rivière Mé -----	10
3-3-La rivière Agnébi -----	11
3-4-La rivière Gô -----	12
3-5-La rivière Boubo -----	13
3-6-La rivière Niouniourou -----	14
3-7-La rivière San- pédro -----	14
II- METHODES D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU -----	15
1- Les fondements de l'évaluation -----	15
2- Évolution des méthodes d'évaluation -----	17
3- Indice d'intégrité biotique avec le poisson -----	20
Chapitre II. MATERIEL ET METHODES -----	24
I- MATERIEL -----	24
1- Matériel de mesure des paramètres physiques et chimiques -----	24
2- Matériel d'échantillonnage -----	24
II- METHODES -----	26
1- Méthode d'étude des données environnementales -----	26
1-1- Choix des sites d'échantillonnage -----	26
1-2- Caractérisation des habitats -----	26
2- Méthode d'étude de la faune ichtyologique -----	31
2-1- Méthode d'échantillonnage des poissons -----	31
2-2- Traitement des poissons échantillonnés -----	33
2-3- Examen des contenus stomacaux des poissons -----	33
3- Méthode d'établissement de l'Indice d'Intégrité Biotique (IIB) -----	35
3-1- Choix des guildes -----	35
3-2- Choix des métriques de l'IIB -----	35
3-3- Description des catégories -----	39
3-4- Calcul des valeurs des métriques -----	45
3-5- Score total IIB, classe d'Intégrité Biologique et qualification de la qualité de	

l'eau du site échantillonné -----	47
4- Analyses statistiques -----	49
4-1- Analyse de classification ascendante hiérarchique -----	49
4-2- Test du coefficient de corrélation de Spearman -----	50
4-3- Analyse en composantes principales (ACP) -----	50
4-4- Test médian de Kruskal Wallis -----	51
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS-----	52
I- COMMUNAUTÉ DES POISSONS DES BASSINS ÉTUDIÉS-----	52
1- Inventaire -----	52
1-1- Contribution des différents bassins à la richesse spécifique de la zone côtière --	57
1-2- Occurrence des espèces -----	57
1-3- Familles communes à tous les bassins-----	57
1-4- Distribution des autres familles-----	61
1-5- Efficacité des engins de pêche-----	61
2- Distribution spatiale des espèces dans les bassins étudiés -----	67
2-1- Cas des espèces récoltées avec la pêche électrique-----	67
2-2- Cas des espèces récoltées au filet maillants -----	71
3- Discussion -----	75
3-1- Distribution du peuplement -----	75
3-2- Étude comparée des bassins -----	78
3-3- Étude comparée des engins -----	79
4-4- Analyse statistique -----	81
II- REGIME ALIMENTAIRE DE QUELQUES POISSONS -----	83
1- Les proies-----	83
2- Groupes trophiques-----	86
2-1- Catégories trophiques et sous-groupes trophiques -----	86
2-2- Comportement trophique des espèces -----	90
3- Discussion -----	97
3-1- Proies -----	97
3-2- Sous-groupes trophiques-----	97
3-3- Groupes trophiques -----	98
III- ÉTABLISSEMENT D'UN INDICE D'INTEGRITE BIOTIQUE (IIB)-----	104
1- Choix du peuplement ichthyologique et caractéristiques anthropiques des sites -----	104
2- Guildes des poissons collectés -----	105
3- Calcul des métriques et attribution des scores-----	109
4- Performance des métriques-----	111
4-1- Distribution des métriques en fonction des bassins -----	111
4-2- Corrélation entre métriques et descripteurs environnementaux-----	118
5- Calcul et validation de l'Indice d'Intégrité Biotique -----	118
5-1- Contribution des métriques à l'IIB-----	129
5-2- Validation de l'IIB-----	129
6- Classe d'Intégrité-----	131
6-1- Répartition des classes d'Intégrité dans la zone côtière et au niveau	
de chaque bassin -----	133
6-2- Distribution des classes d'Intégrité biotique le long des Bassins -----	133
6-3- Relation entre les activités humaines et les classes d'Intégrité -----	137

7- Discussion -----	144
7-1- Interprétation des guildes des poissons -----	144
7-2-Métriques ayant une mauvaise performance -----	146
7-3- Métriques performantes -----	147
7-4- Répartition spatiale des classes d'intégrité-----	148
7-5- Activités humaines-----	150
7-6- Relation activités humaines et classes d'intégrité-----	151
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES -----	152
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	155

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

Nombre total d'espèces	MNSTOT
Nombre d'espèces tolérantes	MNSTOL
Nombre d'espèces benthiques	MNSBEN
Nombre d'espèces de Mormyridae	MNSMOR
Nombre d'espèces de Cichlidae	MNSCIC
Nombre d'espèces de Cyprinidae	MNSCYP
Nombre d'espèces Siluriformes et Benthiformes	MNSSILBEN
Nombre d'espèces Characiformes et Cyprinodontiformes	MNSCHACYP
Pourcentage d'espèces intolérantes	MPSINT
Indice de diversité de Shannon-Weaver	MSWI
Pourcentage d'individus phytophage-planctonophages	MPIPP
Pourcentage d'individus omnivores	MPIOMN
Pourcentage d'individus piscivores	MPIPIS
Pourcentage d'individus invertivores	MPIINV
Pourcentage d'individus hybrides	MPSHYB
Pourcentage d'espèces migratrices	MPIMG
Nombre d'individus tolérants	MTOL
Biomasse totale	MBIOM
Nombre total d'individus	MNIND
Biological Monitoring Working Party	BMWP
Indice d'Intégrité Biotique	IIB
Pourcentage	p.c.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Présentation de la zone côtière ivoirienne et son régime hydrographique ----	6
Figure 2 : Carte du littoral ouest africain compris allant de la Côte d'Ivoire au Bénin (Anonyme 1990)-----	7
Figure 3 : Appareil de pêche électrique de marque Smith Root Electrofisher Modèle 12 Backpack POW utilisé pour l'échantillonnage des poissons -----	25
Figure 4 : Répartition des sites d'échantillonnage sur les bassins côtiers-----	28
Figure 5 : Modification de la structure de la communauté des poissons en fonction de la qualité du milieu -----	37
Figure 6 : Contributions relatives de chacune des familles (6) de poissons du sous groupe constitué des familles représentées par plus de 3 espèces dans l'ensemble des captures des bassins de la zone côtière-----	56
Figure 7 : Proportions relatives des espèces de poissons rencontrées dans chacun des bassins côtiers par rapport à l'ensemble de la richesse spécifique de la zone côtière de décembre 1999 à mars 2001 -----	58
Figure 8 : Contribution des différents engins de pêche à la capture des espèces dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001 -----	62
Figure 9 : Sélectivité des engins de pêche dans la collecte des espèces dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001-----	64
Figure 10 : Variation du nombre d'espèces en fonction du nombre de stations visitées sur chacun des 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001, établissement d'une corrélation -----	65
Figure 11 : Dendrogramme de similarité entre les stations en fonction des espèces récoltées uniquement à la pêche électrique dans l'ensemble des bassins-----	68
Figure 12 : Analyse en composantes principales basée, d'une part, sur le nombre d'individus par espèce et d'autre part, sur l'ensemble des sites échantillonnés à pêche électrique uniquement dans l'ensemble des bassins de décembre 1999 à mars 2001 -----	70
Figure 13 : Dendrogramme de similarité en fonction des espèces récoltées uniquement aux filets maillants dans l'ensemble des bassins de décembre 1999 à mars 2001 -----	72
Figure 14 : Analyse en composantes principales basée d'une part sur le nombre d'individus par espèce et d'autre part sur l'ensemble des sites visités aux filets	

maillants uniquement de décembre 1999 à mars 2001 -----	73
Figure 15 : Variation des indices d'occurrence des différentes catégories de proies isolées des contenus stomacaux de quelques espèces de poissons récoltés dans l'ensemble des 7 petits bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001 -----	87
Figure 16 : Importance numérique des différents types de proies isolées des contenus stomacaux de quelques espèces de poissons récoltés dans l'ensemble des 7 petits bassins côtiers de Côte d'ivoires de décembre 1999 à mars 2001 -----	88
Figure 17 : Taux d'occurrence des principales activités humaines sur les sites d'échantillonnage au niveau des bassins côtiers étudiés de décembre 1999 à mars 2001 -----	106
Figure 18(a) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001 -----	113
Figure 18 (b) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001 -----	114
Figure 18 (c) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001 -----	115
Figure 18 (d) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001 -----	116
Figure 19 : Analyse en composantes principales de la distribution des sites échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001 en fonction des métriques comme variables -----	117
Figure 20 : Variation de la métrique pourcentage d'individus omnivores (M _{piomn}) en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	119
Figure 21 : Variation de la métrique Pourcentage d'individus piscivores (M _{pipis}) en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	120
Figure 22 : Variation de la métrique Nombre d'espèces Characiformes et Cyprinodontiformes en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	121
Figure 23 : Variation de la métrique Indice de diversité de Shannon-Weaver en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	122
Figure 24 : Variation de la métrique Nombre total d'espèces (M _{nstot}) en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	123
Figure 25 : Variation de la métrique Biomasse totale (M _{biomn}) en fonction des classes des indicateurs environnementaux -----	124

Figure 26 : Analyse en composantes principales (ACP) des scores des métriques et l'indice d'intégrité biotique-----	130
Figure 27 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau de la zone côtière échantillonnée de décembre 1999 à mars 2001-----	134
Figure 28 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de la Mé échantillonné de décembre 1999 à mars 2001 -----	134
Figure 29 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de l'Agnébi échantillonné de décembre 1999 à mars 2001 -----	135
Figure 30 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Boubo échantillonné de décembre 1999 à mars 2001 -----	135
Figure 31 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Gô échantillonné de décembre 1999 à mars 2001 -----	136
Figure 32 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Niouniourou échantillonné de décembre 1999 à mars 2001 -----	136
Figure 33 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de la Mé-----	138
Figure 34 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de l'Agnébi -----	139
Figure 35 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de Gô -----	140
Figure 36 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de Boubo-----	141
Figure 37 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de Niouniourou -----	142
Figure 38 : Analyse canonique de correspondance (ACC) appliquée aux activités anthropiques et aux différentes classes d'intégrité biotique-----	143

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Présentation de l'Indice de Verneaux et Tuffery (1967) -----	19
Tableau II : Quelques métriques utilisées à travers le monde <i>in</i> Belpaire <i>et al.</i> , (2000) et Complété-----	22
Tableau III : Nombre de stations visitées par rivière, du Sud-est au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire et occurrence de chaque engin de pêche-----	27
Tableau IV : Valeurs seuil pour des concentrations en nitrites et qualité de l'eau correspondantes -----	30
Tableau V : Calibrage de la qualité du milieu en fonction des activités humaines et de la couverture végétale ou canopée -----	32
Tableau VI : Liste des métriques candidates pour le calcul final de l'IIB pour 5 bassins côtiers ivoiriens à partir des captures effectuées de décembre 1999 à mars 2001 -----	38
Tableau VII : Sens prévisionnel de l'évolution des différents paramètres vis-à-vis de la dégradation du milieu -----	46
Tableau VIII : Évaluation des stations sur la base des valeurs des métriques-----	48
Tableau IX : Caractérisation de la qualité de l'eau des stations en fonction des classes d'intégrité biotique-----	48
Tableau X : Liste des espèces capturées (N=91) dans 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001 et efficacité de chaque méthode de pêche -----	53
Tableau XI : Nombre d'espèces recensées par classe d'Occurrence de décembre 1999 à mars 2001, dans l'ensemble des bassins côtiers -----	59
Tableau XII : Effectif des espèces appartenant aux 7 familles communes à tous les bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de décembre 1999 à mars 2001 -----	59
Tableau XIII : Rendement de chacun des engins en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre de stations visitées sur l'ensemble des bassins côtiers ivoiriens pendant la période de décembre 1999 à mars 2001-----	66
Tableau XIV : Caractéristiques des poissons capturés par engins de pêche utilisés au cours de l'échantillonnage des poissons de 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001 -----	66
Tableau XV : Indice d'occurrences (p.c. IOC) et pourcentage numérique (p.c.N) des différents types de proies-----	84

Tableau XVI : Liste des espèces en fonction de leur groupe trophique-----	89
Tableau XVII : Guildes des poissons capturés dans 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire	107
Tableau XVIII : Valeurs extrêmes et moyennes des métriques-----	110
Tableau XIX : Valeurs et scores des métriques candidates à l'IIB des bassins de Côte d'Ivoire -----	110
Tableau XX : Contribution des métriques aux différents axes issus de l'analyse en composantes principales basées sur les stations et les métriques-----	112
Tableau XXI : Variation des coefficients de corrélation des métriques avec les descripteurs environnementaux choisis -----	125
Tableau XXII : Valeurs de l'indice d'intégrité biotique par station, classe d'intégrité et appréciation de la qualité du milieu-----	126
Tableau XXIII : Corrélation de Pearson entre les métriques, entre l'IIB et les métriques (significative pour $p < 0.05$)-----	128
Tableau XXIV : Valeurs d'Indice d'Intégrité Biotique et les classes d'intégrité correspondantes -----	132

RESUME

Sept bassins côtiers ivoiriens (Tanoé, Mé, Agnébi, Boubo, Niouniourou, Gô et San-Pedro) ont été échantillonnés de décembre 1999 à mars 2001, à l'aide de filets maillants et d'un appareil de pêche électrique. Au total 90 espèces et 1 hyride, réparties entre 34 familles ont été recensés. Pour étudier la similarité des bassins au plan spécifique (présence/absence), l'analyse de classification ascendante basée sur la distance euclidienne et l'analyse en composantes principales ont été réalisées. Les résultats de ces analyses, indiquent que les différentes stations se regroupent sans discriminations entre les bassins. Elles se comportent comme si elles appartenaient à un même grand bassin. L'analyse des contenus stomacaux de 39 espèces en appliquant la méthode de l'indice d'occurrence et la méthode numérique, a permis de déterminer 4 principaux groupes trophiques. Il s'agit des omnivores, des piscivores (strictes ou préférentiels), insectivores (stricts ou préférentiels) et des phytophages avec une prédominance des invertivores. Pour le calcul de l'indice d'Intégrité Biotique (IIB), sur 19 métriques candidates réparties entre les catégories : composition et richesse en espèces, composition trophique, condition des poissons et abondance, 6 ont été retenues. Il s'agit (Mnstot "nombre total d'espèces", Mbiom "Biomasse", Mnswi "Indice de Shanon wiener", Mnschacyp "Pourcentage des espèces characiformes et cypriniformes", Mpipis "Pourcentage des piscivores" et Mpiom "Pourcentage des omnivores"). Le test de Pearson ($P < 0,05$) montre que ces métriques ont une corrélation positive avec l'IIB. Les indices d'Intégrité Biotiques calculés, varient de 1 à 4,33 avec une moyenne de 2,48 pour l'ensemble des bassins de la zone côtière. Les classes d'intégrité biotiques définies à partir de ces indices, vont de 0 à 4. La classe 5 n'a été attribuée à aucune des stations de la zone côtière tandis que la classe 3 est la mieux distribuée dans la zone côtière. Elle correspond à un niveau modéré de dégradation du milieu. Cette étude indique qu'aucun des bassins visités, n'échappe à la perturbation liée aux activités humaines. En effet, trois catégories d'activités humaines ont été recensées dans la zone d'étude. Il s'agit des activités agricole (café, cacao, riz, bananes etc...), usage de produits chimiques (engrais, pesticides, les produits toxiques pour les poissons etc...), les travaux d'aménagement (construction de ponts, de route, plantation agro-industrielles, implantation de village etc..). De toutes ces activités, l'association des activités agricoles et de l'usage des produits chimiques apparaît comme la plus nocive à la qualité des eaux.

MOTS CLES : Indice d'Intégrité Biotique (IIB), conservation, peuplement ichthyologique, eaux douces, Côte 'Ivoire.

INTRODUCTION

Les perturbations produites par les activités humaines, urbaines, industrielles et agricoles ont exercé et exercent toujours des pressions considérables sur les écosystèmes fluviaux, lesquelles se traduisent par une dégradation de la qualité de l'eau et des habitats dont dépend la vie aquatique (Tramer et Rogers, 1973 ; Klein, 1979 ; Gammon *et al.*, 1990 ; Allan et Flecker, 1993). Little (1973) note que les activités humaines ont abouti dans le monde à la modification de plus de 300 000 km de cours d'eau résultant du drainage et de 53 millions d'hectares de zones humides de 1820 à 1970.

En Afrique, selon Lévêque et Paugy (1999), les informations disponibles montrent que la pression majeure exercée sur l'environnement par l'Homme est essentiellement due à l'exploitation agricole. En effet, l'économie de la plupart des pays africains est basée sur l'exportation de la matière première d'origine agricole. Elle est de surcroît généralement non mécanisée. C'est donc, chaque année, des hectares de forêt qui sont dévastés pour non seulement accroître les revenus nationaux (exploitation des essences forestières pour l'industrie du bois, aménagement des espaces pour de nouvelles cultures de rentes etc.) mais également pour nourrir les populations. En conséquence, le phénomène de la déforestation a atteint des proportions inquiétantes par son ampleur. Trente cinq ans après les indépendances, le taux de déforestation à Madagascar a atteint les 110 000 ha par an, avec des taux d'érosion de 250 tonnes par hectare. Depuis quelque temps, la Côte d'Ivoire et le Nigeria puis la Guinée, connaissent le même phénomène (Barnes, 1990).

En Côte d'Ivoire, la déforestation est estimée à 375 km² par million d'habitant (Lévêque et Paugy, 1999). Le couvert forestier ivoirien est passé de 16 millions d'hectares en 1960, à moins de trois millions d'hectares de nos jours. Cette déforestation a pour conséquences majeures : (1) les changements climatiques en termes de perturbations des saisons ; (2) la dégradation des terres et des sols ; (3) la pollution et la raréfaction des ressources en eau douce (Anonyme, 2002). Pour ce qui est de la zone côtière en Côte d'Ivoire, la mise en valeur ne s'est pas faite dans le même temps de l'est à l'ouest. Pour la portion qui part du Centre à l'Est, la mise en valeur a commencé un peu avant les indépendances. Celle des régions du Sud-Ouest ivoirien a commencé avec la création en 1979, de l'Autorité pour l'Aménagement du Sud-Ouest (ARSO). Cette structure va alors engendrer et encadrer la création de grands blocs agro-industriels par la mise en valeur de plusieurs milliers d'hectares de forêt (*ex.* PALMCI exploite à ce jour 123 900 ha dont 26,55 p.c. de plantations industrielles et 73,44 p.c. de plantations villageoises) (Cheyns *et al.* 2000).

Cette politique d'aménagement décidée par le Gouvernement d'alors est à la base du déplacement de la boucle du Cacao de l'est vers l'ouest. Les régions de la zone côtière, allant de Fresco à Tabou, ont connu et connaissent une concentration très forte de planteurs avec pour conséquence une forte perturbation de l'environnement forestier et des écosystèmes aquatiques de la zone côtière corollaire d'un recul du massif forestier et de la richesse spécifique. Or, selon Karr et Dudley (1981), les premiers facteurs de stress des communautés aquatiques et particulièrement les poissons sont les activités de dégradation menées par les Hommes, notamment la création de plantations agricoles. Kouamélan (1999), fait cette même observation après avoir constaté l'absence de certaines espèces signalées par Teugels *et al.*, (1988) dans le bassin de l'Agnébi. Selon cet auteur, l'absence de ces espèces serait liée à la déforestation et à l'installation des industries agricoles qui contribueraient fortement à dégrader l'environnement des systèmes aquatiques.

Pour Nislow (2005), comprendre les conséquences des changements de la terre est la clé d'une large compréhension des habitats des rivières. En effet, l'environnement physique et chimique d'un fleuve ou d'une rivière est profondément influencé par les caractéristiques du milieu où il coule. De ce fait, l'état des communautés biologiques résidentes, à un instant donné, reflète les événements habituels ou extrêmes survenus dans le passé jusqu'à cet instant. Vu ce qui précède, l'évaluation de l'impact des activités humaines sur la biodiversité de la zone côtière, s'avère indispensable. C'est pourquoi, la présente étude, s'intéresse à un des aspects de la biodiversité qui concerne les systèmes aquatiques et particulièrement les poissons. Pour ce faire, il est évident qu'une évaluation de la qualité des eaux basée sur le résultat d'une simple analyse physico-chimique n'est pas suffisante, puisqu'elle ne peut que traduire les conditions du milieu au moment du prélèvement (Piavaux, 1992). La surveillance de l'écosystème aquatique basée exclusivement sur la mesure de la concentration de polluants dans l'eau ne permet pas de mesurer la qualité de l'habitat. Elle ne permet pas d'évaluer ni l'effet des polluants non mesurés ou présents à des seuils inférieurs aux limites de détection des méthodes analytiques, ni les effets synergiques, additifs et antagonistes de différents polluants. C'est pourquoi les mesures au niveau de l'organisation du vivant sont devenues nécessaires pour plusieurs auteurs (*ex.* Cairns et Dickson, 1971 ; Gammon, 1980 ; OHIO EPA, 1988b ; Oberdoff et Hugues, 1992).

Plusieurs groupes taxinomiques permettent d'effectuer le suivi de la qualité des écosystèmes aquatiques, notamment les algues (Cattaneo *et al.*, 1995 ; Vis *et al.*, 1998 ;

Barbour *et al.*, 1999 ; Hill *et al.*, 2000), les macrophytes (Thiébaud et Muller, 1986 ; Haslam, 1990 ; Small *et al.*, 1996), les amphibiens et reptiles (Heyer *et al.*, 1994), les macroinvertébrés benthiques (Hilsenhoff, 1988 ; Anonyme, 1989 ; Anonyme, 1992 ; Willsie et Costan, 1993 ; Kerans et Karr, 1994 ; St-Onge et Richard, 1994 ; Barbour *et al.*, 1999 ; Pelletier, 2002) et les poissons (Karr *et al.*, 1986 ; Anonyme, 1988b ; Leclerc, 1990 ; Barbour *et al.*, 1999 ; Simon, 1999a ; La Violette 1999 ; La Violette *et al.*, 2003).

De tous ces groupes taxinomiques, les poissons possèdent plusieurs attributs d'un bon indicateur environnemental (Hendricks *et al.*, 1980 ; Berkman *et al.*, 1986 ; Karr *et al.*, 1986 ; Harris, 1995). Ils sont omniprésents dans la plupart des plans d'eau, quel qu'en soit la taille ou le niveau d'intégrité. Ils occupent plusieurs niveaux trophiques, ce qui permet une intégration verticale des changements et perturbations qui surviennent dans la chaîne alimentaire ; certaines espèces sont longévives et se déplacent entre les sites, ce qui permet une intégration à la fois temporelle et spatiale. Les poissons sont généralement faciles à échantillonner et à identifier ; des connaissances étendues existent sur la biologie et les exigences de nombreuses espèces. Les poissons se prêtent à la mesure des conditions chroniques ou aiguës induites par les substances toxiques ; et finalement, ils sont d'un grand intérêt pour le public et les décideurs en raison de leur valeur socio-économique.

L'Indice d'intégrité biotique (IIB) basé sur le poisson (Karr, 1981 ; Karr *et al.*, 1986) est une mesure synthétique colligeant plusieurs caractéristiques des communautés de poissons. Il permet d'évaluer l'état de santé des cours d'eau, tant sur le plan spatial que temporel. Cet outil de suivi a été développé pour les ruisseaux du Midwest des Etats-Unis et adapté, à plus d'une centaine de reprises pour les écosystèmes aquatiques de tous les continents (Oberdoff et Hughes, 1992 ; Simon et Lyon, 1995 ; Simon, 1999a ; La Violette *et al.* 2003).

En Afrique, les premières applications ont été faites par Hay *et al.*, (1996) sur la rivière Okavango en Namibie, Hugueny *et al.*, (1996) sur la rivière Konkouré en Guinée, Kamdem Toham et Teugels (1999) sur la rivière Ntem au Cameroun. Ces applications ont largement démontré la capacité de l'Indice d'Intégrité Biotique à rendre compte des impacts des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques. C'est ainsi que les effets néfastes de la bauxite utilisée pour le traitement des plantes sur la rivière Okavango ont été démontrés par Hay *et al.* (1996). Ces auteurs ont développé l'IIB en adaptant les paramètres originaux de Karr, (1991) aux communautés de poissons africains. Par exemple, les Mormyridae, les

Cichlidae, les espèces benthiques et les siluriformes ont remplacé les poissons suceurs et les poissons flèches américains. Les indices ainsi développés ont montré qu'ils sont des instruments très utiles pour l'évaluation de l'impact des perturbations humaines telles que les modifications de la structure des habitats, la dégradation de la qualité de l'eau et les altérations des terres utilisées (Hugueny *et al.* 1996).

Compte tenu des résultats encourageants obtenus par l'IIB basé sur les poissons, pour ses premières applications en Afrique, le laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université de Cocody (Abidjan), en collaboration avec les partenaires de l'Université Catholique de Leuven, du Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) et de l'Institut de Recherche pour la Nature et la Forêt (Belgique), a décidé d'inscrire l'IIB basé sur le poisson, comme méthode de mesure de la qualité de l'eau de plusieurs bassins côtiers de la Côte d'Ivoire.

Au cours de cette étude, un indice d'intégrité biotique basé sur des critères statistiques et biologiques est établi pour cinq bassins côtiers. L'IIB obtenu est ensuite testé en interne puis en externe en utilisant des échantillons indépendants mais collectés dans les mêmes conditions que ceux qui ont servi au calcul de l'IIB. Au cours de cette étude, un objectif général et des objectifs spécifiques sont énoncés.

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact des activités humaines sur la biodiversité des poissons de cinq bassins côtiers de la Côte d'Ivoire, en établissant un Indice d'Intégrité Biotique basé sur les poissons. De cet objectif général découlent cinq objectifs spécifiques :

- déterminer et caractériser la biodiversité des poissons des différents bassins étudiés
- définir les appartenances trophiques des différentes espèces de poissons collectés
- établir un indice d'intégrité biotique pour l'ensemble des bassins étudiés
- définir les classes d'intégrité biotique des différents sites étudiés pour chacun des bassins
- définir les classes d'Intégrité Biotique de la zone côtière en général.

Ce présent manuscrit s'articulera autour des points suivants :

- Généralités
- Matériel et Méthodes
- Résultats et discussion
- Conclusion générale et perspectives

Chapitre I

GENERALITES

1- Localisation et géomorphologie de la zone côtière

La zone côtière ivoirienne est délimitée par la latitude 4° et 5°30 Nord et les longitudes 2°25 et 7°30 Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 45 160 km². Il s'agit d'une basse plaine, souvent marécageuse, étroite dans l'Ouest qui s'accroît vers l'Est et développe un vaste système de lagunes (Figures 1). Elle s'adosse à un littoral (Figure 2) qui s'étend entre le Cap des Palmes à l'Ouest (Libéria) et le Cap des Trois pointes à l'Est (Ghana) sur près de 600 km (Anonyme 1990). La portion ivoirienne de ce littoral se décompose en 3 secteurs : Tabou-Sassandra-Fresco (230 km ; orientation 70°), Fresco – Vridi Port-Bouet (190 Km ; orientation 81°), Port-Bouet-frontière Ghana (100 km ; orientation 101°). Dans les deux derniers secteurs côtiers, c'est-à-dire de Fresco à la frontière Ghana, les sédiments sont composés de sables argileux et de sables, que l'on rencontre depuis les haut-plateaux, les bas-plateaux jusqu'au continental, entre lesquels, quatre unités de lagunes sont développées : la petite lagune de Fresco (N'gni), le système lagunaire de Grand-Lahou (les lagunes Tadio, Makey, Tégba), le système lagunaire Ebrié et ses extensions (Aghien et Potou) et le système Aby-Tendo-Ehy qui marque la frontière du Ghana. Quant au premier secteur, c'est-à-dire, de Tabou à Fresco, son sédiment est mixte, rocheux et sablonneux.

Le plateau continental, large de 20 km au Cap des Palmes, s'élargit pour atteindre 35 km en face de Grand-Lahou, puis se rétrécit à 22 km dans la région d'Abidjan où elle est traversée par un important canyon sous marin appelé « trou sans fond » et enfin 24 km à la frontière du Ghana. Sa surface est de 12 260 km² et il fournit 60 p.c. de la production halieutique et environ 41 millions de m³ de gaz par an. Il est le siège d'un trafic maritime intense. Les sols de la zone côtière sont à 65 p.c. ferralitiques et 35 p.c. hydromorphes, représentés par les fonds lagunaires et les fleuves (Anonyme 1990).

Les différents écosystèmes du Sud côtier, sont les mangroves (marais et marécages), les lagunes-estuarières et les cours inférieurs des fleuves et rivières, les écosystèmes marins, les forêts et les écosystèmes artificialisés. La couverture forestière se compose de forêts marécageuses (15 p.c.), forêt de mangrove (2 p.c.), forêt humide sempervirente (20 p.c.), forêt clairsemée (40 p.c.), plantations de type industriel (15 p.c.) et zones agricoles (8 p.c.) (Abé *et* Kaba, 1997).

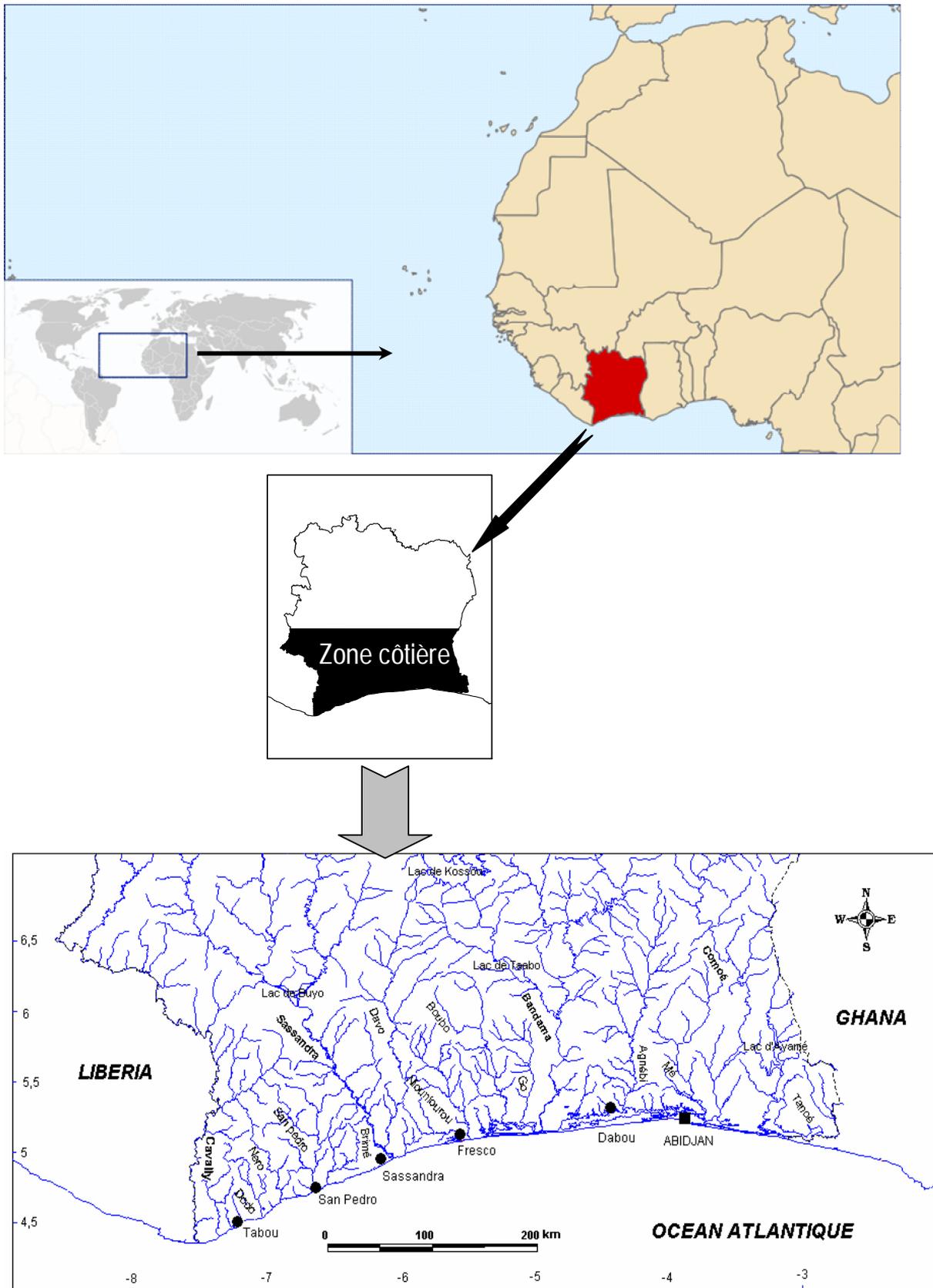


Figure 1 : Présentation de la zone côtière ivoirienne et son régime hydrographique.

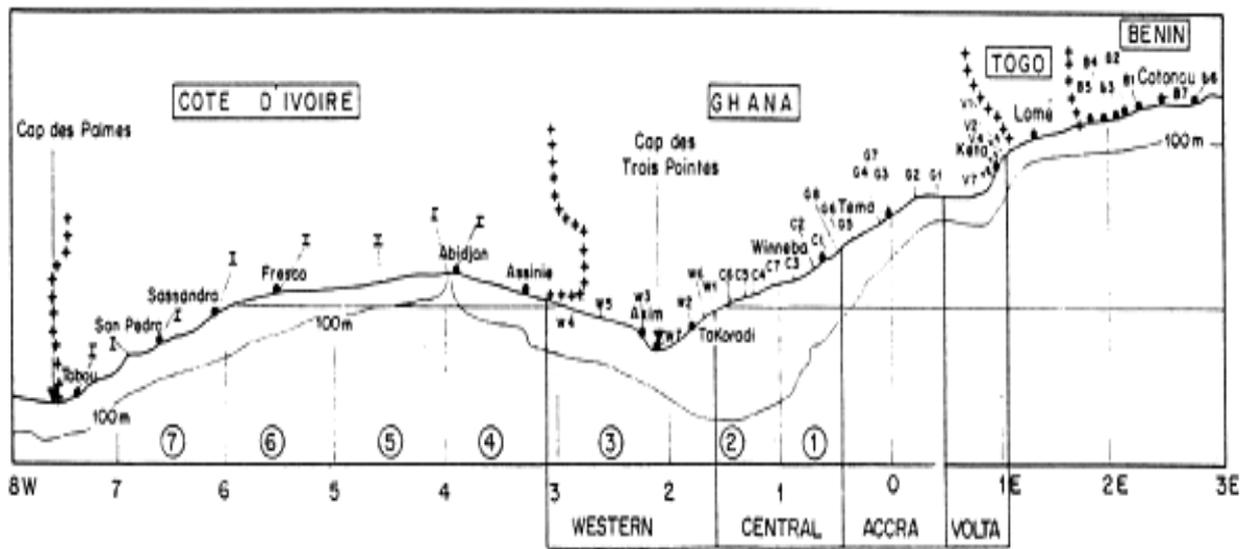


Figure 2 : Carte du littoral ouest africain allant de la Côte d'Ivoire au Bénin (Anonyme 1990).

Au plan agricole, il y a eu l'implantation de la Société de caoutchoucs de Grand Bereby (SOGB) en 1978, la création de l'Autorité pour l'aménagement de la région du Sud Ouest (ARSO) en 1979, la société des industries de palmier à huile (PALMCI) en 1996 et la Société Africaine des Plantations d'Hévéas (SAPH). Il y a eu également la construction de la plupart des barrages hydroélectriques : Buyo, Taabo et Fayé. Selon, un rapport des Nations-Unies, la déforestation est plus récente dans le Sud-ouest, mais est beaucoup plus importante que celles des autres endroits du territoire ivoirien (Abé et Kaba, 1997). Une analyse statistique de production, de l'emprise des terres cultivées sur le territoire et de la typologie des exploitations, montre que l'agriculture demeure extensive et consommatrice d'espace avec, pour conséquence, une déforestation soutenue qui a réduit aujourd'hui l'extension des forêts aux limites des parcs nationaux.

2- Climat et végétation

La zone côtière ivoirienne est sous l'influence de quatre saisons, dont deux pluvieuses (avril à juillet & octobre à décembre) et deux sèches (décembre à mars & août à septembre). Le climat est caractérisé par une température comprise entre 24° et 33°C, l'humidité varie de 50 à 80 p.c. Les précipitations sont évaluées entre 1500 et 2300 mm² et l'insolation est de 100 à 230J/an. L'eau de surface est de 25x10⁹ m³/an. La diversité des zones climatiques et l'inégale répartition des précipitations déterminent la végétation du pays. En effet, on distingue généralement deux grandes zones de végétation, la forêt et la savane, séparées par une ligne qui suit approximativement l'isohyète 1300 mm. La zone de forêt couvre environ deux cinquièmes du territoire national. Elle est située au sud du pays et se caractérise par un climat de type guinéen où se développe une forêt dense, ombrophile et mésophile. Le littoral contient différents habitats faits de mangroves et de forêts marécageuses (Abé Kaba, 1997).

3- Hydrographie

La Côte d'Ivoire possède un riche réseau hydrographique qui s'étend du nord au sud avec 4 grands fleuves (Comoé, Bandama, Sassandra et Cavally) et plusieurs petits bassins côtiers. La répartition de tous ces bassins est inégale entre le nord et la zone côtière. La zone côtière de la Côte d'Ivoire, abrite les petits bassins qui dépendent de son climat et de sa végétation car, les portions les plus importantes de leurs cours y sont.

Deux des quatre principaux fleuves (Sassandra et Cavally) de la Côte d'Ivoire qui traversent cette zone en direction du Golfe de Guinée et deux bassins côtiers (Néro et San-Pedro) vont directement à la mer tandis que les autres transitent par des lagunes (Comoé et Bandama). Nombreux, sont les bassins dont la portion la plus importante est située dans la zone côtière. Ces bassins sont appelés « bassins côtiers ». Ce sont de l'est à l'ouest, la Tanoé (620 km), la Mé (200 km), l'Agnébi (200 km), le Boubo (200Km), la Gô (110 km), le Niouniourou (123 km) et le San-Pédro (200 Km). Elles sont toutes d'origine forestière (e.g. Borremans, 1986 a Teugels *et al.*, 1988 ; Hugueny, 1989 ; Durand et Guiral, 1994) ; et se jettent dans la lagune, à l'exception de San-Pédro qui se jette directement dans la mer, après avoir traversé des forêts classées.

Toutes ces rivières côtières sont presque exclusivement alimentées d'abord par l'eau de ruissellement, puis secondairement par l'égouttage des sols. Elles sont soumises à l'influence du climat équatorial fait de quatre saisons, de durée inégale (Monnier *et al.* 1974), d'où la remarquable irrégularité de leur régime, dépendant des variations de la pluviométrie (Le Loeuff et Marchal, 1993) et fait de deux périodes de crues et deux périodes d'étiage. La crue la plus importante a lieu entre juin et juillet, la seconde entre octobre et novembre. L'étiage est prononcé de décembre à mars mais n'aboutit pas à un assèchement total des cours d'eau. L'autre période d'étiage des eaux se produit entre août et septembre, en rapport avec la petite saison sèche (Boni *et al.* 1985). Cet important dispositif hydrographique fait du sud ivoirien, une zone forestière. Le reste du pays est occupé par la savane avec ses variantes, arborée (au centre) et mosaïque. Les bassins côtiers qui font l'objet de cette étude sont ci-dessous décrits.

3-1- Rivière Tanoé

La rivière Tanoé est un petit bassin côtier situé à l'est de la Côte d'Ivoire. Elle est longue de 620 km pour une superficie de bassin versant de 16200 km² (Teugels *etal.* 1988 ; Paugy *et al.*1994). La rivière prend sa source au Ghana et se jette dans la lagune Ehy au niveau de Tiapoum en Côte d'Ivoire. Dans le cadre de cette étude, les échantillonnages ont été effectués dans la partie de la Tanoé située en Côte d'Ivoire. Cette partie, qui constitue une frontière entre la Côte d'Ivoire et le Ghana, est longue de 71 km. Le cours d'eau reçoit deux affluents majeurs situés en rive droite : l'Ehania (5,23 N-2, 77 W) et la Noé (5,29 N-2, 79 W).

Le régime hydrique étant sous l'influence des précipitations du sud forestier, la Tanoé connaît deux périodes de crues (juin/juillet et octobre/novembre) et deux périodes d'étiages (décembre/mars et août/septembre). Du point de vue des caractéristiques physico-chimiques, selon N'zi (2007), le pH des eaux de la Tanoé oscille entre 5,33 et 7,55. La teneur en oxygène dissous est comprise entre 0,72 et 17,2 mg.l⁻¹. Quant à la conductivité (CN) et au taux de solides dissous (TDS), les teneurs oscillent respectivement entre 45,8 µs.cm⁻¹ et 129,6µs. cm⁻¹ puis entre 19 et 53 mg. l⁻¹. La transparence varie de 110 cm (valeur maximale) à 0,37 cm (valeur minimale). La température des eaux oscille entre 24,4 et 29, 75°C. Les concentrations des ions nitrites (NO₂⁻) dissous dans la Tanoé varient de 0,001 à 0,257 mg.l⁻¹. Les nitrates (NO₃⁻) et les phosphates (PO₄³⁻) varient respectivement entre 1et 25,2 mg. l⁻¹ et entre 0,13 et 0,54 mg. l⁻¹. Le lit de la Tanoé est constitué d'un complexe sable-gravier parsemé de rochers, de bois morts, de feuilles et de racines.

3- 2- Rivière Mé

La rivière Mé, avec un bassin versant de 4300 km² et une longueur de 140 km, prend sa source dans la forêt classée de la Besso, au nord-est de la ville d'Adzopé. Elle reçoit quatre affluents : Mafou (affluent principal), Bobié, Abé, et Bogbo. Elle traverse les forêts classées de Nzodji, de l'Abé, de Hein, de Massa Mé, du Nto, de la Mabi, de N'guechie, puis l'Ouest et le Nord-Ouest de la sous-préfecture d'Adzopé (Borremans, 1986b). Elle se jette dans la lagune Potou (Girard *etal.* 1971). Son débit moyen mensuel à l'embouchure est de 50 m³/s (Le Loeuff et Marchal, 1993). Ce cours d'eau de plaine a une pente très faible de 0,78 m par kilomètre. La répartition des précipitations explique l'allure générale de son hydrogramme qui fait apparaître deux crues et deux étiages (Boni *etal.* 1985). La première crue, la plus importante, se situe entre juin et juillet et la seconde, entre octobre et novembre. L'étiage le plus important intervient de décembre à mars. L'autre période de basses eaux se situe entre août et septembre. Selon Kouadio *et al.* (2006), l'eau de la Mé a une tendance acide (pH = 6,43) à pont Annépé 5°54, 145N-3°56, 505W tandis qu'à Ahoué 5°29, 454N-3°57, 179W, le pH est basique (pH =8,95). La conductivité électrique est faible (41,05 µs.cm⁻¹) au pont près de Yapodougou 5°33, 023N-3°51, 127W et élevée (154,7 µs.cm⁻¹) à Nkoupé nord-ouest 6°6,877N-3°57, 347W.

Le taux de solides dissous varie de 19 mg. l⁻¹ au pont n'zodi 5°34, 605N-3°51, 013W à 125 mg.l⁻¹ à Duquesre kremon 6°10,084N-3°42, 907W). Les eaux échantillonnées sont en général transparentes avec un maximum de 65 cm à 5°28, 685N-3°016W. Les températures des eaux de la rivière Mé subissent une variation qui va de 23,5°C à pont près Annépé 5°53,

965N-3°46, 825W jusqu'à 26,5°C à Sokôrô 5°59, 739N-4°02, 675W. La Mé est plus riche en nitrate et phosphate, dont les minima respectifs sont 1,4 mg.l⁻¹ et 0,55 mg.l⁻¹ et pauvre en nitrites qui se trouvent en état de trace dans certains sites. La rivière Mé coule sur un substrat formé essentiellement d'un mélange de sable et de graviers avec à quelques endroits (bras entre Annépé et Bassadzin 5°55, 820N-3°44, 402W) un mélange de boue et d'argile.

3-3- Rivière Agnébi

Long de 200 km avec un bassin versant de 8900 km², le bassin de l'Agnébi est situé à l'Est du Bandama (Daget et Iltis, 1965 ; Girard *et al.*, 1971 ; Avenard *et al.*, 1971). Il appartient entièrement au sud forestier de la Côte d'Ivoire. La rivière Agnébi porte le nom d'Agbo dans son cours supérieur où elle prend sa source à Agoua dans la région de Bongouanou à l'altitude 250 m. De cette région, elle court vers le sud dans la région de Dabou, selon un profil en long assez régulier et une pente moyenne de 1,25 m par kilomètre, une grande partie du bassin étant en dessous de 100 m. L'altitude moyenne est de 105 m (Girard *et al.*, 1971).

Après son passage à Agboville (5°36, 168N-4°13, 466W), elle traverse d'abord la forêt de la Bamo puis, celle de l'Anyé, après avoir longé celles de Loviguié et de la Mafa avant de se jeter dans la lagune Ebrié à 6 km de Dabou (Borremans, 1986 a et b). Dans son cours inférieur, l'Agnébi coule dans des marais. Elle se caractérise par deux périodes de crues (mai à juillet et octobre à novembre) et deux périodes d'étiages (décembre à février et juillet à septembre), correspondant aux différentes saisons de la région. Il s'agit respectivement des saisons de pluies (grande et petite) pour les hautes eaux et des saisons sèches (grande et petite) pour les basses eaux. Son débit oscille entre 206 m³/s en période de crues et 2 m³/s en période d'étiage avec une moyenne mensuelle de 50 m³/s (Le Loeuff et Marchal, 1993). Elle n'est navigable que sur 22 km environ, son lit étant obstrué par des arbres (Borremans, 1986 a et b). Quatre affluents importants la rejoignent en rive droite : le M'Pébo, le Kavi, le Séguié et le Gorké (Girard *et al.* 1971). Sur sa rive gauche, l'Agnébi est tributaire de deux affluents : la Seddy et la Niéké (Kouadio, 2001).

En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, selon Kouadio (2001) et N'zi (2007), les eaux de la rivière Agnébi sont caractérisées par un pH qui varie de 5,38 à 7,5. L'oxygène dissous oscille entre 0,06 mg. l⁻¹ à Essegnon et 8,65 mg. l⁻¹ à Agboji ancien pont. La conductivité est élevée (667 µs.cm⁻¹) à Agboji au niveau de l'ancien pont dans la forêt classée du même nom. La plupart des sites échantillonnés présentent des fonds visibles. L'eau

est en général plus chaude (30,5°C) à Agboji ancien pont et plus froide (23,1°C) à Essegnon. La concentration des ions dissous dans les eaux de la rivière Agnébi, varie de l'état de trace dans certains sites aux valeurs les plus élevées pour le NO_2^- (0,039 mg.l⁻¹) et 20,9 mg. l⁻¹ pour le NO_3^- . Le lit de la rivière Agnébi est dans sa grande majorité constitué de sable, de graviers et de boue. On observe, également dans certaines localités, des affleurements de rochers. C'est le cas à Adahou Sud et à Noukouagon.

3- 4- Rivière Gô

La rivière Gô, selon Koné *et al.*, (2003) est un petit bassin à l'échelle de la Côte d'Ivoire. Elle mesure 100 km de longueur et prend sa source dans la savane arborée dans la région de Zahéri. Elle traverse une zone de forêt dense et la forêt classée de Dego-Bodienou pour se jeter dans la lagune Tagba au sud de la Côte d'Ivoire. La rivière Gô comporte un affluent majeur situé en rive gauche. Le Gô porte dans sa partie supérieure, deux petits barrages hydroagricoles (situés respectivement à 5°47 N et 5°04 W, et 5°48 N et 5°06 W) construits en 1994. Ces lacs de barrage irriguent un périmètre rizicole de 400 ha.

Dans sa partie inférieure au niveau de Yocoboué, la rivière traverse un bloc agro-industriel constitué de plantations de palmiers à huile. L'eau de la rivière Gô, selon Koné *et al.* (2003) et N'zi (2007), a un pH compris entre 5,9 au niveau du campement Obôdôkro et 7,9 au niveau du pont près de Kokpa. Le taux d'oxygène dissous varie de 0,4 à 36,02 mg. l⁻¹. Pour la conductivité électrique et le TDS, la teneur la plus faible enregistrée est 2,22 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ à Moussadougou. Les pics respectifs sont 579 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ et 913 mg.l⁻¹. La rivière Gô est une eau limpide à fond visible par endroit et à fond trouble à Yakoré. La température des eaux varie de 25,2°C à 21°C. La rivière Gô est riche en nitrate et phosphate dont les minima sont respectivement 0,7 et 0,06 mg.l⁻¹ et pauvre en ions nitrites (à l'état de trace) dans certaines stations avec un maximal à Kragbédougou qui est de 0,194 mg. l⁻¹. La rivière Gô coule sur un substrat fait de sable, de sable-gravier et de boue. Le cours de la rivière est obstrué par des bois morts en certains endroits. Ces bois sont dans 60 p.c. des cas utilisés pour barrer l'eau comme à Bassolédougou.

3- 5- Rivière Boubo

Le Boubo, long de 130 km, prend sa source vers Zarékro à la côte 230. Il est localisé dans le sud forestier entre les latitudes 5°18-6°02 et les longitudes 5°09 et 5°23. Le bassin versant est de l'ordre de 5100 km². La rivière reçoit en rive droite deux affluents importants : la Do et la Loulo. Sa pente modérée en amont dans les environs de Divo à 5°49,930N-5°23,907W, augmente dans la section de son cours, comprise entre le pont Divo et le pont Guitry. Sur les 26 premiers kilomètres, la pente de la rivière est de 3km. C'est dans ce tronçon que sont situées les chutes de Ménokadié. Dans la région de Guitry, est installé un bloc agroindustriel de palmier à huile (PALMCI) équipée d'une unité de production d'huile et de tourteaux de graines (5°38 N et 5°19 W) (Kouamélan *et al.* 2003).

La rivière Boubo, à cet endroit, sert à la fois à approvisionner l'usine en eau et à recueillir les décharges constituées d'huiles motrices issues des turbines et des déchets d'huile de palme convoyés dans la rivière Boubo. Passé ce niveau, la rivière traverse la forêt classée de Dogodou, se jette dans la lagune Tadio, au sud du pays. C'est une rivière à pH variable en fonction des sites d'échantillonnage selon Kouamélan *et al.* (2003) et N'zi (2007). Le pH le plus bas est de 5,2 et le plus élevé est de 8,19. Le renouvellement de l'oxygène est régulier le long de cette rivière, avec un minimum de 0,14 mg.l⁻¹ et un maximum de 12,5 mg.l⁻¹. Elle conduit assez bien le courant avec 62,4 µs.cm⁻¹, comme valeur minimale et 242 µs.cm⁻¹, la valeur la plus élevée.

Le taux de solides dissous (TDS) varie entre 37 mg.l⁻¹ à Gbapero et 125 mg.l⁻¹ sur le cours du Boubo. La transparence le long du Boubo varie des zones limpides aux zones où la transparence est de 100 cm. Les eaux sont froides (23°C) à certains endroits et plus chaudes (25°C) à d'autres. Quant à la concentration des ions dissous, elle varie le long de la rivière Boubo, de l'état de traces à des valeurs souvent élevées. Ainsi, les nitrites (NO₂⁻) varient de 0 à 0,293 mg.l⁻¹. Les nitrates NO₃⁻ ont des valeurs comprises entre 2,3 et 12 mg.l⁻¹. Les phosphates PO₄³⁻ ont des concentrations qui vont de 0,09 à 2,13 mg.l⁻¹. Les eaux de la rivière Boubo, coulent majoritairement sur un substrat de sable, de graviers et de rochers.

3- 6- Rivière Niouniourou

La rivière Niouniourou d'après (N'Douba *et al.* 2003), prend sa source dans la région de Lakota, dans la forêt classée de Nizoro. Elle longe la forêt classée de Niouniourou avant de

traverser celle d'Okromodou. Cette rivière longue de 130 km, avec un bassin versant de 2100 km², reçoit en rive gauche, trois affluents majeurs : le Vohouso, le Dagon au niveau de Grogbaledou et le Diogoro au niveau de Dahiri. Après avoir traversé la forêt classée de Port-Gauthier, le Niouniourou se jette dans la lagune Nyi, à quelques kilomètres de Fresco. Le régime hydrique étant sous l'influence de la répartition des précipitations du sud forestier, le Niouniourou présente deux périodes de crue (juin en juillet et octobre en novembre) et deux périodes d'étiage (décembre en mars et août en septembre).

Les eaux de la rivière Niouniourou sont caractérisées selon N'Douba *et al.* (2003) et N'Zi (2007) par un pH qui varie entre 5,17 à 7,59. L'oxygénation de cette rivière varie de 8,7 mg.l⁻¹ à 0,15 mg.l⁻¹. Les faibles valeurs de la conductivité électrique et des solides dissous sont observées dans le cours de Niouniourou à 5°12, 05N-5°30, 021W (1,91µs.cm⁻¹ et TDS=1 mg.l⁻¹) et les valeurs les plus élevées sont enregistrées sur le cours principal (226 µs.cm⁻¹ et 100 mg.l⁻¹).

La valeur minimale de la transparence sur le cours principal est de 0,7 m tandis qu'au niveau des autres sites le substrat est visible. Cette rivière est enrichie par les ions nitrates (0,001 à 0,152 mg.l⁻¹) et nitrites (2,3 à 20,3 mg.l⁻¹) puis phosphates (0,01 par le sable et un mélange de sable graviers. On note la présence de bois morts à quelques endroits.

3- 7- Rivière San-Pedro

D'une longueur de 112 km, avec un bassin versant de 3310 km² et une pente de 1,7 m/km, la rivière San-Pedro prendsa source dans le parc national de Taï, traverse la forêt classée du rapide Grah, avant de se jeter dans l'Océan Atlantique au niveaude la ville de San-Pédro (Koné *et al.* (2003).

Elle traverse un ensemble de blocs agro-industriels constitué de plantations de la Société Africaine de Plantation d'Hévéa (SAPH). Un lac de barrage a été construit sur son cours principal en 1980, créant ainsi le lac Fayé (4°59N et 6°38W) d'une superficie de 50 km². Elle reçoit en rive droite, un affluent majeur qui est la Goh. L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière San-Pedro, permet de mettre en évidence selon Koné *et al.*, (2003) et N'zi (2007), une teneur en hydrogène variable, dont la plus faible (5,34) est enregistrée sur l'affluent Gô et la plus élevée (7,13) à San-Pédro. L'oxygénation de cette rivière est très faible (2, 55 mg.l⁻¹) sur l'affluent Gô à 5°08,064N-6°43,386W et très bonne

(8,55 mg.l⁻¹) sur le même affluent à 5°13,893N-6°38,893W. La teneur en électrolytes dissous se situe entre 55,9 et 109,6 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ pour la conductivité et entre 24 et 66 mg.l⁻¹ pour le taux de solides dissous (TDS). L'eau est moins trouble (125cm) à certains endroits et trouble (15cm) à d'autres. La température moyenne de l'eau est de 27°C. Pour ce qui est des ions dissous, la teneur en nitrates NO₂⁻ se situe entre 0,001 mg.l⁻¹ enregistrée à 4°49, 860N-6°40, 401W et 0,187 mg.l⁻¹ observée à 4°58, 165N-6°39, 199W dans la ville de San-Pédro. Les ions nitrites sont présents avec des valeurs qui oscillent entre 2,8 mg.l⁻¹ et 10,1 mg.l⁻¹. Les teneurs en ions phosphates varient entre 0,16 et 0,59 mg.l⁻¹. Le substrat du bassin de San-Pédro est dominé par le sable. Cependant, au Sud du lac Fayé, en aval du lac (barrage) le lit est jonché de rochers.

II- METHODES D'EVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

1- Fondements de l'évaluation

Notre environnement en général et le système aquatique en particulier, sont l'objet d'agressions tant naturelles qu'anthropiques. L'eau, en tant que ressource, est primordiale, car nécessaire à toute vie au sein de la biosphère. Elle est un bien fragile, largement utilisée et naturellement accaparée, voire domptée par les sociétés pour leur propre développement. Elle est à la fois un don gratuit dispensé par le jeu des climats à la surface des continents et entièrement dépendante de l'activité humaine (Perrier et Tuzet, 2005). L'eau, à la surface de la terre, dépend des précipitations, c'est-à-dire, le retour sous forme de pluie de l'évaporation. Celle-ci est largement modulée par les couverts végétaux qui tendent toujours à réduire les apports nets en faveur de l'évaporation.

Les variations des niveaux de l'eau font partie des fluctuations subies par les écosystèmes des rivières et le biota dépend de la variation saisonnière du niveau des eaux. L'avènement des niveaux plus élevés d'écoulement est important dans le maintien de la complexité de l'habitat fait de courants rapides, de poches, de substrats propres et de barres (Hill *et al.*, 1991). On observe cependant, en zone tropicale, une évolution vers la dégradation des espaces due à un triptyque déforestation- aridification- désertification. Selon Little (1973), l'utilisation de la terre pour la sylviculture et l'agriculture serait à la base de la dégradation de la biodiversité des zones humides dans les régions tempérées du nord des Etats-Unis. Noss (2000) conclut que la plus grande menace sur la biodiversité dans ce pays et pour plusieurs

autres dans le monde est l'altération de l'habitat (incluant conversion, dégradation et fragmentation) et l'invasion des espèces exotiques.

En Côte d'Ivoire, pour Koné *et al.*, (2003) et Kouamélan *et al.*, (2003), les perturbations observées dans la distribution des espèces et plus est, leur absence dans les prises relèvent de l'impact des activités humaines sur l'environnement. En effet, ils ont constaté que des rejets de résidus d'huile de Palme (cas de la rivière Boubo) et des barrages hydro-agricoles (cas de la rivière Gô) viennent entraver, sinon perturber le fonctionnement normal des écosystèmes respectifs. Albaret et Ecoutin (1989), observent à leur tour, que la réouverture artificielle de la passe de Grand-Bassam, pratiquée en septembre 1987 dans le but de limiter la prolifération des végétaux aquatiques, a modifié l'environnement et la structure des peuplements ichtyologiques de la partie orientale de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).

Par ailleurs, selon Lévêque (1997), l'introduction des espèces pour améliorer la pêche artisanale (Fernando et Furtado, 1975 ; Holcik, 1984 ; Fernando, 1991), pour développer l'aquaculture (Balon, 1995) ou pour le contrôle biologique (Slootweg, 1989) dans les milieux aquatiques ont toujours trahi les objectifs de leurs initiateurs. En effet, soit ces espèces rentrent en compétition (e.g. *Barbus neumayeri* Fischer, 1884 ; *Barbus microbarbis* David et Poll, 1937 ; *Varicorhinus ruandae* Pappenheim et Boulanger, 1914) avec les espèces indigènes et ensuite éventuellement les éliminent (De Vos *et al.*, 1990), soit elles peuvent être à la base de cascade trophique et des conséquences sur les écosystèmes aquatiques.

Selon Lévêque (1995), l'introduction d'un prédateur dans un écosystème peut avoir des conséquences sur le fonctionnement biologique du système par le biais des chaînes trophiques. Par exemple, l'introduction de *Cichla ocellaris*, poisson piscivore dans le lac Gatun (USA) a eu pour conséquence une diminution importante de l'abondance des consommateurs secondaires, ainsi que des prédateurs de petits poissons comme les hérons et les martins-pêcheurs (Zaret et Paine, 1973). Cette situation est observée également avec l'introduction en Afrique de la Perche du Nil (*Lates niloticus*) dans le lac Victoria.

Il est donc important de procéder à une évaluation périodique de la qualité de l'eau pour préserver le monde d'une pénurie en ressources aquatiques. Elle devrait fournir des informations qui invitent les populations et surtout les industriels à adopter des gestes de préservation/conservation des ressources naturelles vitales pour l'Homme. Pour mieux nous convaincre de ce qu'une prise de conscience est urgente et vitale, Pielou, (1998) et Macdonald

(1999) affirment que l'Humanité ne pourrait vivre sans les rivières. Car disent-ils, aussi loin qu'est survenue la vie sur terre, les rivières ont toujours été présentes pour lui fournir nourriture, boisson et endroits pour se débarrasser des déchets. L'Homme a longtemps compté sur les fleuves et rivières pour la décomposition de certaines matières, y compris, leurs déchets, le transport et le loisir. Conscients donc de tout cela, les scientifiques ont très tôt exprimé leur intérêt pour la conservation de la qualité de l'eau.

Cependant, la question fondamentale reste l'identification de la méthode qui traduirait fidèlement l'influence de la dégradation de l'environnement par les activités humaines sur le système aquatique. Car, il s'agit d'un système complexe avec un caractère abiotique (substrat, paramètres physiques et chimiques) et un caractère biotique (animaux, végétaux). Mesurer l'une des composantes, s'avère donc insuffisant, pour décider car il est difficile de prédire la réponse que les organismes vivants donnent aux changements environnementaux.

2- Evolution des méthodes d'évaluation

L'évaluation de la qualité de l'eau date au moins du 18^{ème} siècle. Au départ, les efforts d'évaluation de l'impact des activités humaines sur les cours d'eau étaient limités à l'observation physique des mouvements des sédiments et débris résultant des activités commerciales et des glissements de terre (Caper *et al.*, 1983). Plus tard, lorsque les méthodes analytiques pour mesurer les conditions microchimiques des plans d'eau sont devenues plus accessibles, les paramètres chimiques ont beaucoup été utilisés comme critères pour évaluer la qualité des eaux (Gibson, 1992).

Cependant, les chercheurs et les responsables des ressources ont reconnu que de telles mesures de colonne d'eau ne reflètent que les conditions qui prévalent dans le milieu à l'heure du prélèvement (Barbour *et al.* 1996). Dans les actes de « Clean Water », organisation non gouvernementale aux Etats-Unis en 1987, la pollution est définie comme étant l'altération de l'intégrité chimique, biologique, radiologique de l'eau par l'homme ou induite par l'homme (Karr, 1991). On comprend dès lors, que la pollution n'est pas seulement une contamination chimique mais bien plus complexe, car incluant les dimensions biologiques de l'eau.

C'est donc à juste titre que Verneaux et Tuffery (1967) sur la base des analyses simplifiées des macrobenthos, proposent des indices d'intégrité biotiques (IIB) pour permettre à de nombreux opérateurs d'établir un équilibre et de dessiner une carte à grande échelle du

statut général d'un réseau hydrographique national. Une table de notation offre un indice direct de la station de prélèvement en fonction de la nature et de la variété de la faune par rapport à trois échantillons benthiques de 1/10 m² dans l'eau courante (faciès lotique) et à trois autres échantillons benthiques dans l'eau calme (faciès lentique) (Tableau I).

Cet indice est utilisé dans tout le Royaume-Uni pour déterminer la qualité de l'eau des rivières. Chaque famille a un indice sans rapport avec le nombre d'individus ou d'espèces appartenant à cette famille. On additionne les indices de toutes les familles du relevé pour obtenir le Biological Monitoring Working Party (BMWP), valable pour un lieu et une date de prélèvement.

En dépit de la simplicité de cet indice et d'une large utilisation en Europe sous les formes adaptées aux aspects particuliers des réseaux, cette méthode n'a pas gagné l'assentiment de nombreux chercheurs. Parallèlement, Chandler (1970) proposa une méthode similaire basée sur un score qui varie de 0 à 100 et qui est calculé à partir d'une combinaison de la nature et de l'abondance de la faune. L'identification de nombreux groupes d'espèces d'indicateurs est au centre de ce calcul. D'autres améliorations ou modification de l'indice de Verneaux et Tuffery (1967) ont été proposées (*e.g.* Brinkhurst, 1974; Lafont *et al.* 1991 ; Mouthon, 1993), allant toujours dans le sens de l'utilisation des espèces aquatiques comme indicateurs de la qualité de l'eau. Toutes ces méthodes basées sur le macrobenthos vont se heurter à deux problèmes majeurs, l'un d'ordre scientifique et l'autre lié à la sensibilisation du public. Au plan scientifique, la systématique des macrobenthos reste à achever et demeure assez complexe pour encore beaucoup de biologistes. Au plan de la sensibilisation, ces espèces sont peu ou pas connues du grand public. Alors que l'utilité de toutes démarches d'évaluation de la qualité de l'eau doit être avant tout de convaincre les populations de la nécessité de protéger et conserver l'eau grâce à une bonne gestion de son environnement.

3- Indice d'intégrité biotique avec le poisson

L'indice d'intégrité biotique (IIB) avec le poisson est un outil écologique sain conçu pour l'évaluation des conditions biologiques dans un cours d'eau (Karr, 1981). Le biota de chaque écosystème sur terre est le produit des millions d'années de changement géologique et d'évolution biologique.

Tableau I : Présentation de l'Indice de Verneaux et Tuffery (1967).

Indice	Groupe faunistique	Familles	
10	Siphonuridae, Perlodidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae*, Potamanthidae, Ephemeridae*, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae,	 Phryganeidae*	Perlidae*, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae*, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae
8	Astacidae, Lestidae, Calopterygidae*, Gomphidae, Cordulegasteridae	 Aeschnidae	Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopodamidae
7	Caenidae*, Nemouridae,	 Rhyacophilidae*	Polycentropodidae, Limnephilidae*
6	Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Hydroptilidae*	 Gammaridae**	Unionidae*, Corophiidae, Platyncnemididae, Coenagriidae*
5	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae*, Hygrobiidae, Gyrimidae	 Dytiscidae*	Hydrophilidae, Scirtidae, Dryopidae, Elmidae*, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae*, Tipulidae, Simuliidae*, Planariidae, Dendrocoelidae
4	Sialidae*	Baetidae*	Piscicolidae
3	Valvatidae*, Hydrobiidae, Bithynidae*, Lymnaeidae*, Physidae, Planorbidae*	 Glossiphoniidae**	Sphaeriidae**, Hirudidae*, Erpobdellidae*, Asellidae*
2		 Chironomidae**	
1		 Oligochaeta** (Tubifex)	
indices et qualité de l'eau :			
< 25 : qualité : Mauvaise		26 - 50 : qualité : Médiocre	
101 - 150 : qualité : Très Bonne		> 150 : qualité : Exceptionnelle	

Les êtres vivants dans l'eau «constituent un tout» pour parler ainsi de chaque processus bio- géochimique qui a formé ce corps de l'eau (Karr et Chu, 1999). Pour Reynoldson *et al.*,(1995), l'intégrité de l'écosystème concerne en premier lieu la composante biologique.

Les communautés vivant dans un milieu reflètent mieux les changements des facteurs biogéochimiques de l'environnement que les valeurs chimiques et physiques parce que ce sont eux qui y répondent directement (Karr & Chu, 1999). Si les approches principales à la surveillance biologique y compris l'indice d'intégrité biologique ont émergé les 20 dernières années, la première utilisation du poisson pour calculer l'IIB date de Karr (1981). La clef à la surveillance biologique efficace est le développement d'une approche plus complète à évaluer les effets des activités humaines sur un système aquatique.

En cela, l'indice développé par Karr (1981) est une approche écologiquement robuste et bien conçue pour une évaluation large et complète des impacts humains sur les ressources des systèmes aquatiques (Fausch *et al.*, 1990). La force de cet indice réside dans la facilité de son adaptation à divers contexte, géographiques et conditions environnementales. Cet un indice a été largement testé positivement à travers le monde : en Europe (Oberdorff & Porchet, 1992 ; Belpaire *et al.*,2000 ; Breine *et al.*, 2005), en Amérique du Sud (Guitierrez, 1994), en Afrique (Hugueny *et al.*,1996 ; Hay *et al.*, 1996 (Kamdem Toham et Teugels, 1999).

L'indice original de Karr (1981), a subi plusieurs adaptations au cours de sa mise en œuvre à travers le monde. Une revue des travaux scientifiques portant sur l'application de l'indice invite à noter qu'il est l'objet de plusieurs adaptations qui portent essentiellement sur les paramètres à cause de la riche diversité spécifique des poissons - utilisés comme base d'établissements de l'indice - d'une région à l'autre et à l'intérieur des régions. Une revue bibliographique qui porte sur un échantillon de 21 auteurs, permet de se rendre compte de la liberté de choix dont jouissent les chercheurs. En effet, 80 paramètres ont été diversement utilisés pour le calcul de l'IIB (Tableau II). L'analyse de ce tableau montre que la catégorie « Richesse spécifique » avec 39 propositions est non seulement la plus importante mais certainement la plus modifiée. La deuxième catégorie « Composition trophique » compte 16 propositions contre 25 pour la troisième catégorie « Condition des poissons ». C'est cette liberté que traduisent Kestemont et Goffaux (2002) en abordant la révision des méthodes développées pour étudier la qualité écologique des rivières avec le poisson comme élément de base.

Tableau II : Quelques métriques utilisées à travers le monde *in* Belpaire *et al.* (2000) et complété. Les auteurs sont représentés dans le tableau par des numéros : 1. Karr (1981) ; 2. Fausch *et al.* (1984) ; 3. Leonard et Orth (1986) ; 4. Karr *et al.*, (1987) ; 5. Steedman (1988) ; 6. Bramblett et Fausch (1991) ; 7. Oberdorff et Hughes (1992) ; 8. Osborne et Willey., (1992) ; 9. Minns *et al.*, (1994) ; 10. Oberdorff & Porcher (1994) ; 11. Schields *et al.*, (1995) ; 12. Lyons *et al.*, (1995) ; 13. Hay *et al.*, (1996) ; 14. Appelberg *et al.*, (1995) ; 15. Hugueny *et al.* (1996) ; 16. Paller *et al.*, (1996) ; 17. Hall *et al.*, (1996) ; 18. Didier et Kestemont (1996) ; 19. Kamdem Toham et Teugels (1999) ; 20. Belpaire *et al.*, (2000) ; 21. Breine *et al.*, (2004).

CATEGORIES-METRIQUES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Composition et richesse en espèce/site (39)																					
Nombre total d'espèces																					
Nombre de poissons scopaeniformes																					
nombre et composition des espèces de soleil																					
Nombre d'espèces de petits poissons argentés																					
Espèces types																					
Nombre d'espèces autochtones																					
Pourcentage d'espèces benthiques																					
Nombre d'espèces dans la colonne d'eau																					
Nombre d'espèces de Centrarchidés																					
Nombre d'espèces de Cyprinidae																					
Composition et richesse des perciformes																					
Composition et richesse des espèces suceuses																					
Indice de diversité de Shannon-Weaver																					
% des espèces intolérantes																					
% des individus des espèces tolérantes																					
% du nombre total d'espèces attendues																					
% du nombre des espèces autochtones attendu																					
% du nombre de piscivores attendu																					
% du nombre d'espèce <i>Noturus stigmosus</i> et de Percidae																					
Valeur moyenne de tolérance																					
Valeur moyenne des espèces types																					
pourcentage d'espèces natives																					
Nombre d'espèces de Mormyridae																					
Nombre d'espèces des Cichlidae																					
nombre des siluriformes benthiques stricts																					
Proportion de poissons verts																					
% d'échantillon tolérants																					
Présence/absence de la truite des ruisseaux																					
Présence/absence de cyprinodontidé																					
Nombre et composition des espèces characiformes et cypriniformes																					
Nombre d'espèces de truite de soleil																					
Nombre d'espèces suceuses et poissons chats																					
% d'individus rhéophiles																					
% d'individus préférant zone à végétation																					
% de <i>Rutilus rutilus</i> ou Gardon																					
Présence d'espèces intolérantes																					
Occurrence des poissons sensible à l'acidité																					
% des individus d'espèces tolérantes																					
% Espèces dominantes et tolérantes																					

Tableau II (suite et fin)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Composition trophique et reproduction (16)																					
Proportion des espèces omnivores																					
Proportion des espèces invertivores																					
% de piscivores																					
Ratio piscivores/ non piscivores																					
% des individus d'espèces pionnières																					
proportion des cyprinidae insectivores																					
% de la biomasse des piscivores																					
% des individus omnivores																					
% des individus invertivores																					
% de la biomasse des généralistes																					
% de la biomasse des spécialistes																					
Proportion des carnivores type																					
% des individus herbivores																					
Ratio Carnivores/non carnivores																					
Nombre d'individus pondeurs spécialisés																					
% individus pondeurs spécialisés																					
Condition des poissons et abondance (25)																					
Biomasse en (kg) des poissons natifs																					
% biomasse des espèces non-natives																					
Biomasse totale																					
Nombre des individus natifs																					
Nombre d'individus dans les échantillons																					
Prise par unité d'effort																					
Nombre moyen de poissons capturés dans les filets de diverses mailles																					
Valeur des classes de taille																					
Truites brunes																					
Truites																					
Proportion des poissons avec tumeurs, maladies, léger dommage et autres anomalies																					
Recrutement et biomasse de Pike																					
Recrutement et biomasse de <i>Tinca tinca</i>																					
Recrutement naturel																					
Proportion des hybrides																					
Reproduction des salmonidae natives de l'habitat																					
% d'individus d'espèces considérées comme de simple lithophiles																					
% d'individus d'espèces aquariophiles																					
% d'individus comme pondeur sur gravier																					
% d'individus comme phytolithophiles (ubiquistes)																					
Valeur des espèces migratrices																					
Nombre d'individus limnophiles																					
% d'individus limnophiles																					
% d'individus lithophiles ou phytophile																					
% des individus d'espèces exotiques																					

Chapitre II

MATERIELS ET METHODE

I- MATERIEL

1- Matériel de mesures des paramètres physiques et chimiques

Plusieurs appareils ont été utilisés. Un pH-mètre de type pH 330/Set-2, un oxymètre de type OXI 330/Set et un conductimètre WWW LF 340/Set ont servi respectivement à mesurer le pH, l'oxygène dissous, la conductivité et les solides totaux dissous. Tous ces appareils, permettent parallèlement, de mesurer la température ambiante et celle de l'eau. Une corde graduée, un Spectrophotomètre DR/2010 et le Global Positioning System (GPS) ont permis respectivement de mesurer les profondeurs des plans d'eau, de doser les ions dissous dans l'eau et déterminer les coordonnées géographiques des stations. Un disque de Secchi a servi à la détermination de la transparence.

2- Matériel d'échantillonnage

La collecte des poissons a été réalisée à l'aide de deux engins de pêche. Il s'agit d'un appareil de pêche électrique et d'une batterie de filets maillants composée de 17 filets. Ces deux engins de pêche offrent respectivement une possibilité de collecte active et passive des organismes aquatiques. D'autres engins de pêches (nasses, épervier, sennes de rivage, bambou de chine, hameçon, etc.) sont utilisés par les pêcheurs professionnels dont les produits sont parfois comptabilisés dans la richesse spécifique.

Pour les plans d'eau de profondeur inférieure ou égale à 1m et de largeur inférieure ou égale à 8 m, l'échantillonnage a été fait au moyen de la pêche électrique avec l'appareil de modèle 12 POW Back pack Electrofisher Smith Root. Cet appareil comprend trois éléments: un packboard ou générateur portatif, une cathode et une anode. Le générateur comporte deux pôles de contrôle. Le pôle droit est muni d'un interrupteur. Sur le pôle gauche se trouvent un chronomètre et un module de voltage réglable, comportant 10 graduations allant de 100 en 100 jusqu'à 1000 volts. La sélection est opérée en fonction de la conductivité de l'eau. L'anode est un anneau en métal, monté sur une tige de 2 m de long tandis que la cathode est un treillis en cuivre d'environ 2,5 m de longueur. L'ensemble est alimenté par une batterie de 24 volts rechargeable (Figure 3). Dans le cas où les plans d'eau explorés sont de profondeur et de largeur supérieure aux valeurs susmentionnées, une batterie de filets maillants a été utilisée. Elle comprend 15 filets de vide de maille de 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 mm. Chaque filet a une hauteur de chute de 1,5 m pour une longueur. D'autres matériels tels que la benne Eckman et la loupe binoculaire de marque Olympus SZ60 ont été utilisés respectivement pour le prélèvement du substrat et l'examen des contenus stomacaux.

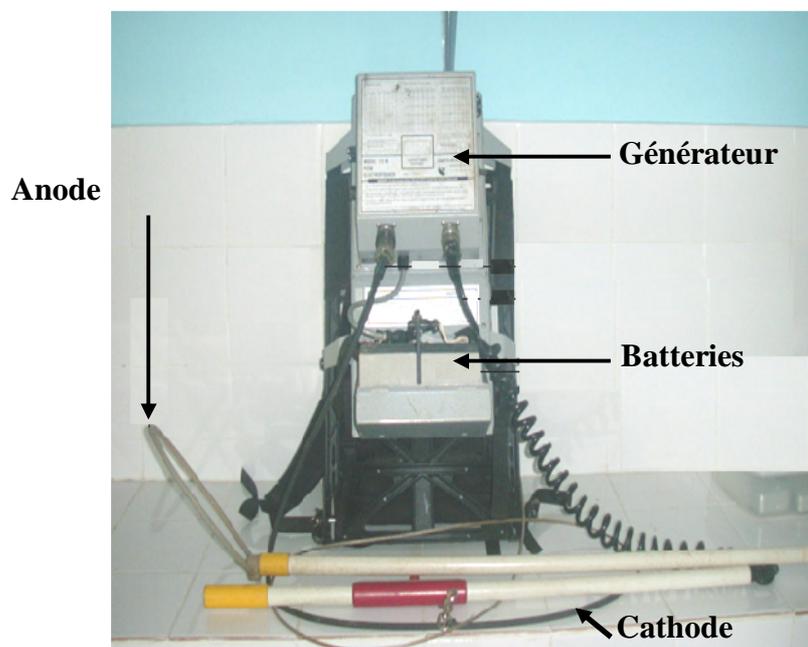


Figure 3 : Appareil de pêche électrique de marque Smith Root Electrofisher
Modèle 12 Backpack POW utilisé pour l'échantillonnage des poissons.

II- METHODES

Après 3 décennies d'échantillonnage dans des milieux divers à la recherche de différents animaux (oiseaux, poissons, insectes), Karr (1999) indique que l'étape de l'échantillonnage doit être bien comprise pour une meilleure application de la biomonitoring. Car, précise-t-il, les différentes méthodes d'échantillonnage, influencent significativement la collecte des données qui doivent être à même de mieux refléter la condition biologique du milieu. La clé du problème est donc de définir un protocole rigoureux et d'appliquer des procédures analytiques appropriées pour caractériser le milieu. Dans le cadre de ce travail, trois étapes étaient nécessaires ; d'abord le choix du site, la méthode d'échantillonnage et enfin le dépouillement des données.

1- Méthodes d'étude des données environnementales

1-1- Choix des sites d'échantillonnage

Dans le cadre de ce travail, 165 stations (Figure 4) ont été visitées sur les 7 rivières étudiées. Quelle que soit la rivière, ces stations ont été choisies en fonction de leur accessibilité, de sorte que le nombre de sites visités varie en fonction des bassins. Les rivières San-Pedro et Niouniourou sont les rivières les moins visitées avec seulement 15 sites chacune pour des raisons de difficultés d'accès. La rivière Agnébi a été la plus visitée avec 41 stations (tableau III). Dans l'ensemble des bassins, 35 p.c. des stations ont été échantillonnées au moyen de filets maillants contre 64 p.c. à la pêche électrique. A l'exception de la rivière San-Pedro où 66 p.c. des collectes ont été réalisés aux filets maillants, l'échantillonnage des autres rivières a été effectué à l'aide de la pêche électrique (tableau III).

1-2- Caractérisation des habitats

1-2-1- Caractéristiques physiques et chimiques des eaux

La position géographique de chaque station est déterminée (longitude, latitude, altitude) à l'endroit de la pêche. Les paramètres physiques et chimiques sont ensuite mesurés. Il s'agit de l'oxygène dissous (mg/l), le pH, la conductivité (CND en $\mu\text{s/cm}$), la transparence, les solides totaux dissous (TDS en mg/l), la température ($^{\circ}\text{C}$) et la vitesse (m/s).

Tableau III : Nombre de stations visitées par rivière du Sud-est au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire et occurrence de chaque engin de pêche (filets maillants et appareil de pêche électrique).

Rivière	Nombre de stations	Nombre de stations aux filets	Nombre de stations avec la pêche électrique
Tanoe	17	6	11
Mé	29	9	20
Agnébi	41	11	30
Go	16	7	9
Boubo	32	7	25
Niouniourou	15	6	9
San-Pédro	15	10	5
TOTAL	165	56	109

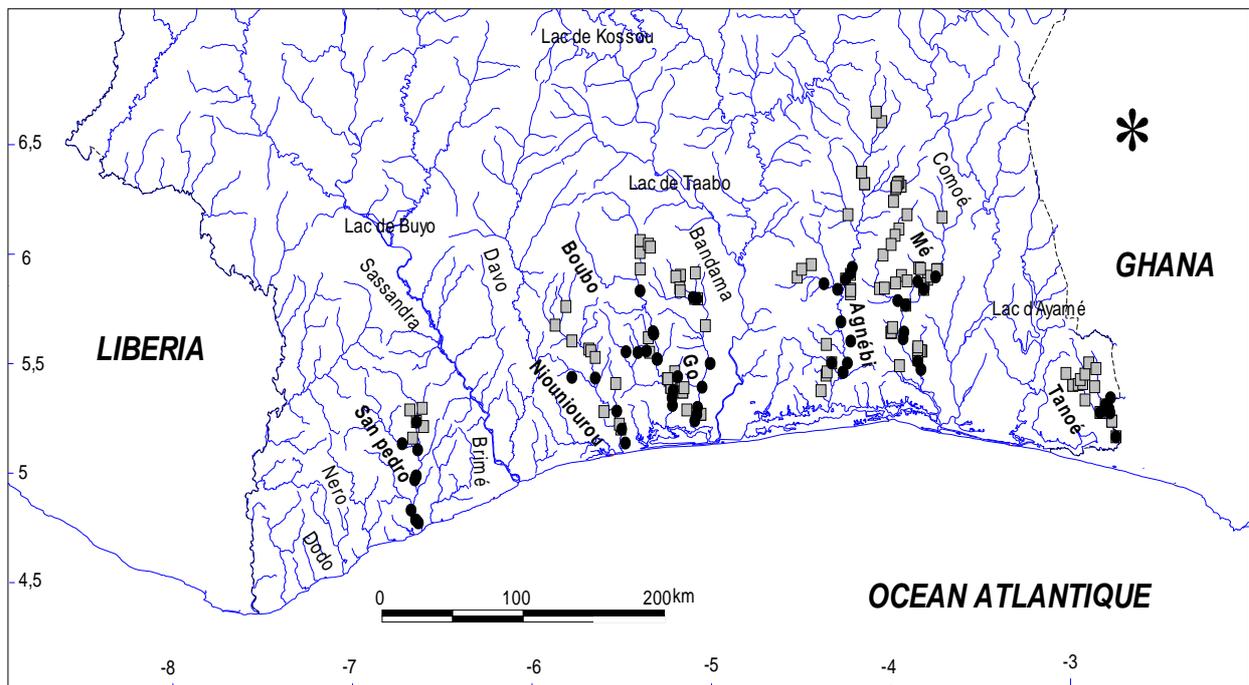


Figure 4 : Répartition des sites d'échantillonnage sur les bassins côtiers.
■ = Pêche électrique ; ● = Pêche réalisées au filet maillant

Des prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués pour analyser au laboratoire la concentration du milieu en nitrites et nitrates. Il faut noter que les nitrites sont obtenus par transformation de l'ammoniaque en présence d'oxygène par les bactéries *Nitrosomonas*. En ce qui concerne la norme sur la qualité de l'eau potable, elle est de 10mg/l lorsque les nitrates et les nitrites sont dosés simultanément. Cependant, lorsque les nitrites sont mesurés séparément des nitrates, leur concentration ne doit pas excéder 1mg-N/l (Gouvernement du Québec, 2001 ; US EPA, 1991). Pour l'Organisation Mondiale de la Santé (2000) les normes respectives retenues sont de 11,3 mg-N/l pour les nitrates et de 0,9 mg-N/l pour les nitrites. La norme de potabilité de l'eau pour la consommation humaine est de 0,1 mg/l de nitrites. Généralement on utilise ces seuils par extrapolation, en santé animale. Les études en aquarium ont montré que les nitrites sont toxiques pour les poissons mais sont normalement éliminés grâce à la filtration biologique de l'aquarium. Madison et Brunet (1985) établissent une relation directe entre la concentration de nitrates dans l'eau et les activités humaines. Quatre catégories sont alors définies : pour des valeurs inférieures à 0,2 mg/l (aucune influence humaine), entre 0,21 et 3,0 mg-N/l, (influence possible des activités humaines), entre 3,1 et 10 mg-N/l, (influence très nette des activités humaines mais sans impact apparent sur la santé), supérieure à 10mg-N/l (impact majeur des activités humaines et effets possibles sur la santé). C'est fort de cela que des classes de qualité de l'eau en fonction de la concentration des nitrites sont proposées (de 1 pour la moins élevée à 4 pour la plus forte) (tableau IV). Par ailleurs, le substrat (gravier, sable, boue, bois morts, feuilles mortes, ou mélange de deux ou plusieurs de ces composantes) est identifié à partir du prélèvement réalisé sur le fond de l'eau.

1-2-2- Inventaire des activités anthropiques du milieu

Les activités humaines sur la rive du site d'échantillonnage sont décrites. La présence de cultures, de plantations, de village ou d'habitations est notée. Ces présences sont comprises comme de potentiels motifs de dégradation du système aquatique. En effet, le repère convenu dans cet exercice, est qu'un cours d'eau normal, en région tropicale forestière, ne garde toute son intégrité que s'il n'est dérangé par aucune activité d'aménagement ci-dessus indiqué (Karr, 1991). Lorsque cet équilibre est rompu, il est convenu d'indiquer que le milieu en question subit une perturbation dont le degré doit être défini.

1-2-3-Evaluation des perturbations

Le degré de cette perturbation est évalué après observation (tableau V). Cependant, pour une question d'harmonisation et de rigueur, il a été décidé de distinguer quatre stades de

Tableau IV : Valeurs seuil pour des concentrations en nitrites et qualité de l'eau correspondante.

Concentrations de Nitrite mg/l	Classe de Qualité	Appréciation
< 0.001	5	Très bon
< 0.05	4	bon
< 0.1	3	Modéré
≥ 0.1	2	Pauvre
> 1 mg	1	Mauvais

dégradation qui vont de « très perturbé » à « non perturbé ». Les stades intermédiaires sont « peu perturbé » et « perturbé ». A chaque niveau de dégradation, un score est affecté. Il varie de « 1 » (très perturbé) à « 5 » (non perturbé). A titre indicatif, pour la réalisation d'un pont, l'eau est déviée pendant toute la durée des travaux. Elle est ensuite ramenée dans son lit habituel à la fin des travaux. Pour cette activité, le milieu peut être considéré comme « perturbé » ou « peu perturbé » en fonction de l'ampleur des travaux. Par contre, lorsque pour se frayer un passage des paysans décident de faire un pont de fortune en barrant l'eau, non seulement cela va contrarier considérablement le cours d'eau qui, dans ce type de situation, se transforme en marécage, mais va constituer un frein à la pérennisation des espèces qui ont besoin de migrer pour leur activité de reproduction. Ce milieu est alors qualifié de « très perturbé ».

1-2-4- Evaluation de la canopée

Le taux d'exposition à l'ensoleillement est apprécié en termes de fermeture ou d'ouverture de la canopée. L'insolation varie selon le degré d'ouverture de la canopée. Elle est faible pour une large couverture végétale du milieu et élevée pour un milieu ouvert. Pour chaque station son taux est apprécié en pourcentage de couverture du plan d'eau. Il varie de 100 p.c. (site totalement couvert) à 0 p.c. (site totalement ouvert). Pour harmoniser les résultats, quatre niveaux d'évaluation sont suggérés (100 p.c, 75 p.c. 50 p.c. et 0 p.c.) pour des scores respectifs de 5 (100 p.c. de couverture) à 1 (totalement exposé) (tableau V).

2- Méthode d'étude de la faune ichthyologique

2- 1- Méthodes d'échantillonnage des poissons

Des campagnes mensuelles de 10 jours chacune ont été organisées pour collecter les poissons sur 165 sites de décembre 1999 à mars 2001. Sur chaque site, un premier passage a eu lieu en saison de pluies et un autre en saison sèche. Les engins de pêche ont été choisis en fonction de la largeur et surtout de la profondeur du plan d'eau.

Les filets maillants sont utilisés dans le cours principal où la profondeur et la largeur sont respectivement supérieures à 1 et 8 m. Le choix des endroits pour poser les filets dépend de la vitesse de l'eau. Les poses ont lieu dans des endroits où la vitesse de l'eau est faible à 17 heures la veille les uns à la suite des autres pour balayer une grande portion de l'espace choisi. Ils sont visités à 7 heures le lendemain (pêche de nuit) sans être relevés puis revisités à 12h (pêche de jour) avant d'être définitivement retirés de l'eau.

Tableau V : Calibrage de la qualité du milieu en fonction des activités humaines et de la couverture végétale ou canopée.

Environnement	Degré de perturbation	Scores
Activités humaines		
Présence de plantations de cacaoyers, Caféiers, palmiers à huile, d'un pont Lessive, empoisonnement de l'eau pour la pêche, rejets industriels	Très perturbé	1
Barrage pour pêcher, champs au bord de l'eau, lieu de breuvage des animaux domestiques	Perturbé	2
Pas d'activités humaines Mais déforestation	Peu perturbé	3
Environnement intact, rivière sous forêt classées ou non.	Non perturbé	5
Taux de couverture de la canopée		
Totalement fermée	100 p.c.	5
Presque fermée	75 p.c.	3
A moitié fermée	50 p.c.	2
Totalement ouvert	0 p.c.	1

La pêche électrique est réalisée dans les cours d'eau dont la largeur et la profondeur sont respectivement inférieures ou égales à 1 et 8 m. Avant chaque séance de pêche, la conductivité de l'eau est mesurée pour déterminer le calibrage (choix du voltage) de l'appareil. Pour les conductivités moyennes comprises entre 200 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la valeur du voltage est comprise entre 400 et 700 volts pour une fréquence de l'intensité comprise entre 200 et 600 Hz. La durée effective au chronomètre de chaque séance de pêche a été de 15 min. Au cours de la pêche, lorsqu'un obstacle survient, le chronomètre est interrompu et est remis en marche une fois l'obstacle levé. A la fin de cette première séance, si la station dispose encore d'une portion accessible, la méthode est répliquée pour celle-ci. La station offre donc ainsi deux sites d'échantillonnage.

Le choix du temps comme moyen de standardisation de la pêche est une adaptation de la méthode de pêche électrique réalisée en Europe (Belpaire *et al.* 2000 ; Breine *et al.*, 2004) dans le cadre de l'établissement d'un indice d'intégrité biotique basé sur le poisson. Ces auteurs mesurent le long du cours d'eau, 100 premiers mètres et y réalisent la pêche. La portion suivante à échantillonner est séparée de la précédente de 100 m. Cette opération est répétée autant de fois tout le long du cours d'eau. Pour ces auteurs, le paramètre constant est la longueur de la portion du cours d'eau à échantillonner. En Côte d'Ivoire, les cours d'eau sont imprévisibles en pente et en profondeur de sorte qu'il est impossible de parcourir la plupart des plans d'eau sans discontinuer.

2-2- Traitement des poissons échantillonnés

Les poissons capturés sont identifiés à l'aide de clés d'identification (Paugy *et al.*, 2003). Ils sont mesurés et pesés. Le nombre d'individus par espèce est déterminé. Ils sont ensuite disséqués et l'estomac prélevé. Ce dernier est fixé et conservé dans un pilulier étiqueté contenant du formol 5p.c. Des spécimens sont sélectionnés pour être conservés dans du formaldéhyde 10p.c. dans des fûts de conservation de 30l. Les estomacs et les spécimens sont ensuite ramenés au laboratoire.

2-3-Examen des contenus stomacaux des poissons

Les estomacs initialement conservés dans du formol 5 p.c. sont retirés des bocaux, rincés abondamment sous robinet, pesés, puis délicatement ouverts. Le contenu est ensuite déversé dans une boîte de pétri remplie au $\frac{1}{4}$ d'eau. La solution ainsi constituée est observée sous loupe binoculaire portion par portion. Les proies sont isolées, identifiées et dénombrées.

La méthode d'occurrence (ou de fréquence ou de présence) est utilisée. Elle consiste à compter le nombre total d'estomacs dans lesquels une proie (ou une catégorie de proies) est présente chez une espèce. Le nombre trouvé est exprimé en pourcentage, par rapport au nombre total d'estomacs contenant de la nourriture. Il s'agit d'une méthode qui donne une bonne idée des préférences alimentaires des poissons. Elle se définit par un indice d'occurrence qui est obtenu de la façon suivante (Kennedy et Fitzmaurice, 1972 ; Lauzannee, 1975, 1976, Hyslop, 1980) :

$$p.c.OC = \frac{Nx \times 100}{Nt}$$

p.c. OC	= Indice d'occurrence
Nx	= Nombre d'estomacs où une proie est présente
Nt	= Nombre total d'estomacs non vides

La méthode numérique a été combinée à la méthode d'occurrence pour une meilleure approche des différents régimes alimentaires. Elle consiste à compter le nombre d'individus d'une catégorie de proies pour l'ensemble de l'échantillon. Ce nombre est exprimé en pourcentage (p.c.N) du nombre total de proies (Hureau, 1970 ; Rosecchi, 1983).

$$p.c..N = \frac{Ni \times 100}{Nt}$$

p.c.N	= Pourcentage numérique
Ni	= Nombre de représentants d'un item
Nt	= Nombre total de représentants d'items

Les valeurs des indices d'occurrence et les pourcentages numériques calculés pour chaque proie, sont comparés entre eux afin de déterminer le groupe trophique des espèces. Bien que présentant quelques inconvénients (sous estimation des proies peu nombreuses mais de poids ou de volume élevé), ces méthodes ont été retenues pour l'estimation des préférences alimentaires.

Lorsque le contenu stomacal d'une espèce ne révèle que la présence d'un seul type de proie, le groupe trophique de l'espèce est attribué en fonction de celui-ci. Dans le cas contraire, il est identifié à la proie qui a l'indice d'occurrence le plus élevé (de préférence supérieur à 50 p.c.). Sur cette base, l'on distingue des espèces au régime strict c'est-à-dire qui ne consomment qu'une seule proie et des espèces au régime mixte qui consomment plusieurs proies. Dans le cas où aucune proie n'est dominante, l'espèce est considérée comme omnivore (Paugy *et al.* 1994).

3 - Méthode d'établissement d'Indice d'Intégrité Biotique (IIB)

3-1- Choix des guildes

Les guildes qui ont servi à la définition des métriques résultent des espèces collectées. Elles ont été choisies parmi celles qui ont déjà été utilisées par d'autres auteurs (Karr, 1981 ; Fausch *et al.*, 1984 ; Leonard & Orth, 1986 ; Karr *et al.*, 1987 ; Steedman, 1988 ; Bramblett & Fausch, 1991 ; Oberdorff & Hughes, 1992) lorsque cela a été possible. Elles ont été ensuite attribuées aux espèces en références aux travaux de Moreau et Jubb 1988 ; Lauzanne, 1988 ; Lévêque *et al.*, 1988 et Traoré, 1996). Il s'agit de travaux qui se rapportent aux origines, au type de migration, au biotope préférentiel, à la tolérance relative à la pollution et au type de régime alimentaire des espèces de poissons de l'Afrique de l'Ouest. Pour ce qui est de la guildes de tolérance/intolérance, plusieurs niveaux de tolérances (1 à 4) ont été attribués conformément aux observations de Didier (1997). Selon cet auteur, dans une même famille, les espèces n'ont pas le même degré de résistance à la dégradation. Par ailleurs, en absence de tout autre document comparatif, les expériences de terrains ajoutées aux informations bibliographiques ont contribué à affecter des points de tolérance aux différentes espèces.

3-2- Choix des métriques

La qualité de l'eau est déterminante dans la vie des poissons. Etablir les classes d'intégrité revient à codifier la capacité des milieux aquatiques à héberger les espèces en leur fournissant les conditions minimales de respiration, de nutrition et de reproduction. En effet, plusieurs auteurs (Taub, 1987 ; Ford, 1989 et Karr, 1991) ont montré qu'il existe une corrélation entre la dégradation du milieu et certains indicateurs biologiques (*e.g.* richesse spécifique, changement de l'abondance pour une espèce indicatrice et le ratio production/respiration).

La présence d'une espèce (dominante ou non) dans le milieu signifie qu'elle y trouve le minimum pour sa survie. Le mode de nutrition et de reproduction détermine la présence d'une espèce dans le milieu. Le nombre d'individus représentant une espèce donnée est important parce qu'il indique le caractère non « passager » de l'espèce dans le milieu et la qualité de l'eau. Le milieu aquatique est stratifié horizontalement. La vie des poissons se passe au niveau de toutes les strates. La vie au fond de l'eau est synonyme d'une bonne distribution de l'oxygène dissous dans le milieu. Lorsque les conditions du milieu sont bonnes, le poisson se développe normalement avec une corrélation positive et exponentielle entre le poids et la taille. Par ailleurs, les poissons tolèrent ou non la dégradation de l'environnement. De cette façon, l'identification préalable des espèces tolérantes ou non, est indispensable. Cette classification, donne lieu à deux paramètres (nombre et pourcentage d'espèces tolérantes ou intolérantes). La fluctuation chez les poissons de tous ces paramètres entraîne une modification de la structure de leur communauté (Figure 5).

Au total, pour le calcul de l'IIB des 5 bassins côtiers, 19 métriques ou paramètres biologiques (Tableau VI) ont été proposés. Elles seront soumises, après calcul, à trois types d'analyse (présence au niveau de tous les bassins, caractère discriminant au niveau des sites, corrélation avec certains facteurs environnementaux). Les différentes métriques ainsi identifiées sont regroupées en 3 catégories (Karr et Duddley 1981; 1986). Il s'agit de la catégorie « composition et richesse des espèces », « composition trophique » et « condition des poissons ». Ce regroupement des paramètres est selon Gray (1989), largement adopté (e.g. Faush *et al.*, 1984 ; Kar *et al.*, 1986 ; Oberdorff et Porcher, 1992 ; Kamdem Toham et Teugels, 1999 ; Belpaire et al. 2000 ; Kestemon *et al.*, 2000 ; Breine et al. 2004).

3-3- Description des catégories

3-3-1- Composition et richesse spécifique

Le nombre et l'identité des espèces présentes à un endroit à un moment donné sont les informations de base qui servent à évaluer l'intégrité biologique, à déterminer les relations des peuplements de poissons avec leur environnement et à décrire la structure de la biodiversité (Cao *et al.* 2001). Cette catégorie rend compte de la richesse en espèces d'une station donnée. Dans la présente étude, seules les espèces autochtones ont été considérées. Les espèces introduites n'ont pas été prises en compte dans le nombre total d'espèces eu égard à leur effectif réduit. En effet, seules deux espèces introduites sont connues en Côte d'Ivoire. Il s'agit de *Oreochromis niloticus* et *heterotis niloticus*.

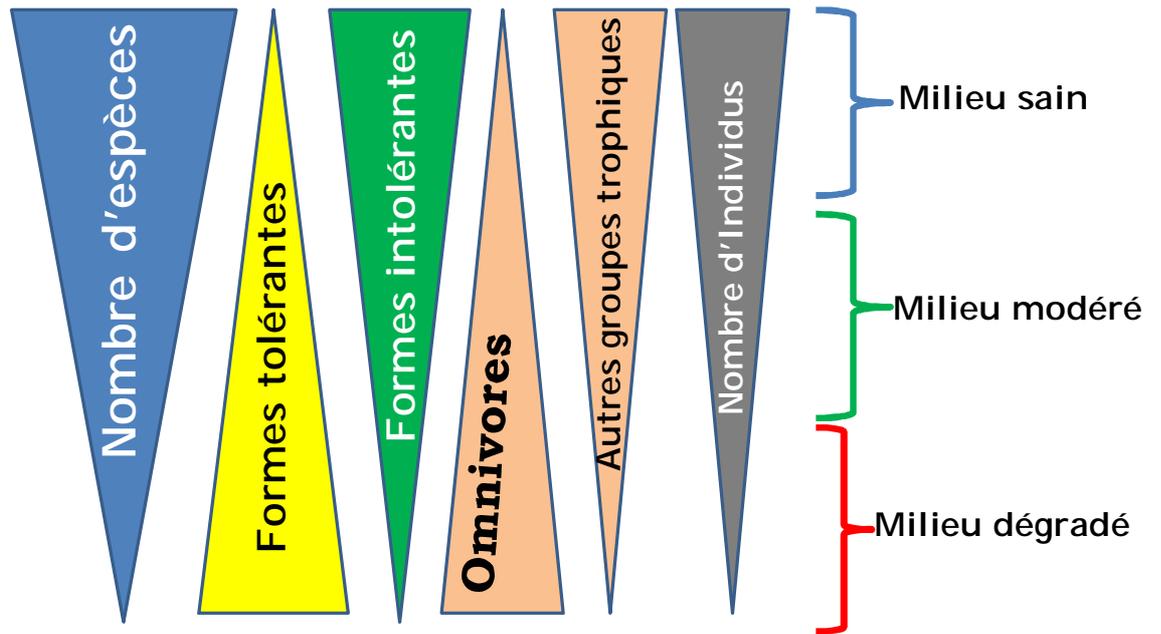


Figure 5 : Modèle de modification de la structure de la communauté des poissons en fonction de la qualité du milieu.

Tableau VI : Liste des métriques candidates pour le calcul final de l'IIB pour 5 bassins côtiers ivoiriens à partir des captures effectuées de décembre 1999 à mars 2001.

<i>Métriques candidates</i>	<i>Abréviation</i>
Nombre total d'espèces	MNSTOT
Nombre d'espèces tolérantes	MNSTOL
Nombre d'espèces benthiques	MNSBEN
Nombre d'espèces de Mormyridae	MNSMOR
Nombre d'espèces de Cichlidae	MNSCIC
Nombre d'espèces de Cyprinidae	MNSCYP
Nombre d'espèces Siluriformes et Benthiformes	MNSSILBEN
Nombre d'espèces Characiformes et Cyprinodontiformes	MNSCHACYP
Pourcentage d'espèces intolérantes	MPSINT
Indice de diversité de Shannon-Weaver	MSWI
Pourcentage d'individus phytophage-planctonophages	MPIPP
Pourcentage d'individus omnivores	MPIOMN
Pourcentage d'individus piscivores	MPIPIS
Pourcentage d'individus invertivores	MPIINV
Pourcentage d'individus hybrides	MPSHYB
Pourcentage d'espèces migratrices	MPIMG
Nombre d'individus tolérants	MTOL
Biomasse totale	MBIOM
Nombre total d'individus	MNIND

3-3-1-1- Nombre total d'espèces

Selon Brosset (1982) les forêts tropicales sont connues pour leur riche diversité en vertébrés. Le nombre total d'espèces supportées par un écosystème aquatique non perturbé décroît avec la dégradation de l'environnement car les espèces intolérantes vont disparaître avec l'accroissement de la dégradation. En effet, Patrick (1950) en conclusion de ses travaux sur les rivières de l'extrême Est de Pennsylvanie a abouti au résultat que le nombre d'espèces de poissons et d'autres taxons, décroît là où il y a la pollution, contrairement aux endroits moins dégradés. Ce paramètre a été utilisé par Kamdem Toham et Teugels (1999). Son occurrence sur l'échantillon constitué à partir des travaux de 21 auteurs est 71,42 p.c.

3-3-1-2- Nombre d'espèces tolérantes

Le pourcentage d'espèces tolérantes est positivement corrélé à une dépréciation de la qualité de l'eau de même que le taux élevé d'espèces migratrices affecte la stabilité de la communauté des poissons (Hugueny *et al.*, 1996 ; Kamdem Toham et Teugels, 1999). Ce paramètre est à sa première utilisation.

3-3-1-3- Nombre d'espèces benthiques

La présence d'espèces benthiques dans un milieu suppose de très bonnes conditions environnementales, de sorte que le fond soit pourvu en nutriments pour les animaux qui se nourrissent sur le substrat. Les communautés de poissons benthiques sont sensibles aux modifications de substrat, à la dégradation ou la rareté des ressources en nourriture.

Dès qu'il y a perturbation du fond (réduction/absence de nourriture ou changement de substrat) les communautés sont menacées. Selon Pèrez *et al.*, (2005), les activités de dragage et d'extraction sur le fond de la lagune côtière Mar Menor en Espagne (Méditerranée Ouest), ont été une source de stress chez les espèces benthiques. Par ailleurs, pour Daget *et al.*, (1988), la dégradation de la forêt affecte gravement les espèces benthiques par manque de proies (fruits, insectes terrestres) sur le fond et en suspension. Ceci est valable pour les espèces pélagiques. Son occurrence est de 9,5p.c.

3-3-1-4- Nombre d'espèces de Mormyridae

Les Mormyridae sont des espèces intolérantes. Elles sont présentes dans les cours d'eaux de forêt et ou ceux qui sont loin de la dégradation. Les espèces de cette famille sont

connues pour être très sensibles à la moindre dégradation de la qualité de l'eau ou à la dégradation de l'habitat (Petr, 1967 ; 1968a, b ; Kouassi, 1979 ; Lauzannee, 1988 ; Hugueny *et al.*, 1996 et Kamdem Toham et Teugels, 1999). Ces derniers auteurs l'ont pris comme référence pour le paramètre « nombre d'espèces intolérantes » et non comme préconisé par la présente étude. Les espèces de cette famille sont particulièrement considérées comme « espèces nobles ». C'est la première fois que ce paramètre est utilisé.

3-3-1-5- Nombre d'espèces de Cichlidae

Les Cichlidae et particulièrement les espèces du genre *Tilapia* sont des poissons omnivores qui consomment le plancton, les diatomées, les petits crustacés et les végétaux en décomposition. Cette famille est connue pour être la mieux représentée dans les bassins côtiers (Kouamelan *et al.*, 2003 ; Koné *et al.*, 2003 ; Yao *et al.*, 2005). Ils ont été retenus pour ces raisons comme paramètre test. Il a été très peu utilisé car son occurrence est de 4,76p.c.

3-3-1-6- Nombre d'espèces de Cyprinidae

Les études sur la biodiversité des poissons en Côte d'Ivoire (Gourène *et al.*, 1999 ; Kouamelan *et al.*, 2003 ; Kone *et al.*, 2003) ont montré que les espèces de cette famille tiennent une bonne place dans la diversité des poissons. Ces poissons dominent certains peuplements comme c'est le cas de *Tenuulosa ilisha* au Bangladesh (Craig *et al.*, 2004) et de trois autres espèces (*Leuciscus caphalus*, *L. leuciscus* et *Rutilus rutilus*) au Nord Est de l'Angleterre (Martyn, 2000). Ce paramètre a été retenu également par Bramblett & Fausch (1991) et Minns *et al.*, 1994). Son taux d'occurrence est de 9,5 p.c. Il est utilisé en Afrique pour la première fois.

3-3-1-7- Nombre d'espèces Siluriformes et Benthiformes

Ce paramètre comprend les Claroteidae, les Clariidae et les Mochokidae de même que toutes les espèces qui se nourrissent sur le fond et ou se reproduisent sur le substrat. Ces poissons répondent à la même attente que les espèces benthiques (Daget *et al.*, 1988). En effet, comme indiqué plus haut, ils dépendent des proies sur le fond et si possible en suspension dans leur environnement immédiat. Si cela suppose que ces proies soient fournies depuis la rive, il faut que ce milieu environnant soit moins dégradé. La fréquence d'utilisation comme paramètre est de 9p.c. essentiellement en Afrique (Hugueny *et al.*, 1996, Kamdem Toham et Teugels, 1999).

3-3-1-8- Nombre d'espèces de Cyprinodontiformes et de Characiformes

Selon Kamdem Toham & Teugels (1999) les Cyprinodontiformes (Poeciliidae et Aplocheilidae) sont communes aux courants d'eau forestiers lents, ils nagent en surface. D'après d'autres auteurs (e.g. Brosset, 1982 ; Amiet, 1987), il s'agit d'espèces type de zones forestières à cause de leur grande diversité. Les différents travaux sur les bassins de Côte d'Ivoire en donnent une bonne illustration (N'Douba *et al.*, 2003, Yao *et al.*, 2005). Concernant les espèces de Characiformes, toutes des Alestidae, elles sont largement distribuées dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire comme au nord ouest de l'Afrique, en Algérie (Benigno, 1995). Dans toutes ces régions, on observe un déclin dû à la pollution ou à la dégradation de leur habitat, démontrant ainsi leur sensibilité à ce phénomène. Ce paramètre est à sa première utilisation.

3-3-1-9-Pourcentage d'espèces intolérantes

Un nombre élevé d'espèces intolérantes indiquerait une bonne qualité de l'eau. L'occurrence de ce paramètre est de 4,76p.c. Il a été utilisé une seule fois par Oberdorff & Porchet (1994).

3-3-1-10- Indice de diversité de Shannon- Weaver

L'indice de Shannon-Weaver tient compte des différentes proportions des espèces récoltées. Il est lié à la probabilité pour que deux individus retirés au hasard de l'ensemble des individus, appartiennent à la même espèce (Combes, 1989). Il mesure le degré d'organisation du peuplement (Amanieu et Lasserre, 1982).

Selon Ludwig et Reynolds (1988), deux propriétés fondamentales font de l'Indice de Shannon-Wiener (H) un usage populaire. H est nul si seulement si l'échantillon est composé d'une seule espèce et il est maximal (5) si toutes les espèces de la communauté ont une parfaite distribution. H est faible lorsqu'il ya un déséquilibre dans la distribution des individus par espèce. Sa formule ci-dessous indiquée avec S = nombre d'espèces et P = proportion de la $i^{\text{ème}}$ espèce (i variant de 1 à S).

$$H = - \sum_{i=1}^{i=S} p_i \times \log_2 p_i$$

En règle générale, la domination d'une espèce ou la forte présence de quelques espèces à un site indique une augmentation de l'influence des activités humaines (Barbour *et al.* 1996 ; Breine *et al.*, (2004 et 2005). Cette métrique est utilisée pour la première fois en Afrique.

3-3-2-Composition trophique

L'énergie de base et la dynamique d'une communauté d'eau courante sont évaluées par les métriques de cette catégorie. L'analyse de la structure trophique d'une communauté peut fournir des informations sur sa production et sa consommation (Karr *et al.*, 1986). Une modification des groupes fonctionnels reflète des changements au niveau des ressources alimentaires, de la disponibilité en nutriments et du flux d'énergie (Jeffries & Mills, 1990).

Selon Didier (1987), toute altération de la qualité de l'eau ou de l'habitat, y compris l'usage des sols dans le bassin versant, entraîne des changements dans la communauté ichthyologique à cause de la fluctuation des ressources alimentaires. Cette catégorie n'a pas changé de Karr (1981) à Oberdorff & Hughes (1992). Les pourcentages des individus omnivores, des individus insectivores et des individus piscivores et phytophage-planctonophages sont les paramètres retenus. Kamdem Toham et Teugels (1999) n'ont choisi que deux des quatre métriques (pourcentage des invertivores et des omnivores) pour insuffisance de résultats en ce qui concerne les piscivores. Cette réduction du nombre de paramètres dans cette catégorie est également observée par Paller *et al.* (2000). Dans la présente étude cette catégorie est représentées par les quatre métriques originelles comme ce fut le cas par Belpaire *et al.* (2000) et Hugueny *et al.* (1996).

3-3-2-1- Pourcentage des individus piscivores

Un nombre élevé de piscivores indique une composition trophique saine. Les piscivores constituent un niveau de la composante ichthyologique sensible à tout changement. Le sommet de la chaîne alimentaire est occupé par les piscivores. Selon Garisson et Link (2000), un écosystème sain est reflété par sa pyramide écologique en nombre et biomasse dans laquelle il y a équilibre entre les différents niveaux de consommation. Ceci requiert assez de prédateurs pour contrôler leur proie et vice versa. Son occurrence est de 28p.c..

3-3-2-2- Pourcentage d'individus invertivores

La variabilité des invertébrés affectera l'abondance d'invertivores qui reflètent à leur tour des changements de qualité de l'eau ou de ressources énergétiques (Karr *et al.* 1986). Pour Belpaire *et al.* (2000), leur nombre diminue avec la dégradation du milieu. L'occurrence de ce paramètre est de 9 p.c.

3-3-2-3- Pourcentage d'individus omnivores

Lorsque les omnivores sont les plus nombreux, cela augure d'une dégradation du milieu. En effet, les espèces de ce groupe sont en général les dernières à quitter un milieu en voie de dégradation parce qu'elles peuvent encore se nourrir de toutes les proies présentes. En effet, selon Didier (1997), les individus omnivores sont capables de se nourrir, en quantité significative, de matériel végétal ou animal (y compris les détritiques). Ils dominent lorsque certaines ressources spécifiques deviennent moins disponibles. Son occurrence est de 28 p.c.

3-3-2-4- Pourcentage d'individus phytophage-planctonophages

C'est un paramètre rarement utilisé. Dans cette étude dont les travaux se déroulent en zone forestière, il est apparu important de tester ce paramètre même si la tendance générale est aux piscivores, invertivores et omnivores qui ont une représentativité certaine au sein des peuplements de poissons. Le plancton est insignifiant en milieu d'eau courante. Il est utilisé pour la première fois.

3-3-3- Condition des poissons

Selon Kouassi (1978) la condition du poisson indique si oui ou non le poisson (ou l'espèce) trouve dans son habitat les conditions environnementales, trophiques et de reproduction pour sa pérennité. Cette observation est reprise par Belpaire *et al.*, (2000) qui indiquent que dans un cours d'eau, la présence de bonnes et stables populations de brochet (*Exos lucius*) est considérée comme indicateur d'intégrité biotique.

3-3-3-1- Biomasse totale

Le coefficient de condition augmente avec un milieu riche en aliment car le poisson se nourrit convenablement et le poids augmente. C'est pour cela que la biomasse est retenue comme l'un des paramètres. Ce paramètre a été choisi également par Oberdorff et Porchet (1994) et Hall *et al.*, (1996). Son occurrence est de 9 p.c.

3-3-3-2- Nombre total d'individus

Le nombre d'individus a été utilisé par Hugueny *et al.*(1996) et Kamdem Toham et Teugels (1999). Il dépend de la qualité de l'environnement et indique la capacité pour une espèce de trouver une niche écologique lui permettant de se nourrir et se reproduire. Selon Didier (1997) ce paramètre détermine les stocks des populations de poissons et fait référence à la Capture par Unité d'Effort de pêche (CPUE). Une haute valeur de la CPUE est souvent associée à des rivières enrichies tandis qu'une valeur faible se rencontre dans les systèmes sévèrement dégradés (Steedman, 1988). Son occurrence est de 38 p.c.

3-3-3-3- Pourcentage d'individus hybrides

La présence d'individus hybrides est signe d'une certaine dégradation dans le milieu. En effet, il s'agit d'individus issus de la reproduction entre des espèces différentes. Leur importance relative augmenterait avec la dégradation du milieu. L'objectif donc de ce paramètre est d'estimer dans quelle proportion cette dégradation peut altérer l'isolement entre les espèces au moment de la reproduction. Une perturbation environnementale peut conduire à l'augmentation de la fréquence d'hybridation. Ceci est probablement le résultat de la dégradation des substrats de ponte qui réduit la ségrégation entre les poissons, au moment du frai, dans des habitats spécifiques (Penczak *et al.*, 1991). L'hybride le plus connu des cours d'eau en Côte d'Ivoire et certainement dans la zone zoogéographique soudano-guinéenne est *Tilapia Hybride* issu du croisement entre *Tilapia zillii* X *T. guineensis*. C'est la première utilisation de ce paramètre en Afrique malgré une occurrence évaluée à 23,8 p.c.

3-3-3-4- Pourcentage d'espèces migratrices

La migration des poissons répond à des préoccupations telles que la reproduction, la croissance, la recherche de nourriture, le changement de « climat » (e.g. Acolas *et al.*, 2004, 2005) ; Guelinckx *et al.*, 2006).

Le rôle important des lagunes côtières et les estuaires en tant que habitats pour la reproduction est largement et suffisamment accepté par les biologistes. Les poissons de mer/lagune prennent une part importante dans le peuplement des bassins côtiers (Koné *et al.*, 2003 ; Kouamélan *et al.*, 2003). Cependant, cette intrusion de ces poissons dans le domaine fluvial est source de bouleversements car créant des compétitions à la fois pour la nourriture et l'habitat. Lorsqu'elles sont majoritaires cela traduirait une dégradation possible du milieu. Son occurrence est de 4 p.c. Il est à sa première utilisation en Afrique.

3-3-3-5- Nombre d'individus tolérants

Les réponses des espèces vis-à-vis de la dégradation du milieu ne sont pas les mêmes. En effet, Paulo & Francisco (2006), dans une étude au Brésil sur la réponse de la faune benthique à la dégradation des conditions environnementales, sont arrivés à la conclusion selon laquelle il existe deux groupes. Le groupe constitué par des espèces sensibles et celui des espèces résistantes. Kamdem Toham et Teugels (1999) ont utilisé *Hemichromis fasciatus* (Cichlidae), *Epyplastys fasciatus* et *E. grahami* comme espèces tolérantes. Selon ces derniers auteurs il est supposé que le nombre d'individus de ces espèces croît avec la dégradation du milieu. Ce paramètre a une occurrence de 42,8 p.c.

Une synthèse des réactions des différents paramètres vis-à-vis de la dégradation du milieu est consignée dans le tableau VII. La valeur de certains paramètres augmente (ex : le nombre d'individus omnivores) tandis que celles des autres diminuent (ex : pourcentage d'espèces tolérantes). Deux groupes de métriques se dégagent de ce tableau : le groupe des métriques indicatrices de bonne qualité de l'eau et le groupe des métriques indicatrices de mauvaise qualité de l'eau.

3-4- Calcul des valeurs des métriques

Les métriques sont calculées pour chaque site. Les valeurs extrêmes de chaque métrique sont déterminées et une moyenne est calculée par rapport à l'ensemble des sites. En absence de tout peuplement de référence, cette moyenne est élargie à d'autres valeurs en fonction du niveau de recrutement des sites. On obtient alors un intervalle de valeurs moyennes. Des intervalles sont constituées autour des valeurs moyennes et des scores sont attribués aux sites correspondants.

Ils vont de 1(mauvais milieu) à 5 (bon milieu) avec 3 pour les valeurs moyennes (milieu modéré). Exemple : dans le cas du pourcentage d'espèces omnivores, les scores 1(pour le plus élevé), 5 (pour le plus faible) et 3 (pour le pourcentage moyen) sont attribués. Cet exercice est répété pour tous les paramètres (Tableau VIII).

Tableau VII : Sens prévisionnel de l'évolution des différents paramètres vis-à-vis de la dégradation du milieu (↑ croissance des valeurs; ↓ décroissance des valeurs)

Paramètres	Réponses
Nombre total d'espèces	↓
Nombre d'espèces tolérantes	↑
Nombre d'espèces benthiques	↓
Nombre d'espèces de Mormyridae	↓
Nombre d'espèces de Cichlidae	↓
Nombre d'espèces de Cyprinidae	↓
Nombre d'espèces de Siluriformes et benthiformes	↑
Nombre d'espèces Characiformes & Cyprinodontiformes	↓
Pourcentage d'espèces intolérantes	↓
Indice de diversité de Shannon-Weaver	↓
Pourcentage d'individus phytophage- zooplanctonophages	↓
Pourcentage d'individus omnivores	↑
Pourcentage d'individus piscivores	↓
Pourcentage d'individus invertivores	↓
Pourcentage d'individus hybrides	↑
Pourcentage d'espèces migratrices	↑
Nombre d'individus tolérants	↑
Biomasse totale	↓
Nombre total d'individus	↓

3-5-Score total IIB, classe d'intégrité biologique et qualification de la qualité de l'eau du site échantillonné

Pour déterminer l'indice d'intégrité biotique (IIB) pour chaque station, la somme des scores obtenus pour chaque métrique pour un site est calculée. Elle est ensuite divisée par le nombre de métrique. La valeur moyenne de l'IIB ainsi obtenue pour la station est l'Indice d'intégrité biotique. Il varie é de 1 à 5 (Tableau IX). La valeur moyenne de cet indice pour l'ensemble des stations est calculée. A partir de cette moyenne élargie à d'autres valeurs définies comme valeurs moyennes, des intervalles en dessous et au dessus de celle-ci sont définis de part et d'autre. A chacun d'eux correspond une classe d'Intégrité Biotique. Elles sont au nombre de cinq pour l'ensemble des sites. En fonction de leur appartenance aux intervalles définis, des classes d'intégrité biotique allant de 1 à 5 sont attribuées à chaque station. Au cours des nombreuses adaptations de cet indice à travers les continents, cette classification n'a pas variée (Belpaire *et al.*, 2000 ; Hugueny *et al.*, 1996 et Hay *et al.*, 1996 Didier 1997 ; Kamden & Teugles, 1999).

3-5-5- Classe 1

Contrairement à la classe 2, la classe 1 correspond à un site dont l'eau est très pauvre. Très peu d'espèces fréquentent ce type de milieu. Il s'agit en majorité des espèces tolérantes, des hybrides communs. On peu noter également des déformations chez les poissons. Ils peuvent avoir la peau endommagée et quelques autres anomalies.

3-5-4- Classe 2

La classe 2 correspond à une "mauvaise" qualité de l'eau de la station correspondante. Elle correspond à un cours d'eau dont la population de poissons est dominée par les omnivores, des espèces tolérantes et des espèces n'ayant pas d'habitat spécifique. Les conditions de croissance des poissons ne sont pas réunies et souvent des hybrides et des poissons malades sont récoltés.

Tableau VIII : Évaluation des stations sur la base des valeurs des métriques

VALEURS DES MÉTRIQUES	SCORES DES STATIONS	
	Indicateurs de bonne qualité	Indicateurs de mauvaise qualité
Valeurs > valeurs moyennes	5	1
Valeurs moyennes	3	3
Valeurs < valeurs moyennes	3	1

Tableau IX : Caractérisation de la qualité de l'eau des stations en fonction des classes d'intégrité biotique.

Classe d'Intégrité attribuée au site considéré	Qualification de l'eau du site échantillonné
Classe 1	Très mauvaise
Classe 2	Mauvaise
Classe 3	Modérée
Classe 4	Bonne
Classe 5	Très bonne

3-5-3- Classe 3

La classe 3 correspond à un milieu dont la qualité de l'eau est moyenne et acceptable. C'est une station qui reflète l'accumulation de la détérioration du milieu. Beaucoup de formes tolérantes sont capturées, le nombre d'espèces n'est pas élevé, la structure trophique est légèrement déséquilibrée. Dans ce type de milieu, la fréquence des omnivores est élevée de même que celle des autres formes d'espèces tolérantes.

3-5-2- Classe 4

La classe 4 correspond à une bonne qualité de l'eau du site échantillonné. Le nombre d'espèces est juste en dessous de l'effectif attendu ; spécialement à cause de la perte de plusieurs espèces intolérantes. D'autres espèces sont présentes avec cependant une abondance relativement moins importante ou une mauvaise répartition. La structure trophique montre des signes de stress.

3-5-1- Classe 5

La classe 5 constitue la valeur la plus élevée de l'indice d'intégrité biotique. Celle-ci correspond à une excellente qualité de l'eau. Selon Karr (1991), il s'agit d'une station comparable à la meilleure situation sans des perturbations d'origine humaine. Toutes les espèces attendues de ce type d'habitat sont présentes y compris les espèces les plus intolérantes avec toutes les classes de taille. Dans cet habitat règne un équilibre trophique.

3- Analyse statistique

4-1- Analyse de classification ascendante hiérarchique

L'analyse de classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification permettant une construction de hiérarchies indicées entre des entités (stations, espèces etc...) ayant des caractéristiques similaires (Everitt, 1980 ; Pielou, 1984). On parle de classification hiérarchique, car chaque classe d'une partition est incluse dans une classe de la partition suivante. Un menu de sélection associe plusieurs métriques pour passer d'un groupement à l'autre. Chaque niveau de hiérarchie représente une classe et des individus appartiennent à ces classes. La représentation visuelle est beaucoup plus explicite. Le principal problème des méthodes de classification hiérarchique consiste à définir le critère de regroupement de deux

classes, c'est-à-dire une distance entre classes. La construction d'une hiérarchie est liée à la connaissance d'une mesure de ressemblance entre groupes.

Dans la pratique, elle consiste, à partir d'une matrice d'entités décrites par un nombre de descripteurs ou variables, à rechercher la distance entre ces entités. La méthode de regroupement et la distance la plus utilisées sont la méthode de Ward et la distance euclidienne. Dans la présente étude, la mesure est la composition spécifique par station. Il s'agit de rechercher le type de regroupement qu'on peut obtenir pour des stations issues de différents petits bassins, sur la base de leurs différents peuplements en poissons. En somme, cette analyse a été effectuée pour étudier les similitudes possibles entre les différents bassins. Le résultat attendu est que les sites des différents bassins se regroupent sans discrimination d'origine. Elle a été faite avec le logiciel Statistica Version 6.0.

4-2- Test du coefficient de corrélation de Spearman

Le test du coefficient de corrélation de rangs de Spearman est utilisé pour tester la corrélation entre deux variables de distribution quelconque. Si l'on considère par exemple deux variables g_1 et g_2 , l'analyse consiste d'abord à ordonner séparément et de manière croissante les valeurs de chaque variable en leur attribuant des rangs. Si à l'issue de l'analyse le *p-level* $p < 0,05$ on conclut que la corrélation entre les deux séries de mesures est significative et on en déduit qu'il existe une similitude entre ces deux séries de mesure. Si $p > 0,05$, la corrélation n'est pas significative et on conclut que les deux variables présentent des distributions différentes. Dans l'un ou l'autre des cas, le coefficient de corrélation r , traduit le degré de liaison entre les deux variables (Pérée, 1998 ; Leroy & Farnir, 2000). Dans le présent travail, le test du coefficient de corrélation de Spearman a permis de comparer les métriques entre elles et avec l'IIB calculé.

4-3- Analyse en Composantes Principales(ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) appelée aussi « analyse géométrique des données » ou « analyse des corrélations » (Wolff, 2003 ; Wolff et Visser, 2005), permet d'analyser des données multivariées et de les visualiser sous forme de nuages de points dans des espaces géométriques. Par opposition aux analyses confirmatoires (par exemple l'Analyse de Variance), qui visent à tester des hypothèses fondées sur un raisonnement théorique, l'ACP est dite exploratoire et permet de découvrir des relations

entre variables sans avoir d'hypothèses préalables. L'intérêt majeur de l'ACP est d'offrir la meilleure visualisation possible des données multivariées en identifiant le ou les plans dans lesquels la dispersion est maximale, mettant ainsi en évidence avec le maximum de précision, les relations de proximité et d'éloignement entre variables.

Les « composantes principales » désignent les axes orthogonaux qui structurent les données et qui rendent compte de cette variance maximale. L'ACP permet dans un premier temps de visualiser les relations entre les variables. Puis le chercheur ou l'expert, doit réaliser un travail d'interprétation afin de renommer les axes (composantes principales) et ainsi résumer les données. L'interprétation des axes est fondée sur l'analyse des contributions de chaque variable à chaque axe. Enfin, une fois que l'espace des variables est interprété, l'ACP permet de positionner les individus ou les groupes d'individus, dans le nouvel espace et de visualiser leurs relations avec les axes d'une part et leurs relations avec les autres groupes ou les autres individus d'autre part. L'ACP a été employée dans le but de dégager d'éventuelles corrélations entre les métriques et les stations d'une part et entre les métriques et l'IIB d'autre part.

4-4- Test médian de Kruskal Wallis

Le Test des médianes de Kruskal Wallis est non paramétrique a été utilisé pour des échantillons de petites tailles. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du programme Canoco (*Canonical Community Ordination*)version 6.0.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I- COMMUNAUTE DES POISSONS

L'Indice d'Intégrité Biotique selon Karr (1981), dont l'établissement est l'objet principal de cette étude, est basé sur les poissons. La connaissance du peuplement ichtyologique et de sa structure est incontournable. Cette partie du travail, comprend donc l'inventaire des espèces récoltées durant la période de décembre 1999 à mars 2001, la structure de la population, la distribution spatiale des espèces et une étude comparative des différents bassins d'une part et des engins de pêche d'autre part.

1-Inventaire

Au total, 18 488 poissons ont été capturés de décembre 1999 à mars 2001 sur 7 bassins côtiers étudiés (Agnébi, Mé, Boubo, Niouniourou, Go, San-Pédro et Tanoe). Ces poissons se répartissent entre 90 espèces et un hybride (*Tilapia zillii* X *Tilapia guineensis*) (Tableau X). Cette richesse spécifique se compose de 76 espèces d'eaux douces et 15 espèces à affinité estuarienne ou marine. Deux des espèces d'eaux douces, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) sont d'origine étrangère. Les espèces d'eaux douces appartiennent à 22 familles tandis que les autres se répartissent entre 13 familles.

Au plan de la représentativité de chaque famille, la richesse spécifique ci-dessus indiquée peut être subdivisée en deux groupes. Le premier groupe est constitué par 21 familles représentées chacune par une seule espèce. Cet ensemble contribue pour 18 p.c. à la richesse spécifique globale. Le second groupe comporte 14 familles représentées chacune par au moins deux espèces. Elles contribuent pour 82 p.c. à la richesse spécifique globale. Quatre familles (Clupeidae, Distichodontidae, Clariidae et Carangidae) sont représentées chacune par deux espèces. Quatre familles (Schilbeidae, Mochokidae, Poeciliidae et Eleotridae) sont représentées chacune par trois espèces. Les six autres familles (Mormyridae, Alestidae, Cyprinidae, Clariidae, Aplocheilidae et Cichlidae) sont représentées chacune par plus de trois espèces. Dans ce dernier sous groupe, on note la présence de 50 espèces soit 55 p.c. de la richesse globale. Les six dernières familles de ce dernier sous-groupe constituent donc les principales familles de la zone côtière. La figure 6 présente les contributions relatives de chacune des six familles. La famille des Cichlidae avec 31 p.c. des espèces est la plus importante. Cette famille domine dans l'ensemble des bassins étudiés et est suivie des Cyprinidae (21 p.c.).

Tableau X : Liste des espèces capturées (N=91) dans 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001 et efficacité de chaque méthode de pêche (1 =Agnébi (N=50), 2 =Boubo (N=48) ; 3= Gô (N=40); 4 = Mé (N=56) ; 5= Niouniourou (N=37) ; 6 = San-Pédro (N=42) ; 7 =Tanoe (N=42)), (a = filet maillant (N=63) ; b = pêche électrique (N=61) et c = autres engins (N=23)) (* = espèces à affinité estuarienne ou marine).

FAMILLE	ESPECE	Engin de pêche			COURS D'EAU							
		a	b	c	1	2	3	4	5	6	7	
Polypteridae	<i>Polypterus endlicheri</i>	+	+	+	+	+	+					
Elopidae	<i>Elops lacerta*</i>	+				+					+	
Clupeidae	<i>Pellonula leonensis*</i>	+			+	+	+	+	+	+	+	
	<i>Sierrathrissa leonensis*</i>	+						+				
Osteoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i>	+		+	+	+	+					+
Notopteridae	<i>Papyrocranus afer</i>	+		+		+		+	+	+	+	+
Mormyridae	<i>Brienomyrus brachyistius</i>	+						+				
	<i>Marcusenius senegalensis</i>	+	+					+				
	<i>Marcusenius ussheri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Mormyrops anguilloides</i>	+										+
	<i>Mormyrus hasselquistii</i>	+						+				
	<i>Mormyrus rume</i>	+		+	+	+	+	+	+			+
	<i>Petrocephalus bovei</i>	+	+		+			+	+	+	+	+
	<i>Pollimyrus isidori</i>	+	+		+			+				+
	Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Alestidae	<i>Brycinus imberi</i>	+	+			+		+	+	+	+	+
	<i>Brycinus longipinnis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	+	+		+	+		+	+	+	+	+
	<i>Brycinus nurse</i>	+	+		+	+		+				+
	<i>Micralestes elongatus</i>		+		+		+	+	+			+
	<i>Micralestes occidentalis</i>	+	+		+	+	+	+	+			
Distichodontidae	<i>Nannocharax fasciatus</i>		+			+		+	+			
	<i>Neolebias unifasciatus</i>		+		+			+	+	+		
Citharinidae	<i>Citharinus eburneensis</i>			+	+							
Cyprinidae	<i>Barbus ablaves</i>		+		+						+	+
	<i>Barbus boboi</i>		+					+				
	<i>Barbus macrops</i>		+		+						+	
	<i>Barbus punctitaeniatus</i>		+		+						+	
	<i>Barbus sublineatus</i>		+					+				
	<i>Barbus trispilos</i>	+	+		+	+	+	+	+			+
	<i>Barbus wurtzi</i>	+							+			+
	<i>Labeo parvus</i>	+	+			+	+	+	+			+
	<i>Raiamas nigeriensis</i>	+	+					+				+
	<i>Raiamas senegalensis</i>		+									+
	Claroteidae	<i>Chrysichthys maurus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Schilbeidae	<i>Schilbe intermedius</i>	+	+		+	+	+	+	+			
	<i>Schilbe mandibularis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Parailia pellucida</i>	+			+	+	+	+	+			+
Amphiliidae	<i>Amphilius atesuensis</i>		+		+			+				

Tableau X (suite)

Familles	Espèces	Engin de pêche			COURS D'EAU						
		a	b	c	1	2	3	4	5	6	7
Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	+	+	+	+	+	+	+			+
	<i>Clarias buettikoferi</i>		+	+	+		+	+		+	
	<i>Clarias ebriensis</i>		+		+	+		+			+
	<i>Clarias gariepinus</i>		+					+			
	<i>Heterobranchus isopterus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Heterobranchus longifilis</i>	+	+		+	+	+	+		+	+
Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>		+			+					+
Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	+	+		+	+	+		+		+
	<i>Synodontis punctifer</i>	+				+					
	<i>Synodontis schall</i>	+	+	+	+	+	+		+		
Poeciliidae	<i>Aplocheilichthys spilauchen</i>	+	+					+			
	<i>Poropanchax rancureli</i>		+		+		+	+			
	<i>Rhexipanchax schioetzi</i>				+						
Aplocheilidae	<i>Epiplatys chaperi chaperi</i>		+			+		+	+		
	<i>Epiplatys chaperi scheljuzhkoii</i>		+		+			+			
	<i>Epiplatys dageti</i>		+		+			+			
	<i>Epiplatys etzeli</i>		+			+	+	+	+		
	<i>Fundulopanchax walkeri</i>		+					+			
Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	+	+		+	+	+	+		+	+
Carangidae	<i>Caranx hippos*</i>	+								+	
	<i>Decapterus rhonchus*</i>	+								+	
Lutjanidae	<i>Lutjanus endecacanthus*</i>	+								+	
Gerreidae	<i>Eucinostomus melanopterus</i>	+								+	
Haemulidae	<i>Pomadasys jubelini*</i>	+								+	
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae*</i>	+					+				
Nandidae	<i>Afronandus sheljuzhkoii</i>	+	+		+			+			
Cichlidae	<i>Chromidotilapia guntheri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Hemichromis bimaculatus</i>		+		+	+			+	+	
	<i>Hemichromis fasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Oreochromis niloticus</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	
	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	+								+	
	<i>Sarotherodon galilaeus multifasciatus</i>	+					+				+
	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	+	+	+	+	+	+			+	+
	<i>Thysochromis ansorgii</i>			+		+	+			+	+
	<i>Tilapia busumana</i>	+									+
	<i>Tilapia guineensis</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+
	<i>Tilapia hybride (T. zillii XT. guineensis)</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Tilapia intermedius</i>	+									+
	<i>Tilapia mariae</i>		+		+	+	+		+	+	+
	<i>Tilapia zillii</i>		+		+	+	+	+		+	
	<i>Tylochromis jentinki</i>	+							+		+

Tableau X (suite et fin)

FAMILLE	ESPECE	Engin de pêche			COURS D'EAU						
		a	b	c	1	2	3	4	5	6	7
Mugilidae	<i>Liza falcipinnis</i> *	+				+			+	+	+
Polynemidae	<i>Polydactylus quadrifilis</i> *	+						+		+	
Gobiidae	<i>Awaous lateristriga</i> *		+		+	+		+			
Eleotridae	<i>Eleotris daganensis</i> *	+						+			
	<i>Eleotris vittata</i> *	+								+	
	<i>KrillBa nana</i>		+					+			
Anabantidae	<i>Ctenopoma petherici</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	+
Mastacembelidae	<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>		+			+		+			+
Paralichthyidae	<i>Citharichthys stampflii</i> *	+									+
Tetraodontidae	<i>Tetraodon pustulatus</i> *	+									+

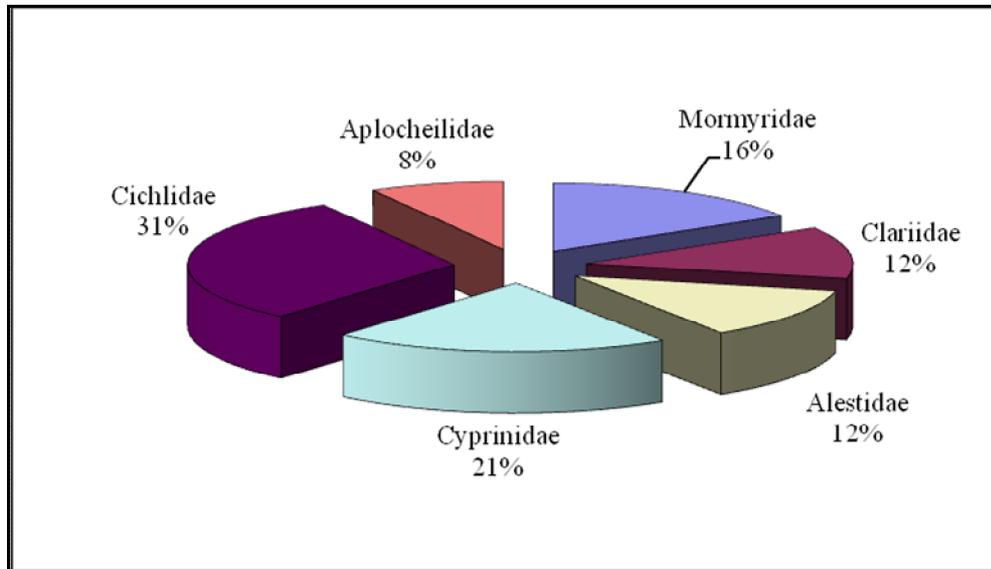


Figure 6 : Contributions relatives de chacune des familles (6) de poissons du sous-groupe constitué des familles représentées par plus de 3 espèces dans l'ensemble des captures des bassins de la zone côtière (de décembre 1999 à mars 2001).

1-1- Contribution des différents bassins à la richesse spécifique de la zone côtière

Le pourcentage d'espèces présentes dans chaque bassin par rapport à la richesse spécifique totale des bassins visités a été déterminé. La figure 7 présente la variation de ce pourcentage en fonction des bassins. Le plus petit pourcentage est obtenu dans le bassin de Niouniourou (39 p.c.). Les rivières San-Pédro et Tanoé permettent de récolter respectivement 45 p.c. et 48 p.c. de l'effectif global des espèces. Au niveau de la rivière Mé, 61 p.c. des espèces de la richesse spécifique globale sont présentes. Cette rivière permet donc de récolter le plus grand nombre d'espèces recensées dans l'ensemble des bassins côtiers. Dans les rivières Agnébi et Boubo respectivement, 53 et 51 p.c. des espèces constituant la richesse ichthyologique de la zone côtière ont été récoltées.

1-2- Occurrence des espèces

Les occurrences par rapport à l'ensemble des bassins visités ont été calculées pour chaque espèce. Ensuite, elles ont été regroupées en quatre classes d'occurrence (C.O) (Tableau XI). Sur cette base, 10 espèces sont présentes dans toutes les rivières visitées (C.O = 100 p.c.) tandis que trente espèces ont été échantillonnées dans une rivière à la fois (C.O = 14,3 p.c.). Pour cette classe d'occurrence, le bassin de la Mé avec 10 espèces compte le plus grand effectif d'espèces récoltées dans une seule rivière. Dans les bassins de Tanoé, Gô et Boubo cette observation est valable pour respectivement 3, 2 et 1 espèce. Trente et une espèces sont présentes dans plus de 50 p.c. des rivières ($50 \text{ p.c.} \leq \text{C.O} < 100 \text{ p.c.}$) et 20 espèces dans moins de 50 p.c. des rivières ($14,3 \text{ p.c.} < \text{C.O} < 50 \text{ p.c.}$) (Tableau XI).

1-3- Les familles communes à tous les bassins

Au niveau de la représentativité dans les bassins, sept familles (Mormyridae, Alestidae, Cichlidae, Cyprinidae, Claroteidae, Schilbeidae et Clupeidae) sont communes aux bassins côtiers échantillonnés (Tableau XII). Cependant, le nombre d'espèces varie d'un bassin à un autre. Au plan spécifique, ces familles totalisent au niveau des bassins à 49 p.c. de l'ensemble des espèces capturées.

Les Schilbeidae sont représentées dans cette zone avec trois espèces. Elles sont présentes en totalité dans 5 sur 7 des bassins échantillonnés. Dans les bassins de San-Pédro et Tanoé, cette famille est représentée respectivement par 1 et 2 espèces.

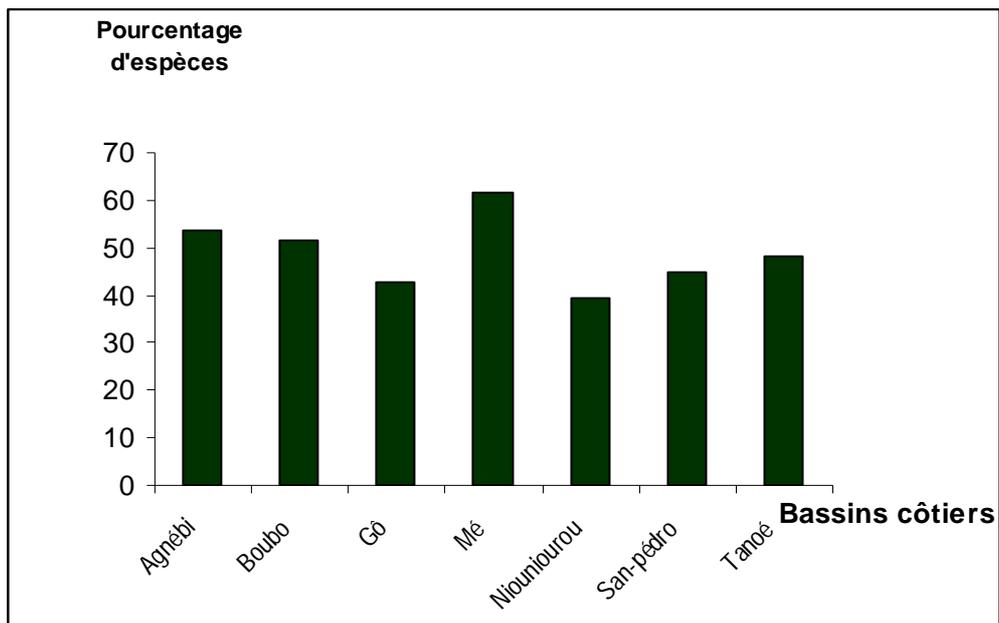


Figure 7: Proportions relatives des espèces de poissons rencontrées dans chacun des bassins côtiers par rapport à l'ensemble de la richesse spécifique de la zone côtière de Décembre 1999 à mars 2001.

Tableau XI : Nombre d'espèces recensées par classe d'Occurrence de décembre 1999 à mars 2001, dans l'ensemble des bassins côtiers (C.O = Classe d'Occurrence)

Classes d'occurrences				
	100 p.c.	50 p.c. ≤ C.O < 100 p.c	14,3 p.c. <C.O < 50 p.c.	C.O = 14,3 p.c.
Nombre d'espèces	10	31	20	30

Tableau XII : Effectif des espèces appartenant aux 7 familles communes à tous les bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de décembre 1999 à mars 2001. (N= nombre d'espèces représentant chaque famille).

Familles	Mormyridae (N=8)	Alestidae (N=6)	Cichlidae (N=15)	Cyprinidae (N=11)	Claroteidae (N=2)	Schilbeidae (N=3)	Clupeidae (N=2)
Agnébi	4	5	9	4	2	3	1
Boubo	3	5	10	3	1	3	1
Gô	3	3	10	3	2	3	1
Mé	7	6	4	6	2	3	2
Niouniourou	3	5	8	4	2	3	1
San-Pédro	2	3	11	3	2	1	1
Tanoé	5	5	11	6	2	2	1

En ce qui concerne les Claroteidae, à l'exception du bassin de Boubo où elles sont représentées par une seule espèce, dans les autres cours d'eau, on retrouve les deux espèces qui représentent cette famille dans la zone côtière

Pour les Mormyridae, au total 8 espèces ont été identifiées dans la zone côtière échantillonnée. Aucun des bassins côtiers visités ne permet de récolter la totalité des huit espèces appartenant à cette famille. Cependant, le bassin de la Mé, avec 7 espèces sur 8, présente la plus grande diversité spécifique au niveau de cette famille.

Deux espèces de Clupeidae ont été identifiées dans l'ensemble des bassins côtiers. Seul, le bassin de la Mé, permet de récolter les deux espèces à la fois. Dans les autres bassins, cette famille est représentée par une seule espèce.

Les Alestidae sont représentés dans la zone d'étude par 6 espèces. A l'exception de la Mé où toutes les espèces de cette famille ainsi identifiées sont présentes, les autres bassins ne permettent de récolter que 3 (San-Pédro et Gô) et 5 espèces (Agnébi, Boubo, Niouniourou et Tanoé).

La famille des Cichlidae est présente dans les bassins côtiers visités avec 15 espèces. Aucun des bassins n'a permis de récolter les 15 espèces. Cependant, les rivières San-Pédro et Tanoé avec 11 espèces présentent la plus grande diversité spécifique. La Mé et le Niouniourou avec respectivement 4 et 8 espèces enregistre la plus faible représentativité de cette famille.

Pour ce qui est de la famille des Cyprinidae, on note qu'elle est présente dans la zone côtière avec 11 espèces. La meilleure diversité spécifique (6 espèces) concernant cette famille, est obtenue avec les bassins de la Mé et Tanoé. Dans les autres bassins le nombre d'espèces appartenant à cette famille est de 3 pour San-Pédro, Gô et Boubo et 4 pour Niouniourou et Agnébi.

La famille des Claroteidae est représentée dans la zone par 2 espèces. A l'exception du bassin de Boubo, cette famille est présente en totalité dans tous les bassins visités.

1-4- Distribution des autres familles

Pour ce qui est des autres familles ne faisant pas partie du groupe des familles communes aux bassins étudiés, celles des Aplocheilidae et Poeciliidae sont mieux représentées dans la Mé que dans les autres rivières. En effet, ces deux familles sont représentées dans la zone d'étude respectivement par 5 et 3 espèces. Les 5 espèces appartenant à la famille des Aplocheilidae sont présentes dans la rivière Mé, tandis que 2 des trois espèces appartenant aux Poeciliidae y sont récoltées (Tableau IX).

Les familles de Tetraodontidae, Carangidae, Gerreidae, Haemulidae, Lutjanidae et Bothidae ne sont signalées que dans la rivière San-Pédro où elles sont représentées chacune par une seule espèce. Elles sont toutes d'affinité estuarienne.

Par ailleurs, les familles des Mugilidae, Monodactylidae et Polynemidae, toutes aussi d'affinité estuarienne et/ou marine, sont présentes dans le peuplement ichthyologique de trois autres rivières côtières. Il s'agit respectivement, des bassins de Boubo, Gô et Mé où elles sont représentées chacune par une seule espèce.

1-5- Efficacité des engins de pêche

Les engins mis à contribution pour l'échantillonnage des 90 espèces et 1 hybride sont les filets maillants, la pêche électrique, l'épervier, les nasses, la ligne à hameçon, le barrage pour la pêche. Les filets maillants et la pêche électrique, font partie du matériel de pêche expérimentale tandis que les autres, sont essentiellement utilisés par les pêcheurs traditionnels, individuels ou organisés. L'évaluation des rendements des différents efforts de pêche (Figure 8) montre que les filets maillants ont permis de collecter 67 p.c. des espèces de l'ensemble des bassins et la pêche électrique 66 p.c. Aucune différence significative (Test des médians non paramétrique de Kruskal Wallis: $P > 0,05$) n'est observée entre le pourcentage d'espèces capturées par les filets et celui des espèces capturées par la pêche électrique.

Les divers autres engins participent à la détermination de la biodiversité des poissons de ces bassins à hauteur de 24 p.c. des espèces. On note donc en comparant cette performance des autres engins avec celle de la pêche électrique et/ou des filets maillants, une différence nette ($P < 0,05$) entre les résultats.

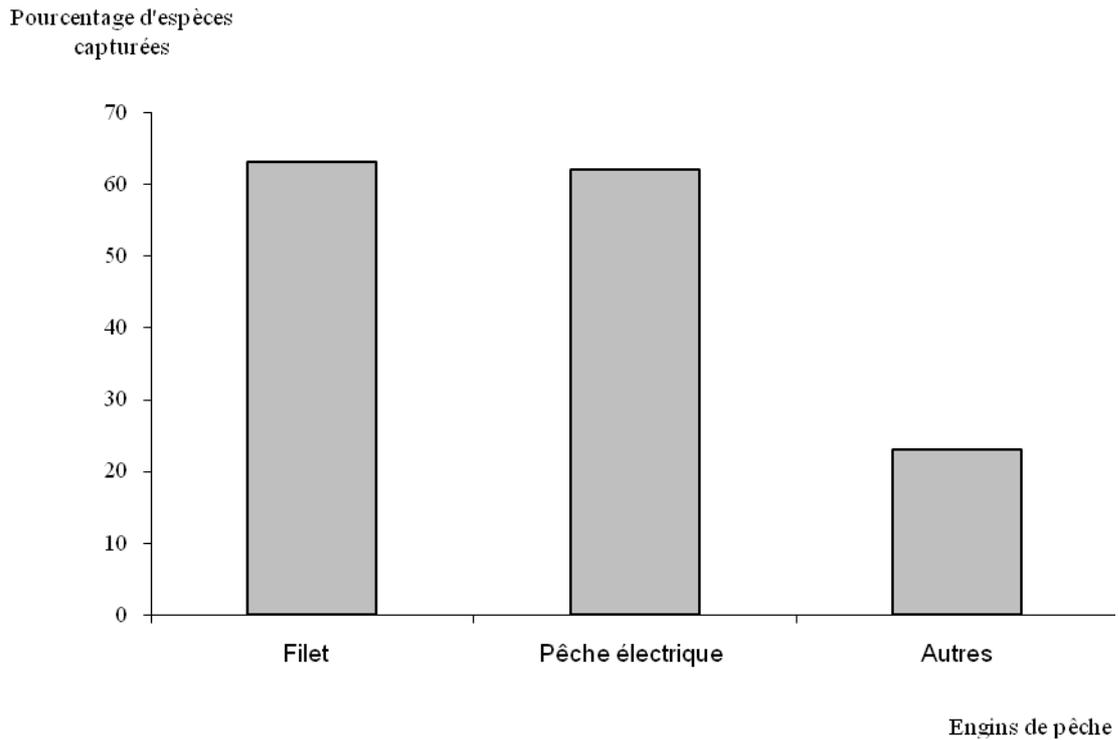


Figure 8 : Contribution des différents engins de pêche à la capture des espèces dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars

2001. (Autres = épervier, lignes, pêcheries, nasses, hameçon).

Concernant l'aspect qualitatif des prises par les engins, une sélectivité est observée. En effet, seules 4 p.c. des espèces de la richesse globale, peuvent être capturées sans discrimination de type d'engin.

Une analyse discriminatoire des espèces récoltées à l'aide de la pêche électrique et des filets maillants, montre que certaines espèces ne sont capturées que par un seul des engins. En effet, 27 p.c. des espèces sont capturés exclusivement par la pêche électrique tandis que 30 p.c. le sont exclusivement par les filets maillants (Figure 9). Par ailleurs, toutes les espèces, collectées à l'aide des engins utilisés par les pêcheurs traditionnels, à l'exception de *Clarias buettikoferi*, le sont également par les filets et la pêche électrique.

Les espèces qui ont une affinité lagunaire/marine ne sont pas capturées à la pêche électrique. De même, les filets maillants ne permettent d'échantillonner qu'une seule espèce (*Aplocheilichthysspilauchen*) dans la famille des Poeciliidae, au contraire de la pêche électrique qui permet d'en capturer l'intégralité. Au total, alors que les filets maillants permettent de capturer au moins une espèce dans 28 familles, cette performance n'est obtenue que pour 20 familles avec la pêche électrique.

L'étude du rapport entre le nombre d'espèces récoltées et le nombre de stations visitées par engin (Tableau XIII) montre que les filets ont un meilleur rendement (1,12) par rapport à la pêche électrique (0,51).

Par ailleurs, la corrélation entre le nombre d'espèces récoltées et le nombre de stations visitées par bassin, a été étudié. Le résultat montre qu'il existe une liaison significative ($R= 0,57$; $P<0,05$) entre le nombre de stations visitées et le nombre d'espèces récoltées (figure 10).

Enfin, l'étude des caractéristiques basée sur les mensurations (taille et poids) des individus capturés permet d'observer des différences notables (Tableau XIV) en fonction du type d'engin utilisé.

En effet, les tailles maximale et minimale, les poids minimal et maximal des individus récoltés par la pêche électrique, sont inférieurs à ceux des poissons issus de la pêche aux filets maillant.

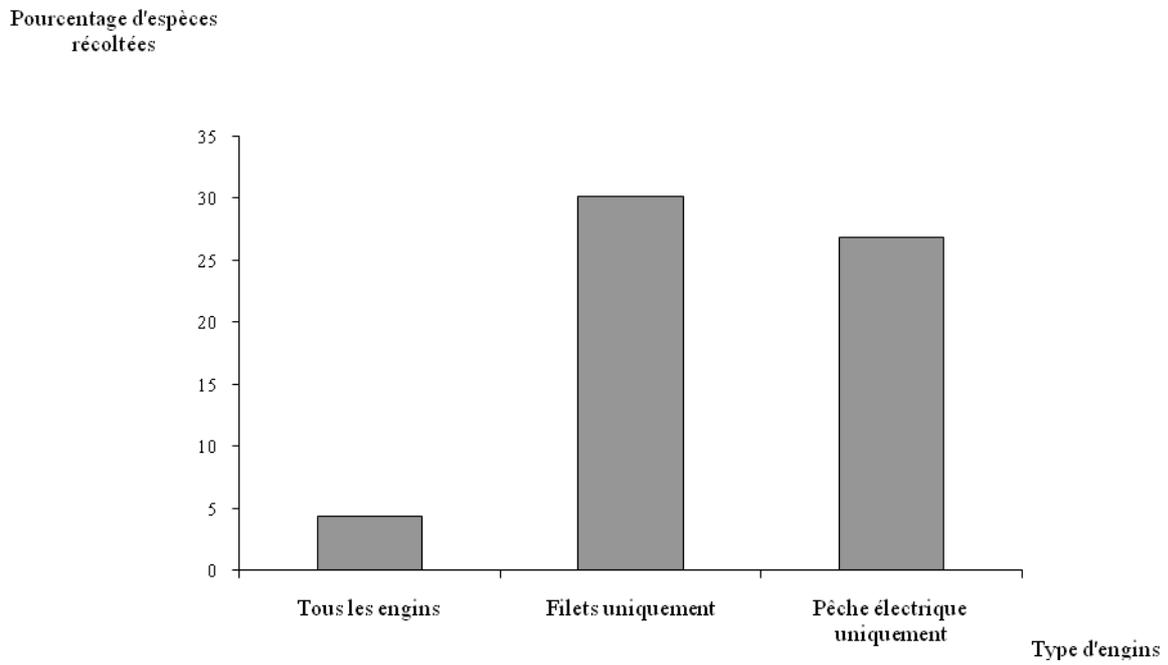


Figure 9 : Sélectivité des engins de pêche dans la collecte des espèces dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2000.

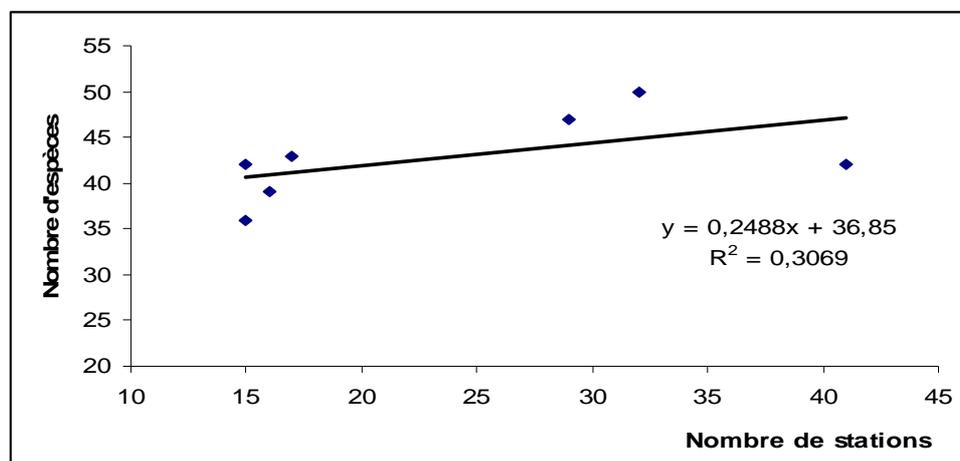


Figure 10 : Variation du nombre d'espèces en fonction du nombre de stations visitées sur chacun des 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001, établissement d'une corrélation.

Tableau XIII : Rendement de chaque engin de pêche en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre de stations visitées sur l'ensemble des bassins côtiers ivoiriens pendant la période de décembre 1999 à mars 2001

Engins de pêche	Nombre d'espèces	Nombre de stations	Rendement
Pêche électrique	62	118	0,51
Filets maillants	63	55	1,12

Tableau XIV : Caractéristiques des poissons capturés par engins de pêche utilisés au cours de l'échantillonnage des poissons de 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001.

Engins de pêche	Nombre d'espèces	Taille Maximale (mm)	Taille minimale (mm)	Poids Maximal (g)	Poids minimal (g)
Filets maillants	63	610	32	2990	13
Pêche électrique	62	270	5	185	0,1

2- Distribution spatiale des espèces dans les bassins étudiés

Cette étude est basée sur deux analyses complémentaires : la classification ascendante hiérarchique et l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Dans le chapitre précédent concernant la performance des engins de pêche (pêche électrique et filets maillants), il a été démontré qu'il existe une sélectivité des engins de pêche au niveau spécifique. Pour mieux appréhender la distribution des stations sur la base des espèces qui y sont récoltées, les différentes analyses seront faites séparément pour chaque engin de pêche.

2- 1- Cas des espèces récoltées avec la pêche électrique

La classification ascendante hiérarchique (Figure 11) est basée sur la présence/absence de chaque espèce récoltée avec la pêche électrique dans toutes les stations appartenant aux sept bassins visités dans la zone côtière. Le dendrogramme des stations des différents bassins montre une typologie en trois sous groupes (A, B et C) (niveau de troncature de la partition en 3 classes : 10).

Le groupe A avec 40 sites est le plus important et rassemble les stations des bassins de Mé (M), Agnébi (A), Boubo(B), Gô (G), Tanoé (T) et San-pédro (S). Il est constitué autour de 70 espèces. La richesse spécifique la plus élevée est de 24 espèces (1 site) tandis que la plus faible richesse enregistrée est de 1 espèce (1site). Vingt huit sites ont une richesse spécifique au dessus de 10 espèces. Les espèces les mieux distribuées dans ce groupe, c'est-à-dire dont le taux d'occurrence est au moins égal à 50 p.c. sont dans l'ordre décroissant: *Barbus ablabes*, *Hemichromis fasciatus*, *Chromidotilapia guntheri*, *Ctenopoma petherici*, *Barbus trispilos*, et *Brycinus longipinnis*.

Le groupe B avec 12 stations, rassemble les bassins de Mé (M), Gô (G), Agnébi (A), et Tanoé (T). Il est constitué autour de 57 espèces. La majorité des sites (7 sur 12) ont une richesse spécifique supérieure à 10. La richesse spécifique la plus élevée par station est de 17 espèces (1 site). La richesse spécifique la plus faible est de 9 espèces (4 sites). Les espèces les mieux distribuées dans ce groupe c'est-à-dire, avec un taux d'occurrence au moins égal à 50 p.c. sont dans l'ordre: *B. ablabes*, *B.longipinnis*, *C. petherici*, *H. fasciatus*, *C. guntheri* et *B.trispilos*.

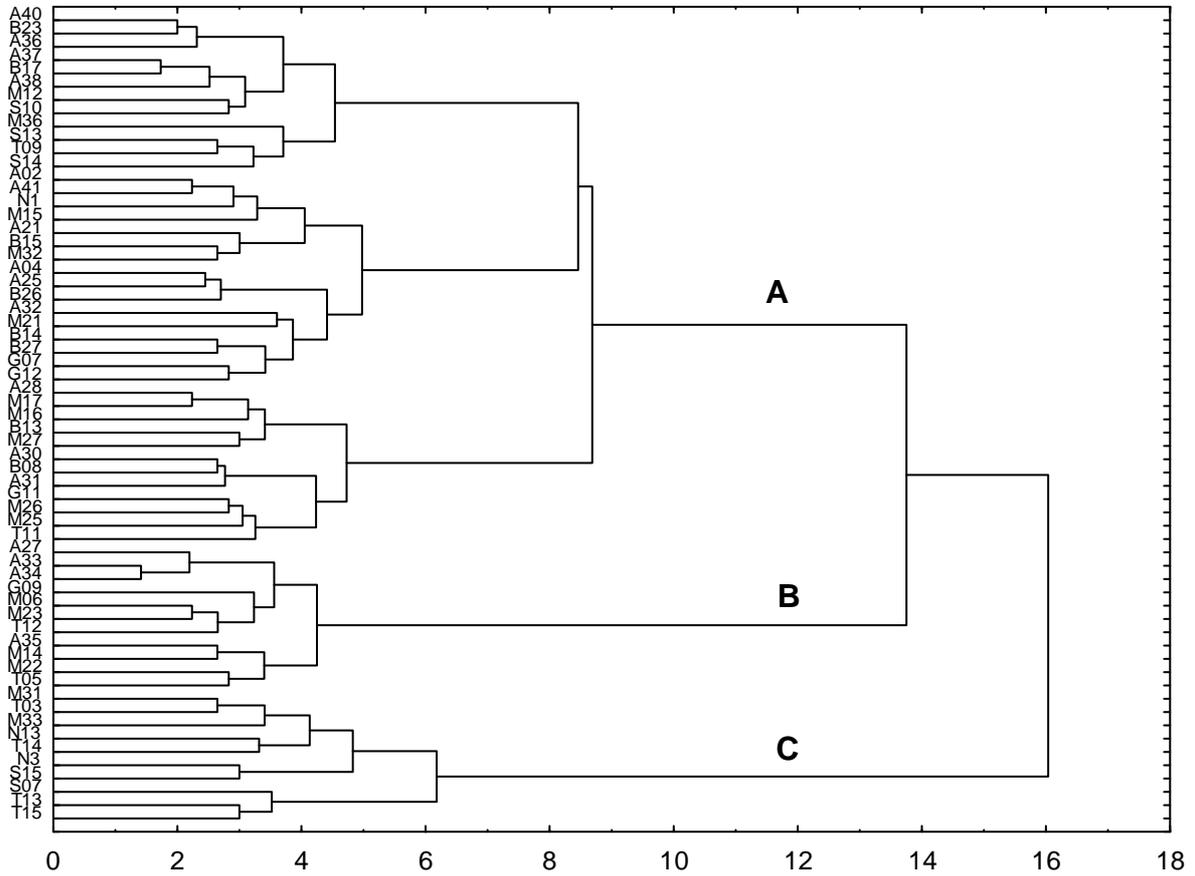


Figure 11: Dendrogramme de similarité en fonction des espèces récoltées uniquement à la pêche électrique dans l'ensemble des bassins de décembre 1999 à mars 2001.

Le groupe C comporte 10 stations et rassemble les bassins de Mé (M), Niouniourou (N), Tanoé (T) et de San-pédro (S). Il est le moins important au vu du nombre de stations. Ce groupe est constitué autour de 44 espèces. Seulement 7 sites sur 17 ont une richesse spécifique supérieure à 10. La richesse spécifique la plus élevée par station est de 17 espèces (1site) tandis que la plus petite est de 8 espèces (1 site). Les espèces les mieux distribuées dans ce groupe avec un taux d'occurrence égal au moins à 50 p.c. sont au nombre de 4 (*Barbus ablables*, *B. longipinnis*, *C.guntheri* et *B. trispilos*).

En conclusion, la constitution des groupes est basée sur les richesses spécifiques par station. Les stations à richesse spécifique élevée sont dans le groupe C, celles à effectif spécifique intermédiaire dans le groupe B et les stations à faible richesse spécifique dans le groupe A.

La figure 12 représente l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur cette même population sur la base du nombre d'individus par espèce. A l'exception de deux stations A30 et B15, les autres stations forment un seul nuage de points. Les stations A30 et B15 sont corrélées respectivement à *Neolebias unifasciatus* et *Afronandus scheljuzhkoi* (A30) et *Synodontis bastiani* et *Petrocephalus bovei* (B15). Dans le cas de A30, les abondances relatives de ces deux espèces sont respectivement, 80 et 9 individus. Il s'agit pour cette station, des abondances spécifiques les plus élevées.

Dans le cas de *A. scheljuzhkoi* il s'agit également du nombre d'individus le plus élevé observé dans l'ensemble des bassins échantillonnés.

Pour ce qui concerne la station B15, *Synodontis bastiani* et *Petrocephalus bovei* sont les espèces dominantes en terme d'abondance. En effet, avec 145 individus, *Synodontis bastiani* est l'espèce la plus abondante pour cette station. Par ailleurs, il s'agit du nombre d'individus le plus élevé pour cette espèce dans l'ensemble des bassins. Cette station est aussi la seule où 27 individus de *P. bovei* ont été récoltés.

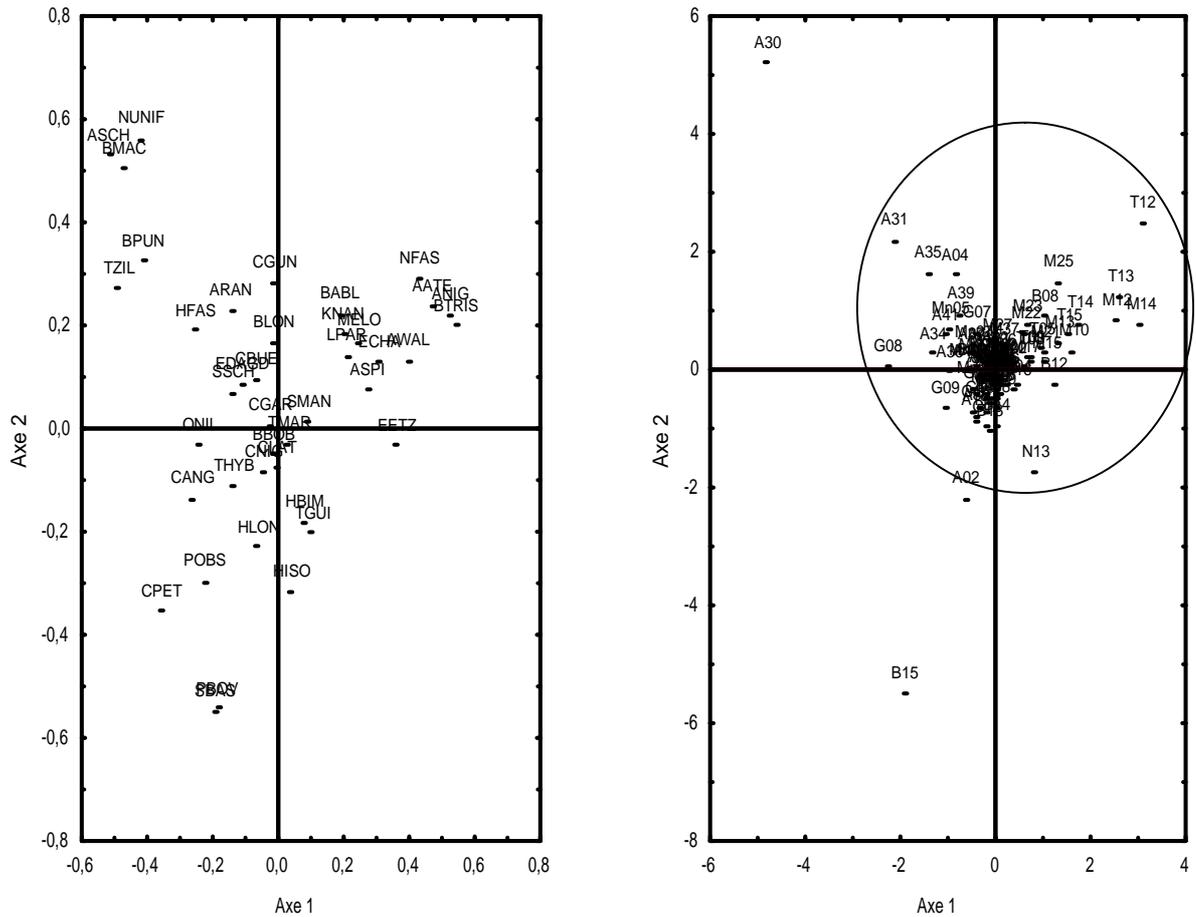


Figure 12 : Analyse en composantes principales basée, d'une part, sur le nombre d'individus par espèce et d'autre part, sur l'ensemble des sites échantillonnés à la pêche électrique uniquement dans l'ensemble des bassins de décembre 1999 à mars 2001.

HISO = *Heterobranchus isopterus*, SBAS = *Synodonthis bastiani*, PBOV = *Petrocephalus bovei*, HLON = *Heterobranchus longifilis*, HBIM = *Hemichromis bimaculatus*, TGUI = *Tilapia guineensis*, CANG = *Clarias anguillaris*, THYB = *Tilapia hybride*, BBOB = *Barbus boboi*, CNIG = *Chrysiichthys nigrodigitatus*, ETZ = *Epiplatys etzeli*, TMAR = *Tilapia mariae*, CGAR = *Clarias gariepinus*, SMAN = *Schilbe mandibularis*, SSCH = *Synodonthis schall*, ONIL = *Oreochromis niloticus*, EDAG = *Epiplatys dageti*, CBUE = *Clarias buettikoferi*, ASP1 = *Aplocheilichthys pilauchen*, ECHA = *Epiplatys chaperi*, LPAR = *Labeo parvus*, MELO = *Micralestes elongatus*, KNAN = *Kribia banana*, BABL = *Barbus ablabes*, BLON = *Brycinus longipinnis*, HFAS = *Hemichromis fasciatus*, PRAN = *Poropanchax rancurelli*, CGUN = *Chromidotilapia guntheri*, TZIL = *Tilapia zillii*, NFAS = *Nanocharas fasciatus*, BPUN = *Barbus punctatenauius*, BMAC = *Brycinus macrolepidotus*, ASCH = *Rhexipanchax schioetzi*, NUNIF = *Neolebia unifasciatus*, BTRIS = *Barbus trispilos*, BABL = *Barbus ablabes*, CPET = *Ctenopoma petherici*, SMAN = *Schilbe mandibularis*, POBS = *Parachanna obscura*.

2- 2- Cas des espèces récoltées aux filets maillants

Le dendrogramme des stations des différents bassins (figure 13) est basé sur la présence/absence de chaque espèce récoltée aux filets maillants. Il montre deux groupes (A et B) composés chacun d'un ensemble de sites visités sans discrimination de bassins. Le groupe A rassemble tous les bassins visités : Mé (M), Niouniourou(N), Agnébi (A), Tanoé (T), Boubo (B), San-pédro (S) et Gô. Il forme un bloc très important constitué autour de 47 stations et 80 espèces et s'étend sur l'ensemble des 7 bassins étudiés. Quarante deux de ces sites ont une richesse spécifique supérieure à 10 espèces. Les 5 autres ont un effectif spécifique inférieur à 10 espèces. Le nombre maximum d'espèces par station est de 29 tandis que le minimum est de 4 espèces. Onze espèces sont dominantes (espèces ayant un taux d'occurrence d'au moins 50 p.c.) dans ce groupe. Il s'agit de *Brycinus longipinnis*, *B. macrolepidotus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Hepsetus odoe*, *Petrocephalus bovei*, *Pellonula leonensis*, *Schilbe mandibularis*, *Hemichromis fasciatus*, *Heterobranchus isopterus* et *Tilapia hybride*.

Le groupe B est constitué autour de 4 stations (G10, G08, N14 et N15). Il est le moins important. Il s'étend sur 5 des 7 bassins pris en compte dans cette étude. Les stations qui le composent sont regroupées autour de 20 espèces dont les plus dominantes (taux d'occurrence au moins égal à 50 p.c.) sont : *Sarotherodon melanotheron*, *Brycinus longipinnis*, *Hepsetus odoe*, *Tilapia guineensis* et *Schilbe mandibularis*. Les richesses spécifiques des différentes stations varient de 11 (minimum) à 18 (maximum). En conclusion, on peut noter que le facteur rassembleur est le nombre d'espèces par site et les espèces dominantes.

La figure 14 représente l'ACP réalisée sur cette même population sur la base du nombre d'individus par espèce. On observe deux blocs A et B d'inégale importance et des sites A05 et NO7 éloignés de ces deux entités. Le bloc B, le moins important, est constitué de 4 stations (G08, G10, N14, N15). La présence de ces entités en dehors du grand bloc A est ci-dessous analysée. Le bloc B est en corrélation avec 26 espèces dont les plus importantes sont *Brycinus longipinnis* (47individus dont 26 à N15), *Chrysichthys nigrodigitatus* (85 individus dont 77 à N14), *Nannocharax fasciatus* (44 individus dont 27 à G08), *Sarotherodon melanotheron* (62 individus dont 57 à N14) et *Synodontis schall* (46 individus essentiellement à G08). En ce qui concerne les sites, G10 est corrélé particulièrement à *Tilapia zillii* qui représente au plan quantitatif l'espèce la plus importante pour cette station avec 20 individus.

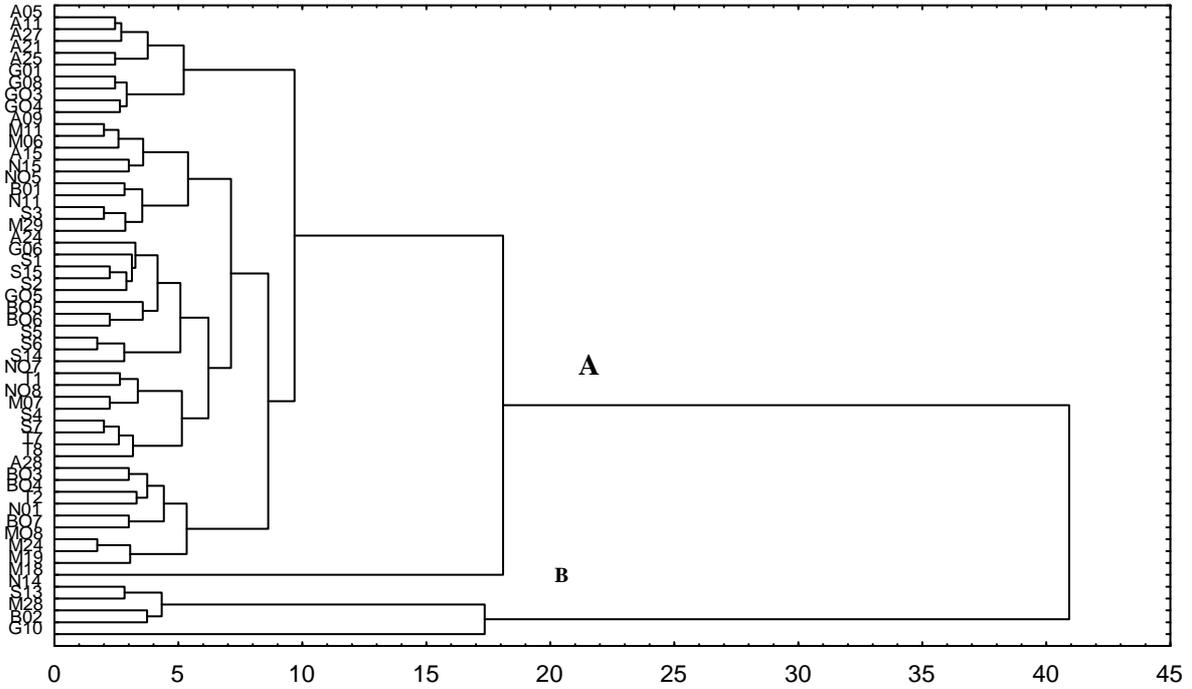


Figure13: Dendrogramme de similarité entre les stations en fonction des espèces récoltées uniquement aux filets maillants dans l'ensemble des bassins de décembre 1999 à mars 2001.

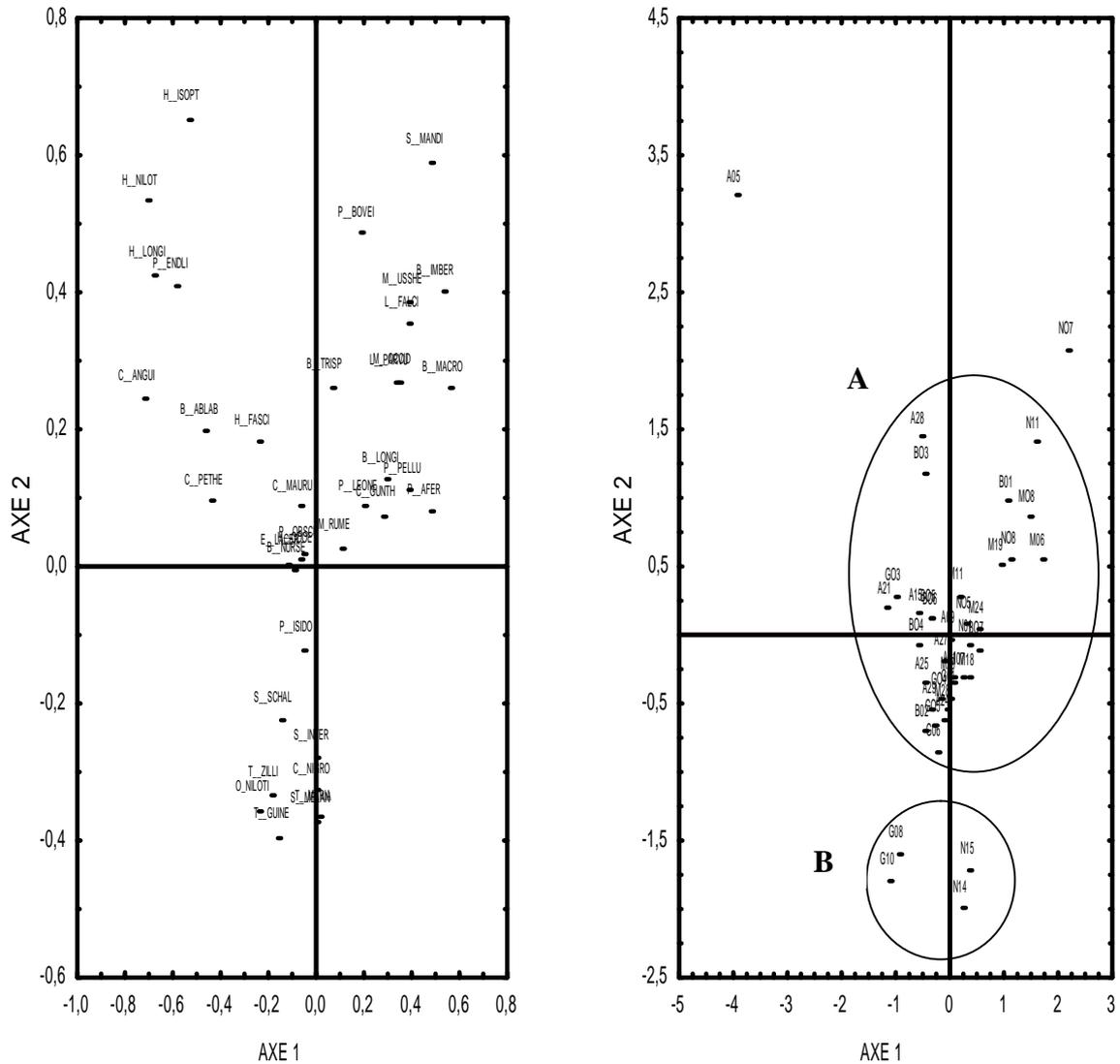


Figure 14 : Analyse en composantes principales basée d'une part sur le nombre d'individus par espèces et d'autres part sur l'ensemble des sites visités aux filets maillants uniquement de décembre 1999 à mars 2001.

H-ISOPT= *Heterobranchisopterus*, H_NILOT= *Heterotisniloticus*, S_MANDI= *Schilbemandibularis*, P_BOVEI = *Petrocephalusbovei*, H_LONG = *Heterobranchus longifilis*, P_ENDLI = *Polypterus endlicheri*, B_IMBER : *Brycinus imberi*, M_USSHE= *Marcusenius ussheri*, L_FALCI = *Liza falcipinnis*, B_TRISP : *Barbus trispilos*, B_MACRO = *Brycinus macrolepidotus*, C_ANGUI = *Clarias anguillaris*, B_ABLAB = *Barbus ablabes*, H_FASCI = *Hemichromis fasciatus*, C_PETHE = *Ctenopoma petherici*, C_MAURU = *Chrysisichthys maurus*, B_LONG = *Brycinus longipinnis*, P_PELLU = *Parailia pellucida*, M_RUME = *Mormyrus rume*, C_GUNTH = *Chromidotilapia guntheri*., P_AFER = *Payrochranus afer*, P_LEONE = *Pellonula leoneensis*, B_NURSE = *Brycinus nurse*, E_LACER = *Elops lacerta*, P_ISIDO = *Pollymirus isidori*, S_SCHAL = *Synodonthis schall*, S_INTER = *Schilbeintermedius*, T_ZILLI = *Tilapiazillii*, O_NILOTI = *Oreochromis niloticus*, T_GUINE = *Tilapiaguineensis*, S_MAND = *Schilbe mandibularis*, T_MARIA = *Tilapia maria*, P_OBSCU = *Parachana obscura*, L_PARVU = *Labeo parvus*, M_ANGUI = *Mormyrops anguilloides*.

Par ailleurs, cet effectif est le plus élevé observé pour cette espèce dans l'ensemble des bassins de la zone côtière. G08 est corrélé positivement à *Synodontis schall* qui avec 46 individus représente l'espèce la plus importante pour cette station. Cependant, dans ce cas, cet effectif est largement inférieur à l'effectif maximal observé pour cette espèce (95 individus). Quant au site N14, il est corrélé à *Chrysichthys nigrodigitatus* qui avec 77 individus est l'espèce la plus importante pour cette station. Par ailleurs, il s'agit dans toute la zone côtière de l'effectif le plus élevé pour cette espèce. Pour ce qui est du site N15, on note deux espèces importantes (*Barbus ablabes* et *N. fasciatus*) représentées chacune par 10 individus. Dans les deux cas, il ne s'agit pas de l'effectif le plus élevé pour ces espèces dans la zone côtière. En effet, pour *N. fasciatus* l'effectif le plus élevé qui est de 134 individus a été observé dans la Tanoé, tandis que pour *Barbus ablabes*, l'effectif le plus élevé (110 individus) a été récolté dans la Mé.

Concernant les deux stations éloignées des autres, elles sont corrélées d'une part à *Petrocephalus bovei* et *Schilbe mandibularis*(N07) et d'autre part à *Heterobranchus isopterus* et *Heterotis niloticus* (A05). La station A05 appartient au bassin de l'Agnébi. Dans cette station, 8 individus de *H. isopterus* ont été récoltés ce qui représente l'effectif le plus élevé pour cette espèce dans l'ensemble des bassins de la zone côtière. Cette observation est valable pour *Heterotis niloticus* avec 31 individus récoltés dans cette même station. Quant à N07, 41 individus représentant *Schilbe mandibularis* et 34 individus de *Petrocephalus bovei* ont été récoltés. Ces effectifs sont les plus importants rencontrés dans ce bassin (Niouniourou) et dans l'ensemble des bassins de la zone côtière échantillonnés. Les éloignements observés des stations semblent essentiellement basés sur le nombre d'individus des espèces auxquelles ces stations sont corrélées.

Contrairement au bloc B et aux deux sites éloignés du reste des stations, le bloc A est formé par le reste des espèces. On y trouve à la fois les espèces à faible effectif et celles à fort effectif.

En conclusion, les différentes analyses ci-dessus montrent que peu importe le type d'engin utilisé pour la collecte des poissons dans la zone côtière, la base de la richesse spécifique est la même pour tous les bassins visités. Seules les abondances numériques des espèces induisent une discrimination au niveau des stations. On peut dire que les sites visités se comportent vraisemblablement comme des affluents appartenant à un grand bassin.

3- Discussion

3.1- Distribution du peuplement

La présente étude a permis de recenser 90 espèces et 1 hybride dans l'ensemble des sept bassins côtiers de Côte d'Ivoire. Ce résultat correspond à une présence de 53 p.c. des espèces (Teugels *et al.* 1988) représentant la richesse spécifique ichtyologique des cours d'eau de Côte d'Ivoire. En effet, les bassins hydrographiques ivoiriens constituent un carrefour ichtyologique qui regroupe en son sein des formes à affinités soudaniennes, des formes à affinités zaïroises et probablement des formes plus spécifiquement guinéennes, peut être vicariantes des formes soudaniennes ou zaïroises (Teugels *et al.* 1988). Au total, il a été recensé dans les eaux douces ivoiriennes, 173 espèces de poissons réparties entre 65 genres et 27 familles. On note en outre, dans cet effectif, d'une part, la présence d'espèces introduites (*Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus*) et d'autre part, celle de 14 espèces d'origine marine et/ou lagunaire représentant neuf familles. Concernant l'introduction de nouvelles espèces (*Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus*), leur origine se trouve dans le développement des techniques d'élevage et de la prolifération des étangs piscicoles à travers la région du Centre. Selon Moreau et Jubb (1988), *H. niloticus* provient des mares de la Haute-Volta en passant par le Centre Technique Forestier de Bouaké (CTFT) (Côte d'Ivoire). C'est donc de cette station qu'elle serait partie pour être aujourd'hui abondamment récoltée dans certains bassins du pays. Il faut noter, concernant *O. niloticus*, que selon Mamadou (1998), elle est la principale espèce d'élevage en milieu tropical. Elle a donc été vulgarisée en Côte d'Ivoire et constitue actuellement la principale espèce cultivée. Elle est adaptée aux systèmes d'élevage des pays en développement qui utilisent des techniques simples (Pullin, 1988).

La présence des espèces d'origine lagunaire et/ou marine dans les différents bassins étudiés est le résultat des migrations qu'elles effectuent à certaines périodes de leur cycle de vie comme c'est le cas pour leur reproduction. L'estuaire est la partie avale d'une vallée fluviale soumise aux marées à partir du début des eaux saumâtres. Les estuaires fluviaux sont des anses côtières où, contrairement aux « grandes criques et baies peu profondes », l'apport en eau douce est généralement important. L'interaction des eaux douces avec les eaux marines ainsi que la réduction du flux des eaux dans l'estuaire provoque le dépôt de fins sédiments sous forme de larges étendues de replats boueux ou sableux. Les échanges profitent aux deux milieux.

En effet, Koné *et al.* (2003) expliquent la présence de ces types d'espèces dans les captures des bassins de Gô par la pénétration d'eau saumâtre de l'embouchure vers le cours moyen. Par ailleurs, selon Laë (1994), les lagunes côtières doivent elles aussi leur forte productivité aux échanges qu'elles entretiennent avec les eaux marines et continentales. Cependant, la prédominance de ces espèces dans le bassin de San-Pédro serait davantage favorisée par le fait que cette rivière débouche directement sur la mer.

L'étude qualitative relative basée sur le nombre d'espèces par famille révèle la prédominance de quatre familles. Il s'agit des Cichlidae, des Cyprinidae, des Mormyridae et des Alestidae. Les Cichlidae sont non seulement présentes dans tous les bassins mais, ont également le plus grand nombre d'espèces (15). Le plus petit nombre (4) d'espèces de cette famille a été récolté dans le bassin de la Mé tandis que le plus grand nombre l'a été dans la rivière Tanoé. Il est important, à défaut de traiter le cas de toutes les espèces impliquées dans cette propension des Cichlidae, de s'attarder sur le cas des espèces les plus largement distribuées (retrouvées dans tous les bassins) que l'on pourrait traiter d'ubiquistes: *Chromidotilapia guntheri* et *Hemichromis fasciatus*. En ce qui concerne ces espèces deux explications majeures pourraient être retenues. Il s'agit de leur régime alimentaire et de leur capacité à résister aux stress. En effet, *C. guntheri* a un régime alimentaire naturel basé sur les plantes, les algues et les petits crustacés trouvés dans ces algues. La zone côtière échantillonnée au cours de cette étude offre vraisemblablement tout ce confort pour cette espèce dans la mesure où il s'agit non seulement de la zone forestière mais également de la région la plus arrosée du pays (Abé et Kaba, 1997). Cette explication pourrait être valable pour *H. fasciatus* qui est une espèce connue pour son régime alimentaire à base de crustacés, de poissons et d'insectes (Teugels *et al.*, 1992). Selon ces mêmes auteurs, cette espèce est native de plusieurs bassins africains (Bia, Konkouré, Loffa, Mano river, etc.).

D'ailleurs, en Côte d'Ivoire, en dehors des bassins pris en compte dans cette étude, les Cichlidae sont largement connus dans plusieurs cours d'eau. En effet, cette famille est dominante dans le lac d'Ayamé (Gourène *et al.*, 1999), dans le Nord de la Côte d'Ivoire en zone savanicole (Paugy, 1979 ; Baijot *et al.*, 1994), dans le lac de Buyo (Anonyme, 1998) et dans le bassin de la Gô (Koné *et al.*, 2003). La condition majeure de la prolifération d'une espèce dans un milieu est sa capacité à se reproduire. Or les Cichlidae sont dans l'ensemble, en mesure de se reproduire toute l'année avec une « préférence » pour la saison des pluies pour certaine espèce dont *Hemichromis fasciatus* et *Chromidotilapia guntheri* (Traoré, 1996).

De ce point de vue, cette zone qui abrite l'essentiel du massif forestier et enregistre chaque année la plus forte pluviométrie comme indiquée plus haut, semble satisfaire largement à ces conditions.

En ce qui concerne les Poeciliidae et Aplocheilidae, ils sont connus comme espèces de forêt (Kamdem Toham et Teugels, 1999). On les trouve bien distribuées en Afrique du Nord, en Espagne et dans les zones humides de la Méditerranée (Benigno, 1995).

Les Cyprinidae font partie des familles de forêt et d'eaux tropicales. Au Bangladesh, ils constituent avec les Clupeidae, la famille dominante (Craig *et al.* 2004). La prépondérance des Poeciliidae, Aplocheilidae et Cyprinidae, témoigne d'une part, de leur adaptation à de nombreux habitats car ils sont présentes dans tous les bassins étudiés, et d'autre part, de l'existence de quelques parcelles de forêts.

Dix espèces (*Petrocephalusbovei*, *Marcusenius ussheri*, *Hepsetus odoe*, *Chrysichthys maurus*, *Brycinus longipinnis*, *Schilbe mandibularis*, *Heterobranchus isopterus*, *Chromidotilapia guntheri*, *Hemichromis fasciatus*, et *Pellonula leonensis*) et un hybride (*Tilapiahybride*) sont présents dans tous les bassins indiquant ainsi leur relative capacité d'adaptation à plusieurs habitats. Cela se vérifie avec la présence, dans ce groupe, de certaines espèces connues soit pour leur tolérance vis à vis de la dégradation de l'environnement, soit pour leur régime omnivore.

Hemichromis fasciatus est considérée par Kamdem et Teugels (1999) comme espèce tolérante. *Heterobranchus isopterus* a un régime omnivore (Paugy *et al.*, 1994 et Lauzannee, 1988). L'espèce *Brycinus longipinnis* comme *B. imberi*, *B. nurse* et *B. macrolepidotus* est omnivore (Hay *et al.*, 1996). Les hybrides en général prolifèrent quand l'environnement est dégradé.

Les Cichlidae sont connus pour la grande diversité de leur habitat et d'une certaine tolérance vis-à-vis de la dégradation, d'où la présence de *Chromidotilapia guntheri* dans ce groupe. *Pellonula leonensis* est un Clupeidae qui a une affinité pour les milieux saumâtres. Sa présence est due au fait que toutes les rivières étudiées rejoignent la mer, soit directement, soit en passant par la lagune considérée comme son milieu préférentiel.

3.2- Etude comparée des bassins

Selon Paugy *et al.* (1994), tous les bassins étudiés appartiennent à la même province ichtyologique ouest africaine éburnéo-ghanéenne. Cependant, des différences existent entre le nombre d'espèces enregistré par bassin. Le bassin de la Mé (56 espèces) contient le plus grand nombre d'espèces tandis que le bassin de Niouniourou enregistre le plus petit nombre (30 espèces). Le nombre de stations visitées par bassin, le type d'engins utilisés et sa fréquence et la surface du bassin versant seraient à la base de ce résultat.

Concernant le nombre de stations visitées, le coefficient de corrélation calculé ($R=0,57$) montre qu'il y a un lien relativement significatif entre cette variable et le nombre d'espèces. Il faut noter que la différence du nombre de stations visitées par bassin est essentiellement due à l'accessibilité des plans d'eau. En effet, les rivières telles que le Niouniourou (15 sites) et le San-Pédro (15 sites) sont les moins accessibles à cause de la présence de grandes parcelles de forêt et de terrains accidentés qui rendent impraticables, pendant les saisons de pluie, les quelques rares voies d'accès aux plans d'eau. Cependant, cette conclusion théorique n'est pas totalement conforme à la réalité. En effet, le plus grand nombre de sites visités (41) concerne le bassin de l'Agnébi. Pourtant, au plan du nombre d'espèces, ce bassin occupe le deuxième rang derrière le bassin de la Mé qui n'a été visité qu'en 29 sites. Cette observation est valable pour la rivière San-Pédro (15) et le bassin de Tanoé (25). Le nombre d'espèces par bassin dépendrait donc de la qualité des plans d'eau visités pendant l'échantillonnage de chaque bassin.

En outre, les résultats obtenus ne respectent pas la corrélation entre le bassin versant et le nombre d'espèces de poissons d'un bassin (Daget et Iltis, 1965; Hugueny, 1989 ;Gourène *et al.*, 1999; Koné *et al.*, 2003 ;Welcome et De Mérona, 1988) dont le principe est que plus le bassin versant est important plus le nombre d'espèces est élevé. En effet, le bassin versant de la rivière Mé qui a le plus grand nombre d'espèces est inférieur (4300 km^2) de moitié à celui de la rivière Agnébi (8900 km^2). Les différences observées dans les richesses spécifiques des bassins, seraient donc dues à une combinaison de facteurs qui pourraient être le nombre de sites visités et l'accessibilité du bassin. Selon Koné *et al.* (2003), la rivière Gô est moins accessible parce qu'elle est située en zone de forêt dense. Cette observation est valable pour les rivières San-Pédro et Niouniourou qui sont situées dans la zone côtière Ouest qui part de Tabou à Fresco, dont l'aménagement a commencé seulement en 1979. Elle reste donc

déficitaire en voies de communication du fait de la "résistance" de plusieurs blocs forestiers (Monogaga, forêt classé de Tai, Rapides de Grah etc.).

Par ailleurs, au plan qualitatif, les variations de la présence des espèces de Mormyridae, Poeciliidae et Aplocheilidae en fonction des bassins semblent corroborer cette observation. En effet, la rivière Mé, en plus d'avoir le plus grand nombre d'espèces permet de recenser la totalité des Mormyridae, des Aplocheilidae et des Poeciliidae de l'ensemble des bassins. Selon certains auteurs (Hugueny *et al.*, 1996; Petr, 1967, 1968a, 1968b et Kouassi, 1979), les espèces de la famille des Mormyridae sont intolérantes vis à vis de la dégradation du milieu. De même, d'après Brosset (1982) et Amiet (1987), les Cyprinodontiformes (Aplocheilidae et Poeciliidae) sont typiques des forêts tropicales. La forte présence de ces deux familles dans la Mé signifierait sans doute la subsistance de portions forestières.

3.3- Etude comparée des engins

Du point de vue efficacité, on note que le meilleur rendement est obtenu avec les filets maillants. Cependant, le nombre de stations visitées avec cet engin est juste un peu plus de la moitié des visites effectuées avec la pêche électrique. L'explication se trouve dans le fait qu'en général les filets ont été utilisés dans les cours principaux des bassins où la profondeur excède les 100 cm et ce jusque dans les embouchures (ces portions constituent en général soit le cours moyen soit le cours inférieur). Concernant la pêche électrique, elle est pratiquée dans les affluents et le plus souvent dans le cours supérieur. Or selon l'observation classique le nombre d'espèces croît du cours supérieur vers le cours inférieur (Welcome & De Merona 1988). Cette observation indique donc que la collecte des poissons est plus aisée dans ces endroits que dans le cours supérieur pendant la saison sèche, période favorable à la pêche électrique. A cette époque, beaucoup de poissons migrent vers le cours inférieur pour échapper à l'étiage.

Par ailleurs, en considérant l'effectif global, on se rend compte que les deux engins permettent de capturer le même nombre d'espèces. Cependant, il existe une différence nette lorsque l'on observe les mensurations des individus collectés par les deux types d'engin. Les individus de grande taille sont capturés par les filets maillants. Cette discrimination est due à une sélectivité de capture lors de la pêche électrique qui s'explique par le fait que les poissons de grande taille ont une réactivité plus grande qui leur permet d'échapper au champ électrique

contrairement aux petits poissons *Versus*, les petits poissons trouveraient leur refuge dans les bras où les prédateurs piscivores sont peu nombreux à cause de la faible profondeur de ces endroits. En outre, la plupart des poissons capturés par la pêche électrique (Amphiliidae, Cyprinodontiformes, Characiformes et autres petits poissons) préféreraient les milieux courants et rhéophiles.

L'efficacité des engins du point de vue quantitatif est la même (62 espèces pour les filets maillants et 61 pour l'appareil de pêche électrique). Cependant, du point de vue rendement, il existe une différence significative. Le rendement ou la prise par unité d'effort (si on considère que l'unité d'effort est l'utilisation d'une méthode) varie en fonction de la méthode. Que ce soit sur la base du nombre d'espèces ou sur celle du nombre d'individus récoltés, les filets maillants donnent les meilleurs résultats.

Par ailleurs, sur le plan qualitatif, 26,88 p.c. des espèces ne sont capturés que par la pêche électrique alors que 30,10 p.c. sont capturés exclusivement par les filets maillants. Aussi observe t- on des différences pour certaines caractéristiques (taille maximale et minimale des individus ; poids maximal et minimal des individus) des poissons capturés par les différentes méthodes. Il n'est donc pas correct, sur la base des indications ci-dessus, de considérer que les deux engins ont la même efficacité.

En outre, la pêche électrique s'effectue dans les petits bras des bassins dont la profondeur ne dépasse pas 1,5 m et la largeur maximale est de 8 m. Tandis que la pêche aux filets maillants concerne les endroits plus larges (>8 m) et plus profonds (>1 m). S'il est vrai que la connaissance de la biodiversité a pour objectif sa conservation pour son utilisation rationnelle, elle doit cependant permettre de mettre à la disposition de la population des informations sur la capacité de croissance de certaines espèces pour que des perspectives d'aquaculture soient envisagées. Or à ce niveau, la taille maximale (27 cm) et le poids maximal (184,9 g) observés chez les poissons capturés par la pêche électrique ne sont pas des indications à encourager des perspectives d'aquaculture pour ces espèces. Ces deux méthodes doivent donc être considérées comme complémentaires. Clavero (2006) est arrivé à cette même conclusion quand il a comparé quatre méthodes passives de pêche (piège en plastique, piège en métal, et deux types de filets de verveux de différents diamètres) dans un petit bassin côtier de l'Andalousie.

3.4- Analyse statistique

Deux analyses séparées en fonction des engins de pêche ont été réalisées pour étudier la distribution des stations sur la base des espèces récoltées. Le but de ces analyses est de savoir s'il est possible d'obtenir un rapprochement des stations sur la base de leur richesse spécifique respective. Les premières analyses ont été faites en utilisant la classification ascendante hiérarchique basée sur la présence et l'absence des espèces par station. Ces analyses montrent clairement que les groupes obtenus sont constitués sur la base des richesses spécifiques de chaque station et des espèces les plus distribuées entre elles. Nulle part, ces analyses ne montrent une discrimination basée sur l'origine des stations. Elles indiquent donc qu'il est possible de faire un rapprochement entre les différentes stations et par ailleurs qu'il est possible de les comparer les unes aux autres sur la base des richesses spécifiques.

La deuxième analyse réalisée est l'analyse en composantes principales (ACP) sur la base des abondances numériques des espèces récoltées au niveau des différents sites. A ce niveau, on note un regroupement des différentes stations autour de l'axe1. Cependant, certaines stations telles que A30 et B15 d'une part et A05 et N07 d'autre part, sont éloignées du bloc constitué autour de l'axe principal. Le comportement de ces stations au cours des différentes analyses est essentiellement lié au nombre d'individus récoltés par espèce dans les sites.

En définitive, que ce soit au niveau de la Classification ascendante hiérarchique ou des Analyses en Composantes Principales, les regroupements des stations sont motivés d'une part, les richesses spécifiques et la distribution des espèces au niveau des stations et d'autre part, les abondances relatives de ces espèces.

Ces résultats obtenus aussi bien avec la pêche électrique qu'avec les filets maillants, montrent que les sites étudiés se regroupent en fonction de la richesse spécifique, des espèces les plus distribuées entre eux et ce sans distinction de bassin. Ils pourraient par conséquent, s'intégrer à n'importe lequel des bassins étudiés. Ces résultats viennent confirmer le fait que selon Paugy *et al.* (1994), tous ces bassins côtiers, appartiennent à la même région ichtyologique Ouest africain éburnéo-ghanéenne.

Conclusion

Pour l'ensemble des 7 bassins étudiés, 90 espèces et 1 hybride appartenant à 35 familles ont été identifiés. Dans cette richesse spécifique, on note 79 espèces d'eaux douces et 14 espèces à affinité estuarienne ou marine. Deux espèces *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829) sont d'origine étrangère. Les Cichlidae avec 28 p.c. des espèces représentent la plus importante famille. Le bassin de la Mé avec 60,60 p.c. a la plus forte richesse spécifique. Sept familles sont communes à tous les bassins. Il s'agit des Mormyridae, Alestidae, Cichlidae, Cyprinidae, Claroteidae, Schilbeidae et des Clupeidae. L'étude comparative des engins montre qu'aucune différence significative (Test des moyennes de Kruskal Wallis : $P > 0,05$) n'est observée entre le pourcentage d'espèces capturées par les filets et celui des espèces capturées par la pêche électrique. En ce qui concerne les bassins, on peut noter qu'à l'exception des abondances numériques des espèces qui induisent une discrimination au niveau des stations, les rivières en général se comportent comme appartenant à un seul grand bassin.

II- REGIME ALIMENTAIRE DE QUELQUES POISSONS

La connaissance du régime alimentaire des poissons en vue de la détermination des groupes trophiques, est nécessaire pour l'évaluation de la qualité biotique de l'eau, dans la mesure où le comportement des poissons vis-à-vis de la dégradation du milieu en dépend. Selon Karr *et al.*, (1986), l'énergie de base et la dynamique d'une communauté de poissons d'eau courante sont évaluées par les paramètres de la catégorie composition trophique. L'analyse de la structure trophique d'une communauté peut fournir des informations sur sa production et sa consommation (Karr *et al.*, 1986). Par ailleurs, une modification des groupes fonctionnels reflète des changements au niveau des ressources alimentaires, de la disponibilité en nutriments et du flux d'énergie (Jeffries & Mills, 1990). Ainsi, selon Didier (1997), toute altération de la qualité de l'eau ou de l'habitat, y compris l'usage des sols dans le bassin versant, entraîne des changements dans la communauté piscicole à cause de la fluctuation des ressources alimentaires. La présente étude concerne un certain nombre d'espèces dont les estomacs ont pu être dépouillés.

1- Proies

Au total, 600 contenus stomacaux de poissons appartenant à 39 espèces provenant des 7 bassins côtiers ont été analysés. Ce sont les rivières Agnébi, Boubo, Gô, Mé, Niouniourou, San Pédro et Tanoé. Ces espèces appartiennent à 15 familles. Les familles des Polypteridae, Osteoglossidae, Notopteridae, Hepsetidae, Cyprinidae, Elopidae, Anabantidae et Mugilidae sont représentées par une seule espèce. Les 7 autres familles sont représentées par au moins 2 espèces. Les familles les plus importantes au plan du nombre d'espèces sont dans l'ordre décroissant, les Cichlidae (9 espèces), les Mormyridae (6 espèces) et les Alestidae (5 espèces). Le dépouillement des estomacs a permis d'isoler 6313 items alimentaires répartis en 7 types de proies appartenant à la fois au règne animal (crustacés, poissons, insectes, mollusque, et zooplancton) et au règne végétal (fruit et végétaux divers) (tableau XV). En dehors de ces proies, l'analyse des contenus stomacaux révèle la présence de la vase et des pierres.

Tableau XV : Indice d'occurrences (IOC) et pourcentage numérique (N) des différents types de proies (1 = insectes ; 2 = crustacés ; 3 = poissons ; 4 = zooplancton ; 5 = végétaux ; 6 = mollusques ; 7 = fruits ; Ni : nombre d'individus)

Ni	Familles et espèces	TYPES DE PROIES													
		1		2		3		4		5		6		7	
		N	IOC	N	IOC	pcN	IOC								
POLYPTERIDAE															
12	<i>Polypterus endlicheri</i>	20	21	0	0	40	50	0	0	27	21	13	33	0	0
OSTEOGLOSSIDAE															
5	<i>Heterotis niloticus</i>	2	37	3	4	48	55	1	20	0	0	45	57	1	6
NOTOPTERIDAE															
7	<i>Papyrocranus afer</i>	48	100	17	15	0	0	0	0	0	0	0	0	35	12
MORMYRIDAE															
12	<i>Mormyrus rume</i>	81	33	0	0	0	0	11	55	0	0	0	0	8	100
2	<i>Mormyrops anguilloides</i>	76	80	0	0	0	0	24	5	0	0	0	0	0	0
22	<i>Petrocephalus bovei</i>	77	50	0	0	0	0	12	16	0	0	0	0	11	33
15	<i>Pollimyrus isidori</i>	99	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
18	<i>Marcusenius ussheri</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	<i>M. senegalensis</i>	96	100	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0
HEPSETIDAE															
25	<i>Hepsetus odoe</i>	29	27	0	0	63	63	5	4	0	0	0	0	3	4
ALESTIDAE															
3	<i>Brycinus longipinnis</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>B.nurse</i>	65	100	0	0	0	0	35	50	0	0	0	0	0	0
2	<i>B.imberi</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	<i>B.macrolepidotus</i>	3	8	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	96	91
3	<i>Alestes baremoze</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYPRI NIDAE															
5	<i>Raiamas senegalensis</i>	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
SHILBEIDAE															
18	<i>Schilbe intermedius</i>	15	35	12	11	62	52	2	5	8	10	0	0	1	5
47	<i>S. mandibularis</i>	38	37	0	0	16	22	9	2	3	2	1	5	33	17
CLARIIDAE															
6	<i>Clarias anguillaris</i>	33	33	0	0	17	33	15	16	30	16	0	0	5	47
14	<i>Heterobranchus isopterus</i>	30	30	0	0	15	6	13	10	13	20	13	20	16	47
3	<i>H. longifilis</i>	85	100	0	0	2	30	13	20	0	0	0	0	0	0
MOCHOKIDAE															
8	<i>Synodontis bastiani</i>	33	52	0	0	0	0	41	10	2	12	22	1	2	33
32	<i>S. schall</i>	24	26	0	0	10	6	59	6	2	17	4	11	2	48
27	<i>S. koensis</i>	72	80	0	0	3	6	18	17	0	0	5	3	1	2
7	<i>S. punctifer</i>	68	95	0	0	0	0	22	6	0	0	0	0	0	0

Tableau XIV (suite et fin)

Ni	Famille et espèces	TYPES DE PROIES													
		1		2		3		4		5		6		7	
		N	IOC	N	IOC	N	IOC	N	IOC	N	IOC	N	IOC	N	IOC
CICHLIDAE															
9	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	84	58	0	0	8	20	2	14	2	28	0	0	4	42
1	<i>S. galilaeus</i>	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	<i>Chromidotilapia guntheri</i>	17	25	0	0	67	50	0	0	0	0	0	0	16	50
1	<i>Tilapia guineensis</i>	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
14	<i>T. hybride</i>	0	0	0	0	22	14	11	7	56	50	0	0	11	14
11	<i>T. zillii</i>	93	100	0	0	0	0	0	0	3	66	0	0	4	16
1	<i>T. mariae</i>	50	50	0	0	0	0	0	0	50	100	0	0	0	0
1	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	0	0	0	0	85	100	0	0	0	0	15	60	0	0
21	<i>H. fasciatus</i>	50	40	0	0	50	60	0	0	0	0	0	0	0	0
CLAROTEIDAE															
16	<i>Chrysichtys nigrodigitatus</i>	68	93	4	6	3	12	6	12	4	12	1	18	14	18
7	<i>C. maurus</i>	89	42	0	0	0	0	8	14	1	14	1	14	1	28
ELOPIDAE															
4	<i>Elops lacerta</i>	40	100	6	7	14	60	0	0	14	10	0	0	26	40
ANABANTIDAE															
11	<i>Ctenopoma petherici</i>	93	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	30
MUGILIDAE															
10	<i>Liza falcipinnis</i>	0	0	0	0	33	30	0	0	50	50	0	0	17	1

Chez 7 espèces, *Brycinus longipinnis*, *B. imberi*, *Alestes baremoze*, *Raiamas nigeriensis*, *Sarotherodon gallilaeus*, *Tilapia guineensis* et *Marcusenius ussheri*, l'analyse des contenus stomacaux n'a permis d'identifier qu'un seul type de proie à la fois. Il s'agit d'insectes pour 5 espèces (*B. longipinnis*, *B. imberi*, *Alestes baremoze*, *Sarotherodon gallilaeus*, et *M. ussheri*) et de poissons pour les espèces *Raiamas nigeriensis* et *T. guineensis*. Pour toutes ces espèces, l'indice d'occurrence et le pourcentage numérique calculés sont de 100 p.c.

On retrouve chez les autres espèces deux ou plusieurs types de proies. Les figures 15 et 16 présentent respectivement des indices d'occurrence et des pourcentages numériques des différentes catégories de proies rencontrées dans les estomacs des poissons de l'ensemble des bassins. Ces graphiques indiquent une nette domination de la catégorie proie constituée d'insectes sur les autres catégories. Les poissons, le zooplancton, les fruits et les mollusques constituent après les insectes, les organismes les plus consommés par les poissons de la zone côtière.

Par ailleurs, ces résultats montrent que la catégorie proie constituée par les crustacés, occupe la dernière place, que ce soit au plan du nombre d'individus consommés ou de la fréquence d'apparition dans les estomacs.

2- Groupes trophiques

Les résultats relatifs aux différentes proportions numériques et à l'indice d'occurrence pour chaque catégorie de proies ont permis d'établir quatre groupes trophiques. Il s'agit des omnivores, des piscivores, des phytophages et des invertivores (Tableau XVI). Les invertivores sont plus nombreux que les autres groupes trophiques. Ils représentent 54 p.c. de l'effectif global des espèces concernées par cette étude contre 15 p.c. d'omnivores, 21 p.c. de piscivores et 10 p.c. de phytophages.

2-1- Catégories trophiques et sous-groupes trophiques

Aucun sous-groupe trophique n'a été défini chez les omnivores et les phytophages. Cependant, chez les invertivores et les piscivores, deux sous groupes ont été identifiés.

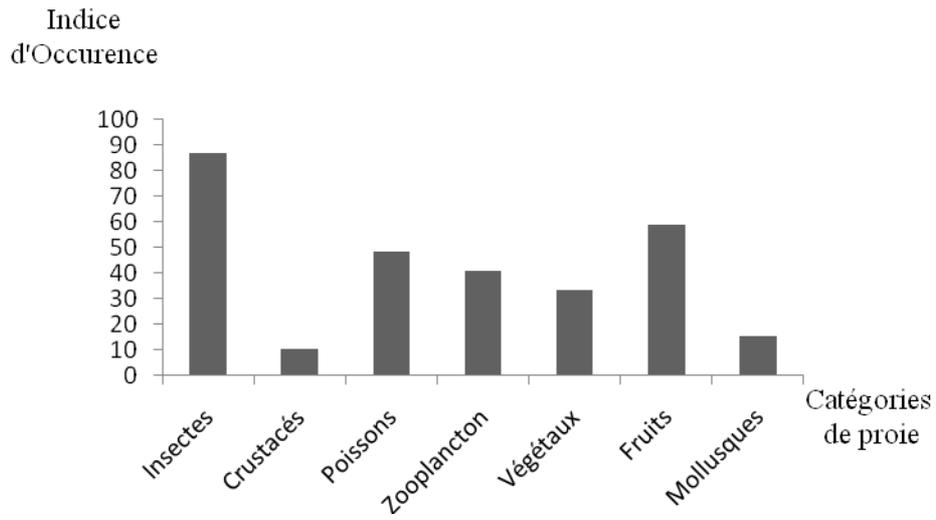


Figure 15 : Variation des indices d'occurrence des différentes catégories de proies isolées des contenus stomacaux de quelques espèces de poissons récoltés dans l'ensemble des 7 petits bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001.

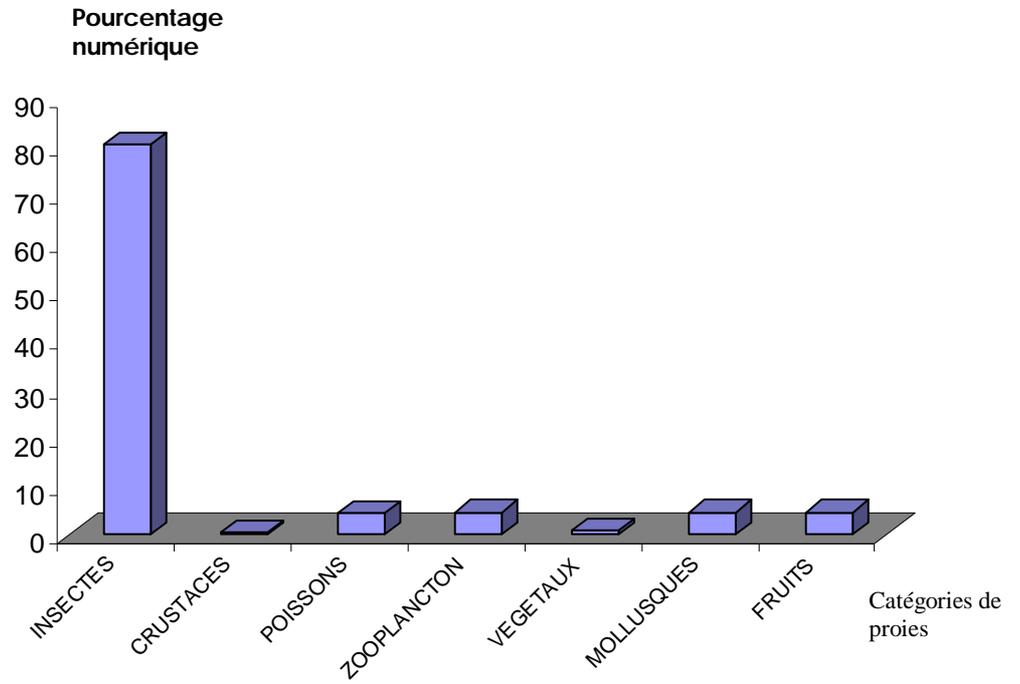


Figure 16 : Importance numérique des différents types de proies isolées des contenus stomacaux de quelques espèces de poissons récoltés dans l'ensemble des 7 petits bassins côtiers de Côte d'Ivoire de décembre 1999 à mars 2001.

Tableau XVI: Liste des espèces en fonction de leur groupe trophique
 (*insectes+invertébrés+animaux ; **insectes+invertébrés+végétaux; ***insectes+invertébrés
 + animaux et végétaux ; **poissons +animaux ; ***poissons +végétaux et animaux)

Invertivores	Omnivores	Piscivores	Phytophages
<i>Elops lacerta</i> ***	<i>Brycinus longipinnis</i>	<i>Polypterus endlicheri</i> ***	<i>Brycinus macrolepidotus</i>
<i>Papyrocranus afer</i> **	<i>Schilbe mandibularis</i>	<i>Heterotis niloticus</i> ***	<i>Tilapia hybride</i>
<i>Mormyrus rume</i> *	<i>Synodontis schall</i>	<i>Hepsetus odoe</i> ***	<i>Tilapia mariae</i>
<i>Mormyrops anguilloides</i> *	<i>Clarias anguillaris</i>	<i>Raiamas nigeriensis</i>	<i>Liza falcipinis</i>
<i>Marcusenius senegalensis</i> *	<i>Heterobranchus isoapterus</i>	<i>Schilbe intermedius</i> ***	
<i>Petrocephalus bovei</i> ***	<i>Chromidotilapia guntheri</i>	<i>Tilapia guineensis</i>	
<i>Pollimyrus isidori</i> **		<i>Hemichromis bimaculatus</i> **	
<i>Marcusenius ussheri</i>		<i>Hemichromis fasciatus</i> **	
<i>Brycinus nurse</i> *			
<i>Brycinus longipinnis</i>			
<i>Brycinus imberi</i>			
<i>Alestes baremoze</i>			
<i>Chrysichthys maurus</i> ***			
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> ***			
<i>Ctenopoma petherici</i> *			
<i>Heterobranchus longifilis</i> *			
<i>Synodontis bastiani</i> ***			
<i>Synodontis koensis</i> ***			
<i>Synodontis punctifer</i> *			
<i>Sarotherodon melanotheron</i> ***			
<i>Sarotherodon galilaeus</i>			
<i>Tilapia zillii</i> **			

Il s'agit d'une part du sous-groupe constitué d'espèces qui ne consomment qu'une seule catégorie de proies. Elles sont considérées comme des invertivores ou des piscivores strictes. Le deuxième sous-groupe est constitué d'espèces qui consomment en plus de la proie dominante, d'autres catégories de proies en proportion moins importante. Elles sont qualifiées d'insectivores ou de piscivores préférentiels.

Chez les piscivores et les invertivores, les espèces à régime strict représentent respectivement 7 p.c. et 20 p.c. Les espèces à régime préférentiel représentent respectivement 12 p.c. et 31 p.c. des piscivores et insectivores.

Par ailleurs, en considérant le type de proies secondaires, on note que 31 p.c. des invertivores préférentiels, consomment en plus des poissons et pour 46 p.c. des végétaux comme proies secondaires. Sur cette même base, 25 p.c. de piscivores préférentiels ont pour proies additionnelles des insectes, 75 p.c. consomment en plus d'autres catégories de proies.

2-2- Comportement trophique des espèces

Chez *Hepsetus odoe*, l'unique représentant des Hepsetidae, on note la présence de 4 types de proies ce qui correspond à 57 p.c. des proies identifiées dans l'ensemble des contenus stomacaux analysés. Il s'agit des insectes (invertébrés), des poissons, du zooplancton et des fruits. Parmi ces proies, le poisson est relativement plus consommé que les autres proies. Il est suivi en cela par les insectes. Ces observations ont permis de classer cette espèce dans le groupe des piscivores préférentiels. Par ailleurs, ces proies sont accompagnées par une proportion appréciable de vase.

L'analyse des contenus stomacaux de *Elops lacerta*, représentant la famille des Elopidae, permet de noter la présence de 5 proies (insectes, crustacés, poissons, végétaux, et fruits) soit 71 p.c. des catégories de proies identifiées dans l'ensemble des estomacs analysés. L'indice d'occurrence pour les insectes est de 100 p.c. Du point de vue numérique cette domination est confirmée avec 40 p.c. des individus proies consommés. Les autres proies sont présentes dans de faibles proportions. Ces observations permettent de conclure que cette espèce est invertivore préférentielle. La vase vase provenant du substrat, accompagne toutes ces proies.

Concernant *Ctenopoma petherici*, l'analyse des contenus stomacaux permet de dire que les individus consomment des insectes et des fruits soit 28 p.c. de l'ensemble des proies. Cependant, on note une prépondérance des insectes avec 90 p.c. d'indice d'occurrence et 93 p.c. de pourcentage numérique. Cette espèce a été classée parmi les invertivores préférentiels. Ces deux proies sont accompagnées de vase.

Liza falcipinnis présente dans ses contenus stomacaux, des poissons, des végétaux et des fruits, soit 44 p.c. de l'ensemble des proies identifiées. Les végétaux sont les plus consommés par cette espèce avec 50 p.c. respectivement d'indice d'occurrence et de pourcentage numérique. Les deux autres proies sont présentes dans les contenus stomacaux des individus de cette espèce dans des proportions plus faibles. La vase accompagne ces proies. Cette espèce a été rangée dans le groupe des phytophages préférentiels.

Les contenus stomacaux des individus représentant l'espèce *Heterotis niloticus*, révèlent deux proies importantes qui sont dans l'ordre décroissant, les poissons et les mollusques. Quatre autres proies mineures accompagnent celles-ci. Il s'agit des insectes, des crustacés, du zooplancton et des fruits. Le total de ces proies représente 86 p.c. des catégories de proies décrites pour l'ensemble des poissons. Cette espèce présente de ce fait la plus large gamme de proies consommées. Par ailleurs, ces proies ne sont accompagnées ni de vase ni de grain de sable. La prépondérance des poissons avec 55 p.c. d'indice d'occurrence et 48 p.c. de pourcentage numérique permet de classer cette espèce dans le groupe trophique des piscivores préférentiels.

Une seule catégorie de proie constituée de poissons a été identifiée dans les contenus stomacaux des individus représentant *Raiamas senegalensis*. Elle a été rangée dans le groupe trophique des piscivores stricts.

Papyrocranus afer consomme trois proies qui sont dans l'ordre décroissant des proportions, les insectes, les crustacés et les fruits. Ces proies qui représentent seulement 43 p.c. de l'ensemble des proies, ne sont accompagnées ni de vase ni de grain de sable. Cette espèce, avec 100 p.c. d'indice d'occurrence et 48 P.C. de pourcentage numérique pour les insectes, a été classée dans le groupe des invertivores préférentiels.

Polypterus endlicheri est l'unique représentant des Polypteridae. Cette espèce tire son alimentation de 57 p.c. des sources alimentaires identifiées pour l'ensemble des espèces. Il

s'agit d'insectes, de poissons, de végétaux et de mollusques avec une prédominance des poissons qui ont 50 p.c. d'indice d'occurrence et 40 p.c. de pourcentage numérique. On retrouve également de la vase dans les estomacs. Cette espèce a été rangée dans le groupe trophique des piscivores préférentiels.

Synodontis bastiani, *S. schall*, *S. koensis* et *S. punctifer* sont les espèces appartenant à la famille des Mochokidae dont les contenus stomacaux ont été analysés. Le contenu stomacal de *S. punctifer* révèle deux catégories de proies (les insectes et le zooplancton) avec une nette prédominance de la catégorie proies insectes. Cette espèce a été rangée dans le groupe des invertivores préférentiels.

Chez les trois autres espèces on retrouve entre 5 et 6 catégories de proies. En effet, chez *Synodontis koensis* on note la présence des catégories insectes, poissons, zooplancton, végétaux et fruits soit 72 p.c. des proies identifiées pour l'ensemble des poissons des bassins côtiers étudiés, avec une prédominance de la catégorie proies insectes.

Chez *Synodontis schall*, 6 catégories de proies sur 7, soit 86 p.c., sont présentes dans les contenus stomacaux. Chez cette espèce, aucune catégorie proies, ne présente un indice d'occurrence supérieur à 50 p.c. Cette espèce a été rangée dans le groupe trophique des omnivores.

Dans les contenus stomacaux des individus appartenant à l'espèce *Synodontis bastiani*, on note la présence de 5 catégories de proies (insectes, zooplancton, végétaux, mollusques et fruits). La catégorie proies insectes, présente l'indice d'occurrence le plus élevé (52 p.c.). Par ailleurs, 33 p.c. des individus proies rencontrés dans les estomacs sont des insectes. Le groupe trophique invertivore préférentiel a été retenu pour cette espèce. En outre, les contenus stomacaux de *S. bastiani* et *S. schall* contiennent de la vase.

Les Alestidae sont représentées dans cette étude par 5 espèces, *Brycinus longipinnis*, *B. nurse*, *B. macrolepidotus*, *B. imberi* et *Alestes baremoze*. Les estomacs des individus représentant *B. longipinnis*, *B. imberi* et *Alestes baremoze* révèlent la présence d'une seule catégorie proie. Il s'agit d'insectes. Ces trois espèces ont été classées dans le groupe trophique des invertivores stricts.

Les deux autres espèces (*B.nurse* et *B. macrolepidotus*) consomment en plus de la catégorie proies constituée d'insectes, une autre catégorie de proies constituée respectivement de zooplancton et de fruit.

Chez *Brycinus nurse*, la catégorie proie constituée d'insectes avec 100 p.c. d'indice d'occurrence et 65 p.c. de pourcentage numérique, est dominante tandis que chez *B. macrolepidotus*, c'est la catégorie proie constituée de fruit avec 91 p.c. d'indice d'occurrence, qui est dominante. Ces deux espèces, ont été classées respectivement dans le groupe trophique des invertivores préférentielset des phytophages préférentiels. Par ailleurs, *Brycinus longipinnis*, *B. nurse* et *B. macrolepidotus*, présentent de la vase dans leurs contenus stomacaux.

Les proportions relatives des proies ont été calculées pour des contenus stomacaux de 8 espèces représentant la famille des Cichlidae (*Chromidotilapia guntheri*, *Hemichromis fasciatus*, *H. bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *S. galilaeus*, *Tilapia guineensis*, *T. zillii*, *T. mariae*) et *T. hybride*.

Le nombre de catégories de proies utilisées, varie d'une espèce à l'autre. En effet, une seule catégorie de proies est utilisée comme source de nourriture par *Sarotherodongalilaeus* et *Tilapia guineensis*. Il s'agit respectivement de la catégorie proie constituée d'insectes et de poissons. Ces espèces ont été classées respectivement, dans les groupes trophiques invertivores et piscivores stricts.

Hemichromis fasciatus, *H. bimaculatus* et *Tilapia mariae*, utilisent chacune, comme source de nourriture, deux catégories de proies. Les espèces *H. fasciatus* et *T. mariae* se nourrissent tous les deux d'insectes. On retrouve dans leurs estomacs également des restes de poissons et des végétaux. Chez *H. fasciatus*, avec 60 p.c. d'indice d'occurrence et 53 p.c. de pourcentage numérique, les poissons représentent les proies dominantes.

Chez *T. mariae*, les végétaux, sont les proies dominantes avec 100 p.c. d'indice d'occurrence et 50 p.c. de pourcentage numérique. Les espèces ont été classées respectivement, dans les groupes trophiques piscivores et phytophages préférentiels. En ce qui concerne *Hemichromis bimaculatus*, elle utilise comme source de nourriture, les catégories proies constituées de poissons et de mollusques.

Les poissons sont les proies les plus consommées avec 100 p.c. d'indice d'occurrence et 85 p.c. de pourcentage numérique. L'espèce *H. bimaculatus* a été classée dans le groupe trophique des piscivores préférentiels.

Tilapia hybride, *T. zillii* et *Chromidotilapia guntheri* utilisent chacun trois catégories de proies. Les insectes constituent une source de nourriture pour *Tilapia zillii* et *Chromidotilapia guntheri*. Le zooplancton est présent dans les contenus stomacaux de *T. zillii* et *T. hybride*. Les fruits sont présents dans les contenus stomacaux de *Chromidotilapia guntheri*, *T. hybride* et *T. zillii*. Cependant, les catégories de proies constituées d'insectes (100 P.C. d'indice d'occurrence ; 93 p.c. de pourcentage numérique), de poissons (50 p.c. d'indice d'occurrence ; 67 p.c. de pourcentage numérique) et de végétaux (50 p.c. d'indice d'occurrence ; 56 p.c. de pourcentage numérique) sont dominantes respectivement chez *T. zillii*, *C. guntheri* et *T. hybride*. Ces trois espèces ont été classées respectivement comme invertivore, omnivore et phytophage.

L'utilisation du plus grand nombre de catégories de proies comme source de nourriture s'observe chez *Sarotherodon melanotheron*. Il s'agit d'insectes, poissons, végétaux, fruits et zooplancton. Les insectes sont cependant, avec 58 p.c. d'indice d'occurrence et 84 p.c. de pourcentage numérique, les plus consommés. Cette espèce a par conséquent été classée dans le groupe trophique des invertivores préférentiels. La présence de la vase est observée chez 5 espèces. Il s'agit de *Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia zillii*, *T. hybride*, *C.guntheri* et *H.bimaculatus*.

La famille des Clariidae est représentée par *Clarias anguillaris*, *Heterobranchus isopterus* et *H. longifilis*. Ensemble, les individus représentant ces espèces, utilisent comme source de nourriture : insectes, poissons, zooplancton, végétaux, mollusques et fruits, soit 86 p.c. des proies recensées pour tous les poissons des bassins côtiers étudiés. Cependant, le nombre de catégories de proies utilisées comme source de nourriture, varie d'une espèce à l'autre.

En effet, *Heterobranchus longifilis* utilise comme proies, les insectes (100 p.c.), les poissons (30 p.c.) et le zooplancton (20 p.c.) les insectes étant les proies dominantes (100 p.c. d'indice d'occurrence ; 85 p.c. de pourcentage numérique). Elle a été classée dans le groupe trophique des invertivores préférentiels.

Chez l'espèce *Heterobranchus isopterus*, on note la présence du plus grand nombre de catégories de proies (6). Il s'agit d'insectes (30 p.c.), poissons (6 p.c.), zooplancton (10 p.c.), végétaux (20 p.c.), mollusques (20 p.c.) et fruits (47 p.c.). Aucune de ces catégories de proies n'atteint la proportion de 50 p.c. Cette espèce a été classée dans le groupe trophique des omnivores.

L'espèce *Clarias anguillaris* consomme des insectes (33 p.c.), des poissons (33 p.c.), du zooplancton (16 p.c.), des végétaux (16 p.c.) et des fruits (47 p.c.) sans qu'aucune de ces proies ne soit réellement dominante. Cette espèce a été classée comme la précédente, dans le groupe trophique des omnivores. Chez les espèces *Heterobranchus isopterus* et *Clarias anguillaris*, la présence de vase est notée dans les estomacs.

En ce qui concerne les Claroteidae, les contenus stomacaux analysés sont issus de deux espèces, *Chrysichthys nigrodigitatus* et *C. maurus*. Les proies identifiées (insectes, crustacés, poissons, zooplancton, végétaux, mollusques, fruits), représentent 100 p.c. de l'ensemble des proies recensées chez tous les poissons

Chrysichthys nigrodigitatus utilise toutes les sources de nourriture identifiées dans l'ensemble des estomacs des poissons des bassins côtiers étudiés, avec une nette prédominance des insectes (93 p.c. d'indice d'occurrence ; 68 p.c. de pourcentage numérique). Elle a été classée parmi les invertivores préférentiels.

Chrysichthys maurus utilise 5 des sources de nourriture identifiées. Il s'agit des catégories proies insectes, zooplancton, végétaux, mollusques et fruits. Comme précédemment, chez cette espèce, les insectes sont les plus consommés (68 p.c. d'indice d'occurrence ; 42 p.c. de pourcentage numérique). Elle a été rangée dans le groupe des invertivores préférentiels. La vase est présente dans les estomacs des individus de l'espèce *Chrysichthys nigrodigitatus*.

Chez les Mormyridae, les proportions relatives des proies, ont été calculées à partir des estomacs d'individus appartenant à 6 espèces (*Mormyrus rume*, *Mormyrops anguilloides*, *Marcusenius ussheri*, *M. senegalensis*, *Petrocephalus bovei* et *Pollimyrus isidori*).

Les sources d'alimentation des individus de cette famille s'étendent à trois catégories de proies (insectes, zooplancton et fruits) correspondant à 43 p.c. des proies identifiées chez tous les poissons de la zone d'étude.

Marcusenius ussheri est la seule espèce qui ne consomme que les insectes. Les autres ajoutent à cette catégorie de proies, les fruits (*Pollimyrus isidori* (8 p.c.), *Petrocephalus bovei* (33 p.c.), *Mormyrus rume* (100 p.c.)) et/ou le zooplancton (*Mormyrus rume* (55 p.c.), *Mormyrops anguilloides* (5 p.c.), *Marcusenius senegalensis* (2 p.c.) et *Petrocephalus bovei* (16 p.c.).

Toutes ces espèces, consomment dans des proportions dominantes, les insectes. Elles ont toutes été rangées dans le groupe trophique des invertivores préférentiels. Chez trois espèces (*Mormyrops anguilloides*, *Marcusenius senegalensis* et *Mormyrus rume*), on note la présence de la vase.

La famille des Schilbeidae est représentée par deux espèces *Schilbe mandibularis* et *S. intermedius*. L'analyse des contenus stomacaux des individus révèle la présence de 86 p.c. des proies identifiées pour l'ensemble des poissons (insectes, crustacés, poissons, zooplancton, végétaux, mollusques et fruits). Par ailleurs on note la présence du substrat représenté par la vase.

Schilbe intermedius utilise six des sept sources de nourriture identifiées chez tous les poissons de la zone d'étude. Seule, la catégorie de proies constituée de mollusques est absente. Cette espèce consomme dans des proportions dominantes, la catégorie proies constituée de poissons (52 p.c. d'indice d'occurrence ; 62 p.c. de pourcentage numérique). Elle a été classée dans le groupe trophique des piscivores préférentiels.

Chez *S. mandibularis*, seuls les crustacés sont absents dans les contenus stomacaux. En outre, aucune des catégories présentes n'est dominante (p.c. IOC >50 p.c.) chez cette espèce. Elle a été classée dans le groupe trophique des omnivores. La présence du substrat dans les estomacs est également observée chez cette espèce.

3- Discussion

3-1- Proies

Au total 7 types de proies ont été identifiés pour l'ensemble des poissons collectés dans les bassins côtiers étudiés. Cela démontre la variabilité des ressources alimentaires dont dispose cette zone. Les insectes dont l'origine est aussi bien terrestre qu'aquatique, avec une domination des insectes aquatiques, sont les plus consommés par les poissons. Ces proies, sont accompagnées pour la plupart de la vase, dont la présence dans les contenus stomacaux

s'expliquerait par la prise de nourriture sur le fond tant par les espèces benthiques que par toutes celles qui effectuent des mouvements transversaux en direction du fond pour la prise de leur nourriture. En ce qui concerne la part importante que prennent les insectes dans l'alimentation des poissons des bassins côtiers étudiés, elle serait la conséquence de leur bonne disponibilité.

En effet, il est à noter que cette zone côtière dans sa plus grande portion, reste encore un réservoir de forêt pour le pays. Ce qui s'accompagne en général d'une bonne pluviométrie et donc d'une prolifération d'insectes.

3-2- *Sous-groupes trophiques*

Les résultats acquis dans cette analyse des données des contenus stomacaux montrent que globalement la majorité des espèces ayant fait l'objet de cette étude, consomment plusieurs types de proies pour leur survie. Cette attitude des espèces diminuerait de façon considérable les effets de la compétition entre elles à chaque niveau trophique. Par contre, pour les espèces à régime strict, il est possible de prévoir des difficultés de coexistence entre deux espèces de même niveau trophique à cause d'une compétition intense dans le cas où il y aurait réduction quantitative des proies communes exploitées.

Ces dernières espèces sont souvent très vulnérables quand les conditions du milieu viennent à changer. C'est le cas de l'espèce *Hydrocynus forskalii*, strictement piscivore, signalée par Teugels *et al.*, (1988) dans le bassin de l'Agnébi mais qui vraisemblablement a disparu de cette rivière car absente dans les résultats de nombreux travaux récents (Gourène *et al.*, 1999 ; Kouamélan, 2000 etc.). Cette absence pourrait être liée aux périodes d'étiage répétées tous les ans dont la cause principale serait la déforestation dont la région est l'objet.

3-3- *Groupes trophiques*

Le rangement de *Hepsetus odoe* dans le groupe des poissons à régime piscivore préférentiel est conforme aux observations faites par Paugy *et al.* (1988). En effet, selon ces auteurs, *H. odoe* fait partie des prédateurs ichtyophages. Cependant, cette espèce ne se contente pas seulement de poissons. Elle consomme également le zooplancton, des insectes et des fruits. On note, en outre, la présence de vase dans les contenus stomacaux, ce qui suppose que dans sa quête de proies, elle ferait sans nul doute des déplacements transversaux vers le fond.

Chez *Elops lacerta*, le groupe trophique insectivore préférentiel a été retenu. On note la présence de roche (grains de sable) dans les estomacs, ce qui montre que, comme les Hepsetidae, *Elops lacerta* se déplacerait de façon transversale jusque sur le fond pour rechercher sa nourriture. Ce résultat est contraire à ceux connus dans la littérature (Traoré, 1996 ; Lauzanne, 1988 ; Lévêque *et al*, 1988 ; Moreau *et al*, 1988) qui indiquent plutôt un régime piscivore pour cette espèce. Elle aurait sans doute adapté son régime à la disponibilité des ressources.

Ctenopoma petherici de la famille des Anabantidae, classée dans le groupe trophique insectivore préférentiel, présente néanmoins dans les contenus stomacaux une importante proportion de vase. Cette présence traduit probablement le fait que cette espèce se nourrit sur le fond. Ce résultat est contraire à ceux connus dans la littérature (Traoré, 1996 ; Lauzanne, 1988, Lévêque *et al*, 1988 ; Moreau *et al*, 1988) qui indiquent plutôt un régime omnivore pour cette espèce. Elle aurait sans doute adapté son régime à la disponibilité des ressources.

Heterotis niloticus est l'unique espèce appartenant à la famille des Osteoglossidae en Afrique de l'Ouest (Paugy *et al*.2003). Les résultats actuels montrent que cette espèce est capable de consommer une large gamme de proies relevant particulièrement du règne animal et allant des insectes aux poissons en passant par les mollusques et le zooplancton. Les insectes et mollusques proviendraient du fond. En effet, elle est considérée comme espèce éclectique et benthophage préférentiel (mollusques, larves d'insectes, Ostracodes) par plusieurs auteurs (*e.g.* Sandon et Al Tayib, 1953 ; D'Aubenton, 1955 ; Blache, 1964 ; Petr, 1967 ; Tobor, 1972 et Lauzanne, 1976). La présence du zooplancton serait donc liée à sa capacité selon ces auteurs à filtrer le plancton grâce d'une part, à son filtre branchial et d'autre part à son organe supra branchial.

Il peut aussi devenir selon les mêmes auteurs, grand consommateur de graines (présence de fruit dans les contenus stomacaux) et d'insectes terrestres notamment dans les zones d'inondation.

Les résultats obtenus chez *Papyrocranus afer* indiquent trois catégories de proies constituées d'insectes, de poissons et des crustacés avec une nette domination des insectes. Elle est classée comme invertivore préférentielle. Cette conclusion est conforme à celle obtenue chez cette espèce par King (1994) au Nigeria. En effet, selon cet auteur, le contenu stomacal de *P. afer* est constitué d'invertébrés de pleine eau, de débris de plantes, d'insectes autochtones et de poissons. Il apparaît que *Papyrocranus afer* utilise les trois principales

zones de son milieu : la surface, la pleine eau et le fond. Il s'agit pour cette espèce d'un régime principalement opportuniste.

Les polyptères, poissons typiques du Nil, sont actives la nuit, se nourrissant de petits poissons et d'autres petits animaux (grenouilles, vers etc.) (Poll, 1939). Cependant, les présents résultats montrent que les individus de *Polypterus endlicheri* consomment également des végétaux. La présence de ces proies en proportion réduite par rapport aux poissons proies, pourrait correspondre au fait que les individus pêchés sont de petites tailles. Le plus grand individu capturé avec la pêche électrique mesure 270 mm. Or en général, les poissons piscivores ne consomment que les individus de taille avantageuse. Cela expliquerait l'intérêt que portent ces individus aux autres animaux.

Chez les Mochokidae, les espèces dont les contenus stomacaux ont été analysés appartiennent toutes au genre *Synodontis*. Selon plusieurs auteurs (e.g. Graham, 1929 ; Worthington et Ricardo, 1937 ; Corbet, 1959 ; Lauzanne, 1975, 1976, 1977), du point de vue de son alimentation, la famille des Mochokidae a été scindée en deux groupes. Le premier groupe est formé de *Brachynodontis batensoda* et *Hemisynodontis membranaeus* tandis que le second groupe comprend les espèces du genre *Synodontis*. Dans le cas présent, toutes les espèces étant du genre *Synodontis*, elles appartiennent donc au second groupe. D'après ces auteurs, ce groupe est composé d'espèces exploitant les invertébrés benthiques et divers déchets, végétaux et animaux. Il s'agit de poissons éclectiques, qui consomment surtout des larves d'insectes, des mollusques et débris végétaux. On note également qu'elles consomment aussi des ostracodes, des insectes terrestres et des débris de poissons. La présence de la vase d'une part et des végétaux, insectes et mollusques d'autre part, observée dans les estomacs analysés est conforme aux conclusions de ces auteurs.

Chez les Alestidae, les contenus stomacaux analysés proviennent de 5 espèces *Brycinus longipinnis*, *B. nurse*, *B. macrolepidotus*, *B. imberi* et *Alestes baremoze*. On peut selon plusieurs auteurs (e.g. Daget et Iltis, 1965 ; Whitehead, 1969 ; Lauzanne 1970, 1973 ; Reynold, 1970) ; Hopson, 1975 ; Planquette et Lemasson, 1975 ; Paugy, 1977 ; Kouassi, 1978 ; Paugy, 1980) du point de vue de l'alimentation, les scinder en deux groupes. Le premier groupe renferme des nageurs de surface. Dans le cas présent, il se résume à l'espèce *Brycinus macrolepidotus*. La forte proportion de fruits observée chez cette espèce, est un résultat conforme à cette classification.

Le second groupe rassemble les espèces nageant plus profondément. Il est représenté ici par *Brycinus longipinnis*, *B. nurse*, *B. imberi* et *Alestes baremoze*, qui consomment essentiellement des végétaux supérieurs (tiges, feuilles, fruits) et des insectes terrestres variés qu'ils saisissent en surface. Dans ce groupe, les espèces peuvent consommer diverses larves d'insectes aquatiques (Chironomidae, Trichoptères, Ephéméroptères, Chaoboridae), des insectes terrestres, des graines, du phytoplancton et du zooplancton qui peuvent prendre des proportions importantes selon qu'on se trouve dans les lacs (zooplancton) où dans les zones inondées (graines, insectes terrestres). C'est d'ailleurs, ce que montrent les résultats de l'analyse des contenus stomacaux des individus appartenant à ces espèces. Elles sont toutes insectivores stricts à l'exception de *B. nurse*, qui se nourrit en plus de zooplancton. Quant à *Alestes baremoze*, il s'agit d'un nageur en profondeur qui peut consommer des larves d'insectes aquatiques et d'insectes terrestres. Les proportions que prennent ces proies peuvent varier en fonction des biotopes. Dans le cas des présents travaux qui se déroulent en rivières, l'apport principal en aliment est fourni par le « drift » constitué surtout de larves d'insectes.

Les contenus stomacaux analysés chez les Cichlidae, appartiennent à huit espèces (*Chromidotilapia guntheri*, *Hemichromis fasciatus*, *H. bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *S. gallilaeus*, *Tilapia guineensis*, *T. zillii*, *T. mariae*) et un hybride (*T. hybride*). Ces espèces peuvent être réparties en 3 groupes : les *Tilapia*, les *Hemichromis* et les *Sarotherodon* (e.g. Hulot, 1950 ; Lauzanne et Iltis, 1975 ; Lauzanne, 1976, 1978 ; Batchelor, 1978).

Les *Tilapia* ont un régime fait de zooplancton (stade jeune ≤ 50 mm), ensuite omnivore ($50 \leq$ jeune ≤ 100 mm) et consomment alors des larves d'insectes et des macrophytes. Enfin, au-delà de 100 mm, le régime est fait de macrophytes et à défaut d'insectes, de zooplancton, de débris végétaux et même d'œufs et de petits poissons (e.g. Hulot, 1950 ; Lauzanne et Iltis, 1975 ; Lauzanne, 1976, 1978 et Batchelor, 1978). Chez *Tilapia zillii*, la proportion des insectes est très élevée. On pourrait donc dire que ce sont des individus jeunes dont la taille est comprise entre 50 et 100 mm. En effet, la plupart des individus pêchés à la pêche électrique ne sont pas de grande taille. La taille maximale observée est de 63mm. En revanche, chez *Tilapia hybride*, *T. guineensis* et *Chromidotilapia guntheri*, ce sont respectivement, les végétaux et les poissons qui ont l'indice d'occurrence le plus élevé. Les individus appartenant à ces espèces sont de taille supérieure à 100 mm.

Concernant le deuxième groupe, constitué des espèces du genre *Hemichromis* : *H. bimaculatus* et *H. fasciatus*, les proies ayant les plus fortes proportions sont les poissons. Ces résultats sont conformes aux conclusions de plusieurs auteurs (*e.g.* Hulot, 1950 ; Johnson, 1974 ; Lauzanne et Iltis, 1975 ; Lauzanne, 1976 & 1978 ; Batchelor, 1978). Selon ces auteurs, ces espèces ont un régime carnassier avec des proies variant en fonction de la taille du prédateur et allant des larves d'insectes, des crevettes aux petits alevins. Les plus grands individus étant totalement ichtyophages. Le dernier groupe est composé des espèces du genre *Sarotherodon* (*S. melanotheron* et *S. galilaeus*). Pour ces deux espèces, les mêmes auteurs sont arrivés à la conclusion que ce sont des microphages filtreurs qui consomment essentiellement du phytoplancton et des micro-détritus divers. Les résultats des présents travaux sont contraires à ces conclusions dans la mesure où, chez ces deux espèces, les insectes constituent les proies dominantes. L'orientation de leur régime alimentaire vers les insectes serait due à la disponibilité de ces ressources.

La présence de 77,7 p.c. des proies identifiées pour l'ensemble des poissons chez les Clariidae, s'accorde avec les conclusions de certains auteurs (*e.g.* Worthington, 1932 ; Worthington & Ricardo, 1937 ; Ricardo, 1939 ; Hulot, 1950 ; Corbet, 1959, 1961 ; Blache, 1964 ; Thomas, 1966 ; Munro, 1967 ; Pham, 1976 ; Bruton, 1979) qui ont travaillé sur l'alimentation des espèces de cette famille, à savoir qu'elles sont éclectiques. En effet, selon ces auteurs, les *Heterobranchus* peuvent atteindre une grande taille (plus d'un mètre) et fouillent dans la vase pour extraire des débris végétaux, des larves d'insectes, des graines et des détritux animaux. Cette conclusion se vérifie dans les présents résultats car les insectes sont présents dans les contenus stomacaux avec un indice d'occurrence élevé : (30 p.c. pour *Heterobranchus isopterus* et 100 p.c. pour *H. longifilis*).

La présence de la vase chez *H. isopterus* permet non seulement de confirmer les observations faites par les auteurs cités plus haut, mais aussi d'imaginer aisément l'origine aquatique des insectes consommés.

D'une manière générale, les espèces de la famille des Mormyridae peuvent être séparées en deux groupes du point de vue de leur alimentation (Lévêque *et al.* 1988). Un premier groupe constitué par les espèces du genre *Mormyrops* représenté, en ce qui concerne les présents travaux par *M. anguilloides* est un prédateur ichtyophage, consommant également des crevettes, de gros insectes aquatiques et des nymphes. Ces observations se vérifient en partie pour ce qui est des insectes dont la proportion calculée est de 80 p.c. Ce résultat est identique à celui de Yao (2006), pour les individus appartenant à la classe de taille comprise

entre 182 mm et 317 mm. Le résultat obtenu serait dû au fait que les individus représentant cette espèce de petite taille. Selon ce dernier auteur, au contraire des individus de petite taille, ceux de grande taille se nourrissent exclusivement de poissons.

Le deuxième groupe rassemble toutes les autres espèces de Mormyridae. Il s'agit de *Petrocephalus bovei*, *Pollimyrus isidori*, *Mormyrus rume*, *Marcusenius senegalensis* et *M. ussheri*. Elles se nourrissent sur le fond aux dépens de la faune des invertébrés (larves de Chironomidae et de Chaoboridae, d'Ephéméroptères, de Trichoptères mais aussi d'Ostracode). Pour ces 5 espèces, les insectes sont dominants dans les contenus stomacaux avec des indices d'occurrences respectifs de 50 p.c., 93 P p.c., 33 p.c. et 100 p.c.

Chez *M. rume* et *M. senegalensis*, cette proie préférentielle est accompagnée de vase avec de faibles occurrences (0,05 p.c. et 0,04 p.c.) montrant ainsi que ces proies proviennent du fond. Selon, les auteurs cités plus haut, les petits Mormyridae (*Petrocephalus*), en plus des insectes, peuvent consommer une quantité importante de zooplancton.

Chez les Schilbeidae, seul le genre *Schilbe* est représenté à travers les espèces *Schilbe mandibularis* et *S. intermedius*. Les contenus stomacaux sont tributaires d'une large gamme de proies. Selon les conclusions tirées par Lévêque *et al.* (1988) de plusieurs travaux (*e.g.* Graham, 1929 ; Worthington, 1932 ; Ricardo, 1939 ; Hulot, 1950 ; Corbet, 1961 ; Blache, 1964 ; Groenewald, 1964 ; Petr, 1967, 1974 ; Mock, 1974 ; Vidy, 1976 ; Olatunde, 1979), le genre *Schilbe* regroupe des espèces qui ont un régime à base de larves d'insectes, d'insectes terrestres, de crevettes, de petits poissons, de graines et de fruits avec une tendance affichée pour l'ichtyophagie. D'après les résultats des analyses des contenus stomacaux chez ces deux espèces, l'ichtyophagie serait mieux développée chez *Schilbe intermedius*.

Il est possible que ces résultats soient insuffisants particulièrement dans le cas de la détermination du phytoplancton. Cependant, les différences tendances obtenues sont globalement conformes aux conclusions de Lévêques *et al.* (1988) relatives aux poissons d'eau douce africaine. Par ailleurs, selon Vidy (1976), les rivières de Côte d'Ivoire, présentent un lit mineur réduit et une absence de débordement de sorte que les régimes alimentaires des poissons ne subissent pas de variations très notables. En ce qui concerne l'influence de l'âge des poissons, il est connu que toutes les espèces ne gardent pas le même régime tout le long de leur croissance (Yao, 2006).

Conclusion

Au total 6313 items alimentaires répartis en 7 types de proies appartenant à la fois au règne animal (crustacés, poissons, insectes, mollusques, coquillages, ossements et zooplancton) et au règne végétal (fruit et végétaux divers) ont été isolés et identifiés. En dehors de ces proies, l'analyse des contenus stomacaux révèle la présence de la vase et des pierres. Toutes les espèces, à l'exception de *Alestesbaremoze*, *Brycinus imberi*, *Raiamas nigeriensis* et *Marcusenius ussheri* consomment plus d'une proie. Les insectes constituent la principale proie des poissons collectés. Quatre groupes trophiques classiques ont été identifiés. Il s'agit des omnivores, des piscivores, des phytophages et des invertivores avec une dominance du dernier groupe.

III- ETABLISSEMENT D'UN INDICE D'INGRITÉ BIOTIQUE (IIB)

Introduction

L'indice d'intégrité biotique basé sur le poisson est une mesure synthétique colligeant plusieurs caractéristiques des communautés de poissons. Il permet d'évaluer l'état de santé des cours d'eau tant sur le plan spatial que temporel. Cet outil de suivi a été développé pour les ruisseaux du Midwest des Etats-Unis et adapté à plus d'une centaine de reprises pour les écosystèmes aquatiques de tous les continents. Cette partie du travail comprend les caractéristiques du peuplement de poissons concerné, les guildes des différentes espèces de poissons et les paramètres retenus. L'indice d'intégrité biotique et la classe d'intégrité sont ensuite établis pour chaque site mais également pour les différents bassins et la zone côtière.

1- Choix du peuplement ichthyologique et caractéristiques anthropiques des sites

Le peuplement utilisé pour la réalisation de l'indice d'intégrité biotique, concerne les individus capturés lors des campagnes d'échantillonnage à la pêche électrique uniquement dans 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire (Niouniourou, Boubo, Agnébi, Gô, Mé). Les poissons de deux autres bassins (San Pédro et Tanoé) échantillonnés en 16 stations, ont été utilisés pour les tests de validation externe de l'indice d'intégrité biotique. Le choix des résultats des captures faites avec la pêche électrique s'est imposé pour cette étude car malgré les dispositions prises pour standardiser l'échantillonnage des poissons dans toutes les stations (condition d'une juste comparaison des stations, en l'absence d'un peuplement de référence), les caractéristiques des plan d'eau (profondeur et/ou largeur) commandaient l'usage d'un seul engin de pêche (pêche électrique ou filets maillants) et jamais les deux à la fois. Par ailleurs, au chapitre concernant la communauté des poissons, il a été montré que certaines espèces ne sont spécifiquement récoltées que par l'un ou l'autre engin. Comparer deux stations échantillonnées avec des engins différents, semble inapproprié. En outre, il a été difficile de standardiser l'utilisation des filets maillants dans la mesure où ce n'est pas dans toutes les stations nécessitant l'usage des filets, que toutes les mailles ont été déployées pour l'investigation. Par conséquent, l'établissement de l'indice d'intégrité biotique n'a tenu compte que des résultats des pêches électriques.

Au total, 6934 individus collectés dans ces bassins sont concernés par cette étude. Environ 75 individus ont été capturés en moyenne par station. En ce qui concerne les bassins, un maximum de 259 individus a été enregistré dans le bassin de la rivière Mé contre 163 individus dans le bassin de Niouniourou où la plus petite collecte a été réalisée.

Ce peuplement a été enregistré dans un environnement fortement influencé par les activités humaines. En effet, les observations faites pendant les campagnes d'échantillonnage indiquent pour un échantillon de 72 sites, un total de 3 types d'activités humaines (Figure 17). Il s'agit des activités agricoles (plantations de caféiers, cacaoyers, bananiers, palmiers à huile, cultures vivrières), des activités d'aménagement (construction de ponts, création de villages et campements et réalisation de barrages destinés à la pêche) et l'usage de divers produits chimiques (détergents dans le cadre des lessives, des vaisselles et des toxines utilisées pour la pêche).

Le taux d'occurrence des activités agricoles est de 73 p.c. avec pour composante dominante les plantations de cacaoyers suivi des plantations de nouvelles cultures dont le palmier à huile et l'hévéa. Ce type d'activité est ensuite associé à l'usage des détergents pour 4 p.c. et à l'aménagement de territoire pour 7 p.c. Les aménagements représentent 3 p.c. des activités anthropiques. Dans 12 p.c. des sites aucune activité n'a été observée. Dans 1p.c. des sites, on observe l'association des 3 types d'activités. Le type d'activité le moins répandu est l'usage de toxines pour la pêche qui n'est observé que dans 2 sites.

2- Guildes des poissons collectés

Le tableau XVII présente les espèces recensées dans les 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire pour la période d'échantillonnage de décembre 1999 à mars 2001 ainsi que les guildes correspondantes. Les guildes prises en compte pour chaque espèce sont les guildes trophiques, le statut géographique (originaire ou non- native des bassins étudiés), le type systématique des espèces de poissons et la réaction de l'espèce vis-à-vis de la dégradation (tolérance ou non) de l'environnement. A l'exception de la guildes de tolérance/intolérance, les points 1 ou 0 sont affectés aux différentes espèces pour toutes les autres guildes.

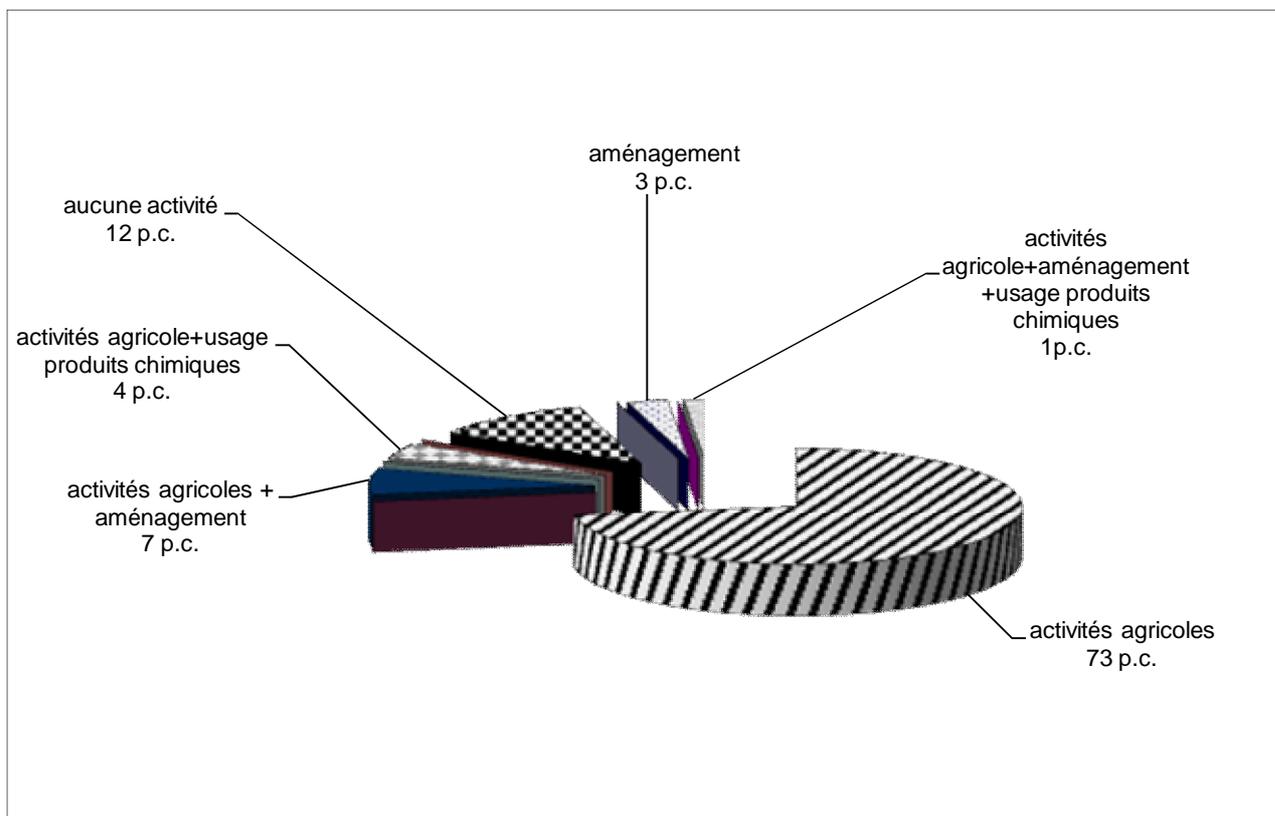


Figure 17 : Taux d'occurrence des principales activités humaines sur les sites d'échantillonnage au niveau des bassins côtiers étudiés de décembre 1999 à mars 2001.

Tableau XVII : Guildes des poissons capturés dans 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire (a : valeur d'intolérance; b : benthiques et siluriformes ; c : espèces étrangères; d : espèces piscivores; e : espèces omnivores; f : espèces invertivores; g : espèces phytophage et zooplanctonophages ; h : espèces tolérantes ; i : espèces migratrices ; j : espèces Characiformes et Cyprinodontiformes, k : espèces Mormyridae ; l : espèces Cichlidae ; m : espèces Cyprinidae ; n : espèces hybride ; 1 = pour identification à la guildes et 0 = pour la non attribution de la guildes à l'espèce).

ESPECES	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<i>Barbus trispilos</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. ablakes</i>	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>B. punctitaeniatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. macrops</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. boboi</i>	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. sublineatus</i>	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Labeo parvus</i>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Raiamas nigeriensis</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Brycinus longipinnis</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>B. macrolepidotus</i>	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>B. imberi</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Micralestes elongatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>M. occidentalis</i>	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Synodontis bastiani</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. schall</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thysochromis ansorgii</i>	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tilapia zillii</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>T. mariae</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>T. hybride (T. guineensis X T. zillii)</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>T. guineensis</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chromidotilapia guntheri</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Oreochromis niloticus</i>	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Hemichromis fasciatus</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>H. bimaculatus</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. maurus</i>	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nannocharax fasciatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolebias unifasciatus</i>	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parachanna obscura</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hepsetus odoe</i>	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ctenopoma petherici</i>	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterobranchus longifilis</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>H. isopterus</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Clarias ebriensis</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. anguillaris</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. gariépinus</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. buettikoferi</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Schilbe mandibularis</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. intermedius</i>	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypterus endlicheri</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Petrocephalus bovei</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Tableau XVII (suite)

ESPECES	a	b	c	d	E	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<i>Pollimyrus isidori</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Marcusenius ussheri</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>M. senegalensis</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Awaous lateristriga</i>	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphilius atesuensis</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malapterurus electricus</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poropanchax rancurelli</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Rhexipanchax schioetzi</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Applocheilichthys spilauchen</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Fundulopanchax walkeri</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Epiplatys etzeli</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. chaperi chaperi</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. chaperi scheljuzhkoii</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. dageti</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Kribia nana</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Pour ce qui est de la guildes de tolérance/intolérance, elle se rapporte au comportement de chaque espèce vis-à-vis de la dégradation. Les points attribués varient de 1 à 5. Les valeurs les plus basses sont attribuées aux espèces tolérantes et les valeurs les plus élevées aux espèces intolérantes vis-à-vis de la dégradation de l'environnement, désignées quelque fois sous le terme de « espèces nobles ».

Les premières espèces qui disparaissent en cas de dégradation du milieu sont considérées comme non tolérantes tandis que les dernières espèces à y demeurer sont dites tolérantes. Entre les deux extrêmes, des valeurs intermédiaires sont attribuées en fonction du degré de tolérance de l'espèce vis-à-vis de la dégradation.

Au total, 9 guildes sont identifiées. Il s'agit des guildes intolérance, benthiques et siluriformes, espèces étrangères, espèces piscivores, omnivores, invertivores, phytophages, espèces tolérantes et espèces migratrices.

Au plan quantitatif, 40 p.c des espèces étudiées sont invertivores. Les espèces non natives et les espèces migratrices sont les moins nombreuses. Elles représentent 4 p.c. des poissons enregistrés. Les piscivores représentent 16 p.c., les omnivores 21 p.c., les invertivores 40 p.c. et les phyto- zooplanctonophages 20 p.c. des poissons collectés. Les espèces benthiques au nombre de 12 représentent 21 p.c. de l'effectif global. Pour ce qui est de la réaction vis-à-vis de la dégradation du milieu, 22 p.c. des espèces sont tolérantes et 78 p.c. ont une réaction d'intolérance.

3- Calcul des métriques et attribution des scores

La valeur des métriques a été calculée en utilisant les guildes des poissons (annexe1) pour chaque station (N = 82 stations) échantillonnée, à l'exception d'une seule (M03) située sur la rivière Mé où aucun poisson n'a été récolté. Les valeurs maximales, moyennes et minimales des différentes métriques sont présentées dans le tableau XVIII. Des valeurs seuil ont été définies pour chaque métrique. A chacune de ces valeurs correspond un score qui peut être 1, 3 ou 5 (Tableau XIX). (1) : lorsque la valeur de la métrique suggère une mauvaise condition du milieu. (3) : quand il s'agit d'un milieu présentant des conditions moyennes de vie pour les poissons. (5) : pour les valeurs indiquant une bonne condition du milieu.

Tableau XVIII : Valeurs extrêmes et moyennes des métriques.

Métriques	Valeurs		
	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
MNSTOT	1	6	15
MNIND	1	66	259
MBIOM	0,2	215	1091
MSWI	0	1,75	4,17
MTOL	1	2,4	4,3
MPSINT	0,5	0,5	26
MNSBEN	1	1	4
MNSMOR	1	1	2
MNSCI	1	2	6
MNSCYP	1	1	4
MNSSILBEN	1	1	2
MNSCHACYP	1	2	5
MPSHYB	1,1	2,2	72
MNSTOL	1	3	9
MPIPIS	0,9	16,7	100
MPIOMN	1,6	40,7	100
MPIINV	0,75	23,8	86,3
MPIPP	0,4	11,7	100
MPIMIG	0,3	0,35	10,4

Tableau XIX : Valeurs et scores des métriques candidates à l'IIB des bassins côtiers de Côte d'Ivoire.

METRIQUES	SCORES		
	1	3	5
MNSTOT	1-6	7-12	13-15
MIND	1-70	74-189	190-259
MBIOM	0-226	227-685	910-1092
MSWI	0-1,5	1,6-2,3	2,4-4
MTOL	1-2	2,5- 3	4-5
MNSCYP	1-4	0-3	0
MNSCHACYP	0-1	2-3	4-5
MPIPIS	0-9	10-20	21-50
MPIOMN	73-100	30-63	10-29
MPIINV	0-22	23-69	70-78
MPIMIG	0,4-10	0- 0,3	0
MPSHYB	4-6	0-3	0
MNSMOR	0	0 -1	2
MNSBEN	0	1-2	3-4
MNSCI	0-1	2-3	4-6
MNSSILBEN	0	1-1,7	2
MPIPP	0-10	11-27	28-53
MNSTOL	1-2	3-6	0
MPSINT	0	0-15	16-27

4- Performance des métriques

4-1 - Distribution des métriques en fonction des bassins

La figure 18 présente la variation des différentes métriques en fonction des 5 bassins côtiers. L'analyse de cette figure permet de noter que 6 métriques sur 19 sont soit mal distribuées entre les bassins soit n'ont aucune fluctuation d'un bassin à l'autre. Il s'agit des métriques : espèces benthiques (Mnsben), espèces de Mormyridae (Mnsmor), espèces benthiques siluriformes (Mnssilben), espèces hybrides (Mpshyb), espèces migratrices (Mpimig) et espèces intolérantes (Mpsint).

Par ailleurs, les métriques (13) qui ont une meilleure distribution, ont été soumises à une analyse en composantes principales (ACP) basée sur leurs valeurs. Le tableau XX présente les valeurs moyennes des différentes métriques par rapport aux axes. Six de ces métriques soit (61 p.c.) sont corrélés positivement à l'axe 1. Il s'agit de : nombre total d'espèces (Mnstot), biomasse (Mbiom), indice de Shannon Wiener (Mswi), nombre d'espèces cypriniformes et characiformes (Mnschacyp), nombre d'espèces tolérantes (Mnstol), pourcentage d'espèces piscivores (Mpipis). Les métriques : pourcentage des omnivores (Mpiomn) et pourcentage d'individus phyto-zooplanctonophages (Mpipp) ont une corrélation négative avec cet axe.

La figure 19 montre la dispersion des stations des différents bassins côtiers de Côte d'Ivoire sur la base de ces paramètres. Les stations forment un bloc autour de l'axe 1 sous la forte influence des 5 métriques (Mpiomn, Mnschacyp, Mnstot, Mbiom et Mswi) sans une véritable dispersion malgré la position des deux autres paramètres (Mpipp et Mpipis). A cette étape de l'étude de la performance, 6 métriques sur 7 ayant une corrélation positive à l'axe principal semblent avoir une meilleure contribution à la définition de la qualité du milieu. Il s'agit des métriques Indice de diversité de Shannon Wiener (Mswi), pourcentage des individus omnivores (Mpiomn), le pourcentage des espèces Characiformes et Cypriniformes (Mnschacyp), la biomasse (Mbiom), le nombre total d'espèces (Mnstot) et le pourcentage d'espèces piscivores (Mpipis). Le pourcentage des individus phytophage-planctonophages a une contribution négative à l'axe1 (- 0,24510039). Cette métrique a donc été écartée du calcul de l'indice d'intégrité biotique vu qu'elle semble ne pas/ou moins contribuer à la définition de la qualité du milieu.

Tableau XX : Contribution des métriques aux différents axes issues de l'analyse en composantes principales basée sur les stations et les métriques.

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
MNSTOT	0,8992872	- 0,12271469	- 0,16191479	- 0,07599205	- 0,28986113
MBIOM	0,52792919	0,27355337	- 0,25104741	0,72704476	0,13745849
MSWI	0,71135063	0,22918825	- 0,04650992	- 0,32486021	0,57248436
MNSCHACY	0,61604663	- 0,62535484	- 0,10732099	- 0,29456076	- 0,06042968
MPIOMN	0,9012261	0,10474571	0,12171656	0,12542348	- 0,18267063
MPIPIS	0,15092726	0,69537381	0,59664449	0,00149773	- 0,04966657
MPIPP	- 0,24510039	0,49094842	- 0,76286915	- 0,10932527	- 0,06019589
Prp. Tot	3,56166662	1,04574003	- 0,61130121	0,04922768	0,06711895

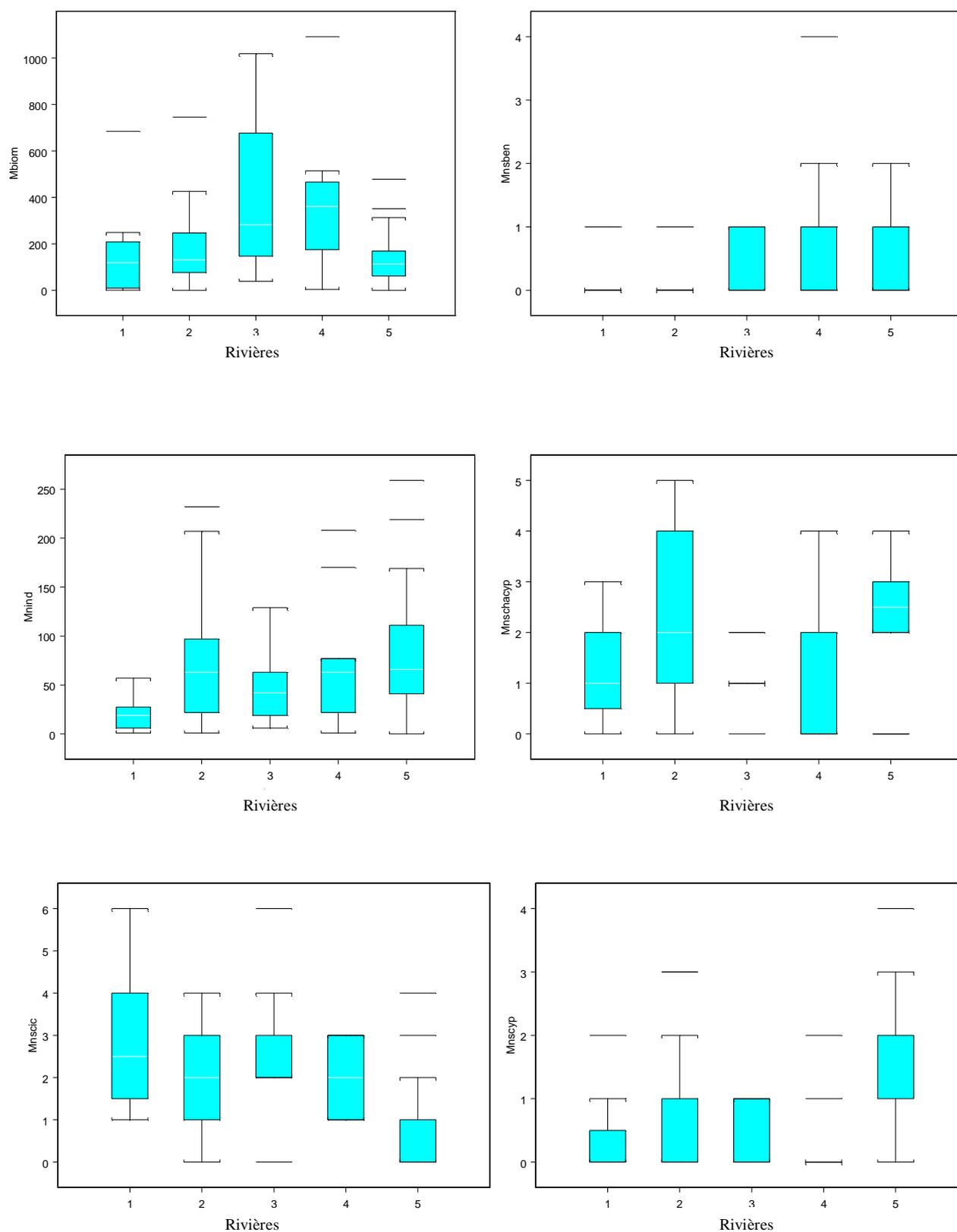


Figure 18(a) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001.

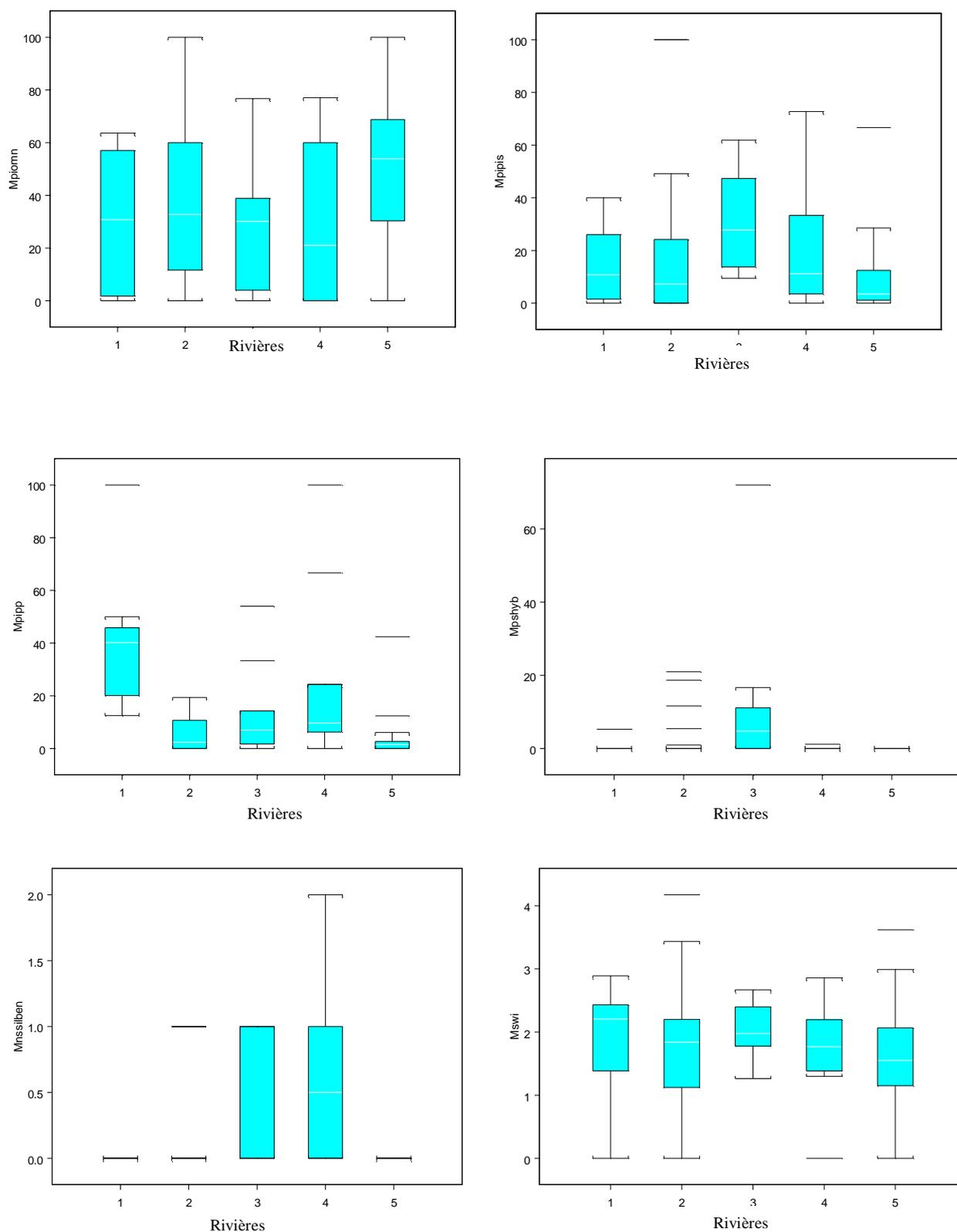


Figure 18 (b) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001.

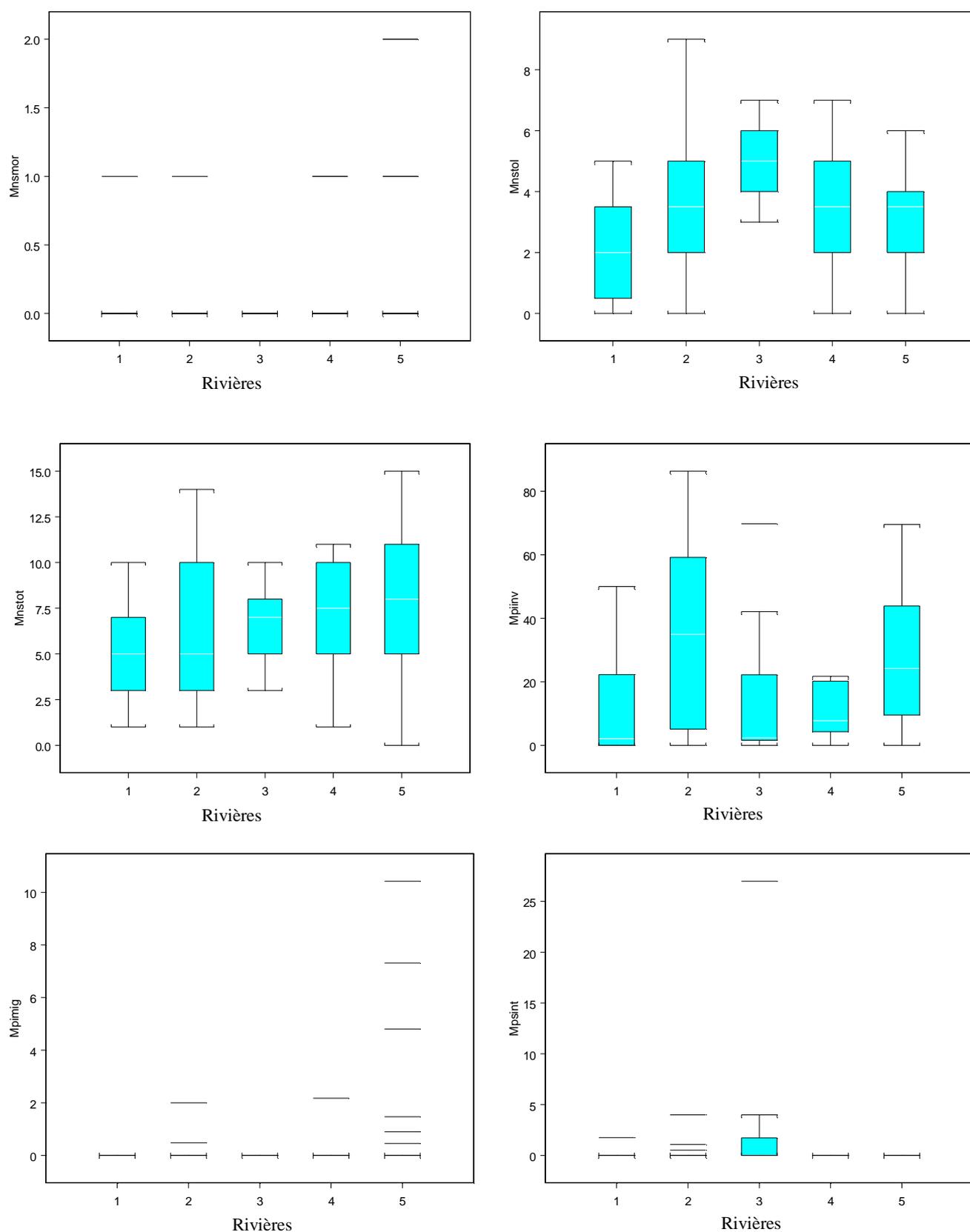


Figure 18 (c) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001.

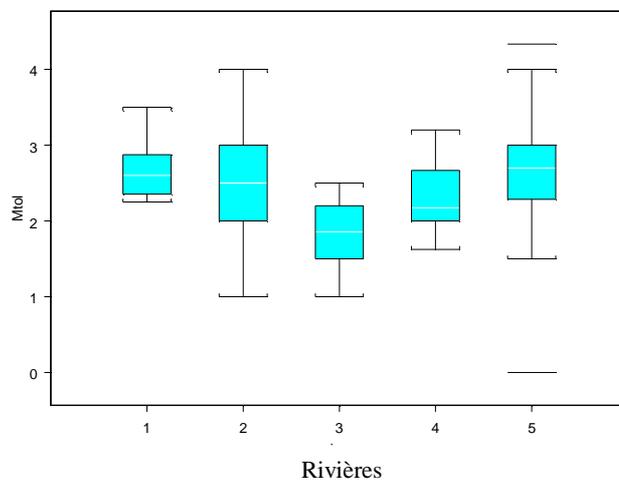


Figure 18 (d) : Variation des métriques en fonction des bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés de Décembre 1999 à Mars 2001.

4-2- Corrélation entre métriques et descripteurs environnementaux

La corrélation entre certains descripteurs environnementaux et les six métriques présentant une meilleure performance a été étudiée. Sur la base de la disponibilité des données, 3 descripteurs ont été choisis pour mesurer la corrélation qui les lie aux métriques retenues. Il s'agit des paramètres mesurables que sont la distance à la source, la largeur du bassin et le pourcentage de couverture ou la canopée.

Les valeurs des descripteurs ont été transformées par logarithme pour éliminer les effets de tailles ou de dimensions (pour la distance à la source et la largeur du bassin) et réparties en classes allant de 1 à 5. Une meilleure droite de régression adaptée pour 95 p.c. de la valeur du maximum de chaque métrique en considérant une marge d'erreur de 5 p.c. alternativement, a été tracée par classe (Figure 20 à 25). Dans l'ensemble, toutes les métriques ont une corrélation significative avec le descripteur distance à la source (coefficient de corrélation (r) est compris entre 0,52 (Mbiom) et 0,98 (Mnstot)). En ce qui concerne la canopée, seule la métrique portant sur le pourcentage d'individus omnivores y est corrélée significativement ($r = 0,76$). Pour ce qui est de la largeur du plan d'eau échantillonné, aucune corrélation significative ($P > 0,5$) n'est obtenue entre ce descripteur et les métriques (Tableau XXI). En conclusion ces six métriques ont été retenues pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique.

5- Calcul et validation de l'Indice d'Intégrité Biotique

La somme de tous les scores est calculée pour chaque station. La moyenne des scores est ensuite calculée en divisant ce total par le nombre de métriques utilisées. Le résultat obtenu correspond à la valeur de l'indice d'intégrité biotique (IIB) (Tableau XXII). Pour l'ensemble des sites à l'exception d'une station (M03) sur le bassin de la Mé où aucun poisson n'a été récolté, la moyenne générale de l'IIB est de 2,48. Cependant, les moyennes par stations oscillent entre 4,3 (valeur maximale) et 1 (valeur minimale).

Le test de Pearson réalisé entre les métriques et l'indice d'intégrité biotique d'une part et les métriques entre elles d'autre part, montre une corrélation positive entre les métriques et entre les métriques et l'IIB (Tableau XXIII). La métrique Mnschacyp a cependant, une corrélation négative avec plusieurs métriques notamment MBIOM, MPIPIS, MPIOMN. Toutes les métriques sont sensiblement bien corrélées ($r > 0,5$) avec l'IIB sauf MNSCHACYP. On n'observe aucune redondance ($r = 1$). L'analyse en composante principale (Figure 26) montre qu'il existe une contribution de celles-ci.

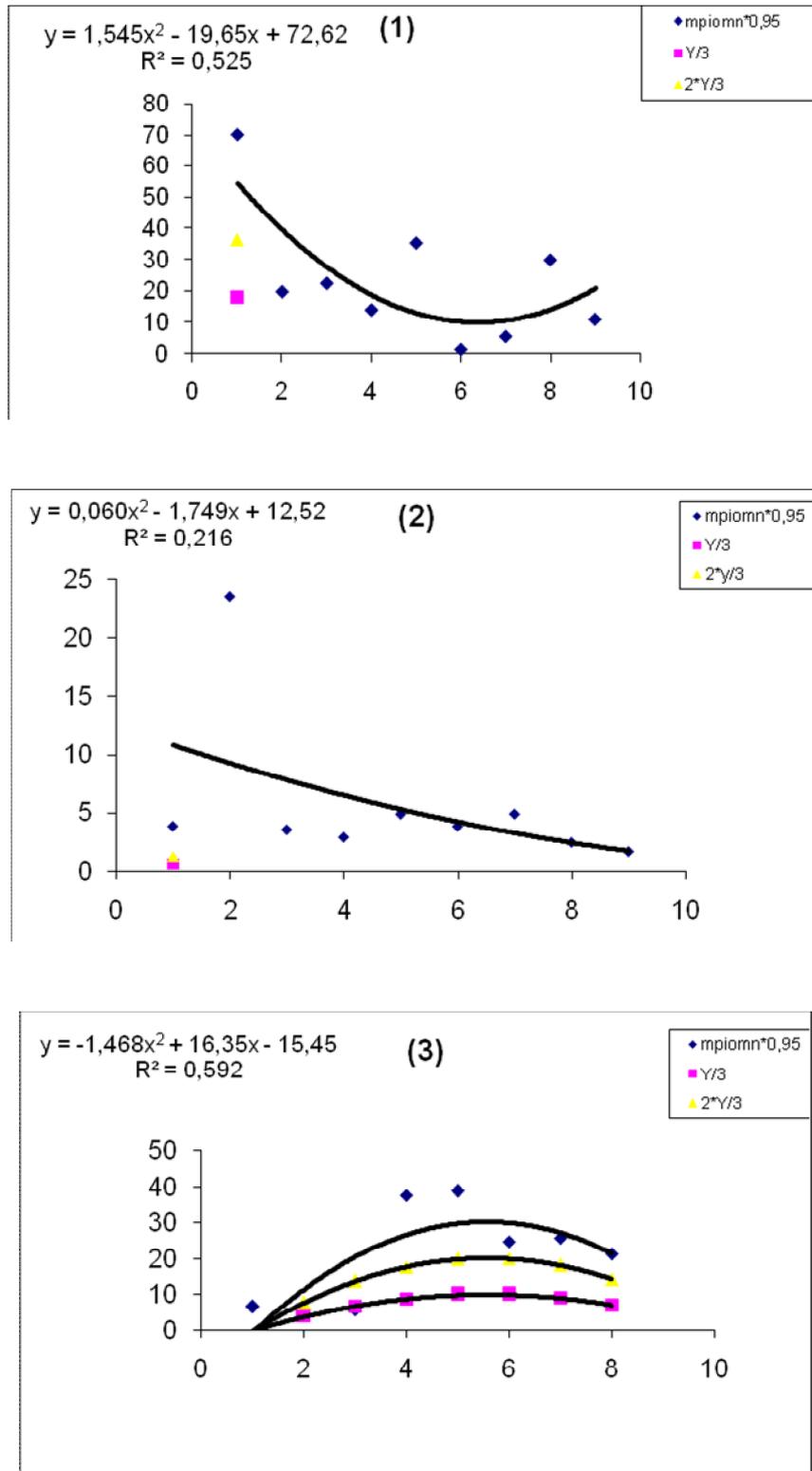


Figure 20 : Variation de la métrique pourcentage d'individus omnivores (Mpiomn) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1 = distance source, 2 = largeur moyenne et 3 = canopée)

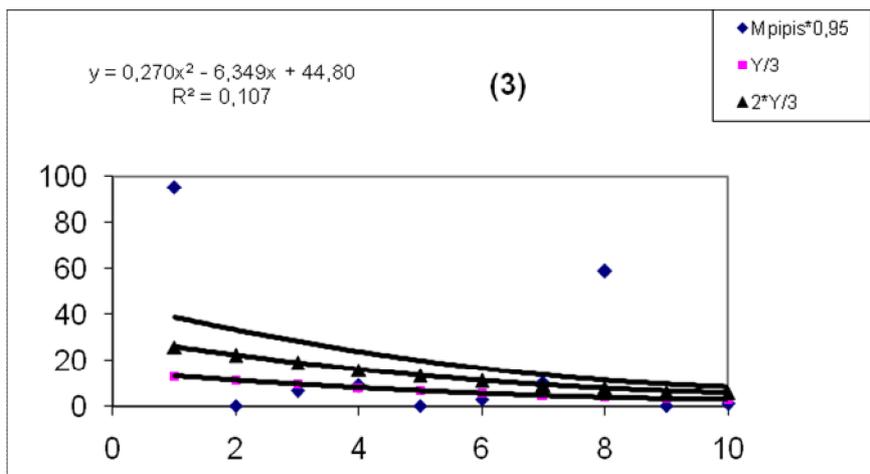
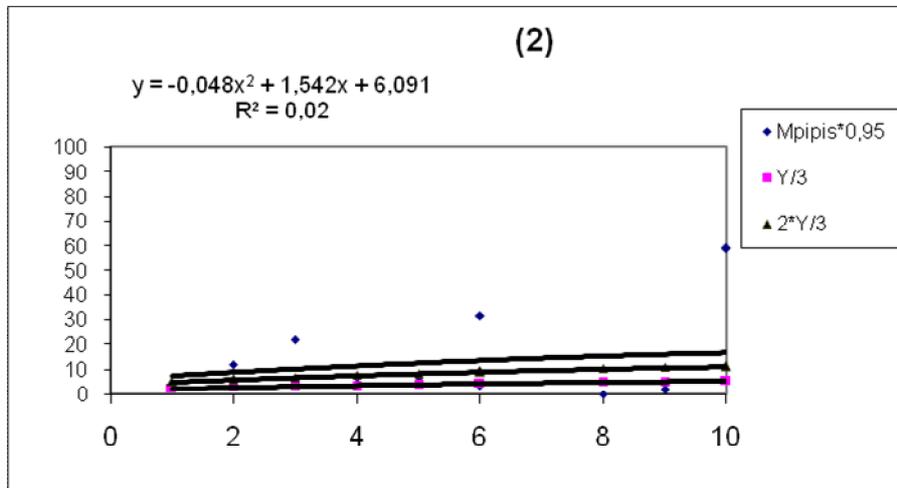
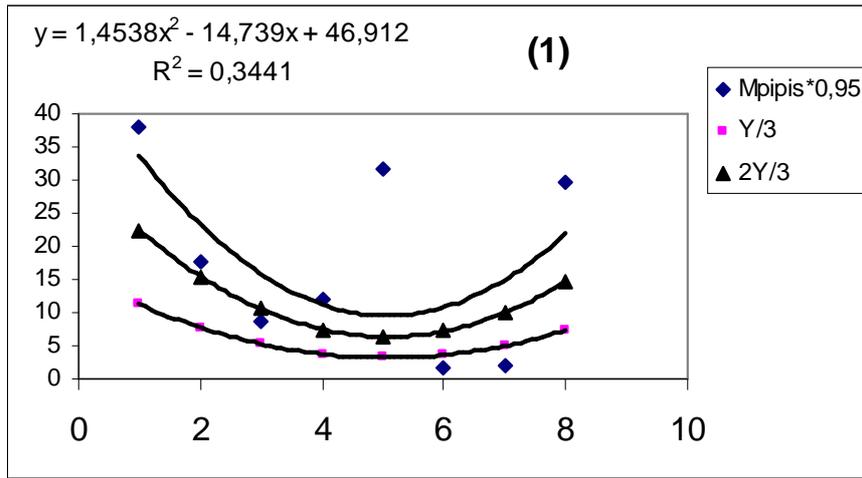


Figure 21 : Variation de la métrique Pourcentage d'individus piscivores (Mpipis) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1 = distance source, 2 = largeur moyenne et 3 = canopée)

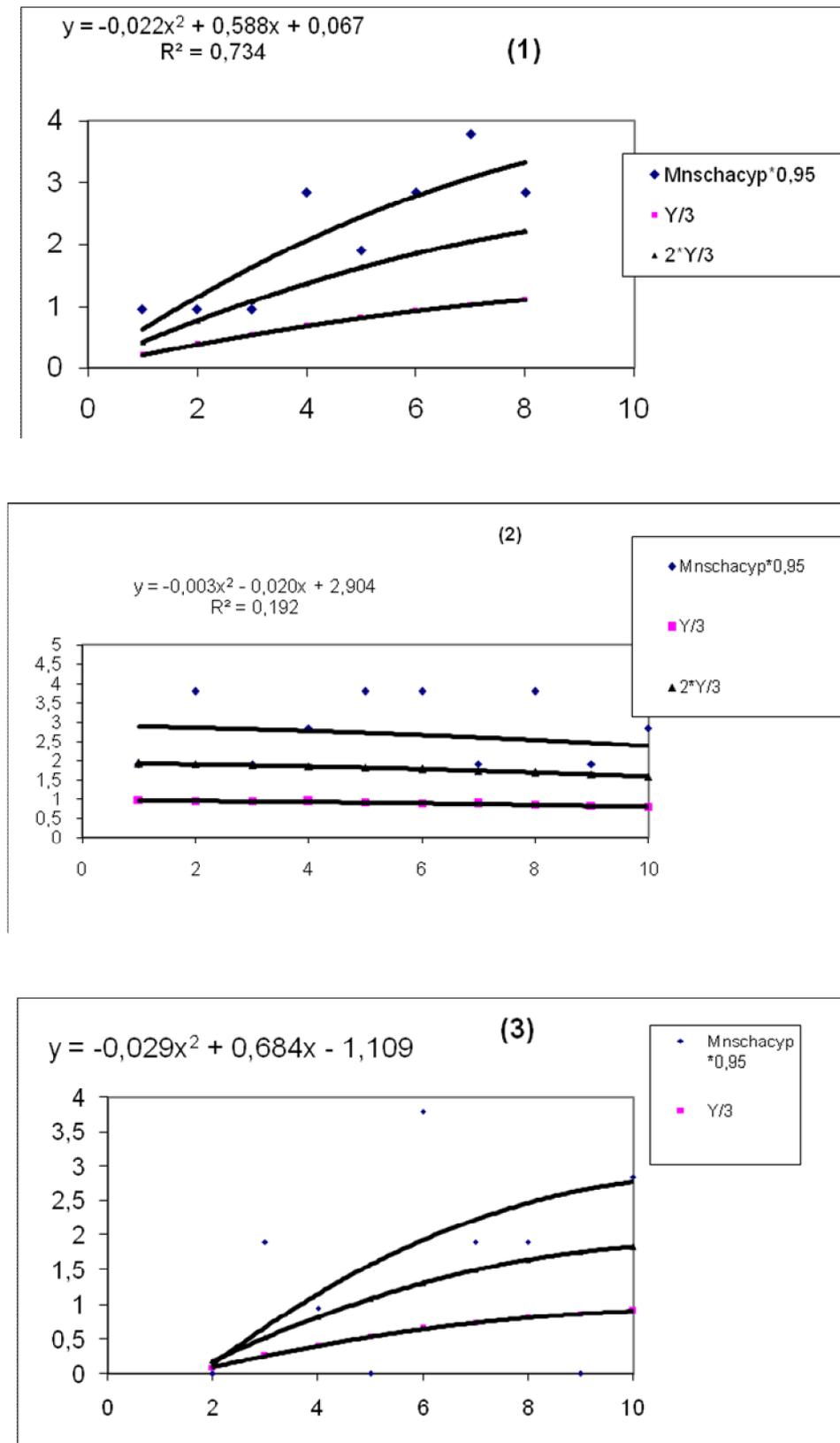


Figure 22 : Variation de la métrique Nombre d'espèces Characiformes et Cyprinodontiformes (Mnschacyp) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1= distance source, 2 = largeur moyenne et 3 = canopée).

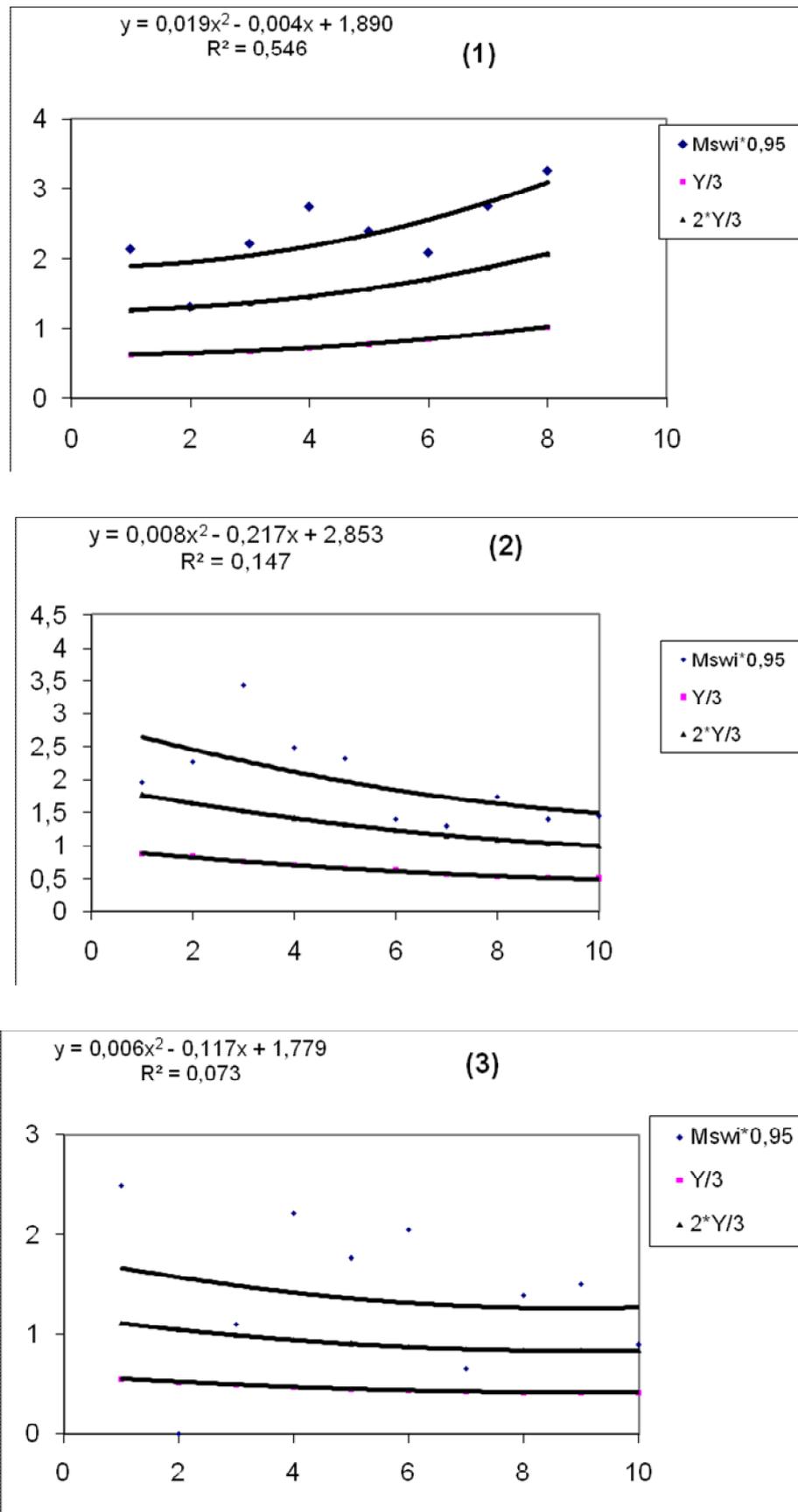


Figure 23 : Variation de la métrique Indice de diversité de Shannon-Weaver (Mswi) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1= distance source, 2= largeur moyenne et 3 = canopée)

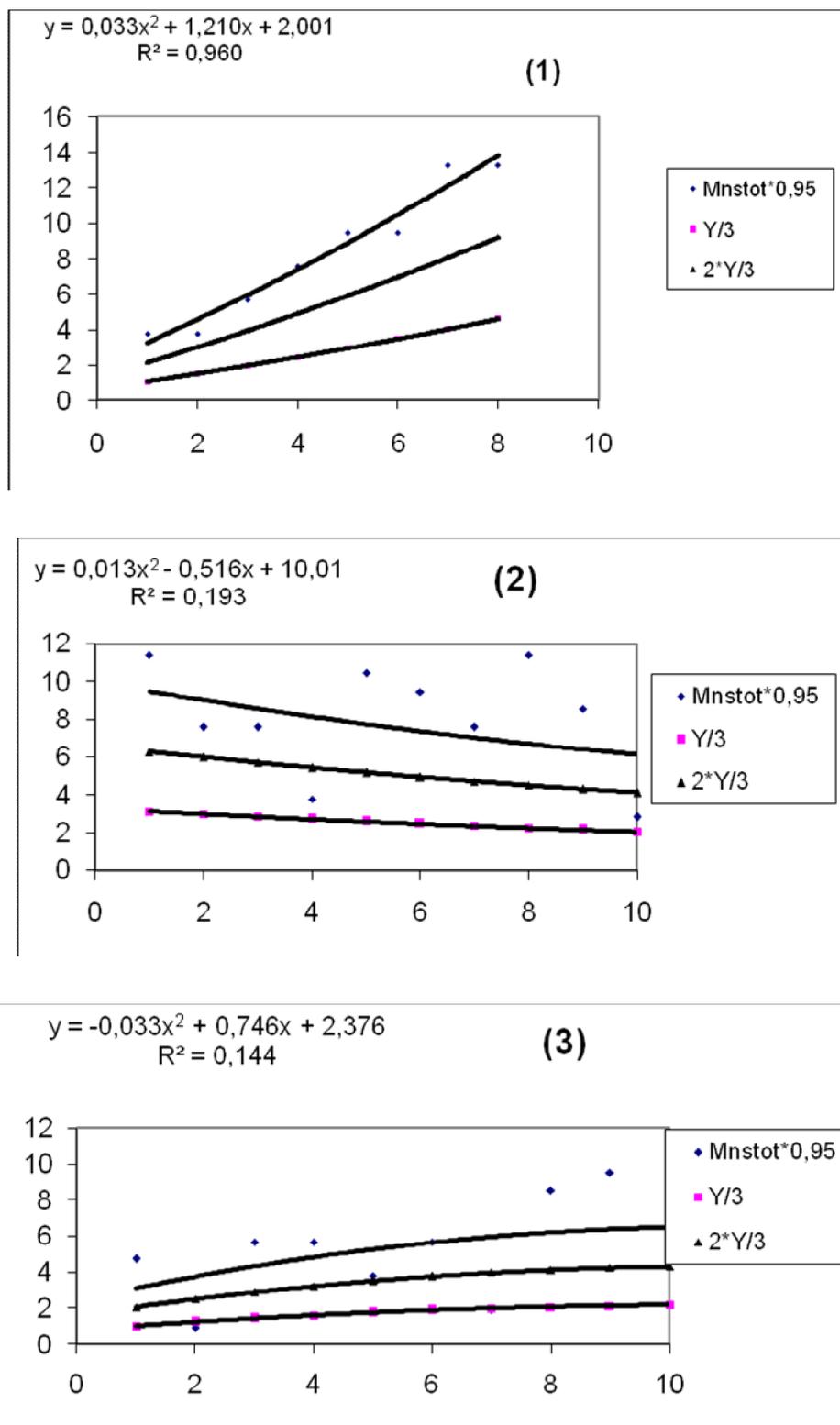


Figure 24 : Variation de la métrique Nombre total d'espèces (Mnstot) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1 = distance source, 2 = largeur moyenne et 3 = canopée).

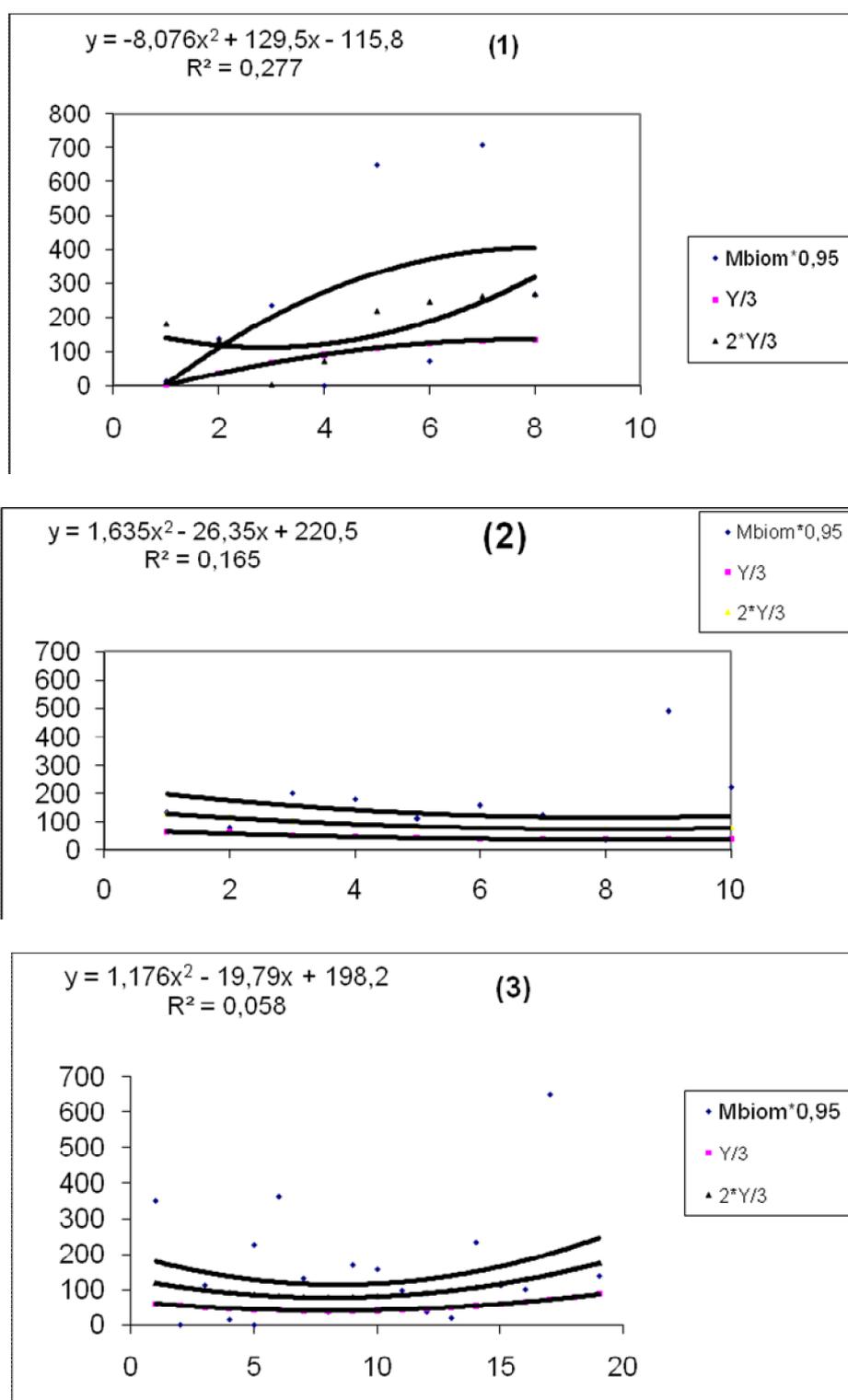


Figure 25 : Variation de la métrique Biomasse totale (Mbiomn) en fonction des classes des indicateurs environnementaux (1 = distance source, 2 = largeur moyenne et 3 = canopée).

Tableau XXI : Variation des coefficients de corrélation des métriques avec les descripteurs environnementaux choisis.

Métriques	distance à la source	largeur moyenne	canopée
MBIOM	0,52	0,4	0,24
MNSTOT	0,98	0,43	0,37
MSWI	0,73	0,38	0,27
MSCHACYP	0,85	0,43	0,58
MPIOMN	0,72	0,45	0,76
MPIPIS	0,58	0,14	0,32

Tableau XXII: Valeurs de l'indice d'intégrité biotique par station, classe d'intégrité et appréciation de la qualité du milieu.

Stations	Total score	IIB	Classe d'Intégrité	Appréciation
N02	10	1	1	très mauvais
N03	18	3	3	modéré
N04	12	2	2	mauvais
N08	16	2,6	3	modéré
N10	10	1,6	2	mauvais
N12	10	1,6	2	mauvais
N13	24	4	4	bon
N15	12	2	2	mauvais
A01	8	1,3	1	très mauvais
A02	20	3,3	3	modéré
A03	8	1,3	1	très mauvais
A04	16	2,6	3	modéré
A06	10	1,6	2	mauvais
A07	8	1,3	1	très mauvais
A08	12	2	2	mauvais
A11	12	2	2	mauvais
A12	6	1	1	très mauvais
A13	6	1	1	très mauvais
A16	14	2,3	2	mauvais
A17	14	2,3	2	mauvais
A18	12	2	2	mauvais
A19	18	3	3	modéré
A20	16	2,6	3	modéré
A22	16	2,6	3	modéré
A23	14	2,3	2	mauvais
A26	6	1	1	très mauvais
A30	16	2,6	3	modéré
A31	26	4,3	4	bon
A32	18	3	3	modéré
A33	20	3,3	3	modéré
A34	26	4,3	4	bon
A35	18	3	3	modéré
A36	26	4,3	4	bon
A37	16	2,6	3	modéré
A38	22	3,6	4	bon
A39	12	2	2	mauvais
A40	18	3	3	modéré
A41	26	4,3	4	bon
G07	20	3,3	3	modéré
G08	18	3	3	modéré
G09	20	3,3	3	modéré

Tableau XXII (suite).

Stations	Total score	IIB	Classe d'Intégrité	Appréciation
G11	20	3,3	3	modéré
G12	14	2,3	2	mauvais
G13	14	2,3	2	mauvais
G14	14	2,3	2	mauvais
G15	18	3	3	modéré
G16	16	2,6	3	modéré
B08	16	2,6	3	modéré
B09	14	2,3	2	mauvais
B10	10	1	1	Très mauvais
B11	16	2,6	3	Modéré
B12	10	1,6	2	Mauvais
B13	22	3,6	4	Bon
B14	24	4	4	Bon
B15	16	2,6	3	Modéré
B16	18	3	3	Modéré
B17	22	3,6	4	Bon
M03	0	0	0	Mort
M05	16	2,6	3	Modéré
M09	10	1,6	2	Mauvais
M10	12	2	2	Mauvais
M12	12	2	2	Mauvais
M13	10	1,6	2	Mauvais
M14	10	1,6	2	Mauvais
M15	18	3	3	Modéré
M16	14	2,3	2	Mauvais
M17	16	2,6	3	Modéré
M20	8	1,3	1	très mauvais
M21	14	2,3	2	Mauvais
M22	14	2,3	2	Mauvais
M23	12	2	2	Mauvais
M25	16	2,6	3	Modéré
M26	22	3,6	4	Bon
M27	18	3	3	Modéré
M30	12	2	2	Mauvais
M31	18	3	3	Modéré
M32	18	3	3	Modéré
M33	20	3,3	3	Modéré
M34	14	2,3	2	Mauvais
M35	16	2,6	3	Modéré
M36	22	3,6	4	Bon
M37	12	2	2	Mauvais
M38	14	2,3	2	Mauvais

Tableau XXIII : Corrélations de Pearson entre les métriques, entre l'IIB et les métriques.
(significative pour $p < 0.05$).

Variable	MNSTOT	MBIOM	MNSWI	MNSCHACYP	MPIPIS	MPIOMN
MNSTOT	1	0,38	0,45	0,61	0,1	0,2
MBIOM	0,38	1	0,29	-0,05	0,3	0,11
MNSWI	0,45	0,29	1	0,39	0,33	0,26
MNSCHACYP	0,61	-0,05	0,39	1	-0,18	-0,11
MPIPIS	0,1	0,3	0,33	-0,18	1	0,41
MPIOMN	0,2	0,11	0,26	-0,11	0,41	1
IIB	0,72*	0,51*	0,77*	0,45*	0,6*	0,51*

Elles sont sensiblement bien corrélées avec l'IIB et on n'observe aucune redondance. Il est donc possible de conclure que les six métriques contribuent d'une manière semblable à établir l'IIB.

5-1- Contribution des métriques à l'IIB

La corrélation de Pearson entre, d'une part les six métriques ayant une meilleure performance comme indiqué plus haut et, d'autre part entre elles et l'IIB, montre une faible corrélation dans les deux cas (Tableau XXIII). Cependant, une Analyse en Composantes Principales (ACP), avec les scores des métriques indique une contribution positive de scores de métriques relatives à l'indice de Shannon Weiner (Smwi), au nombre total d'espèces (Smnstot) et au nombre d'espèces characiformes et cypriniformes (Smnschacyp) (Figure 26). Pour la validation interne de l'indice une marge de 75.6p.c. a été considérée comme acceptable.

5-2- Validation de l'IIB

Elle se fait à deux niveaux, interne et externe. En utilisant les points affectés à chaque degré de perturbation, les valeurs d'IIB ont été comparées à ceux-ci et ce pour les différents sites visités sur les 5 bassins côtiers (pour la validation interne). La même méthode de vérification a été également appliquée pour les deux autres rivières témoins (San-Pedro et Tanoé) où les poissons ont été collectés (validation externe). Au plan interne, en termes de qualité, la comparaison des résultats obtenus avec l'appréciation des degrés de perturbation des sites sur le terrain et codifié en point allant de 1 à 5, ont été comparées aux valeurs de l'indice d'intégrité biotique calculées pour les différentes stations. Cette comparaison a permis de faire trois observations. Premièrement pour N = 83,72 p.c. des sites donnent un test positif. Dans 7 p.c. des cas, les indications sur le terrain contribuent à sous estimer la qualité du milieu au regard de celle indiquée par les valeurs de l'IIB.

Enfin, la surestimation de la qualité du milieu sur terrain concerne 21 p.c. des stations. Au plan externe, il s'agit d'appliquer la méthode de calcul de l'IIB aux bassins côtiers que sont San- pédro et Tanoé dont les stations n'ont pas été pris en compte dans les calculs précédents pour tester la fiabilité de l'IIB. Pour ce test, seules les six métriques qui ont présenté une meilleure performance après les différentes analyses, ont été utilisées pour calculer l'IIB.

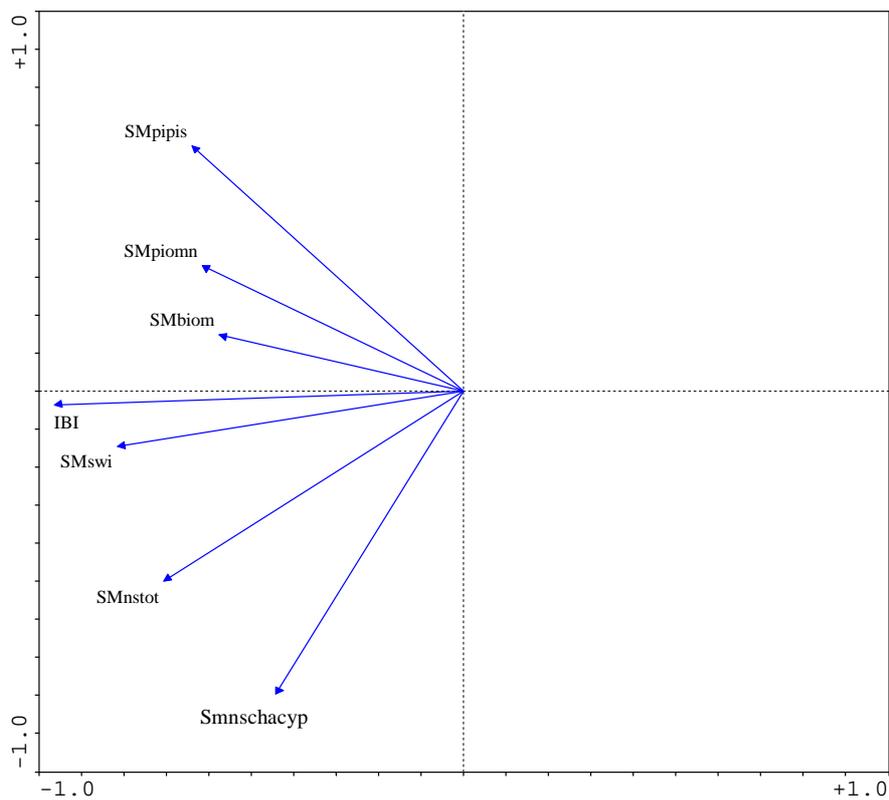


Figure 26 : Analyse en composantes principales (ACP) des scores des métriques et l'indice d'intégrité biotique.

Les résultats obtenus au plan de la qualité des sites, ont été comparés avec les points de perturbation accordés aux différentes stations sur le terrain. Trois observations se dégagent: premièrement, les valeurs de l'IIB calculées aboutissent à la même qualité de l'eau que les indications (degré de perturbation) données sur le terrain pour 72 p.c. des stations. Deuxièmement, pour 7 p.c. des sites, les valeurs de l'IIB obtenues aboutissent à des qualités du milieu en dessous de celles indiquées sur le terrain. Troisièmement, dans 21 p.c. des cas les indications de la qualité du milieu en fonction des valeurs de l'IIB sont au dessus de l'évaluation faite sur le terrain.

En conclusion, les différentes analyses sur la performance des métriques et la validation de l'IIB, montrent que certaines métriques sont plus performantes que d'autres en matière de contribution à l'IIB. Cette observation serait liée soit au fait qu'elles sont mal distribuées sur l'ensemble des points échantillonnés (invariabilité, hétérogénéité, absence dans plusieurs sites), soit au fait qu'elles ont une mauvaise corrélation avec l'IIB. Ces observations indiquent également qu'il faut faire un tri pour ne retenir que celles qui ont un lien significatif avec l'IIB. Dans le cas de cette étude, au regard des résultats obtenus dans les deux bassins qui ont été utilisés pour la validation externe (San-pédro et Tanoé), six des 19 métriques candidates, pourraient être considérées comme capables de donner des résultats satisfaisants en matière de calcul de l'indice d'intégrité biotique dans cette zone côtière. Par ailleurs, les deux validations internes et externes indiquent que l'IIB distingue bien les bonnes stations et les moins bonnes mais avec une légère tendance à la surévaluation (environ 20p.c.).

6- Classe d'Intégrité

Le tableau XXIV présente les classes d'intégrité attribuées aux valeurs moyennes d'IIB. Ainsi, pour les valeurs inférieures à 1,50, la classe "1" est attribuée. La classe "2" est indiquée pour les valeurs comprises entre 1,5 et 2,5. Pour les valeurs d'IIB comprises entre 2,5 et 3,5, la classe "3" est retenue. La classe "4" est attribuée pour les valeurs moyennes d'IIB comprises entre 3,5 et 4,5. La classe "5" est retenue pour les valeurs au-delà de 4,5. Au total, les classes obtenues vont de "0" à "4" pour l'ensemble des bassins. La classe "0" a été attribuée pour les valeurs inférieures à 1. A l'exception de la classe "5", toutes les autres classes d'intégrité, sont observées dans la zone côtière étudiée. Au niveau de la rivière Go, seules les classes "2" et "3" sont attribuées. Par ailleurs, une seule station M03 s'est vue attribuée la classe "0". Les autres classes d'intégrité allant de "1" à "4" sont inégalement distribuées entre les bassins.

Tableau XXIV : Valeurs de l'indice d'intégrité biotique et les classes d'intégrité correspondantes

Indice d'Intégrité Biotique	Classe d'Intégrité	Appréciation
0	Classe 0	Eau morte
1 - 1.49	Classe 1	Très mauvaise eau
1.5 - 2.49	Classe 2	Mauvaise eau
2.5 – 3.49	Classe 3	Eau moyenne ou modérée
3.5 – 4.49	Classe 4	Bonne eau
4.5 – 5	Classe 5	Très bonne eau

6-1- Répartition des classes d'intégrité dans la zone côtière et au niveau des différents bassins

Les figures 27, 28, 29, 30, 31 et 32 représentent la distribution des classes d'intégrité au niveau de la zone côtière d'une part et d'autre part, de chacun des 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire échantillonnés. Les classes d'intégrité sont distribuées de manière inégale dans la zone côtière et au niveau de chaque rivière. Les classes d'intégrité "2" et "3" sont les mieux distribuées dans la zone côtière. La classe 4, bien que représentée au niveau de toutes les rivières, à l'exception de la rivière Gô, ne concerne pas un grand nombre de sites.

La classe 3 est la mieux distribuée au niveau des rivières Agnébi, Gô et Boubo. Comparé aux autres bassins, la rivière Agnébi a la meilleure distribution de cette classe "3". Au niveau des bassins de la Mé et Niouniourou c'est la classe "2" qui a une meilleure distribution. La classe 1 bien que n'ayant pas une meilleure distribution dans l'ensemble des rivières, est néanmoins bien représentée au niveau de la rivière Agnébi.

6-2- Distribution des classes d'intégrité biotique le long des bassins

Les figures 33 à 37, présentent la distribution des classes d'intégrité le long des différents bassins qui ont fait l'objet de cette étude. Le bassin de l'Agnébi, présente 4 classes d'intégrité allant de "1" à "4". Six stations ont été rangées dans la classe 1, huit dans la classe 2, onze dans la classe 3 et quatre dans la classe "4". Au niveau du bassin de l'Agnébi, les sites correspondant aux classes extrêmes "1" et "4" sont respectivement pour la classe d'intégrité "1" : A1 (Offa), A3 (Kohosso), A7 (Adahou sud), A12 (Akradjo), A13 (Akradjo Nord), A23 (Ehoueguié) et pour la classe d'intégrité 4 : A35 (Agbodji-forêt classée), A36 (Agbodji-forêt classées, A41 (Lélé), A39 (Lélé) et A38 (Agoua- source Agnébi).

Au niveau de la rivière Boubo (Fig 33), une seule station est rangée dans la classe "1", deux stations dans la classe "2", quatre dans la classe "3" et trois sites dans la classe "4". Pour les classes extrêmes, les sites respectifs sont pour la classe d'Intégrité 1 : B10 (Akokpa) et pour la classe d'intégrité "4" : B17 (Loughithé), B13 et B14 (Pont Sangakédougou).

En ce qui concerne le bassin de la Mé (fig. 34), onze stations ont été rangées dans la classe 2, une dans la classe "1", huit dans la classe "3" et deux dans la classe "4". Pour les classes extrêmes "0" et "4", les sites respectifs sont M3 (pont vers N'zodi) et M26 (Apiadji) et M36 (Campement Mafoumin).

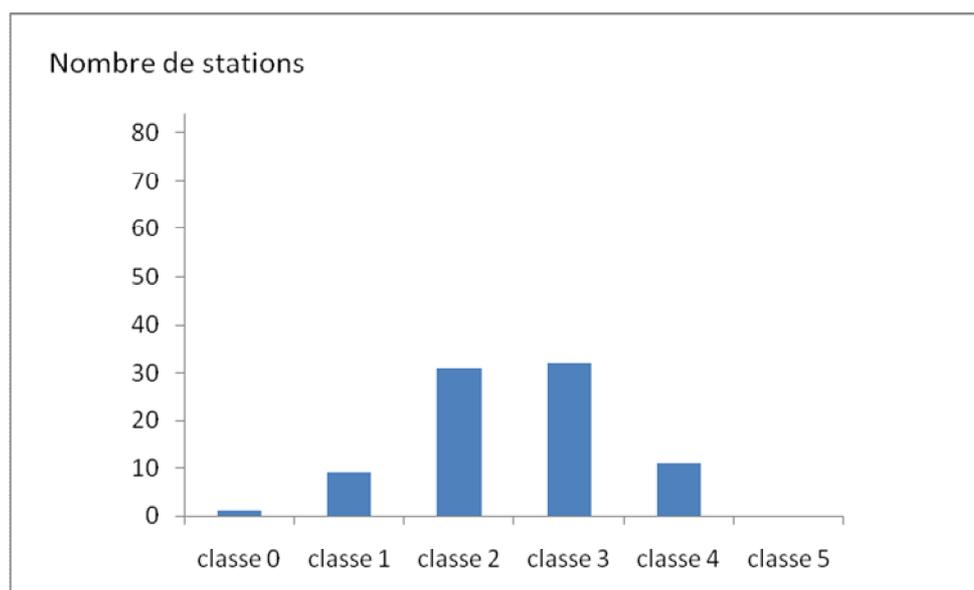


Figure 27 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau de la zone côtière échantillonnée de décembre 1999 à mars 2001.

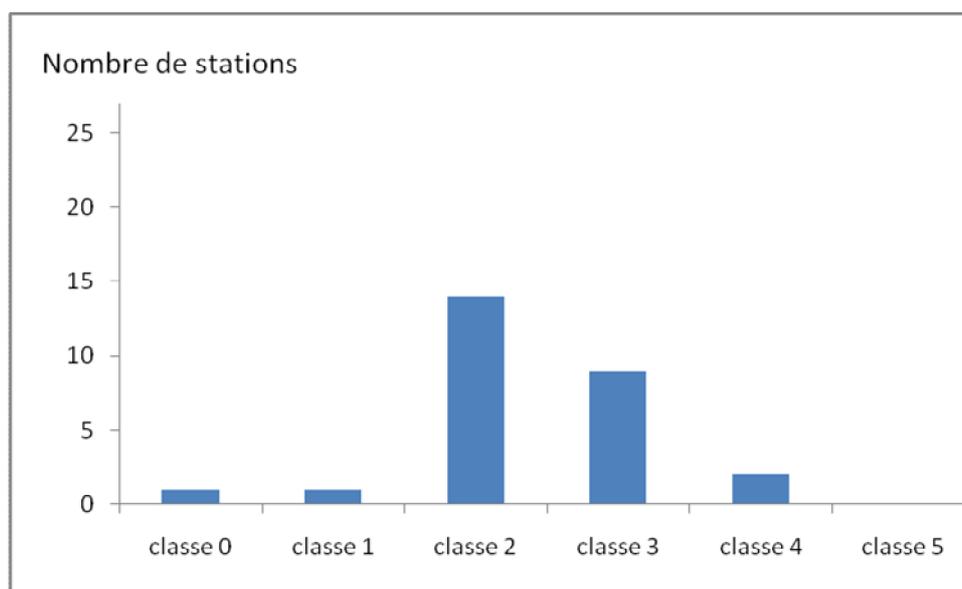


Figure 28 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de la Mé échantillonné de décembre 1999 à mars 2001.

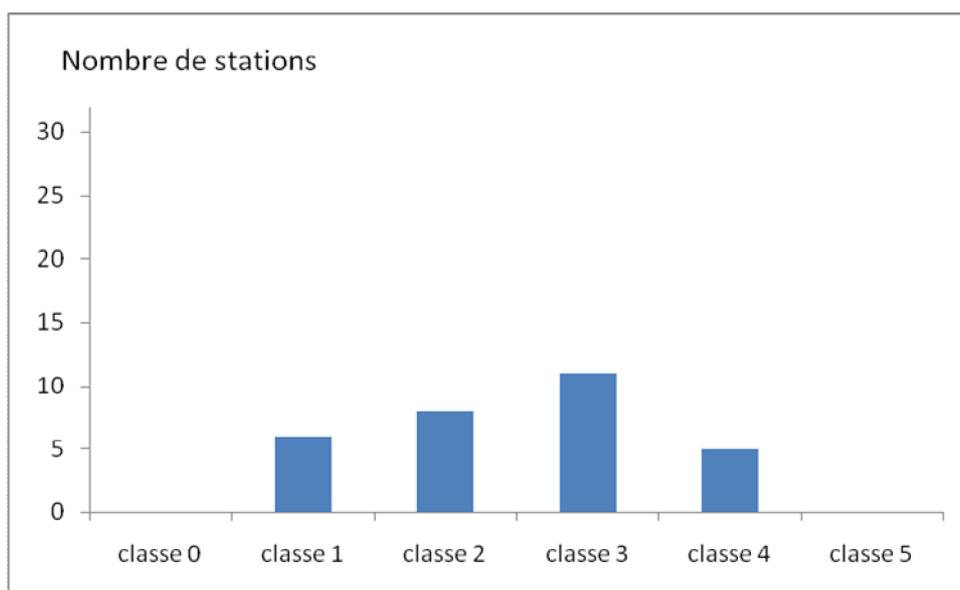


Figure 29 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de l'Agnébi échantillonné de décembre 1999 à mars 2001.

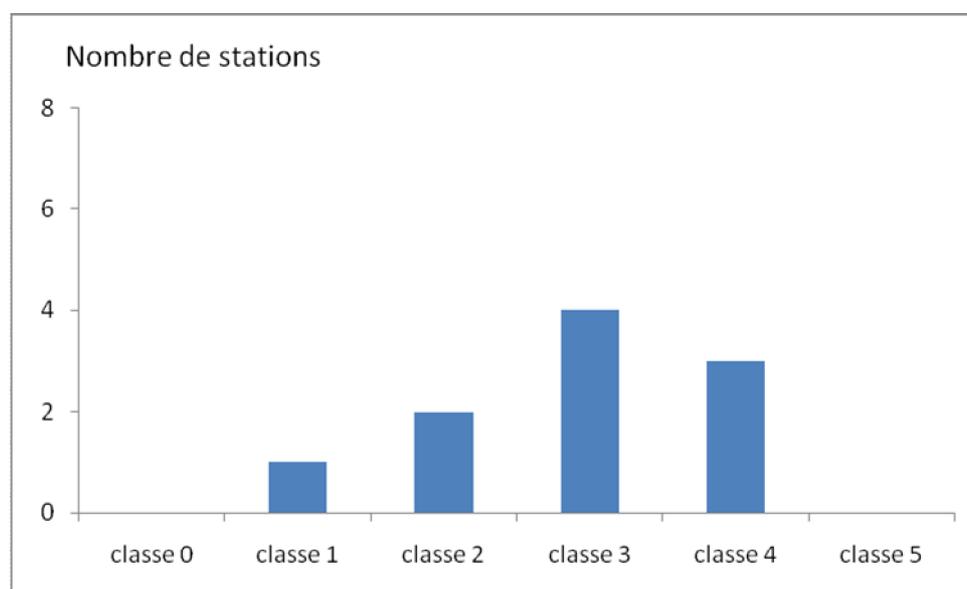


Figure 30 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Boubo échantillonné de décembre 1999 à mars 2001.

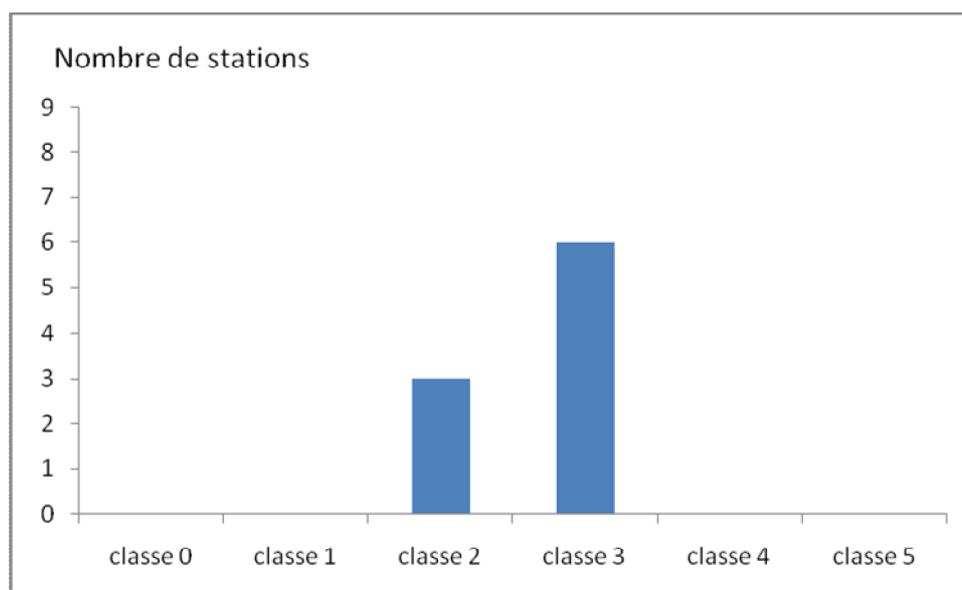


Figure 31 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Gô échantillonné de décembre 1999 à mars 2001.

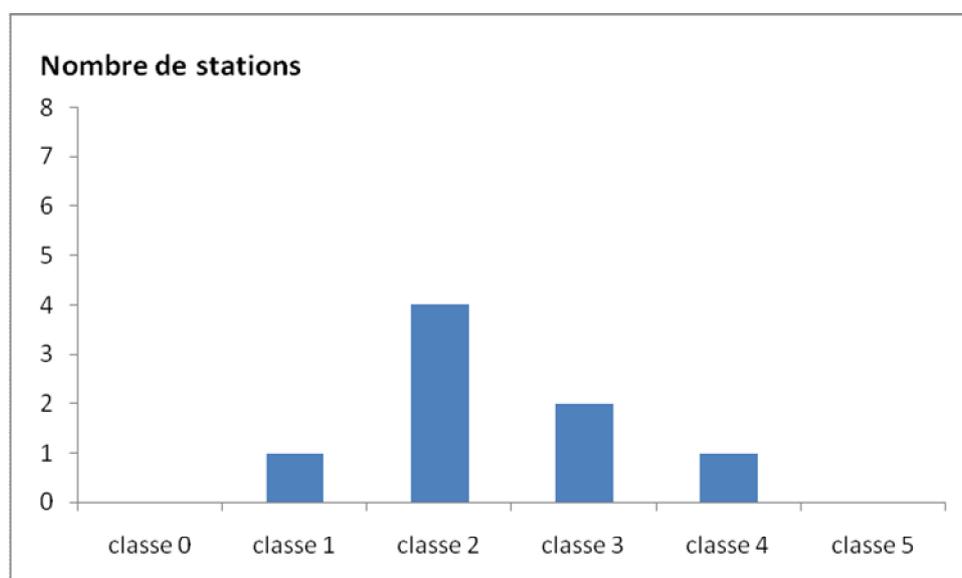


Figure 32: Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau du bassin de Niouniourou échantillonné de décembre 1999 à mars 2001.

Le bassin de Niouniourou est caractérisé par 1 site correspondant à la classe d'intégrité "1", quatre à la classe "2", deux à la classe "3" et une seule station à la classe "4". Seulement, deux stations correspondent aux classes extrêmes "1" et "4". Il s'agit de N2 (campement en aval) pour la classe "1" et N3 (Campement aval) pour la classe "4"(figure 35).

Lorsque l'on considère la répartition des classes d'intégrité le long de chacun des bassins du Sud Est (Mé et Agnébi) de la zone côtière, les stations correspondant à une meilleure qualité de l'eau sont situés dans le cours supérieur plus au Nord. En effet, dans le cas de l'Agnébi il y a 5 stations présentant cette classe et la plus au Sud a pour coordonnées géographiques $6^{\circ} 18' 506'' \text{N} - 003^{\circ} 58', 181'' \text{W}$ à Lélé 1 et 2 (figure 36). En ce qui concerne la Mé, ce sont 2 stations qui correspondent à cette qualité de l'eau. La station la plus au Sud M26 (Pont près d'Apiagi) est située à $3^{\circ} 50' 702'' \text{W} - 5^{\circ} 86', 221'' \text{N}$.

Par contre au niveau des bassins du Sud Ouest, Boubo et Gô, les stations appartenant à la classe d'Intégrité "4" sont situées pour le Boubo dans le cours inférieur et pour Niouniourou dans le cours supérieur. En effet, dans le cas de Boubo, il y en a 3 et les stations les plus au Sud à Sanguérédougou (B13 et B14) ont pour coordonnées géographiques respectivement $5^{\circ} 09' 613'' \text{W} - 5^{\circ} 22' 234'' \text{N}$ et $5^{\circ} 09' 580'' \text{W} - 5^{\circ} 27' 784'' \text{N}$. Au niveau de Niouniourou, le seul site N3 (Gnahouhué1) correspondant à cette classe d'intégrité se situe dans le cours supérieur à $5^{\circ} 40' 350'' \text{W} - 5^{\circ} 33' 500'' \text{N}$.

6-3- Relation entre les activités humaines et classes d'Intégrité

Dans l'ensemble des bassins prospectés, l'ordination des corrélations par l'analyse canonique de correspondance (ACC) des données des pêches expérimentales et des activités humaines (11) en tant que variables environnementales indique que l'axe factoriel 1 (*valeur propre* $\lambda_1 = 0,208$) et l'axe 2 (*valeur propre* $\lambda_2 = 0,063$) expriment 59,9 p.c. de la variance cumulée pour les données relatives aux classes d'intégrités.

L'ordination des corrélations (figure 38) mettant en évidence les taux d'occurrence des différentes activités humaines relevées sur les sites et les classes d'intégrité correspondantes, dégage suivant l'axe factoriel 1, deux 2 groupes de classes d'intégrité. Le groupe I est constitué des classes 0, 1, 2 et 3. Ces classes sont positivement corrélées à l'axe 1. Ce groupe est étroitement associé aux activités anthropiques majoritairement dominées par PC7 ; PC10 ; PC6 ; PC8 et Aa11. Le groupe II est constitué de la classe 4. Il est négativement corrélé à l'axe factoriel 1 et il n'est associé à aucune variable du milieu.

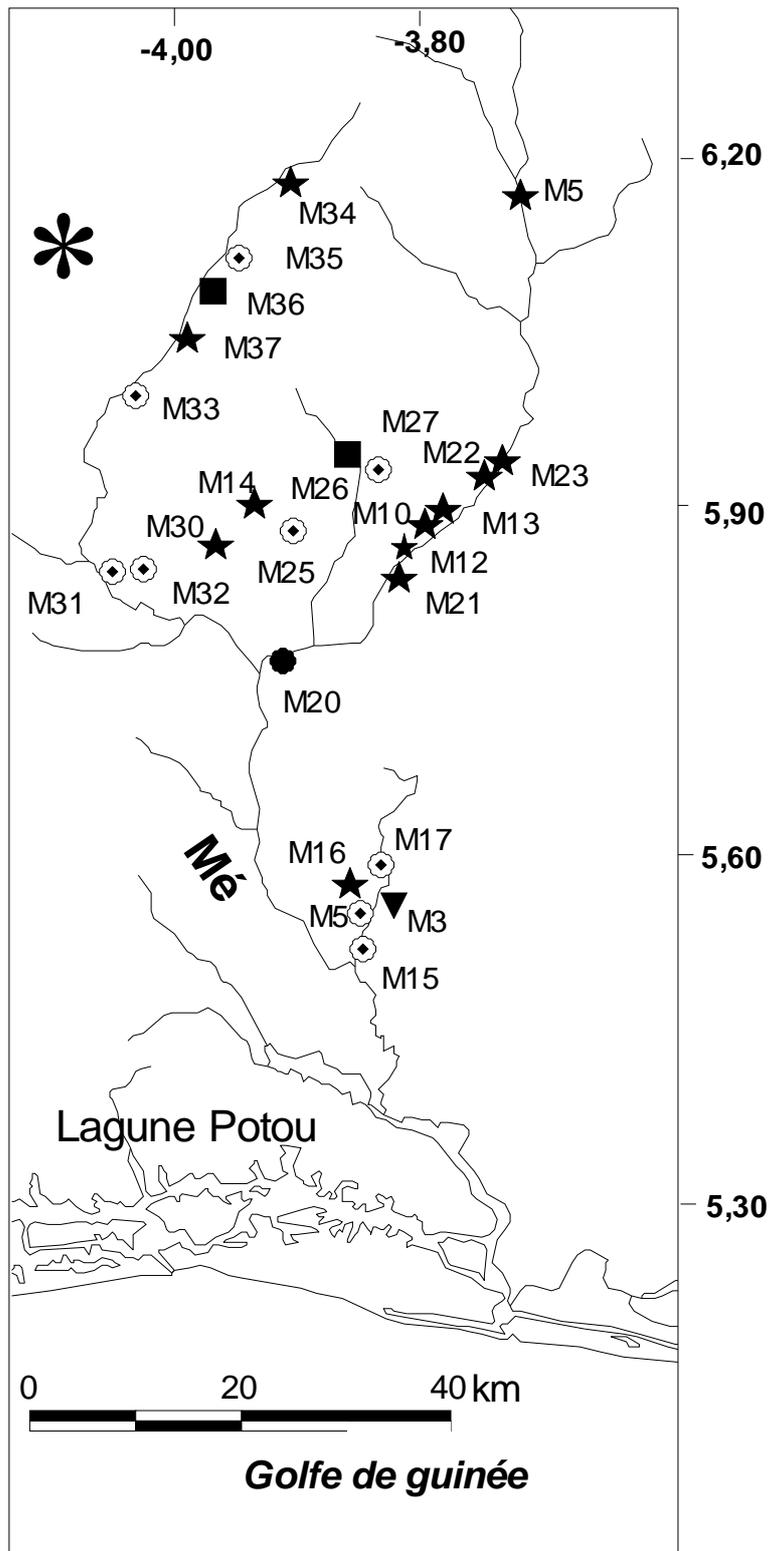


Figure 33: Distribution des classes d'intégrité biotique le long de la Mé

- ▼ Eau morte ■ Bonne eau ● très mauvaise eau
- ★ Eau moyenne ⊗ mauvaise eau

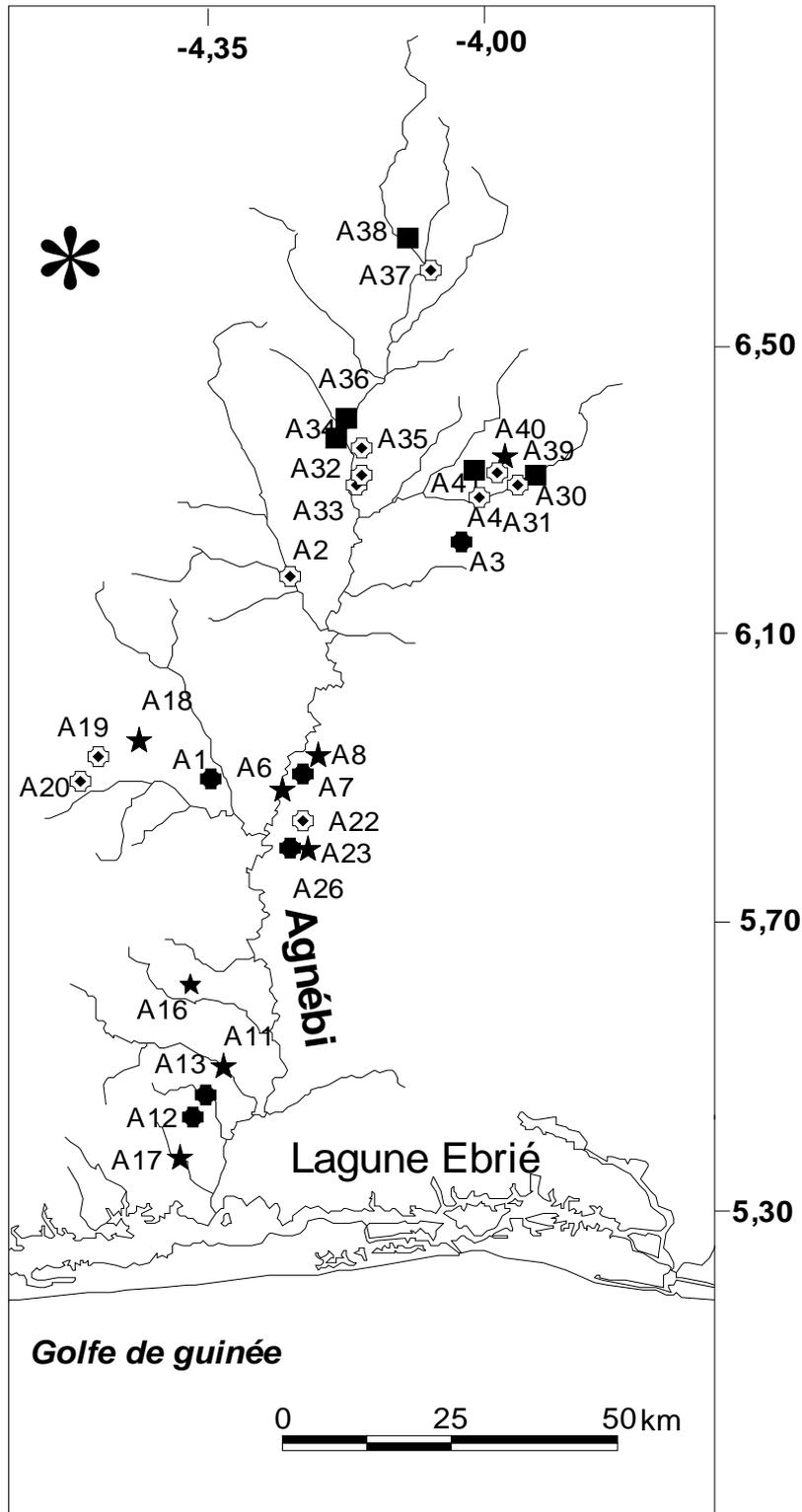


Figure 34 : Distribution des classes d'intégrité biotique le long de l'Agnèbi.

- Bonne eau ● Très mauvaise eau ★ Eau moyenne
- ⊕ Eau mauvaise

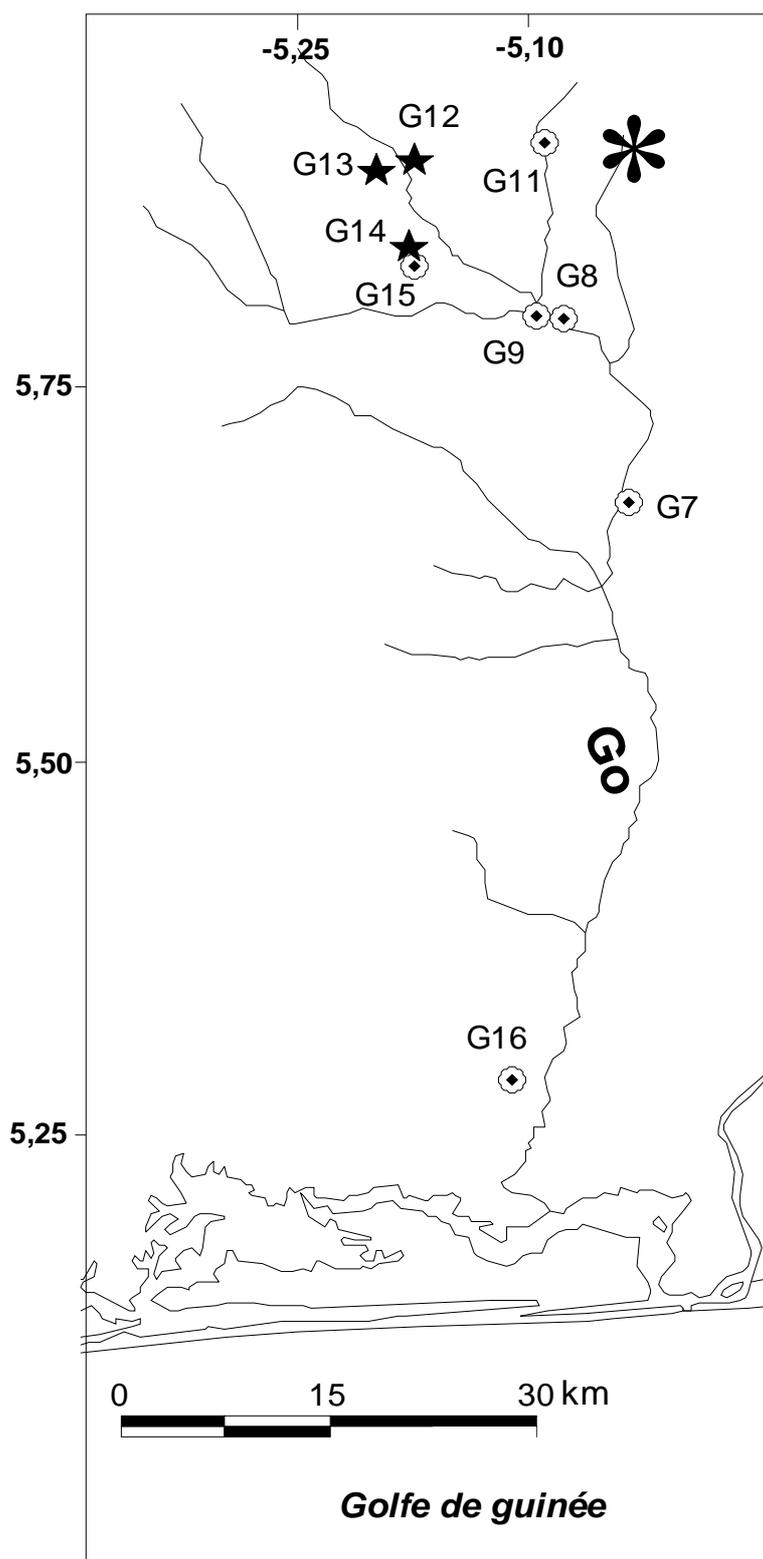


Figure 35: Distribution des classes d'intégrité biotique le long de Gô

Eau moyenne ★ Eau mauvaise ◆

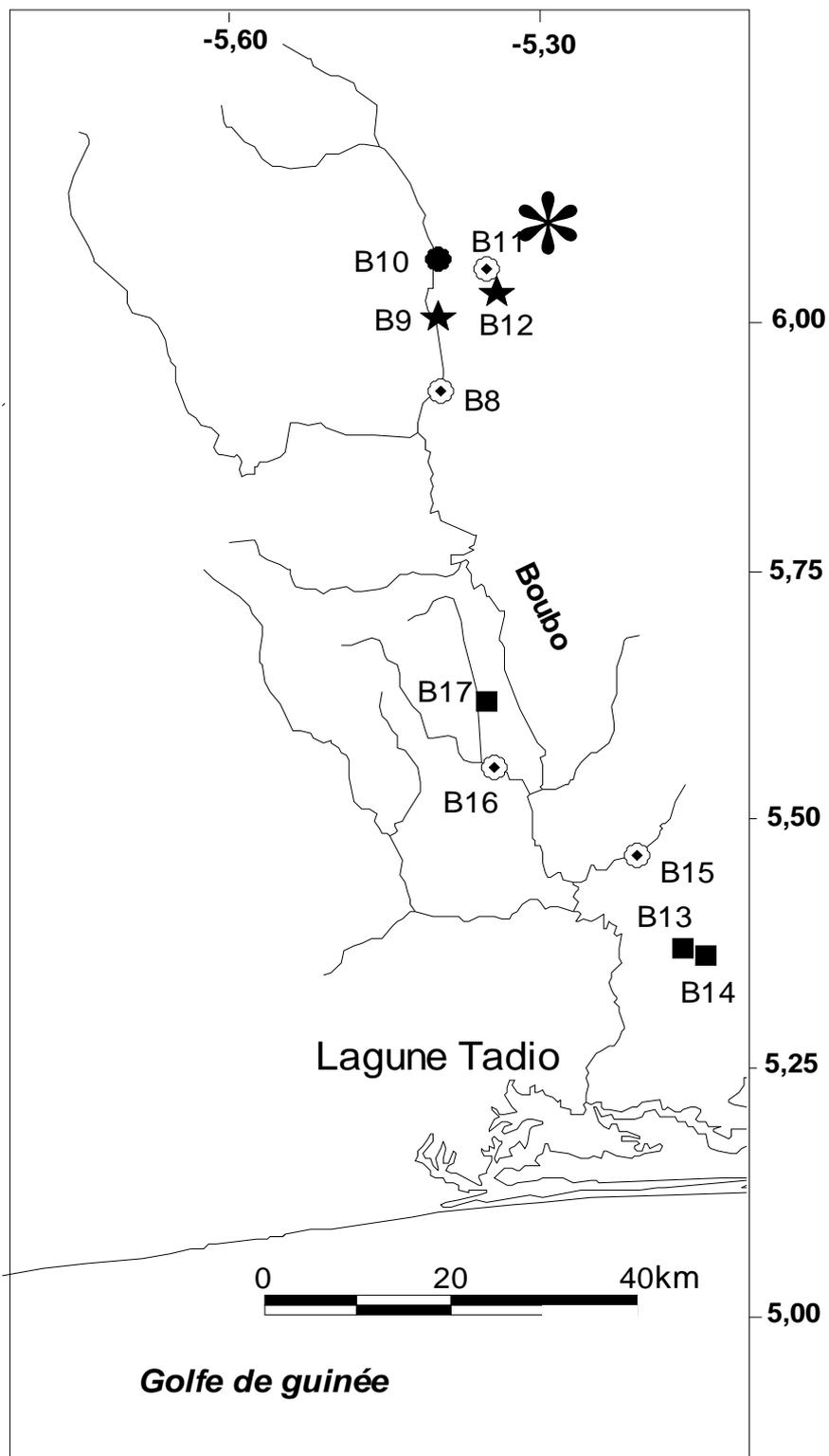


Figure 36: Distribution des classes d'intégrité biotique le long de Boubo.

■ Bonne eau ● Très mauvaise eau ★ Eau moyenne ◈ Eau mauvaise

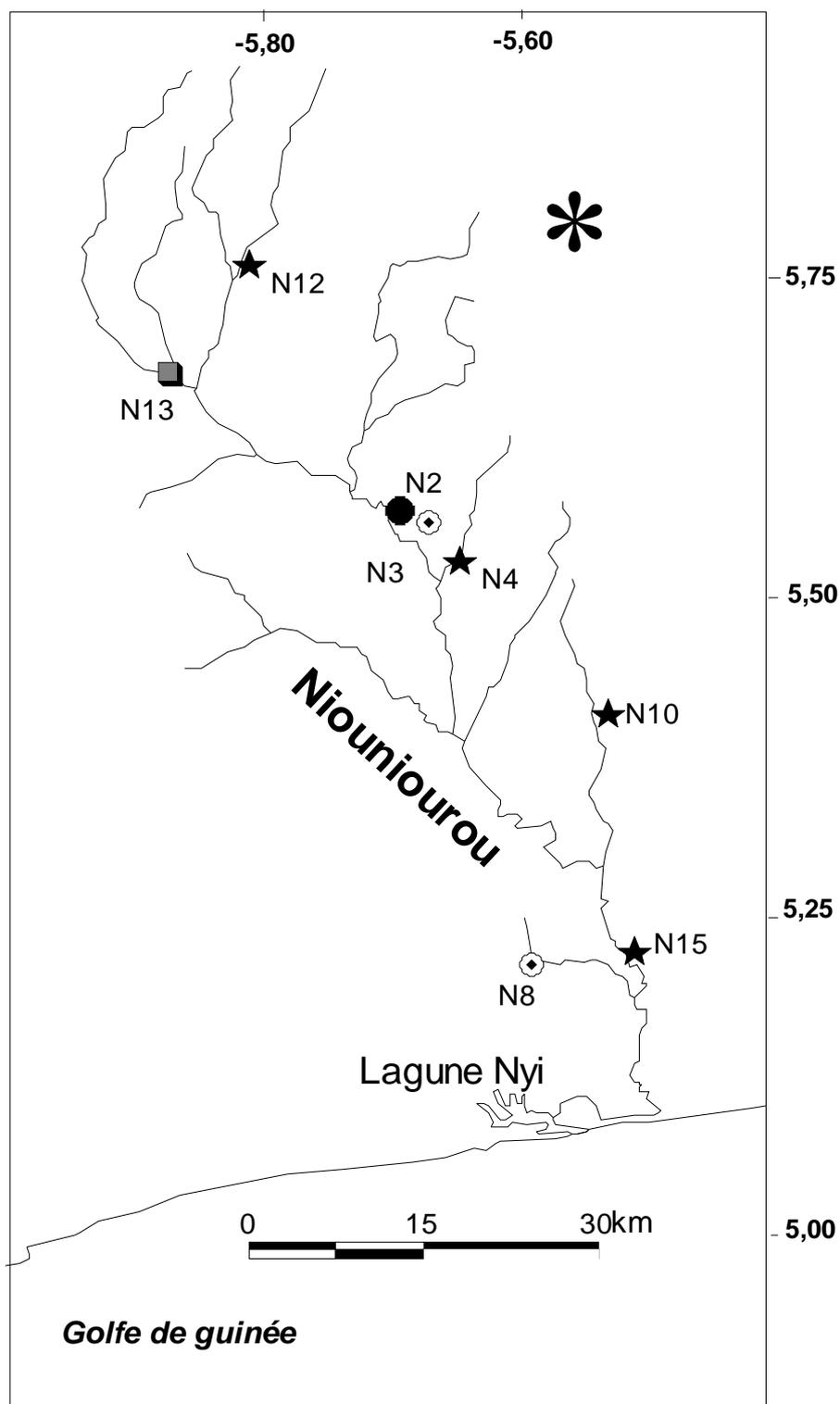


Figure 37: Présentation de la distribution des classes d'intégrité biotique le long de

Niouniourou. ■ Bonne eau ● Très mauvaise eau ★ Eau moyenn ☉
Eaumauvaise.

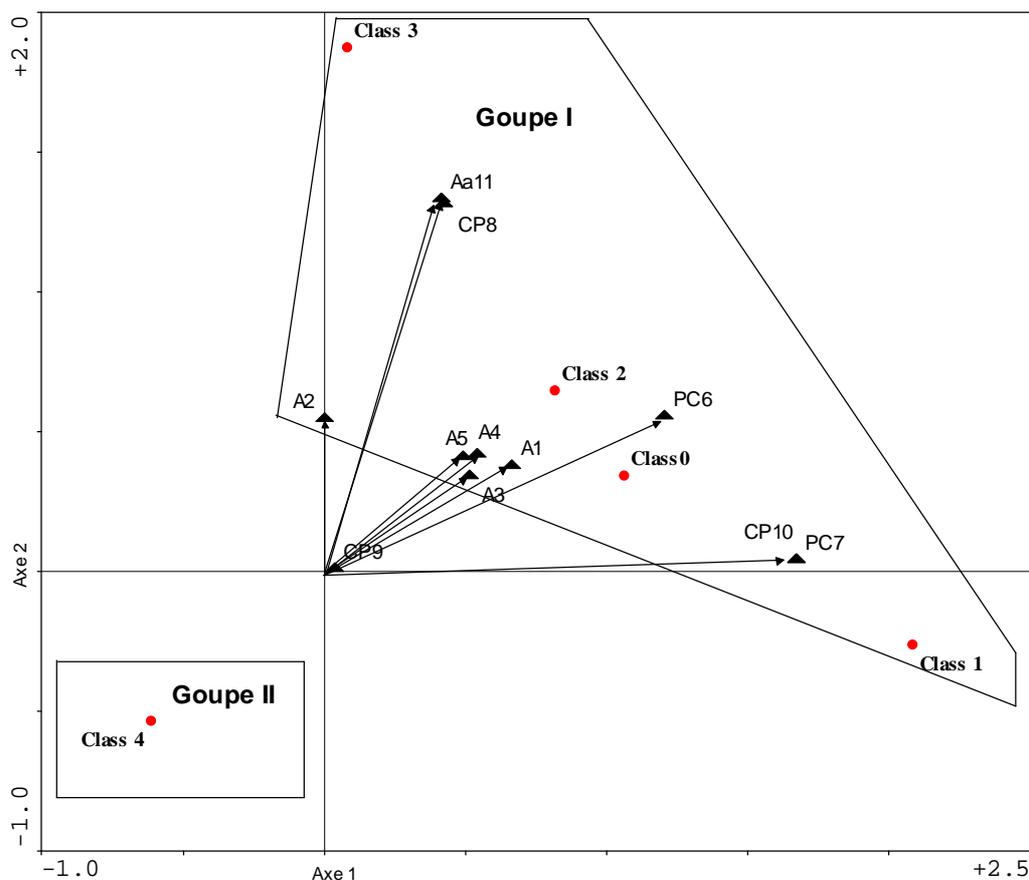


Figure 38 : Analyse canonique de correspondance (ACC) appliquée aux activités anthropiques et aux différentes classes d'intégrité biotique.

- A1 : Plantation de cacaoyers
- A2 : Plantation de caféiers
- A3 : Plantation de palmiers à huile
- A4 : Cultures vivrières
- A5 : Plantation de bananiers
- PC6 : Usage de détergents sur le site
- PC7 : Produits chimiques
- CP8 : Présence de pont
- CP9 : Agglomération
- CP10 : Barrage servant de pêche
- Aa11 : Aucune activité

7- Discussion

7-1- Interprétation des guildes des poissons

Les guildes trophiques ont été inspirées de la bibliographie (Traoré, 1996 ; Lauzanne, 1988 ; Lévêque *et al.* 1988 et Moreau *et al.* 1988) et de la présente étude en son chapitre portant sur le régime alimentaire de quelques poissons. Les quelques rares fois que les résultats de nos travaux sont contraires aux données bibliographiques sur le régime alimentaire des poissons, les dernières sont prises en considération. Le résultat indique globalement une prédominance des espèces invertivores. Cette structure des peuplements piscicoles des bassins côtiers ivoiriens au plan trophique, est similaire à celle des rivières bretonnes en France (Hortwitz, 1978 ; Schlosser, 1982 ; Oberdorff et Porchet, 1992) où dominent les consommateurs d'invertébrés et de poissons sauf que dans ce cas –ci les omnivores occupent la deuxième place alors que dans les rivières bretonnes ce sont les piscivores qui sont classés à la deuxième place.

Par ailleurs, si l'on considère que les insectes sont particulièrement présents dans des zones riches en végétation, il est vraisemblablement correct de dire que la zone d'étude n'est pas /ou est/ peu dégradée. Cette prédominance des invertébrés correspond probablement au fait qu'une grande partie de la zone côtière de la Côte d'Ivoire est restée longtemps fermée aux aménagements. En effet, c'est seulement en 1987 que l'Etat s'est décidé à aménager le secteur Ouest de la zone côtière qui part de Tabou à Fresco long de 230 km. Il garde encore néanmoins quelques parcelles de forêts qui influencent la climatologie de la région.

Les guildes d'habitat (vitesse du courant, granulométrie du substrat, type et abondance de la végétation aquatique) qui selon Didier (1997) ont une influence sur la distribution des espèces piscicoles, n'ont pas été exploitées pour en faire des métriques, faute de références malgré la large revue des métriques présentée au chapitre concernant le matériel et les méthodes. La seule métrique qui fait référence à l'habitat dans cette revue concerne la catégorie reproduction utilisée par Didier (1997). Cette catégorie n'a pas été étudiée parce qu'il ne nous a pas paru évident d'avoir toutes les ressources nécessaires pour son utilisation.

Pourtant, des études antérieures (Kouadio, 2006 ; Yao, 2007 et N'zi 2008) en Côte d'Ivoire montrent combien la distribution des espèces aquatiques en général et des espèces de poissons en particulier en dépend. Cependant, une étude concernant l'influence de certaines composantes de cette guildes (largeur du plan d'eau, distance à la source et canopée) sur les

métriques utilisées a été faite. Elle a montré que les meilleures corrélations avec les métriques sont obtenues avec la distance à la source et exceptionnellement la canopée. Pour ce qui est de la distance à la source, la forte corrélation ($r = 0,98$) est observée avec la métrique nombre total d'espèces. Cette observation est conforme aux résultats des travaux de Kamdem Toham et Teugels (1999) dans le Ntem (Cameroun), qui ont permis de noter un changement du nombre d'espèces de la source à l'embouchure. La corrélation significative observée avec les piscivores ($r = 0,52$) confirme cette thèse car il s'agit d'espèces dont la proie essentielle est le poisson. Cela se traduit également par la corrélation significative ($r = 0,52$) observée avec la métrique relative à la biomasse (Mbiom). Avec la métrique relative aux espèces omnivores, on observe également une corrélation significative ($r = 0,72$). Ce résultat pourrait laisser croire que le milieu est pollué. Or, cette corrélation positive est obtenue également avec le nombre total d'espèces, la biomasse et le nombre d'espèces piscivores. Cette observation autorise à écarter l'hypothèse de la pollution et de ne retenir que celle de milieu sain. Cela n'est pas contraire à la présence des omnivores qui de toutes les façons ont pour proie également les petits poissons. D'ailleurs on note une très bonne corrélation de cette composante avec les poissons Characiformes et Cyprinodontiformes qui sont en général des poissons de petite taille (en ce qui concerne les Cyprinodontiformes) donc des proies faciles pour les piscivores et omnivores.

La guildes de tolérance utilisée pour cette étude a été établie sur la base des résultats des pêches expérimentales et des références bibliographiques. Certaines espèces ont été classées dans cette guildes en fonction d'une autre espèce appartenant à la même famille et dont le statut est connu. Or, dans une même famille une espèce peut être plus ou moins tolérante que d'autres (Didier, 1997). Il serait donc souhaitable selon cet auteur, d'établir des guildes de tolérance à plusieurs niveaux.

Pour Goldstein *et al.* (1994), cette façon de classer les espèces demeure fort subjective même si elle se rapproche de la réalité pour beaucoup d'espèces comme certains Clariidae. La métrique concernant les espèces omnivores et celle des espèces tolérantes ont la même proportion. Cela serait la conséquence d'une similarité entre les deux métriques. En effet, dans cette étude, les espèces omnivores ont été classées tolérantes car selon plusieurs auteurs (e.g. Karr *et al.*, 1986 ; Oberdorff et Hughes, 1992; Kamdem Toham et Teugels, 1999) les omnivores sont utilisés pour mesurer la dégradation du milieu.

7-2- Métriques ayant une mauvaise performance

Les métriques ayant une mauvaise performance appartiennent à deux groupes. Le premier concerne les métriques qui ont une mauvaise distribution spatiale et qui, par conséquent, sont absentes dans certains bassins. Le comportement de ces métriques est le corollaire de la distribution des espèces entrant dans le calcul de ces métriques. C'est le cas des métriques relatives aux hybrides, aux Mormyridae, aux espèces benthiques, aux espèces migratrices et intolérantes. La mauvaise performance des métriques de ce groupe est liée au fait qu'il s'agit, en l'absence de tout peuplement de référence, de comparer les différents échantillons entre eux. Le deuxième groupe concerne les métriques qui bien qu'ayant une bonne distribution spatiale, ont une faible fluctuation d'une station à l'autre et d'un bassin à l'autre ou qui ont une mauvaise corrélation avec l'IIB ou qui y contribuent faiblement. C'est le cas du pourcentage des espèces invertivores qui s'est avérée moins performante malgré une meilleure distribution spatiale et une domination dans le milieu d'étude.

Dans la catégorie condition des poissons, les métriques traditionnelles telles que la prise par unité d'effort (PUE), le pourcentage d'individus malades et le pourcentage d'individus hybrides n'ont pas été retenues pour le calcul final de l'IIB. La PUE, demeure néanmoins utile pour la détermination de l'IIB. En effet, les travaux réalisés par Steedmann (1988) dans le Toronto (région métropolitaine de Ontari) ont montré qu'une forte PUE est étroitement liée aux rivières chaudes et enrichies. Par contre, sa valeur faible est corollaire d'un système aquatique dégradé.

En ce qui concerne la métrique relative aux individus malades, il convient de noter que bien qu'exprimant une forte dégradation du milieu, aucun individu malade présentant des signes extérieurs de maladie (modification du volume de l'œil, dégradation de la couleur de la peau, malformation générale etc..), n'a été récolté de quelque manière que ce soit pendant toute la période d'échantillonnage. Pour ce qui est des individus hybrides, la métrique correspondant au pourcentage d'individus hybrides, candidate au calcul de l'IIB, n'a cependant pas été performante à cause de sa mauvaise distribution spatiale. Ces hybrides, selon les travaux de Noba (2007), sont le fruit d'une fécondation entre *Tilapia Zilli* X *T. guineensis*, due à une modification des conditions du milieu. Sa distribution est fortement conditionnée par celle des deux Cichlidae parents. Les plans d'eau échantillonnés semblent ne

pas être favorables à leur développement. Cette attitude serait aussi imputable à l'engin de pêche électrique si on tient compte des résultats obtenus dans certains bassins comme celui de Go et Boubo. En effet, les travaux de Kouamelan *et al.* (2003) et Koné *et al.* (2003), sur ces mêmes bassins échantillonnés avec les filets maillants et la pêche électrique, montrent clairement que les Cichlidae sont dominants.

7-3- Métriques performantes

Six métriques sont performantes. Elles sont sensibles à l'impact des activités humaines et appartiennent aux trois catégories biologiques définies par Karr (1981). Il s'agit de la richesse spécifique et sa composition (1), de la composition trophique (2) et de la condition des poissons et de leur abondance (3). En définitive, le choix des métriques est resté conforme aux principes de l'IIB définis par Karr (1981) pour ce qui est des catégories. Ce résultat est conforme à ceux obtenus par David et Wesley (2005). Cependant, les métriques ont été modifiées de sorte que l'on note la présence dans la première catégorie de la métrique portant sur l'indice de diversité de Shanon Wiever.

Dans cette même catégorie richesse spécifique et composition, on note la présence de la métrique relative aux Cyprinodontiformes d'une part et des Cyprinidae d'autre part. Ce résultat est conforme à celui obtenu par kamdem Toham et Teugels (1999) qui soulignent que les espèces cyprinodontiformes sont tolérantes à la dégradation de l'environnement aquatique. Ces modifications concernent également la catégorie composition trophique où toutes les métriques originales (Oberdorff et Hugues, 1992) n'ont pas été retenues. Ainsi, seule la métrique concernant le pourcentage des espèces omnivores est retenue tandis que la métrique pourcentage des carnivores est remplacée par le pourcentage des piscivores.

Pour ce qui est de la catégorie condition des poissons une nouvelle métrique concernant la biomasse totale a été retenue. Cette métrique a été utilisée pour la première fois par Belpaire *et al.* (2000) et Breine *et al.* (2004). La biomasse exprime l'embonpoint des individus et traduit non seulement la disponibilité des ressources alimentaires mais également une bonne qualité physique et chimique du milieu nécessaire au développement de l'individu. Les résultats de la validation externe basée sur les stations des bassins de San-pédro et Tanoé permettent de penser que les six métriques utilisées sont à même d'aider à obtenir un indice d'intégrité biotique objectif.

7-4- Répartition spatiale des classes d'Intégrité

Les classes d'intégrité calculées correspondent selon Karr (1991) à des états de chaque station ou de chaque rivière : Mort (0), Très mauvais (1), mauvais (2), modéré (3), bon (4) et très bon (5).

La classe 5 constitue la valeur la plus élevée de l'IIB qui correspond à une excellente qualité de l'eau de la station d'affectation de cette valeur. Selon Karr (1991), il s'agit d'une station comparable à la meilleure situation sans perturbation d'origine humaine où toutes les espèces attendues de ce type d'habitat sont présentes y compris les espèces les plus intolérantes avec toutes les classes de taille et on y observe un équilibre trophique. Le fait que cette classe ne soit pas distribuée ou représentée dans aucune des rivières montre qu'aucun environnement des sites étudié n'est intact. Ce résultat, correspond au fait que la zone côtière subit une déforestation qui gagne en ampleur de jour en jour. Selon un rapport des Nations Unies, le Sud Ouest qui était jusqu'en 1979 le mieux conservé a été l'objet d'une déforestation qui demeure beaucoup plus importante que celle des autres parties du territoire ivoirien (Abé *et al.* 1997).

La distribution longitudinale des classes d'intégrité biotiques au niveau des différents bassins n'indique aucune station correspondant à la classe d'intégrité 4 dans les portions sud des bassins Mé et Agnébi dans le Sud Est. Toutes les stations qui ont obtenu cette note sont loin de la côte. Dans le cas particulier de la rivière Agnébi, tous ces stations sont logées dans la forêt classée ou à la lisière de celle-ci. Dans le cas des bassins du sud-ouest, les stations de bonne qualité sont plus proches de la côte. Par ailleurs, les stations de mauvaise qualité sont situées soit proches des habitations soit près des ouvrages d'aménagement. Ces observations confirment les conclusions de Karr et Dudley (1981), pour qui les premiers facteurs de stress à part les fluctuations naturelles des communautés aquatiques et particulièrement les poissons sont les activités de dégradations menées par les hommes notamment la création de plantations agricoles au détriment des forêts et l'urbanisation.

La classe 3 correspond à un milieu de qualité modérée où l'eau correspond à une en terme de caractéristiques à une valeur moyenne de l'acceptable. C'est une station qui reflète l'accumulation de la détérioration du milieu et dont la population de poissons comprend beaucoup de formes intolérantes avec un nombre moyen d'espèces. La structure trophique est

légèrement déséquilibrée (la fréquence des omnivores est élevée de même que celle des autres formes d'espèces tolérantes). Cette classe est la mieux distribuée dans les bassins côtiers étudiés. Ce résultat exprime le fait que la zone côtière demeure une région modérément dégradée.

La classe 2, selon Karr (1981), correspond à une "mauvaise" qualité de l'eau de la station correspondante et dont la population de poissons est dominée par les omnivores, des espèces tolérantes et des espèces n'ayant pas d'habitat spécifique. Les conditions de croissance des poissons ne sont pas réunies et souvent les hybrides et des poissons malades sont récoltés. La prédominance de cette classe au niveau des bassins de la rivière Mé et Niouniourou exprime pour ces bassins une menace de dégradation. Les deux bassins concernés appartiennent à deux régions productrices de cacao et de café. Il s'agit de deux cultures dont la mise en œuvre s'accompagne de la déforestation, de l'usage des pesticides et par conséquent de la dégradation de l'environnement aquatique.

La classe 1, selon Karr (1991) correspond à un site dont l'eau est très pauvre avec la présence de quelques espèces, majoritairement des espèces tolérantes, des hybrides communs avec des déformations de poissons, peau endommagée et quelques autres anomalies. Cette classe est présente sur l'ensemble des bassins à l'exception de la rivière Gô. Sa présence bien que non dominante au niveau de la zone côtière, exprime une dégradation qui menace les peuplements ichthyologiques de cette zone par endroit. Par exemple au niveau de la rivière Boubo, Kouamelan *et al.* (2003) ont observé l'impact négatif d'une huilerie dont les résidus et autres déchets de production sont déversés dans le cours d'eau. Ce type d'observation a été faite par Kone *et al.* (2003) sur la rivière Gô où l'effet des pêcheries traditionnelles et des barrages est ressenti négativement dans la composition et le nombre d'espèces recensées.

La classe 0 qui signifie que le plan d'eau est mort, n'a été observée qu'à une seule station du bassin de la Mé. Elle n'a pas été prise en compte car elle est considérée comme pouvant être le fruit d'une insuffisance de l'échantillonnage. Cependant, si cela devrait être admis comme une valeur correcte, cela pourrait s'expliquer par l'effet de la sécheresse et/ou d'une pêche aux produits toxiques.

En conclusion, la zone côtière présente une situation modérée de dégradation. Cela n'exclut pas le fait qu'elle demeure en beaucoup d'endroits une menace pour plusieurs espèces de poissons. Par ailleurs, les tests de validation externes ont montré l'efficacité de

l'indice d'intégrité biotique dans 75 p.c. des cas après la confrontation des résultats obtenus après calcul avec les résultats acquis sur le terrain. Il ressort qu'il y a une concordance entre l'IIB et la perturbation pour plus de 50p.c.

7-5- Activités humaines

La zone côtière, milieu d'étude est devenue depuis deux décennies la boucle du cacao, suite au programme de l'Autrité pour l'aménagement de la Région du sud-ouest (ARSO) au nom du gouvernement ivoirien en 1979. Cette politique a vu les aires forestières de cette zone jusque là peu exploitées, envahies par les populations venues de toutes les autres régions (le Centre du pays particulièrement) et des pays voisins dont le Burkina Faso qui y compte le plus grand contingent. La plupart de ces populations y sont allées, dans le but de créer des plantations de cacaoyers et à moindre degré de caféiers (Abé et Kaba, 1997).

A côté de ce grand groupe d'exploitants individuels, se trouvent les gros exploitants propriétaires de grandes plantations industrielles concernant de nouvelles cultures telles que le palmier à huile (PALMCI) et l'hévéa (SOGB). Il s'agit des cultures d'avenir qui n'ont pas encore connu le même essor que le cacao et le café dont la Côte d'Ivoire est respectivement premier et quatrième producteur mondial. On comprend dès lors que cette culture occupe 73p.c des rives des sites visités.

Pour ce qui est de l'usage des produits chimiques, deuxième type d'activité identifié dans la zone, il reste étroitement associé aux activités agricoles. Il demeure néanmoins très peu répandu. Cette faible propension à l'usage de ces produits chimiques et particulièrement pour la pêche est due à la répression exercée sur les auteurs à travers la loi sur les pêches (Journal officiel, 1986). Pour ce qui est des détergents, il faut noter que son usage est lié à la présence continue, à travers des campements, des populations sur les rives. Celles-ci utilisent alors les plans d'eau pour la lessive, les vaisselles et parfois pour les toilettes.

Le dernier type d'activité est l'aménagement dont seulement 3p.c. des sites témoignent de l'existence. Ce faible taux est dû au fait qu'il s'agit essentiellement de la construction des ponts ou des barrages. Il s'agit d'investissements lourds qui nécessitent beaucoup d'effort et des moyens financiers. Par ailleurs, tous les points visités ne se prêtent pas à la pêche par le biais des barrages qui nécessite un plan d'eau d'une profondeur au moins supérieur à 1,5 m.

7-6- Relation activités humaines et classes d'intégrité

L'association de toutes les classes aux activités agricoles semble indiquer que, même si l'implantation des plantations et des blocs agro-industriels participent à la dégradation, elle n'en est pas l'unique facteur. En effet, les classes 1 et 2 sont associées à l'usage des produits chimiques à raison respectivement de 16,6p.c. et 4,6p.c. Ce taux chute à 3,5p.c. pour la classe 3 et s'annule pour la classe 4. Cette classe est associée à plus de 50p.c. des activités agricoles et seulement 16,6p.c. des activités de type aménagement. Ces observations laissent suggérer que la dégradation du système aquatique dans la zone côtière est accélérée et aggravée par l'usage des produits chimiques dans les plans d'eau. Cette conclusion se vérifie avec le fait que la classe d'intégrité moyenne pour l'ensemble de la zone côtière est 3 c'est-à-dire une dégradation modérée malgré la présence de plus de 73 p.c. des plantations agricoles.

Conclusion

Le calcul de l'indice d'intégrité biotique est basé sur les poissons issus de la pêche électrique. Les résultats obtenus lors des tests internes et externes montrent bien que l'IIB est un moyen fiable d'évaluation de l'état de santé des cours d'eau. On note que les bassins côtiers sont tous en voie de dégradation car la classe 5 ne correspond à aucun site. La domination de la classe 3 sur la zone côtière explique bien ce phénomène. L'activité humaine la responsable de cette situation est l'association de plantation agricole (café et cacao) avec l'usage de toxines dans les plans d'eau. Le bassin de Gô est le mieux conservé. Seules les classes 3 et 4 ont été obtenues sur l'ensemble des stations visitées. Le bassin de l'agnébi est le plus dégradé avec un nombre important de sites appartenant à la classés 1.

**CONCLUSION GENERALE ET
PRESPECTIVES**

L'objectif principal de cette étude est l'établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique (IIB) en considérant 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire. Il s'agit des rivières Agnébi, Mé, Boubo, Niouniourou, et Gô. Deux autres bassins Tanoé à l'Est et San pédro à l'Ouest ont servi à la validation de l'IIB. Pour ce faire il était important de connaître d'une part le peuplement ichtyologique desdits bassins et d'autre part les guildes trophiques des différentes espèces afin de définir les métriques candidates au calcul de l'IIB.

L'étude du peuplement a permis de noter une richesse spécifique globale de 90 espèces et un hybride répartis entre 34 familles. La population ichtyologique de la zone côtière est composée de 79 espèces d'eau douce et 14 espèces d'affinité estuarienne. Elle est dominée par les Cichlidae avec 26 P.C. des espèces. Des analyses statistiques de classification ascendante et en composantes principales basées sur les richesses spécifiques de chacun des bassins, destinées à comparer les bassins entre eux, ont montré beaucoup de similarité entre les bassins du point de vue peuplement. En effet, les regroupements des différentes stations observés se font sans discrimination de bassin d'origine.

Les estomacs des individus ont été analysés. Les occurrences des différentes proies ont été calculées pour chaque espèce. Sur la base de ces occurrences, les guildes trophiques ont été déterminées. Il s'agit des groupes trophiques omnivores, piscivores, phytophages, et insectivores. La guildes trophique « insectivores » est dominante dans la zone côtière.

Pour le calcul de l'indice d'intégrité biotique, 19 métriques candidates ont été calculées et soumises à plusieurs analyses de validation qui ont permis de retenir six métriques. Il s'agit des métriques Mswi (Indice de diversité de Shannon wiener), Mpiomn (les espèces omnivores), Mnschacyp (le pourcentage des espèces de Cyprinidae), Mbiom (la biomasse), Mnstot (le nombre total d'espèces) et Mpipis (pourcentage d'espèces piscivores). La corrélation entre les métriques retenues et trois descripteurs, largeur moyenne, canopée et distance à la source a été étudiée. Dans l'ensemble, les meilleures corrélations sont obtenues avec le descripteur distance à la source et exceptionnellement la canopée pour la métrique Mpiomn ($r = 0,76$). Dans leur majorité les différentes métriques choisies ne semblent pas être influencées par les descripteurs largeur du fleuve et canopée. Cela signifie donc qu'aucun changement important des valeurs des métriques ne se produit relativement à ces descripteurs.

En ce qui concerne l'IIB, pour l'ensemble des sites, la valeur moyenne autour de laquelle il fluctue est de 2,48. Les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 4,33 et 1. Cet indice d'intégrité biotique a été ensuite testé au plan interne et externe.

Au plan interne c'est-à-dire en ne considérant que les stations dont les données ont permis d'établir l'IIB, pour N = 83, 71.7p.c. des sites donnent un test positif, 7.6p.c. sont en dessous des scores prévus et 20.5p.c. au dessus. Au plan externe, c'est -à- dire en appliquant ce calcul aux deux autres rivières côtières (San-Pédro et tanoe), et lorsque l'on compare les points de perturbation accordés aux différentes stations de suite des observations de terrain, dans 71,4 p.c. des cas l'IIB exprime les observations notées sur le terrain tandis que dans 7,1p.c. des cas, les valeurs de l'IIB obtenues sont en dessous des estimations et dans 21,4% des cas elles sont au dessus de cette évaluation sur le terrain. Ces deux tests de validation indiquent que l'IIB distingue bien les bonnes stations et les moins bonnes mais avec une légère tendance à la surévaluation (environ 20%). Cette validation n'est cependant pas à 100p.c. non critiquable dans la mesure où les points de perturbation considèrent seulement deux aspects environnementaux que sont les activités sur la rive et la canopée tandis que l'indice tient compte des métriques multiples.

Les Indices d'Intégrité Biotique ont été regroupés en classes d'Intégrité biotique. Au total, quatre classes d'intégrité ont été identifiées pour toute la zone côtière. Il s'agit des classes 1, 2, 3 et 4. La classe 5 n'a pas été attribuée. La classe 0 a été attribuée à une seule station de la rivière Mé. Les classes attribuées sont inégalement distribuées entre les bassins. En effet, en dehors de la rivière Gô, où seules les classes 2 et 3 sont attribuées, les classes 1 à 4 sont représentées chez tous les autres bassins. La classe 3 représentée est non seulement la mieux distribuée mais également dominante dans la zone côtière. Ce qui fait de la zone d'étude une zone à perturbation modérée.

L'étude des activités humaines susceptible d'être responsables de la dégradation du milieu, a permis de mettre en évidence pour un échantillon de 72 sites, 3 types d'activités humaines. Il s'agit des activités agricoles (plantation de café, cacao, banane, palmier à huile, culture vivrière), des activités d'aménagement (construction de ponts, création de villages et campements et réalisation de barrages destinés à la pêche) et l'usage de divers produits chimiques dans les cours d'eau (détergents dans le cadre des lessives, des vaisselles, les toxines utilisées pour la pêche et les rejets industriels).

Les activités qui composent le type 1 et particulièrement les plantations de cacao, sont dominantes dans la zone côtière. Elles sont rencontrées au niveau de toutes les classes d'intégrité biotique dans la zone côtière. Ce type d'activité même s'il contribue à dégrader le milieu ne devrait pas être considéré comme responsable de la dégradation du système aquatique. En effet, la classe 4 correspondant à un bon milieu est associée presque exclusivement au type 1 dans toutes ces composantes. On ne note d'ailleurs à ce niveau aucune trace du type 2. Cependant, lorsque les activités agricoles sont associées d'une part à l'usage de détergents et des produits chimiques et d'autre part à des travaux d'aménagement (construction de ponts, barrages pour la pêche et présence d'une agglomération) on note alors des perturbations majeures du système aquatique. Cela se traduit par le fait que les classes d'intégrité 1 et 2 qui représentent un niveau avancé de dégradation de la qualité de l'eau, sont associées en plus du type 1, respectivement pour 16,6 P.C. et 6,4 P.C. aux activités d'usage de produits chimiques représentées par les produits toxiques comme moyen de pêche et de détergents pour les travaux ménagers (lessive, vaisselles ou rejets industriels etc.).

La zone côtière est certes modérément dégradée, mais elle nécessite un suivi continu pour éviter que la dégradation ne s'accroisse et mette en danger la fragile diversité ichthyologique. Par ailleurs, cette étude mérite d'être approfondie et élargie à d'autres cours d'eau en Côte d'Ivoire. Il serait intéressant que le pays se dote d'une Agence de surveillance des eaux continentales pour la mise en valeur de cet instrument d'évaluation qui est adopté aujourd'hui par tous les pays développés tant en Europe qu'aux Etats-Unis, le pays d'origine.

PERSPECTIVES

L'objectif final de la connaissance de cette technique est d'instaurer un mécanisme de veille pour tous les cours d'eau de Côte d'Ivoire. Par conséquent, les gouvernants doivent être sensibilisés à l'usage de cet outil.

Par ailleurs, les cours d'eau les plus importants du pays tels que les quatre grands fleuves (Bandama, Comoé, Sassandra et Cavally) doivent être évalués sur la base de cet outil nouveau.

Il serait enfin nécessaire de jeter les bases d'une structure de veille constituée de chercheurs et de représentants de l'administration.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abé, J., et Kaba, N., 1997.** Côte d'Ivoire : Profil environnemental de la zone côtière. Grd Écosystème marin du Golfe. *Rapport ONUDIFEM.* : 151p
- Acolas, M.L., V.Véron, H. Jourdan, M.L., Bégout, M. R. Sabatié, and J.L. Baglinière, 2005.** Upstream migration and reproductive patterns of a population of allis shad in a small river (L'Aulne, Brittany, France).
- Acolas, M.L., M.L. Bégout Anras, V.Véron, H. Jourdan, M. R. Sabatié, and J.L. Baglinière, 2004.** An assessment of the upstream migration and reproductive behaviour of allis shad (*Alosa alosa* L.) using acoustic tracing.
- AFNOR (Association Française de Normalisation). 1992.** Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Essais des eaux, norme française. NF T 90-350, 9 p.
- Alain Perrier et André Tuzet, 2004.** Le cycle de l'eau et les activités au sein de l'espace rural. Enjeux globaux, solutions locales et régionales. GR Geoscience 337 (2005) 39-56)
- Albaret J.J., Ecoutin, J.M., 1989.** Communication mer-lagune : impact d'une réouverture Sur l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).
- Alison, M.M, 2001.** The fossil record and biogeography of the Cichlidae (Actinopterygii : Labroidei).
- Allan, J.D. and A.S. Flecker. 1993.** Biodiversity conservation in running waters : identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *BioSci.* 43: 32-43.
- Amiet, J.L., 1987.** Le genre *Aphyosemiom* Myers (Pisces, Teleostei, Cyprinodontiformes). *Sciences Nat., Compiègne.* 262pp.
- Anonyme 1998.** Projet Buyo (Laboratoire d'Hydrobiologie)
- Anonyme 1997.** Côte d'Ivoire: Profil environnemental de la zone côtière. *Grd Écosystème marin du Golfe (Ministère du Logement du cadre de Vie et de l'Environnement).*
- Anonyme (1), 1999.** Source Fiche de valeur introduite par la PALMCI en Octobre 1999 à la BRVD.
- Anonyme 2002.** Sommet de la terre à Johannesburg, *Notre voie n°1285 du lundi 9 septembre 2002.*
- Anonyme 1994.** Programme des Nations Unies pour l'environnement – Division de Pré-alerte et d'évaluation environnementale (DEWA)- Global Resources Information Database (GRID).

- Appelberg, M., Berger, H. M., Hesthagen, T., Klevien, E., Kurkilahi, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995.** Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish mentoring. *Water, Air and Soil Poll.* 85: 401-406.
- Avenard j. M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., guillaumet J. L., Adjanohoun E. & Perraud A., 1971.** Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, 50 :350 p.
- Baïjot E., Moreau J. & S. Bouda, 1994.** Aspects hydrobiologiques et piscicoles des retenues d'eau en zone soudano-sahélienne. 250 p. Ede : CTA (ACP/CEE).
- Balon, E.K., 1995.** Origin and domestication of the wild carp (*Cyprinus carpio*): from Roman gourmets to the swimming flowers. In Proceedings of the second aquaculture symposium (hungary 6-9/09/93), BILLARD. And GALL G. A.E. (eds), 3-48
- Barbour M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999.** *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.* (2nd Edition). U.S. Environmental Protection Agency, Office of water, Washington, D.C. EPA 841-B-99-002.
- Barbour M.T., J.B. Stribling, J. Gerritsen, J.R. Karr, 1996.** Biological Criteria. Technical Guidance for stream and small Rivers.
- Barnes, R.F.W. 1990.** Deforestation trends in tropical Africa. *African journal of ecology* 28.161-173.
- Batchelor, G. R., 1978.** Aspects of the biology of *Tilapia rendalli* in the Doorndraai Dam, Transvaal, with special reference to fish management. M. Sc. Thesis, Rand Afrikaans University, Johannesburg, 131p.
- Belpaire, C., Smolder, R., Auweele, I.V., Erken.D., Breine, J. Gerlinde, V.T. & Ollevier, F., 2000.** An index of Biotic Integrity characterizing fish populations and the ecological quality of Flandrian water bodies. *Hydrobiologia* 434: 17-33.
- Benigno Elvira, 1995.** Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biological conservation* 72 : 129-136.
- Berkman, H.E., C.F. Rabeni and T.P. Boyle. 1986.** Biomonitoring of stream quality in agricultural areas: fish versus invertebrates. *Environ. Manage.* 10 : 413-419.
- Blache, J., 1964.** Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo-Kébbi; *Mém. ORSTOM*, 4. 483p.

- Borremans R., 1986 a.** Le Grand Dictionnaire Encyclopédique de la Côte d'Ivoire. Tome1. NEA – Abidjan, 287 p.
- Borremans R., 1986 b.** Le Grand Dictionnaire Encyclopédique de la Côte d'Ivoire. Tome2. NEA – Abidjan, 279 p.
- Boni, D., Le Doze, Y. et Saraka, K., 1985.** Géographie de la Côte d'Ivoire. Edition CEDA, 93p.
- Bramblett, R.G. and K.D. Fausch, 1991.** Variables fish communities and the index of biotic integrity in a western Great Plains River. Trans. Am. Fish.Soc. 120: 752-769
- Breine, J., Simoens, I., Goethals, P., Quataert, P., Erken, D., Van Liefferinghe, C., & C. Belpaire, 2004.** A fish-based index of biotic integrity for upstream brooks in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia* 522: 133-148, 2004.
- Breine, J.J., J. Maes, P. Quataert, E. Van Den Berg, I. Simoens, G. Van Thuyne, C. Belpaire, 2005.** A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia* 575: 141-159.
- Brinkhurst, R.O., 1974.** Factors mediating interspecific aggregation of tubificid oligochaetes. *J. Fish Res. Bd. Can.* 31, 460
- Bruton, M.N., 1979.** The food and feeding behaviour of *Clarias gariepinus* (Pisces : Clariidae) in lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. Trans. Zool. Soc. Lond., 35: 47-114.
- Brosset, A., 1982.** Le peuplement de Cyprinodontidae du bassin de l'Ivindo, Gabon. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 36 : 233 -292.
- Cairns J.R. and S. Dickson, 1971.** A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. *Jour. Water Poll.Control Fed.* 43: 755-772.
- Cao, Y., D.P. Larsen, R.M. Hughes, 2001.** Evaluating sampling sufficiency in fish assemblage surveys: a similarity-based approach. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 58: 1782-1793.
- Caper, J., G. Power, and F.R. Shivers, J.R. 1983.** Chesapeake Waters, pollution, Public Health, and Public Opinion, 1607-1972. *Tidewater Publ., Centreville, MD.*
- Cassou-Leins, J.J., Cassou-Leins, F., Boisneau, P., et Baglinière, J.L. 2000.** La reproduction. In Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.) : Ecologie et variabilité des populations, pp 73-92. Ed. by J.L. Baglinière, and P. Elie . Inra- Cemagref, Paris.

- Cattaneo, A., G. Méthot, B. Pinel-alloul, T. Niyonsenga and L. Lapierre. 1995.** Epiphyte size and taxonomy as biological indicators of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). *Environ.Pollut.* 87: 357-372.
- Chandler, J.R., 1970.**A biological approach to water quality management.*Water Pollut. Control* 69, 415-422
- Clavero, M., Blanco- F.G., J. Prenda, 2006.**Monitoring small fish population in streams: A comparison of four passive methods. *Fisheries Research* 78: 243-251
- Corbet, P.S., 1961.** The food of non-Cichlid fishes in lake Victoria basin, with remarks on their evolution and adaptation to lacustrine conditions. *Proc. Zool. Soc. London*, 136, (11): 1-101.
- Corbet, P.S., 1959.** The food on non-cichlid fishes in lake Victoria. *E.A.F.R.O., ann.rep.*, 1958: 21-37.
- Craig J.F., A.S., Halls, J.J.F. Barr, C.W. Bean, 2004.**The Bangladesh floodplain fisheries. *Fisheries Research* 66: 271-286.
- Crumby . W. D., Webb. M.A., Bulow. F.J. & Cathey.H.J. 1990.** Changes in biotic integrity of the river in north-central Tennessee,-*Trans. Am.Fish. Soc.* 119: 885-893.
- Daget J. & A. Iltis, 1965.** Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). *Mém.IFAN.*, 74 : 1-385.
- Daget, J., I.Gaigher & G.W.Ssentongo (eds), Biology and Ecology, 1988.**Conservation. In Lévêque C.,M.N. Bruton & G.W. Ssentongo (eds), *Biology and Ecology of African Freshwater Fishes*. Editions de l'ORSTOM, Paris; 482-491.
- David, J., and Wesley J. Birge, 2005.** Effectiveness of stream restoration following highway reconstruction projects on two freshwater streams in Kentucky.
- De Vos L., Snoeks J., Thys Van Den Audenaerde D., 1990.** The effect of *Tilapia* introductions in LakeLuhondo, Rwanda.*Env. Biol. Fish.*, 27, 303 -308.
- Didier, J., 1997.** Indice biotique d'Intégrité Piscicole (IBIP) pour évaluer la qualité écologique des écosystèmes lotiques. *Thèse, Faculté Universitaire notre – dame de la paix (Faculté des sciences- Namur. P.313*
- Didier, J. et P. Kestemon, 1996.**relationships between mesohabitats, ichthyological communities and IBI metrics adapted to a European river basin (The Meuse, Belgium). *Hydrobiol.* 334: 133-144.

- Durand, J., R., et Guiral, D.,1994.** Hydroclimat et hydrochimie. *Dans Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires* : 129-135.
- D'aubenton F., 1955.** Etude de l'appareil branchiospinal et de l'organe suprabranchial d'*Heterotis niloticus* Ehrenberg 1827. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire (A. Sci. Nat)*, 17(4): 1179-1201.
- Everitt, B. 1980.** Cluster analysis 2nd Edition. Wiley & Son, New York, 5p.
- Fausch, K.D., J.R., Karr and P.R.Yant, 1984.** Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Trans. Am. fish. Soc.* 113-: 39-55.
- Fausch, K.D., J. Lyons, J.R., Karr, and P.L., Angermeier., 1990.** Fish communities as indicators of environmental degradation. *America Fisheries Society Symposium*: 123-144
- Fernando, C.H., 1991.** Impacts of fish introductions in tropical Asia and America. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48 (suppl.1), 2432.
- Fernando, C.H., Furtado, J. I., 1975.** Reservoir fishery resources of south-East Asia. *Bull. Fish. Res. Sta. Sri Lanka*, 26, 83-95
- Ford, J.1989.** The effects of chemical stress on aquatic species composition and community structure. Pages 99-144, in Levin, M.A. Harwell, J.R. Kelly, and K.D. Kimball, editors. *Ecotoxicology: problems and approaches*. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Fryer, G., T.D. Iles, 1972.** The cichlids fishes of the great lakes of Africa : their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edingburg. *In, The evolution of genes for pigmentation in African Cichlids fishes. Gene* (343) 337-346
- Gammon, J.R., C.W. Gammon and M.K. Schmid, 1990.** Land use influence on fish communities in Central Indiana streams, p-111-120. *In W.S. Davis, éd. Proceedings of the 1990 Midwest Pollution Control Biologists Meeting*. US, Environmental Protection Agency Region V. Environmental Sciences Division, Chicago. EPA- 905
- Gammon, J.R. 1980.** The use of community parameters derived from electrofishing catches of river fish as indicators of environmental quality, p.335-363. *In Seminar on Water quality Management Trade-Offs*. US, Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA-905/9-90-005.
- Ganasan .V. & Hugues.R.M., 1998.** Application of an index of biological integrity (IBI) to fish assemblages of the rivers Khan and Kshipra (Madhya Pradesh), India- Freshwater. *Biol.* 40: 367-383
- Garrison, L.P.& J.S., Link. 2000.** Fishing effects on spatial distribution and trophic guild structure of the fish community in the Georges Bank region. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 723-730.

Gibson, G.R.1992.Procedure for initiating narrative Biological Criteria.EPA-822-B-92-002.US. Environ. Prot. Agency, Off. Sci. Technol., Washington, DC.

Girald, G., Sircoulon, J. et Touchebeuf, P.1971. Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Aperçu sur le régime hydrographique, Mém. O.R.S.T.O.M., N°50 :pp.113-155.

Goldstein R.M., Simon T.P., Bailey P.A., Ell M., Schmidt K. & Emblom J., W., 1994.Proposed metrics for the index of biotic integrity for the streams of the Red River of the North basin.*Trans. North Dakota Acad. Sci.*, 24-32.

Gourène, G., Teugels, G.G., Hugueny, B. & D.F.E. Thys van den Audernaerde.,1999. Evaluation de la biodiversité ichtyologique d'un bassin Ouest africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, 23: 147-160

Guelinckx, J., Maes, J., De Brabandere, L., Dehairs, F., Ollevier, F., 2006. Migration dynamics of clupeoids in the Schelde estuary: A stable isotope approach. *Estuarine, Coastal and Shelf science* 66. 612- 623

Guitierrez, M.A.R., 1994.Utilizacion de la ictiofauna como indicador de la integridad biotica de los Rio Gouche and Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela. M.Sc. Thesis ; Universidad National Experimental de los Lianos Occidentales. Esquiél Zamora, Guanare, Venezuela.

Graham, M., 1929. The Victoria Nyanza and its fisheries – A report on the fishing surveys of Lake Victoria, (1972-28). Crown agent Colonies, London, 256p.

Gray, J.S.1989. Effects of environmental stress on species rich assemblages.*Biol. J. Linean Sco.* 37: 19-32.

Groenewald, A.A. Van J., 1964. Observations on the food habits of *Clarias gariepinus* Burchell, the South African freshwater barbell (Pisces: Clariidae) in Transvaal. *Hydrobiologia*, 23 (1-2): 267-273.

Harris, J.H., 1995.The use of fish in ecological assessment. *Aust. J. Ecol.*20: 65-80

Hall, Jr., L.W., S.A. Fisher, W.D. Killen, Jr., M.C. Scott, M.C. Ziegenfuss et R.D. Anderson, 1994. Status assessment in acid-sensitive and non acid sensitive Maryland coastal plain streams using an integrated biological, chemical, physical and land-use approach. *J. Aquat. Ecosyst. Health* 3: 145-167.

Hall, Jr., L.W., M.C. Scott, W.D. Killen, Jr. et R.D. Anderson, 1996.The effect of land-use characteristics and acid sensitivity on the ecological status of Maryland coastal plain streams.*Environment Toxicology and Chemistry* 15: 384-394.

- Hay, C.J., B.J. Van Zyl & G.J. Steyn, 1996.** A quantitative assessment of the biotic integrity of the Okavango River, Namibia, based on fish. *Water SA* 22: 263-284.
- Haury. J. & Patte. E., 1997.** Conséquence écologiques des introductions dans les hydrosystèmes essai de synthèse- *Bull.fr. Pêche Pisci.* 344/345 : 455-470.
- Haslam, S.M. 1990.** *River pollution: An ecological perspective.* Belhaven Press, New York. 253 p.
- Hendricks, M.L., C.H. Hocutt et J.R. Stauffer, Jr., 1980.** Monitoring of fish in lotic habitats, P.205-231. In C.H. Hocutt et J.R. Stauffer, Jr. éd, *Biological monitoring of fish.* Lexington Books, Toronto.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. Mcdiarmid, L.-A.C. Hayek and M.S. Foster, éd. 1994.** *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians.* Smithsonian Institution Press, Washington. 364 p.
- Hill, B.H., A.T. Herlihy, P.R. Kaufmann, R.J. Stevenson, F.H. McCormick and C.B. Johnson. 2000.** Use of periphyton assemblage data as an index of Biotic integrity. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 19: 50-67.
- Hill, M.T., W.S. Platts et R.L. Beschta. 1991.** Ecological and geomorphological concepts for stream and out-of-channel flow requirements. *Rivers* 2(3):198-210.)
- Hilsenhoff, W.L. 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7 : 65-68.
- Holcik, J., 1984.** Some considerations on the role of introduced species of fish in the management of inland fisheries. *EIFAC Tech. Pap., 42 (suppl. Vol.2),* 488-495
- Hopson, J., 1975.** Preliminary observations on the biology of *Alestes baremoze* (Joannis) in lake Rudolf. *In: papers presented at the symposium on the hydrobiology and fisheries of lake Rudolf. Molo. 25-29 may 1975, Lake Rudolf Fish. Res. project, Kitale, Kenya: 25p.*
- Hugueny, B., 1989.** West African rivers as biogeographic islands : Species richness of fish communities. *Oecologia*, 79: 236-243.
- Hugueny, B.S. Camara, B. Samoura & M. Magassouba, 1996.** Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia* 331: 71-78.
- Hugues R.M., Gammon J.R., 1987.** Longitudinal changes in fish assemblages and water quality in the Willamete river. *Oregon. – Trans.Am.Fish. Soc.* 116: 196-209.

- Hugues R.M., T. Oberdorff, 1999.** Application of IBI concepts and metrics to waters outside states and Canada. P. 79-93. In T.P. Simon, éd. Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. C.R.C. Press, Nw York, 671p.
- Hulot, A., 1950.** Le régime alimentaire des poissons du Centre africain. Intérêt éventuel de ces poissons en vue d'une zootechnie économique au Congo Belge. *Bull. Agric. Congo Belge*, 41(1): 145-176.
- Hortwitz, R.J., 1978.** Temporal variability patterns and the distributional patterns in stream fishes. *Ecol. Monogr.*, 48, 307-321.
- Hopson, J., 1975.** Preliminary observations on the biology of *Alestes baremoze* (Joannis) in Lake Rudolf. In: papers presented at the symposium on the hydrobiology and fisheries of Lake Rudolf. Molo. 25-29 may 1975, Lake Rudolf Fish. Res. project, Kitale, Kenya: 25p
- Jeffries M. & Mills D., 1990.** Freshwater ecology. Belhaven Press (ed), London, 285p.
- Johnson, R.P., 1974.** Synopsis of biological data on *Sarotherodon gallilaeus*. F.A.O. *Fish. Synop.* Rome, 90, 51p.
- Journal Officiel de la République de Côte d'Ivoire, 14 juillet, 1986.** Loi N° 86-478 du 1^{er} juillet 1986, relative à la pêche.
- Kamdem Toham A. & G.G. Teugels, 1999.** First data on an Index of Biotic Integrity (IBI) based on fish assemblages for the assessment of the deforestation in a tropical West Africa River. *Hydrobiologia*, 397:29-38.
- Karr, J.R., 1981.** Assessing of biotic Integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.
- Karr J.R., 1999.** Defining and measuring river health. *Freshwater Biology* (1999) 41, 221-234.
- Karr, J.R., 1991.** Biological Integrity. A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological applications*, 1(1), pp. 66-84.
- Karr, J.R., 1985 b.** Clean water is not enough. *Illiahee* 11: 51-57.
- Karr, J.R., 1990.** Bioassessment and non-point source pollution: an overview, Pages 4-1 to 4-8 in Second National Symposium on Water Quality Assessment. Meeting summary. October 16-19, 1989, Fort Collins, Colorado, USA. United States Environment Protection Agency, Washington, D.C. USA.

- Karr J.R., Fausch K.D., Angermeier P.L., Yant P.R. & Schlosser I.J., 1986.** Assessing biological integrity in running waters – a method and its rationale. *Illinois Natural History Survey*, special publication, 5 Urbana, 28p.
- Karr J.R., Yant, P.R., K.D. Faush et I.J. Schlosser, 1987.** Spatial and temporal variability of the index of biotic integrity in three Midwestern streams. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116: 1-11.
- Karr, J.R., & E.W. Chu. 1999.** Sustaining Living Rivers. *Hydrobiologia* 00: 1-3.
- Karr, J.R. et D.R., Dudley, 1981.** Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management. Springer New York, Vol.5 n°1.55-68p.*
- Kerans, B.L. and J.R. Karr. 1994.** A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecol. Applic.* 4 : 768-785
- Ketesmont P., Didier, J., Depiereux E., Michia J.C., 2000.** Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality.
- Kestemont, P., Goffaux, D., 2002.** Metric Selection and sampling procedures of FAME (D4-6) 88p.
- Klein, R.D. 1979.** Urbanization and stream quality impairment. *Water Resour. Bull.* 15: 948-963.
- King, R., P., 1994.** Seasonal dynamics in the trophic status of *Papyrochranus afer* (Günther, 1868) (Notopteridae) in a Nigeria rainforest stream. *Rev. hydrobiol. Trop.* 27 (2) : 143-155
- Kone T., Guy G. Teugels, Valentin N'douba, Gouli Gooré Bi & Essétchi P. Kouamelan, 2003.** Premières données sur l'inventaire et la distribution de l'ichtyofaune d'un petit bassin côtier ouest africain : rivière Gô (Côte d'Ivoire). *Cybium*, 27 (2) : 101-106.
- Konings, A., 1995.** Malawi Cichlids in Their Neural Habitat, 2nd ed. Cichlid Press, St Leon-Rot, Germany.
- Kouadio, 2001.** Distribution spatiale et structure des peuplements des poissons de la rivière Agnébi (Côte d'Ivoire). *Mémoire de DEA, Université de Cocody, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie.* 56p.
- Kouamelan, E.P., Guy G. Teugels, Germain Gourène, Dirk F.E. Thys Van Den Audernaerd et Frans Ollevier, 2000.** Habitude alimentaire de *Mormyrops anguilloïdes* (Mormyridae) en milieu lacustre et fluvial d'un bassin ouest-africain. *Cybium* 24: 67-79.
- Kouamelan, E.P., 1999.** Effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et

l'écologie alimentaire des poissons Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes). *Thèse de Doctorat*, Katholieke Universiteit Leuven :221p.

Kouamelan Essétchi P., Guy G. Teugels, Valentin N'douba, Gouli Gooré Bi & Tidiani Koné, 2003. Fish diversity an its relationships with environmental variables in West Africa basin. *Hydrobiologia* 505: 139-146,

Kouassi, N. J., 1979. Installation et évolution des populations piscicoles dans le lac de barrage de Kossou (Côte d'Ivoire) entre 1972 et 1977. Tome XII, *Ann.Univ. Abidjan, Série E(Ecologie)* : 159-174.

Kouassi, N., 1978. Données écologiques et biologiques sur les populations d'*Alestes baremoze* (Joannis), Poissons Characidae du lac de barrage de Kossou. Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, 278p.

La Violette, N., D. Fournier, P. Dumont, Y. Maillot. 2003. Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique Pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p.

La Violette, N. 1999. Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu, section 6 .In Ministère de l'Environnement, éd. *Le bassin de la rivière Yamaska : l'état de l'écosystème aquatique— 1998*. Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Envirodoq n° EN990224. Rapport n° EA-14.

Lafont, M., Juget, J., and Rofes, G.,1991. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des Oligochètes [A lacustrine biological index based on the investigation of Oligochetes]. *Rev. Sci. Eau* 4, 253-268.

Lauzane, L., 1970. La sélection des proies chez *Alestes baremoze* (Pisces, charac.) *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, 4(1) : 71-76.

Lauzane, L., 1973. Etude qualitative de la nutrition des *Alestes baremoze* (Pisces, charac.) *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, 7(1) : 3-15.

Lauzane L., & Iltis, A., 1975. La sélection de la nourriture chez *Tilapia galilaea* (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, 9(3) : 193-199.

Lauzane, L., 1976. Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad. *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, 10(4) : 267-310.

Lauzane, L., 1978. Etude quantitative de l'alimentation de *sarotherodon galilaeus* (Pisces, Cichlidae) du lac Tchad. *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.*, 12(1) : 71-81.

- Lauzane, L., 1988.** Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains. In Lévêque C., M.N. Bruton & G.V. Ssentongo (eds), *Biology and Ecology of African Freshwater Fishes*. Editions de l'ORSTOM, Paris: 221-242
- Lauzane, L., 1977.** Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation des poissons du Tchad. Thèse d'Etat. ORSTOM. Paris : 249-255p.
- Leclerc, P. 1990.** *Caractérisation des communautés ichtyennes pour mesurer l'état de santé des écosystèmes du fleuve Saint-Laurent*. Le Groupe de Recherche SEEQ ltée, Analex inc. et Service d'analyse des données MESIQ inc., pour le Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Montréal, Québec, 69 p.
- Le Lœuff P. & Marchal E., 1993.** Géographie littorale. In : *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire*. Tome I : Le milieu marin (Le Lœuff P., Marchal E. & Kothias A. J-B, eds.), pp 15-22. ORSTOM, Paris.
- Lévêque, C., 1997.** Introductions de nouvelles espèces de poissons dans les eaux douces tropicales : objectifs et conséquences. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 344/345 : 79-91 (copie au mrac)
- Lévêque, C., 1995.** Role and consequences of fish diversity in the functioning of African freshwater ecosystems: a review. *Aquat. Living Resour.*, 8, 59-78
- Lévêque C., M.N. Bruton & G.V.Ssentongo (eds), 1988.** *Biology and Ecology of African Freshwater Fishes*. Editions de l'ORSTOM, Paris: 510p.
- Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G.G., 1990.** Faune des poissons d'Eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Collection Faune tropicale*, XXVIII. Vol.1. pp1-384. Paris : ORSTOM ; Tervuren : MRAC.
- Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G.G, 1992.** Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Collection Faune tropicale*, XXVIII. Vol.2 : 385-902.
- Lévêque, C. et Paugy, D., 1999.** Les poissons des eaux douces continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme. *Paris, IRD Editions. 521p.*
- Leonard P.M. et D.J., Orth, 1986.** Application and testing of an index biotic integrity in small, coolwater streams. *Trans. Am; Fish. Soc.*, 115, 401-415.
- Leroy P. et F. Farnir 2000.** Méthodes statistiques en Médecine vétérinaire. Faculté de Médecine vétérinaire, université de Liège, 270p.

Little, A.D., 1973. Report on channel modification, *Volume I. Washington D.C* : The council on Environmental Quality).

Lyons. J. Navarro- Pérez. S., Cochran, P.A., Santana. E. &M. Guzman-Arroyo, 1995. Index of integrity based on fish assemblages for the conservation of stream an drivers in west-central Mexico. - *Conservation Biology* 9: 569-584.

Macdonald, S., 1999. Bishops see God in a river that's restored: Letter calls Columbia sacred. *Seattle Times*, 2 May: B1. B4.

Mamadou, E., 1998. Caractérisation zootechnique de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758), *Oreochromis hornorum* (Trewavas, 1960) et de l'hybride issu du croisement *O. niloticus* femelle x *O. hornorum* mâle. *Université de Cocody Abidjan DEA. Ecologie Tropicale*, 41p.

Martyn, C. L., 2000. The influence of environmental factors on movements of lowland-river fish in the Yorkshine Ouse system. *The Science of the Total Environment* 251 252: 223-232.

Mika K, Martti R., 1996. A comparative study of the usefulness and catchability of multimesh gill nets and gill net series in sampling of pech (*Perca fluaviatilis* L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.). *Fisheries Research* (27) 243 - 260

Minns, C.K., Kelso, J.R.M., Randall, R.G., 1994. Detecting the response of fish to habitat alterations in freshwater ecosystems: *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques* 53 pp 403-414.

Monnier, Y. et Alii, 1974. *Découverte aérienne de la Côte-d'Ivoire.* Université d'Abidjan, IGT. *Annales de l'Université série G.*, tome 1, fasc. 1, 136 p

Moreau, J., Arrignon, J.& R.A., Jubb., 1988. Les introductions d'espèces étrangères dans les eaux continentales africaines. Intérêt et limite, In : *Biologie et Ecologie des poissons d'eau douce africains* (Lévêque C., Bruton M.N.& G.W. Ssentongo, eds), pp.395-435. Paris ORSTOM

Mouthon, J.,1993. Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de Mollusques. [A lacustrine biological index based on the investigation of the Mollusk populations.] *Rev. Ecol. Appl*

Mock, M., 1974. Biométrie et biologie des Schilbe (Pisces, Siluriformes) du bassin tchadien, *Thèse de spécialité*, Toulouse, 78p.

Moyle, P.B.,1994. Biodiversity, biomonitoring, and the structure of stream fish communities – In : LOEB. S.L. & Spacie. A. (eds), *Biological Biomonitoring of aquatic Systems*: 22-34. Lewis Press, Boca Raton, Florida.

Munro, J.L., 1967.The food of a community of East African fresh water.*J. Zool., Lond*, 151 (3): 389-415.

Nislow, K.H., 2005. Forest change and stream fish habitat: lessons from “Old” and New England. *Journal of Fish Biology* (supplement B), 186-204.

Noss, R.F., 2000.High-risk ecosystems as foci for considering biodiversity and ecological integrity in ecological risk assessments.*Environmental Science & Policy* 3: 321-332.)

N’douba V. Kouamelan E.P. Kone T., Teugels G.G., Goore bi G., 2003. Premières données sur le peuplement ichtyologique de la rivière Niuoniourou : petit bassin côtier ouest africain (Côte d’Ivoire).

Noba C.S.K, 2007. Critères d’identification et performances zootechniques des Tilapias Hybrides (*Tilapia Zillii* (Gervais, 1948) X *T. guineensis* (Bleeker, 1862) dans trois structures d’élevage : Cages flottantes (Lac d’Ayamé), étang en terre et bassins en béton (Aboisso). *Thèse de l’Université de Cocody-Abidjan* (Côte d’Ivoire). 93-119p.

Oberdorff T. & J.P., Porcher 1992.Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterise rivers of the Seine basin, France. *Hydrobiologia* 228. 117-130

Oberdorff T. & Hugues R.M., 1990. Modification of an Index of Biotic Integrity based on Fish Assemblages to Charactrize Rivers of the Seine Basin, France.

Oberdorff, T. & R. M. Hughes, 1992. Modification of an index of biotic integrity based on fish assemblages to characterize rivers of the Seine Basin, France. *Hydrobiol.*228 : 117-130.

Oberdorff , T. & J. P. Porchet, 1994.An index of biotic integrity to assess biological impacts of Salmonid farm effluents on receiving waters.*Aquaculture* 119: 219-235.

OHIO EPA (Ohio Environmental Protection Agency). 1989.*Biological criteria for the protection of aquatic life: Volume III. Standardized biological field sampling and laboratory methods for assessing fish and macroinvertebrate communities.*Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment, Columbus, Ohio.

OHIO EPA (Ohio Environmental Protection Agency), 1988a.*Biological criteria for the protection of aquatic life : Volume1.*The role biological data in water quality assessment. Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of water quality planning and assessment, Columbus Ohio.

OHIO EPA (Ohio Environmental Protection Agency), 1988b. Biological criteria for the protection of aquatic life : *Volume II. Users manual for biological field assessment of Ohio surface waters*. Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessment, Columbus, Ohio

Osborne, L.L, et M.J. Wiley, 1992.Influence of tributary spatial position on the structure of warm water fish communities. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 49: 671-681

Olatunde, A.A., 1979. The food and feeding habits of *Physailia pellucida* and *Schilbe mystus* with notes on the diet of *S. uranoscopus* and *Siluranodon auritus*, family Schilbeidae (Osteichthyes: Siluriformes) in lake Kainji, Nigeria. *Freshwat.Biol.*, 9(3): 183-190.

Paller, H., M., Reichert, M.J. M., Dean, J.M., 1996.Use of fish communities to assess environmental impacts in South Carolina Coastal plain stream.*Trans. Am. Fish. Soc.* 125, 633-644.

Paller, H., M., Reichert, M. J. M., Dean, J. M., Seigle, J. C., 2000.Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. *Ecological Engineering* 15: 171-187p.

Patrick, R.1950.Biological measure of stream condition.Sewage and industrial wastes. 22: 926-938.

Paugy, D, 1977.Observations préliminaires sur la biologie des espèces du genre *Alestes*.ORSTOM. Bouaké, 5: 1-59.

Paugy D., Traoré K. & P.S. Diouf, 1994. Faune ichthyologique des eaux douces d'Afrique de l'Ouest. In : Diversité biologique des Poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique (Teugels GG., Guégan J.F & J.J Albaret eds.). *Ann. Mus. R. Afr. Centr.*, 275: 35-47.

Paugy D., 1979. Les peuplements ichthyologiques des lacs de Barrage de Côte d'Ivoire. 38 p. Paris : ORSTOM.

Paugy, D., 1980. Ecologie et biologie des *Alestes baremoze* (Pisces, characidae) des rivières de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol.* ,13(3-4) : 143-159.

Paugy D., Lévêque, C, Teugels, GG, 2003. Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Faune et flore tropicales Volume I* : 232-233p.

Pelletier, L. 2002. Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'Environnement, Québec. Envirodoq n° ENV/2002/0291. Rapport n° EA/2002-02, 85 p. et 4 annexes.

Perée, F.P., 1998. Problèmes statistiques et utilisation de logiciels. Tome2. *Faculté de psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Liège*, 238p.

- Perrier, A. & A., Tuzet, 2004.** Le cycle de l'eau et les activités au sein de l'espace rural. Enjeux globaux, solutions locales et régionales. GR Géoscience 337: 39-56
- Petr, T., 1967.** Fish population changes in the Volta lake in Ghana during its first sixteen months. *Hydrobiologia* 30; 193-220.
- Petr, T., 1968a.** Distribution, abundance and food of commercial fish in the black Volta and the Volta man-made lake in Ghana during its first period of filling (1964-1966). I. Mormyridae. *Hydrobiologia* 32: 417-448
- Petr, T., 1968b.** The establishment of lacustrine fish population in the Volta lake in Ghana during 1964-1966. Bull I.F.A.N; xxx A, I: 257-269.
- Petr, T., 1974.** Distribution, abundance and food of commercial fish in the Black Lake Volta and the Volta man-made lake in Ghana, during the filling period (1964-1968) II. Chracidae, *Hydrobiologie*, 45 (2-3): 303-337.
- Pérez, A.R., J.A. C., García, E. Barcala, C. Marcos, 2005.** Changes in benthic fish assemblages as a consequence of coastal Works in a coastal lagoon: The Mar Menor (Spain, western Mediterranean). *Marine pollution bulletin (sous presse)*.
- Penczak T., Forbes L., Coles T.F., Atkin T. & Hill T., 1991.** Fish community structure in the rivers of Lincolnshire and South Hummerside, England. *Hydrobiologia*, 211, 1-9..
- Pham, A., 1976.** Notes préliminaires sur le régime alimentaire des alevins de *Clarias lazera*, Val. 1840 (poisson Téléostéen : Clariidae). *Notes et documents sur la pêche et la pisciculture* C.T.F.T., nouv. sér. 13 : 1-9.
- Piavaux, A., 1992.** La protection de la qualité écologique des eaux. *Tribu de l'eau*, 45, 555, 1, 5-7p.
- Pielou, E.C., 1984.** The interpretation of ecological data. Willey & Sons, New York, 7p.
- Pielou, E.C., 1998.** Fresh Water. *University of Chicago Press. Chicago*.
- Planquette P. & Lemasson J., 1975.** Le peuplement de poissons du Bandama Blanc en pays Baoulé. *Ann. Univ. Abidjan, série E*, 8(1): 77-121.
- Pullin, R.S.V., 1988.** Tilapia genetic resources for aquaculture Proceedings of the Workshop on Tilapia genetic resources for aquaculture, 23-24 March 1987, Bangkok, Thailand ICLARM, Malina, Philippines, 108p.

- Reynold, J.D., 1970.** Biology of the small pelagic fishes, in the new Volta Lake. In: *Man-made lakes, the Accra symposium* Accra Universities Press. (ed. L.E. Obeng). P. 195 – 203.
- Reynoldson T.B., R.C. Bailey, K.E. Day & R.H., Norris, 1995.** Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (The BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. *Aust. J. Ecol.* 20: 198-219;
- Ricardo, C.K., 1939.** Report on the fish and fisheries of the lakeRukwa in Tanganyika territory and the Bangwulu region in Northern Rhodesia. London, Crown Agents, 78p.
- Sandon, H. & Al Tayib, 1953.**The food of some common Nile fish.*Sudan Notes and Records*, 34: 295- 229.
- Schlosser, I.J., 1982.**Fish community structure and function along two habitat gradients in a headwater stream. *Ecol. Monogr.*, 52, 395-414.
- Schwartz, A.,1993.** Sous peuplement et sous développement du Sud Ouest de la Côte d'Ivoire, IRD (ed.)
- Seehausen, O, 1996.**Lake Victoria Rock Cichlids-Taxonomy, Ecology, and Distribution. Verdujin cichlids, Zervenuizen, The Netherlands.
- Shields F.D., S.S. Knight et C.H. Cooper, 1995.**Use of the index of biotic integrity to assess physical habitat degradation in warmwater streams. *Hydrobiologia*, 312: 191-208.
- Simon, T.P., éd. 1999a.**Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. CRC Press, New York. 671 p.
- Simon, T.P., J.Lyon, 1995.**Application of the Index of Biotic Integrity to evaluate water resouces integrity in freswatyer ecosystems. P. 245-262. In W.S. Davis and T.P. Simon éd. *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publisher, Boca Raton F.L.
- Slootweg, R.1989.**Proposed introduction of *Astatoreochromis alluaudi*, an East African mollusc-crushing cichlid, as a means of snail control.*Ann. Mus.R. Afr. Centr., Sci. Zool.*,257, 61-64
- Small, A.M., W.H. Adey, S.M. Lutz, E.G.Reese and d.I. Roberts. 1996.** A macrophyte-based rapid biosurvey of stream water quality: restoration at the watershed scale. *Restoration Ecology* 4 : 124-145.
- Snoeks, J., Ruber, L., Verheyen, E., 1994.** The Tanganyika problem: comments on the taxonomy and distribution patterns of its cichlid fauna. *Archiv für Hydrobiologie. Beiheft. Ergebnisse der Limnologie* 44, 355-372;

- St-Onge, J. et Y. Richard. 1994.** Les communautés benthiques du bassin de la rivière L'Assomption et l'intégrité biotique des écosystèmes fluviaux. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatique, Québec. Environ. n° EN940241. Rapport n° QEN/QE-88/1, 105 p. + 13 annexes.
- Steedman, R.J. 1988.** Modification and assessment of an index of biotic integrity to quantify stream quality in southern Ontario- Can. J. Fish.Aquat.Sci. 45: 492 – 501.
- Stefano, M., 2005.** Life-history and ecosystem-driven variation in composition and residence pattern of seabream species (Perciformes: Sparidae) in two Mediterranean coastal lagoons. Marine Pollution Bulletin XXX (2005)XXX. (*in press*)
- Taub, F.B., 1987.** Indicators of change in natural and human-impacted ecosystems: status. Pages 115-144 in S. Draggan, J.J. Cohrssen, and R.E. Morrison, eds. preserving ecological systems: the agenda for long-term research and development. Praeger, New York, N.Y, USA.Copeia, (1998) 1: 199-204
- Teugels.G.G., Levêque. C., Paugy. D.& Traoré.K., 1988.** Etat des connaissances sur la faune ichthyologique des bassins côtiers de la Côte d'Ivoire et de l'Ouest du Ghana. *Rev. hydrobiol.trop.* 21(3) :221-237.
- Thiébaud, G et S. Muller. 1986.** Les communautés de macrophytes aquatiques comme descripteurs de la qualité de l'eau : exemple de la rivière Moder (nord-est France). *Annls.Limnol.*34 : 141-153.
- Timothy L.W. et R.N. Neumann, 2003.** Comparison of snorkelling and electrofishing for estimating abundance and size structure of brook trout and brown trout in two southern New England Streams.*Fisheries Research* 60: 131-139p.
- Thomas, J.D., 1966.** On the biology of the catfish *Clarias senegalensis*, in a man-made lake in the Ghanaian savana with particular reference to its feeding habits. *J. Zool.*, 148 (4): 476-514.
- Tramer, E.J. and P.M. Rogers. 1973.** Diversity and longitudinal zonation in fish populations of two streams entering a metropolitan area. *Am. Midl. Nat.* 90: 366-374.
- Tobor, J.G. 1972.** The food and feeding habits of some lake tchad commercial fishes.*Bull.Inst. Fond. Afr.noire (A. Sci. Sahara,* 63 : 82-85).
- Verneaux, J.,Tuffery, G., 1967.** Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques [A practical zoological method for determination of the biological quality in streams.Biotic indices]. *Ann. Sci. Univ. Fr. Comté Zool.* 3, 79-90

Vidy, G., 1976. Etude du régime alimentaire de quelques poissons insectivores dans les rivières de Côte d'Ivoire. Rapport de l'ORSTOM, Bouaké, 29p. multigr.

Vis, C., C. Hudon, A. Cattaneo et B. Pinel-Alloul. 1998. Periphyton as indicator of water quality in the St Lawrence River (Québec, Canada). *Environ.Pollut.* 101: 13-24.

Walser C.A., H.L. Bart Jr., 1999. Influence of agriculture on in-stream habitat and fish community structure in Piedmont watersheds of the Chattahoochee Rivers. *Ecology of freshwater Fish.*237-245p.

Welcome R.L & B.de Mérona, 1988.Fish community of rivers. In: *Biology and Ecology of Freshwater Fishes* (Levêque C., Bruton M. N & G.W. Ssentongo, eds), pp. 251-276. Paris: ORSTOM.

Willsie, A. et G. Costan. 1993.*Analyse des communautés benthiques comme indicateur de santé des écosystèmes du Saint-Laurent.* Environnement Canada -Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-44, 68 p.

Whitehead, V.J.L., 1969. Investigations into the food habits of some juvenile fish in the Voltalake during the period october 1967 to march 1969, with some notes on distribution and abundance. Volta basin research project Univ. of Ghana, technical report X 30, 31p. multigr.

Worthington, E.B., 1932. Scientific results of the Cambridge expedition of the East African lakes (1930-1931)-2- Fishes other than Cichlidae. *J. Linn. Soc. (Zool)*, 38,258: 121-134.

Worthington, E.B., & Ricardo, C.K., 1937. The fish of lake Tanganyika other than Cichlidae. *Proc. Zool. Soc. London*, 4: 1061-1112.

Yao S.S ., 2006. Contribution à l'étude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème oust africain: Cas du bassin de la Comoe (Côte d'ivoire).

Yao S.S, E.P. Kouamelan, T. Koné, N. N'douba, G. Goorebi, F. Ollevier et F.E. Thys Van Den Aundernaerd, 2005.Fish communities along environment gradients within the Comoe River basin, Côte d'Ivoire.*Africa journal of aquatic science* 185-194p.

Zaret T.M., Paine, R.T., 1973.Species introductions in a tropical lake.*Science*, 182, 449-455.