

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

\*\*\*\*\*

Paix – Travail – Patrie



UNIVERSITE DE DOUALA

\*\*\*\*\*

THE UNIVERSITY OF DOUALA

\*\*\*\*\*

BP 2701-Douala-Cameroun

Tél/Fax: (237) 33 40 71 28

[www.univ-douala.com](http://www.univ-douala.com)

REPUBLIC OF CAMEROON

\*\*\*\*\*

Peace – Work – Fatherland



INSTITUT DES SCIENCES HALIEUTIQUES

A YABASSI

\*\*\*\*\*

INSTITUTE OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES  
AT YABASSI

\*\*\*\*\*

PO Box 7236-Bassa-Douala

Tel/Fax: (237) 243 18 33 58/691 81 39 05

E-mail: [infos.ish@univ-douala.com](mailto:infos.ish@univ-douala.com)

[contact@ish.cm](mailto:contact@ish.cm)

website : [www.ish.cm](http://www.ish.cm)

## DEPARTEMENT DE GESTION DES PECHES ET DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

### *DEPARTEMENTS OF FISHERIES AND AQUATIC ECOSYSTEMS MANAGEMENT*

**Impact des travaux de construction routière sur les macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eau forestiers en zone côtière du Cameroun**

**Effectué du 1<sup>er</sup> Février au 1<sup>er</sup> Juillet 2020 au Laboratoire de Biologie Animale de l'Université de Douala**



**Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Halieute**

**Filière : Gestion des Pêches et Écosystèmes Aquatiques**

**Par : MVINDI MIMBANG Emmanuel Cédric**

**Ingénieur des Travaux Halieutes**

**Matricule : 15H00069**

**7<sup>ème</sup> Promotion**

**Année Académique 2019/2020**

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

\*\*\*\*\*

Paix – Travail – Patrie



UNIVERSITE DE DOUALA

\*\*\*\*\*

THE UNIVERSITY OF DOUALA

\*\*\*\*\*

BP 2701-Douala-Cameroun

Tél/Fax: (237) 33 40 71 28

[www.univ-douala.com](http://www.univ-douala.com)

REPUBLIC OF CAMEROON

\*\*\*\*\*

Peace – Work – Fatherland



INSTITUT DES SCIENCES HALIEUTIQUES

A YABASSI

\*\*\*\*\*

INSTITUTE OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES

AT YABASSI

\*\*\*\*\*

PO Box 7236-Bassa-Douala

Tel/Fax: (237) 243 18 33 58/691 81 39 05

E-mail: [infos.ish@univ-douala.com](mailto:infos.ish@univ-douala.com)

[contact@ish.cm](mailto:contact@ish.cm)

website : [www.ish.cm](http://www.ish.cm)

## DEPARTEMENT DE GESTION DES PECHES ET DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

*DEPARTMENTS OF FISHERIES AND AQUATIC ECOSYSTEMS MANAGEMENT*

### **Impact des travaux de construction routière sur les macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eau forestiers en zone côtière du Cameroun**

**Effectué du 1<sup>er</sup> Février au 1<sup>er</sup> Juillet 2020 au Laboratoire de Biologie Animale de l'Université de Douala**



**Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Halieute**

**Filière : Gestion des Pêches et Écosystèmes Aquatiques**

**Par : MVINDI MIMBANG Emmanuel Cédric**

**Ingénieur des Travaux Halieutes**

**Matricule : 15H00069**

**7<sup>ème</sup> Promotion**

**SUPERVISEUR**

**Dr ONANA Fils Mamert**

*Chargé de Cours*

**ENCADREUR**

**Dr KOJI Ernest**

*Chargé de Cours*

## **DEDICACE**

À mon très cher grand frère **ABADA WOK Francis**

## **REMERCIEMENTS**

Mes remerciements s'adressent à toutes les personnes physiques et morales ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, notamment à :

- Dr ONANA Fils Mamert, mon superviseur, pour ses enseignements, ses remarques, ses conseils, son suivi permanent durant toute la période de stage, sa disponibilité et son admirable implication dans l'élaboration de ce mémoire ;
- Dr KOJI Ernest, mon encadreur, pour sa disponibilité, son suivi et ses orientations dans la recherche ;
- Dr BITJA NYOM Arnold, Chef de Département de Gestion des Pêches et Ecosystèmes Aquatiques, pour ses remarques, ses judicieux conseils, sa disponibilité ;
- Tous les enseignants du Département de Gestion des Pêches et Ecosystèmes Aquatiques, notamment à Dr NWAMO Roland Didier, Dr NYAMSI TCHATCHO Nectaire Lié, Dr TAMGNO Béranger Raoul pour leurs enseignements et leur disponibilité ;
- Pr TOMEDI EYANGO Minette Epse TABI ABODO, Directeur de l'Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala à Yabassi pour son encadrement et toutes les dispositions prises pour donner aux étudiants de l'ISH une formation de qualité ;
- Tous les enseignants de l'ISH pour leurs enseignements ;
- Mes camarades de la 7<sup>e</sup> promotion de l'ISH pour la collaboration tout au long de ces années ;
- Monsieur MFOULA MEKE Simon et Mme MFOULA Angeline pour la chaleur, les aides multiformes et la garde parentale à mes côtés ;
- Mes frères et sœurs ZE Vincent, MIMBANG Christian, AYAMA Anne Marie, NDABONO Didier, KABEYENE Luisette, BILOA Julien pour leur indéfectible soutien et sacrifices consentis pour mon éducation et mon épanouissement ;
- Mes aînés BOHBA NYANGONO Stanislas, EVINA Armand Mathieu, ENGAMBA SAZANG Michel, ABADA Dimitri, ANDOMO ELANGA Dominique, NKOUUMBA ESSEBE Jean Didier, EKANGA BENGONO Charlie et ALINDA Pierre pour leur soutien et encouragement ;
- À toute la jeune élite, et l'AJESNYM pour leur motivation ;
- Mes amis ASSENE MVONGO Fernand, EFFA EFFA Yves, NGALDEU NOUPOUE Geordie, MENGOUÉ Guy, DEUGOUÉ Florian, EKENGUE Joël pour leur assistance et appuis multiples durant le stage.

## TABLE DE MATIERE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES PHOTOS .....	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : INITIATION A LA RECHERCHE.....	2
CONTEXTE ET JUSTIFICATIFS.....	3
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	5
I-1- Fonctionnement des milieux lotiques.....	5
I-5- Caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau.....	9
I-5-1- Température.....	9
I-5-2- Matières en suspension (MES).....	9
I-5-3- Potentiel d'Hydrogène (pH) .....	10
I-5-4- Conductivité électrique (CE).....	10
I-5-5-Couleur et turbidité.....	10
I-5-6- Forme d'azote .....	10
I-5-7- Orthophosphates .....	10
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES .....	12
II-1- PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE .....	12
II-1-Localisation géographique.....	12
II-1-2- Pédologie et topographie.....	12
II-1-3- Hydrographie et climat.....	13
II-1-4- Flore .....	13
II-1-5-Faune .....	14
II-1-6- Milieu humain et activités socio-économiques .....	14
II-2- Collecte des données .....	15
II-2-1- Période de l'étude.....	15
II-2-2- Données secondaires .....	15
II-2-3- Données primaires.....	15

II-2-4- Choix et description des stations d'échantillonnage .....	15
II-2-5- Mesure de paramètres physico-chimiques de l'eau .....	18
II-2-5-4- Echantillonnage, identification et dénombrement des macroinvertébrés .....	19
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	22
III-1- Résultats.....	22
III-1-1- Caractéristiques physico-chimiques des eaux des cours d'eau étudiés .....	22
III-1-2- Structure des peuplements des macroinvertébrés benthique des cours d'eau .....	26
III-1-3- Richesse spécifique des cours d'eau et indices de diversité .....	27
III-1-3-1- Richesse spécifique .....	27
III-1-3-2- Abondance .....	27
III-1-3-3- Indice de Shannon et weaver .....	28
III-1-3-4- Indice de Pielou .....	28
III-1-4- Calcul des indices biologiques .....	29
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	33
PARTIE II : PROJET TECHNIQUE .....	34
FAITS SAILLANTS DU PROJET .....	35
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET .....	36
I-1- Brève présentation des promoteurs.....	36
I-2- Genèse et histoire du projet .....	36
1-3- Durée du projet.....	37
1-4- But du projet.....	37
1-5- Objectifs du projet.....	37
1-6- Bénéficiaires du projet .....	37
1-7- Activités du projet.....	38
CHAPITRE II : ANALYSE DE LA FAISABILITE .....	39
2-1- Analyse macro-économique.....	39
2-2- Politique et moyens commerciaux .....	39
2-2-1- Etude du marché .....	39
2-2-2- Stratégie marketing .....	40
2-2-4- Politique du prix et de la distribution .....	41
2-2-4-1- Politique du prix .....	41
2-3- Etude technique du projet.....	41
2-3-1- Processus de production.....	41
2-3-2 Personnel .....	44
2-4- Etude financière .....	47

2-5- Analyse des risques du projet et mesures d'atténuation.....	53
<b>CHAPITRE III : MISE EN ŒUVRE DU PROJET .....</b>	<b>54</b>
3-1- Cadre logique du projet.....	54
3-2- Equipe et organigramme du projet.....	55
3-4- Stratégie de communication .....	56
3-4-1- Stratégie de communication verticale.....	56
3-4-2- Stratégie horizontale avec les partenaires locaux et extérieurs.....	56
3-4-3- Stratégie horizontale avec le public .....	56
<b>CHAPITRE IV : SUIVI-EVALUATION DU PROJET .....</b>	<b>57</b>
4-1- Suivi du projet .....	57
4-2- Evaluation du projet .....	57
4-2-1- Evaluation Base-line .....	57
4-2-2- Evaluation à mi-parcours .....	57
4-2-3- Evaluation finale .....	58
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>a</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau i: Numéro de classe en fonction de la valeur des paramètres mesurés.....	20
Tableau ii : Variables et indices simples couramment utilisés.....	20
Tableau iii: présentation des promoteurs .....	36
Tableau iv: étude des concurrents .....	41
Tableau v : chronogramme des activités de l'entreprise .....	43
Tableau vi: estimation des prestations pour les trois premières années .....	44
Tableau vii: profil du personnel .....	45
Tableau viii: Rémunération du personnel .....	46
Tableau ix : Besoins en investissement.....	47
Tableau x: Besoins en fonds de roulement.....	47
Tableau xi: Cout total du projet.....	48
Tableau xii: Financement du projet.....	48
Tableau xiii : Prestation à rendre pour les trois premières années .....	49
Tableau xiv: Chiffre d'affaire des trois premières années .....	49
Tableau xv: Amortissement des immobilisations .....	50
Tableau xvi: Compte d'exploitation prévisionnel .....	50
Tableau xvii : calcul des cash-flows actualisés .....	52
Tableau xviii: bilan prévisionnel d'ouverture .....	52
Tableau xix: plan de financement .....	53
Tableau xx: Analyse des risques du projet et mesures d'atténuation.....	53
Tableau xxi: cadre logique du projet.....	54

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Fonctionnement général d'un cours d'eau.....	6
Figure 2: Localisation de la zone d'étude (INC, 2011).....	12
Figure 3: Carte hydrographique du Nkam (INC, 2011). ....	13
Figure 4: Carte de localisation des stations d'échantillonnage. ....	16
Figure 5 : Variation du pH dans les cours d'eau .....	22
Figure 6: Evolution de la température dans les cours d'eau.....	22
Figure 7: Variation des MES dans les deux cours d'eau.....	23
Figure 8: Variation de la conductivité électrique dans les cours d'eau.....	23
Figure 9: Variation de l'oxygène dissous dans les cours d'eau .....	24
Figure 10 : Variation des orthophosphates dans les cours d'eau .....	24
Figure 11: Evolution des nitrites dans les cours d'eau.....	25
Figure 12: Evolution de l'azote ammoniacal dans les cours d'eau .....	25
Figure 13: Composition des Embranchement dans les deux cours d'eau. ....	26
Figure 14 : Répartition des classes des macroinvertébrés (Bihissi et Nko) .....	26
Figure 15: Variation mensuelle de la richesse spécifique dans les deux cours d'eau. ....	27
Figure 16: Abondance mensuelle dans les différents cours d'eau. ....	27
Figure 17: Indice de Shannon dans les différentes stations par mois.....	28
Figure 18: Equitabilité de pielou dans les cours d'eau.....	28

## **LISTE DES PHOTOS**

Photo 1: Mesure des paramètres physico-chimiques.....	14
Photo 2: Collecte des paramètres biologiques.....	15
Photo 3: Station B1 .....	17
Photo 5: Station B3 .....	17
Photo 4: Station B2 .....	17
Photo 6: Station N1.....	16
Photo 7: Station N2.....	17
Photo 8: Station N3 .....	18

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

<b>AJESNYM</b>	:	Association de la Jeunesse Estudiantine du Nyong et Mfoumou
<b>CE</b>	:	Conductivité Electrique
<b>CFHEC</b>	:	China First Highway Engineering Company
<b>INC</b>	:	Institut National de Cartographie
<b>ISH</b>	:	Institut de Sciences Halieutiques
<b>MES</b>	:	Matières En Suspension
<b>MIB</b>	:	Macroinvertébrés Benthiques
<b>MINADER</b>	:	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
<b>MINEPDED</b>	:	Ministère de l'Environnement de la Protection de la nature et du Développement Durable
<b>MINEPIA</b>	:	Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries Animales
<b>MINFOF</b>	:	Ministère des Forêts et de la Faune
<b>SIG</b>	:	Système d'informations Géographiques
<b>TDR</b>	:	Termes De Références
<b>VAN</b>	:	Valeur Améliorée Nette

## **RESUME**

La préservation de l'intégrité du milieu aquatique implique la conservation de la qualité physique, chimique et biologique de l'eau. La présente étude a pour but d'évaluer l'impact des travaux de construction routière sur la qualité de l'eau et les macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eaux forestiers (Bihissi et Nko) en zone côtière du Cameroun. Les données ont été collectées de février à juin 2020 avec une fréquence mensuelle dans six stations d'échantillonnage. Trois stations par cours d'eau ont été retenues et ont fait l'objet d'échantillonnage. Une station est positionnée où est construit le pont et soumis directement aux impacts, deux autres en amont et aval à 300 m hors de portée de tout impact. Les analyses physico-chimiques ont été effectuées par les méthodes standards, tandis que le macrofaune benthique a été récolté à l'aide d'un filet troubleau, identifiée et dénombrée. Les analyses physico-chimiques ont révélé des eaux modérément polluées avec un indice de pollution organique moyen situé dans la classe moyenne de 4 pour le Bihissi et le Nko. Les macroinvertébrés benthiques ont montré que les stations en amont (B1 et N1), ont des indices biologiques plus élevés que les stations où sont construits les ponts (B2 et N2) et les stations (B3et N3) en aval. Donc la construction routière impacte négativement sur les macroinvertébrés benthiques, car elle dégrade les habitats, trouble les eaux, dénature la végétation et perturbe les cycles écologiques. Il est nécessaire de mener les études hydrobiologiques pour l'évaluation des impacts sur les écosystèmes aquatiques et leur biodiversité pendant l'exécution des grands projets structurants au Cameroun.

**Mots clés :** macroinvertébrés, impact, écosystème aquatique, environnement.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to assess the impact of road construction works on the diversity of benthic macroinvertebrates of two rivers (Bihissi and Nko) of the Littoral forest zone in the Yabassi district. Data were collected from February to June 2020 with a monthly frequency at six sampling stations at the rate of three stations per river from downstream to upstream. The physicochemical analyzes were carried out by Rodier's standard method while the benthic macrofauna was collected using a troubleau net with a mesh gap of 150 µm over a total area of approximately 6m<sup>2</sup> per station. Physicochemical analyzes revealed overall satisfactory water quality. A total of 971 benthic macroinvertebrates in Bihissi and 876 benthic macroinvertebrates in Nko divided into 11 orders were counted and identified. Molluscs are the most abundant in Bihissi with 59% and arthropods in Nko with 85% of the total numbers, and arthropods are the most diverse in one or the other river with 14 taxa and 11 taxa. The stations in the forest zone are composed of arthropods dominated by insects, confirming a low level of disturbance by road works. The strong presence of gastropods and crustaceans illustrates the interest of these organisms as bioindicators of small rivers in forest areas.

**Keywords:** macroinvertebrates, impact, aquatic ecosystem, environment.

## **INTRODUCTION GENERALE**

L’Institut des Sciences Halieutiques (ISH) est une grande école de formation professionnelle à vocation sous-régionale de l’Université de Douala à Yabassi. Crée par décret présidentiel N°93/030 du 19 janvier 1993 et ouvert en 2010, l’Institut des Sciences Halieutiques est spécialisé dans la formation des ingénieurs halieutes qui ont pour mission principale de palier aux problèmes que rencontre le secteur halieutique au Cameroun. L’ISH dans sa stratégie de formation associe aux enseignements théoriques, des pratiques professionnelles et des stages. Pour parachever sa formation académique, le futur ingénieur halieute se doit d’effectuer un stage d’insertion professionnelle lui permettant de mettre en pratique les enseignements théoriques reçus tout au long de sa formation et d’acquérir de l’expérience dans le milieu socio professionnel. Ce stage a consisté à émettre les hypothèses dont la vérification se fera grâce à des objectifs bien définis et un protocole de travail bien élaboré. Outre cet aspect de recherche, l’étudiant élaboré un projet technique réalisable et viable.

Ce mémoire est articulé autour de deux parties : la première est consacrée à l’initiation aux travaux de recherche avec pour thème ”impact des travaux de construction routière sur les macroinvertébrés benthiques de deux cours d’eau forestiers en zone côtière au Cameroun, qui comprend trois chapitres et la seconde consacrée au projet technique et qui comprend quatre chapitres.

## **PARTIE I : INITIATION A LA RECHERCHE**

**THEME : IMPACT DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ROUTIERE SUR LES  
MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DE DEUX COURS D'EAU FORESTIERS  
EN ZONE COTIERE DU CAMEROUN**

## **CONTEXTE ET JUSTIFICATIFS :**

Les eaux douces sont d'une importance capitale pour la vie et le fonctionnement des écosystèmes. Avec la pénurie croissante des ressources en eau et leurs impacts sur le fonctionnement des écosystèmes, l'eau est l'un des principaux objets de protection de l'environnement (Vanderhoof *et al.*, 2016). La préservation de l'intégrité du milieu aquatique implique la conservation de la qualité physique, chimique et biologique de l'eau, car elle influence l'abondance et la diversité spécifique des communautés biologiques (Qadir, and Naseem, 2009). Cependant, malgré le fait que les écosystèmes d'eau douce soient parmi les plus importants au monde, en raison des multiples avantages et services qu'ils fournissent à l'Homme, les activités anthropiques ont continué d'exercer une forte pression sur ces écosystèmes, provoquant des impacts environnementaux négatifs (Yang *et al.*, 2016). Pendant longtemps l'accent a été mis sur la qualité physico-chimique de l'eau, qui permet de mettre en évidence des pollutions, que l'on compare par la suite à des normes ou des critères de qualité éprouvés (Brahi., 2007). Cette approche ne suffit pas pour dire si un cours d'eau est en bon état fonctionnel ou pas et présente donc des limites, car elle peut prédire un impact alors qu'il n'y en a pas, ou bien ne pas prédire d'impact alors qu'il y a eu un. Selon une étude américaine (Thomas, 1993), l'approche physico-chimique peut être avantageusement complémentée par un suivi biologique qui consiste à utiliser des organismes vivants, afin de mesurer les effets des perturbations anthropiques sur les écosystèmes.

### **- PROBLEMATIQUE :**

De nombreuses études se sont penchées sur les questions liées aux constructions routières modifiant la morphologie, les habitats des cours d'eau et leur biodiversité. Au Liban, Bou Saab *et al.* (2007) ont mis en exergue la contamination de la rivière Nahr Ibrahim à des rejets liquide des engins, issus des travaux routiers. En Belgique, Anthony (2000) a présenté les travaux sur l'impact de construction des digues sur le fonctionnement naturel des cours d'eau de la région luxembourgeoise, ce dernier a constaté une perte de la diversité de la faune marquant la dégradation de la ressource en eau. En Algérie, Rouaba Wafa (2009) a montré que les berges des cours d'eau, comme la plus part des espaces ruraux, ont subi des modifications due à l'aménagement routier et à l'urbanisation. Dans le même élan ; Maggie et Menachem (2007) affirment qu'il est nécessairement important d'aborder les questions liées à l'assainissement routier de façon responsable et d'associer les populations pour une collaboration entre les acteurs. Au Cameroun, outre les études d'impact environnemental et social réalisées avant la mise en œuvre des grands projets structurants, aucune étude n'a été

mené afin d'apprécier l'impact réel de la construction routière sur les écosystèmes et leur biodiversité au moment de leur réalisation. A ce jour aucune étude n'a été réalisée dans l'évaluation de l'impact des travaux de construction routière Douala-Yabassi sur les écosystèmes de la zone de Yabassi depuis le lancement effectif des travaux en 2016.

- **HYPOTHESES :**

Les hypothèses de cette étude sont:

- L'analyse physico-chimique de l'eau des cours d'eau étudiés pourrait révéler une bonne qualité de ces eaux au regard de l'état naturel de la zone ;
- La structure des communautés des macroinvertébrés benthiques de ces cours d'eau serait identique d'un cours d'eau à un autre ;
- Les facteurs physico-chimiques conditionneraient une répartition spatio-temporelle importante de la faune benthique dans les cours d'eau.

- **OBJECTIFS :**

➤ **Objectif général :**

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact des travaux de construction routière sur les macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eau forestiers (Bihissi et Nko) en zone côtière du Cameroun.

➤ **Objectifs spécifiques :**

- Evaluer les effets de la pollution des eaux des cours d'eau (Bihissi et Nko) étudiés;
- Identifier les effets de construction routière sur la structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau en utilisant les indices biologiques ;
- Déterminer les principales variables physico-chimiques qui influencent la distribution des macroinvertébrés benthiques dans les cours d'eau étudiés.

- **INTERET DU TRAVAIL :**

Cette étude présente de nombreux intérêts :

**-Intérêt environnemental :** Contribuer à une meilleure gestion des écosystèmes aquatiques par un suivi biologique des cours d'eau ;

**-Intérêt politique :** Donner aux décideurs un outil d'aide à la définition de meilleures stratégies de gestion des ressources en eau et des risques de pollutions.

## **CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE**

### **I-1- Fonctionnement des milieux lotiques**

Les écosystèmes aquatiques continentaux ou écosystèmes limniques sont des milieux d'eau douce généralement subdivisés en écosystèmes lentiques (lacs, étangs, mares, marais et marécages) où le renouvellement de l'eau est très lent et en écosystèmes lotiques (cours d'eau) où le renouvellement de l'eau est plus ou moins rapide. Ces écosystèmes présentent une importance écologique majeure puisqu'ils reflètent directement le fonctionnement des bassins versants et les activités des populations humaines qui y vivent (Hynes, 1975). Aussi, les hydrosystèmes lotiques sont en constante interaction d'amont en aval avec les habitats environnants (Cébron, 2004).

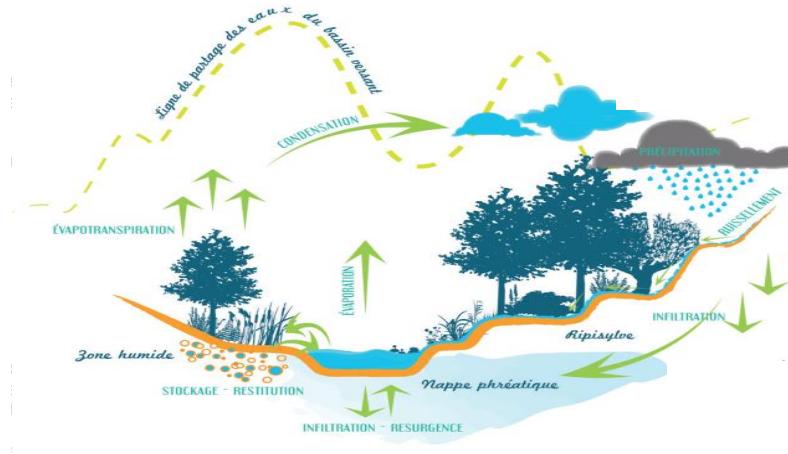
En écologie classique, chacun des éléments du système eau courante-annexes terrestres ou aquatiques-milieu interstitiel correspond à une entité fonctionnelle désignée par le terme de complexe écosystémique (Ramade, 2007). Cependant, la circulation de l'eau dans les trois dimensions de l'espace (longitudinale, latérale, verticale) engendre divers flux entre les éléments de la mosaïque paysagère qui apparaissent ainsi connectés et interdépendants (Vervier *et al.*, 1992). Bien que les écoulements d'amont en aval (flux longitudinal) soient les plus importants, ils ne sont pas les seuls à régir le fonctionnement des systèmes lotiques. Les flux transversaux et verticaux jouent également un rôle prépondérant dans cette régulation. Ces derniers se manifestent par la formation de zones humides en marge des cours d'eau, par les connexions avec la plaine alluviale (flux transversal), et par les échanges avec les sédiments ou le milieu souterrain situé sous le lit fluvial (flux vertical). Ainsi, en écologie fluviale, l'eau étant le vecteur principal des échanges dans les trois dimensions de l'espace, l'ensemble constitué par le chenal et ses annexes (terrestres, aquatiques et interstitielles) est désigné par l'expression : "hydrosystème fluvial" (Amoros et Petts, 1993). En ajoutant à la notion d'hydrosystème fluvial le facteur temps, la nature quadridimensionnelle des systèmes lotiques est alors définie. Ainsi, ces systèmes présentent une organisation spatiale hiérarchisée dont les niveaux successifs s'emboîtent et sont contrôlés par des processus se déroulant à différents pas de temps.

Les cours d'eau présentent toujours des alternances de faciès y compris dans leur parcours les plus rectilignes. Ces faciès d'écoulement sont des portions de cours d'eau avec une certaine uniformité structurelle et fonctionnelle sur le plan des vitesses du courant de l'eau, des hauteurs d'eau, de la granulométrie du substrat, de la pente du lit et des profils en travers. La diversité longitudinale des formes et de leur structure physique est mise à profit

par la flore et la faune aquatique qui y rencontrent les différents habitats nécessaires à l'accomplissement de leurs cycles vitaux. En ce qui concerne la vitesse du courant des eaux, Malavoi et Souchon (2002), identifient deux principaux types de faciès en milieu lotique :

- les faciès « lentiques » où les vitesses de l'eau sont inférieures à 30 cm/sec (mouilles, chenaux lentiques, plats lentiques) et,
- les faciès « lotiques » où les vitesses de l'eau sont supérieures à 30 cm/sec (radiers, plats, rapides, chenaux lotiques).

Les hydrobiologistes s'intéressent à ces unités morphologiques (Kershner *et al.*, 1992) pour composer leurs unités d'échantillonnage au prélèvement de macroinvertébrés benthiques (Armitage *et al.*, 1987) ou au choix des faciès lentiques pour l'échantillonnage du plancton.



**Figure 1:** Fonctionnement général d'un cours d'eau

## I-2- Pollution des cours d'eau

### I-2-1- Définition de pollution

La pollution peut être définie comme étant une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en partie ou en totalité comme les sous-produits de l'action de l'Homme au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de réparation des flux d'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, en eau et d'autres produits biologiques (Barbaut, 1995). La pollution est donc la conséquence de l'introduction de matières, en quantité suffisamment importante pour perturber le fonctionnement habituel à court, moyen, ou long terme d'un écosystème.

### I-3- Types de pollution

La classification de la pollution dans peut être classée en fonction de la nature de la substance polluante, en fonction de l'origine de la substance polluante (Gingras, 1997) et en fonction type de pollution et diffère de la nature de la substance polluante, et même en

fonction l'effet de l'agent polluant. Pour Lévêque (19960) et Massard-Guilbaud (1999). On distingue quatre types de pollution des eaux la pollution physique, la pollution chimique organique-organique, la pollution chimique-minérale et la pollution microbiologique. La pollution physique se mesure au travers des paramètres suivants la teneur en matières en suspension (MES), la conductivité électrique, la température, le potentiel d'Hydrogène (Chatziz, 2000). La mesure de la pollution chimique-organique et minérale se fait à l'aide des paramètres suivants : l'oxygénation, l'azote (Nitrites, Nitrates, Azote ammoniacal), du phosphate, Demande chimique en Oxygène et la Demande biologique en Oxygène (Chatziz, 2000).

## **I-4- Généralité sur les macroinvertébrés benthiques**

### **I-4-1- Définition**

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Moisan, J. 2010).

### **I-4-2- Principaux embranchements constituant les macroinvertébrés benthiques**

#### **I-4-2-1- Annélides**

Les Annélides : Les Oligochètes et les Achètes, représentent les principales classes de cet embranchement.

Les Oligochètes fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux de sources jusqu'au cours d'eau de plaine. Ils sont surtout représentés dans les sections les plus proches des pollutions. La classe des oligochètes correspond à des Annélides caractérisés fondamentalement par la présence de deux paires de faisceaux de soies : une paire latérodorsale et une paire latéroventrale. Très exceptionnellement, il peut y avoir absence totale de soie comme cela est le cas chez un Enchytraeidae hyporhéique du genre *Achaeta* (Bouda, 2001). Corps mou, allongé et cylindrique composé de plusieurs segments similaires (Moisan, 2010).

Les Achètes (ou sangsues) constituent une classe d'Annélides. Les sangsues sont présentes aussi bien en milieu marin qu'en eau douce. Tous les Achètes présentent une

ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Le corps est segmenté (Tachet et al., 2010).

#### I-4-2-2- Arthropodes

Les Arthropodes constituent l'embranchement le plus important du monde animal : environ 80% de la faune connue, avec plus d'un million d'espèces pour les seuls Insectes qui représentent environ 90% des Arthropodes (Moisan, 2010). Arachnides, Pycnogonides, Myriapodes et Crustacés forment les principales autres classes. Les Arthropodes possèdent un certain nombre de caractères qui en font un embranchement bien différencié. Ce sont des Métazoaires coelomates, à symétrie bilatérale, avec un système nerveux dorsal. Le corps est recouvert d'une cuticule (plus ou moins épaisse et rigide), composée de chitine et de protéines, parfois imprégnée de sels calcaires (chez les Crustacés supérieurs). Cette cuticule constitue le squelette externe, mais aussi interne, car elle tapisse l'intérieur de certains organes tels que le tube digestif, les cavités respiratoires, etc. Le corps est segmenté (tête, thorax et abdomen) et les appendices articulés. On considère que les Arthropodes dérivent des Vers Annélides et qu'ils constituent un groupe très ancien remontant à l'ère primaire (Moisan, 2010). L'embranchement des Arthropodes est divisé en deux groupes : Chélicérates et Antennates. Les Chélicérates sont dépourvus d'antennes ; la région céphalique n'est pas nettement individualisée : une paire d'appendices en forme de pinces et située en avant de la bouche, les chélicères. Appartient à ce groupe les Mérostomacés (le Limule), les Arachnides (Scorpions, Acariens et Araignées) et les Pycnogonides. Les Antennates (ou Mandibulates) possèdent des antennes, des mandibules, des mâchoires. Ils regroupent les Myriapodes, les Crustacés, et les insectes (Moisan, 2010).

#### I-4-2-3- Mollusques

Les mollusques sont en général des animaux aquatiques. La plupart vivent dans la mer, d'autres habitent les eaux douces, et d'autres encore vivent sur la terre, principalement aux lieux humides ou ombragés (Lamark, 2003). Les mollusques sont des invertébrés à corps mou, (Moisan, 2006). Massif, non métamérisé, sans squelette interne présentant une unité (Mouthon, 1980), dont la plupart possède une enveloppe externe dure (une coquille de calcaire) (Moisan, 2006). Par contre certains mollusques ont perdu une partie (calmars) ou la totalité (pieuvres) de leur coquille au cours de l'évolution. Ce groupe compte d'ailleurs plus de 80 000 espèces connues (Maissait, 2005).

Les gastéropodes sont une classe de mollusques caractérisée par la présence d'une seule coquille habituellement spiralée comme celle des escargots. Certains possèdent une plaque cornée ou calcaire appelée opercule qui ferme l'ouverture de la coquille quand l'animal est à l'intérieur. Un seul groupe possède une forme vraiment différente, soit une forme de petit chapeau. Les gastéropodes avec un opercule (prosobranches) ont une tolérance moyenne à la pollution, et ceux sans opercule (pulmonés) sont considérés comme tolérants (Moisan, 2010). Les bivalves sont une classe de mollusques caractérisée par un corps à symétrie bilatérale, comprimé latéralement, est complètement enveloppé par le manteau, celui-ci étant subdivisé en deux lobes latéraux qui sécrètent une coquille à deux valves; les valves sont articulées par une charnière et jointes par un ligament cuticulaire et élastique; des muscles adducteurs, antérieur et postérieur tendent à refermer la coquille. La tête est absente ou, si l'on veut, réduite à la bouche, celle-ci étant dépourvue de radula et de bulbe buccal, mais munie de palpes labiaux. La cavité palléale est vaste et contient deux branchies lamellaires symétriques. Le pied est comprimé latéralement, adapté à la locomotion dans le sable et la vase (Moisan, 2010).

## I-5- Caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau

Plusieurs méthodes ont été mises au point pour déterminer la qualité d'une eau parmi lesquelles l'analyse physico-chimique (Rodier *et al.*, 2009). L'analyse physicochimique consiste en la mesure d'un ensemble de paramètres physico-chimique pour déterminer la qualité d'une eau (Rodier *et al.*, 1996). Il s'agit notamment : de MES, du pH, de la conductivité électrique, des nitrites, de l'azote ammoniacal, des orthophosphates, la salinité, turbidité, la couleur, oxygène dissous.

### I-5-1- Température

La température semble être la variable écologique la plus importante car elle influence directement et de façon pertinente le métabolisme des organismes aquatiques et leur répartition. Elle est l'un des principaux facteurs qui régit le comportement des animaux. On note par ailleurs qu'une augmentation de la température accélère considérablement la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Rodier *et al.*, 1996 ; Arrignon, 1998).

### I-5-2- Matières en suspension (MES)

L'eau véhicule de fines particules de matières solides en suspension (MES) décelables pondéralement par centrifugation, sédimentation, filtration ou même par spectrophotométrie (Arrignon, 1998). Suivant leur densité et les caractéristiques du milieu récepteur, ces MES se déposent plus ou moins loin en aval, produisant une pollution mécanique et augmentant la

turbidité des eaux. La teneur des eaux en matières en suspension est très variable selon les cours d'eau et est fonction de la nature des terrains traversés et de la saison (Rodier *et al.*, 2009).

### I-5-3- Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH d'une eau naturelle est lié aux conditions édaphiques (Leynaud et Verrel, 1980) et varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rodier *et al.*, 2009). Les eaux au pH trop acide ou basique ne sont pas propices au développement de nombreux groupes biologiques.

### I-5-4- Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique, exprimée en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm de surface séparée l'une de l'autre d'un cm (Arrignon, 1998). Elle permet d'évaluer le degré de minéralisation globale de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

### I-5-5-Couleur et turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matière qui le trouble. Dans les cours d'eau, elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdale qui absorbent, diffusent et ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactérie et de micro-algues (Savoye *et al.*, 2000). La turbidité influence la couleur de l'eau (Dajoz, 1992).

### I-5-6- Forme d'azote

Dans les hydrosystèmes, l'azote se trouve sous formes organique, azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), ou associée à d'autres composés. Dans la nature, l'azote provient du sol et de la minéralisation de la nécromasse. Toutefois, l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement de l'eau en cet élément par apport d'effluents urbains et industriels, rejets d'eaux usées domestiques et le lessivage des sols agricoles fortement enrichis en engrais (Jullian *et al.*, 2005). La teneur en  $\text{NH}_4^+$ , est très élevée dans les eaux riches en matières organiques lorsque le pourcentage de saturation en oxygène est insuffisant pour assurer sa transformation (CEAQ, 2007). Généralement, la présence de ces différentes formes d'azote dans l'eau à une certaine teneur indique un état de pollution organique (Verneaux, 1980).

### I-5-7- Orthophosphates

Le phosphore est un élément indispensable à la vie aquatique et se présente sous forme d'orthophosphates dans le milieu aquatique. La présence de phosphates dans les eaux

naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique et à l'utilisation des détergents. Le dosage des phosphates permet d'apprécier le degré de trophie ainsi que celui de la pollution des eaux (Duchaufour, 1997).

## CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

### II-1- PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

#### II-1-Localisation géographique

La zone d'étude se trouve dans l'arrondissement de Yabassi, Département du Nkam, Région du Littoral-Cameroun (figure 4). Yabassi a pour coordonnées géographiques  $9^{\circ}50'$  et  $10^{\circ}10'$  de Latitude Nord, et  $4^{\circ}20'$  et  $4^{\circ}40'$  de Longitude Est (INC, 2011). Elle est limitée au Sud par les Arrondissements de la Dibamba et Douala 3<sup>ème</sup>, à l'Est par les arrondissements de Nkondjock et Yingui, au Nord par les arrondissements de Njombé/Penja, Loum et Nlonako, à l'Ouest par les arrondissements de Dibombari et Douala 5<sup>ème</sup> (INC, 2011).

#### II-1-2- Pédologie et topographie

Les sols dans l'arrondissement de Yabassi sont friables, meubles, et sableux. Ce sont des sols sédimentaires couverts d'alluvions récents ayant une faible capacité de rétention d'eau. Les sols jaunes ferralitiques constituent l'essentiel de la zone, des plateaux et colline, et les sols hydromorphes gris des zones d'inondation permanentes (Folak *et al.*, 1999).

Le relief est formé de plateau et de petites collines constituées d'alluvions peu consolidés et entrecoupés de vallées peu profondes. La plaine côtière est d'une manière générale caractérisée par un relief relativement plat, ondulé avec des altitudes ne dépassant pas 200m (Folak *et al.*, 1999).

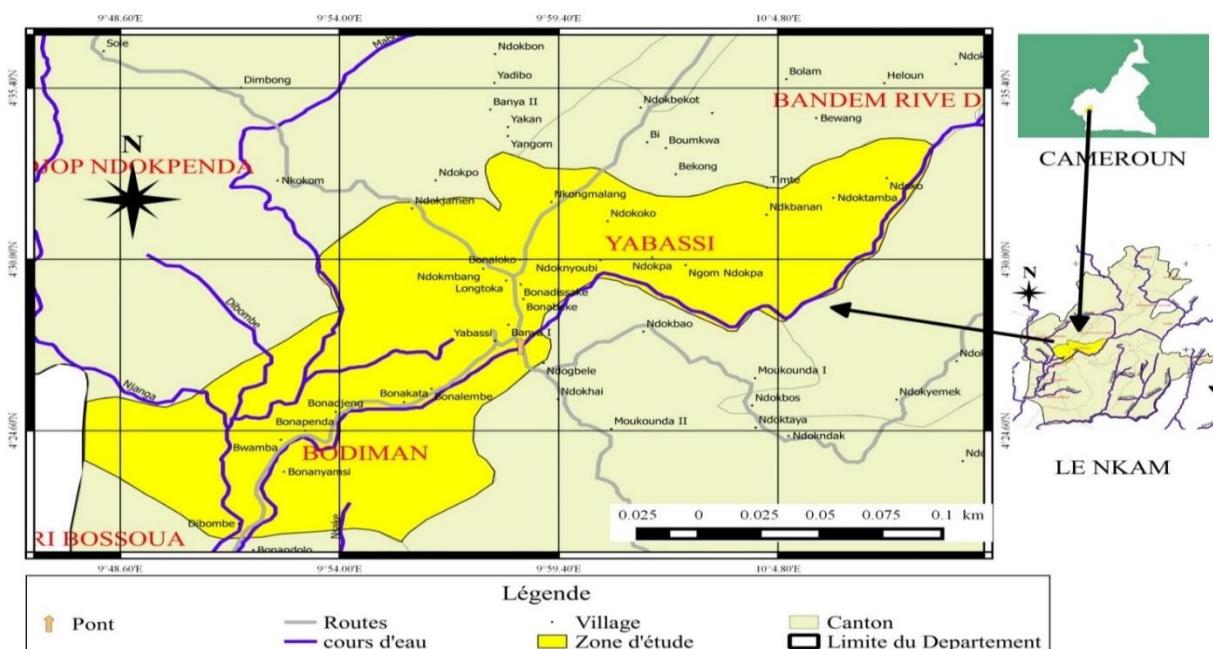
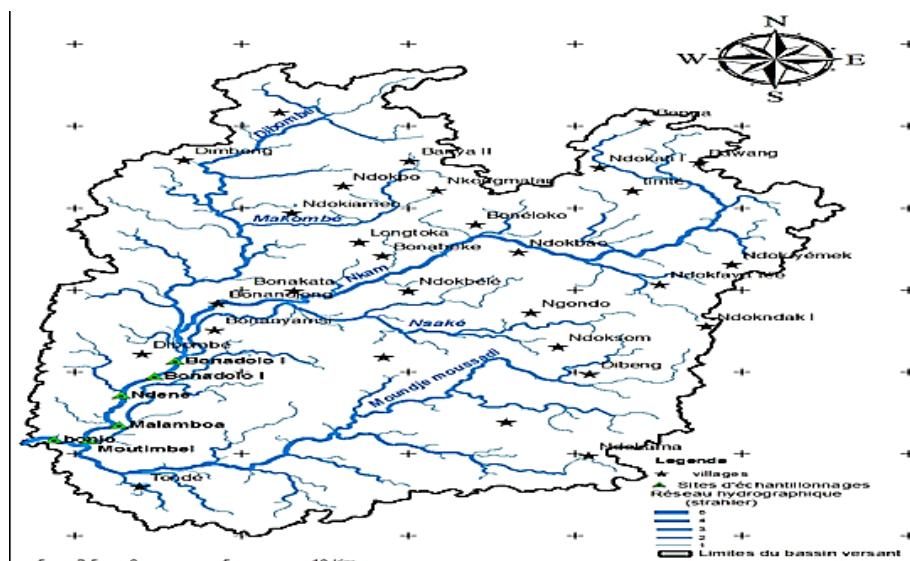


Figure 2: Localisation de la zone d'étude (INC, 2011)

### II-1-3- Hydrographie et climat

La zone est fortement arrosée avec pour principal cours d'eau le Nkam appélé Wouri dans sa partie inférieure (Figure 10). Ce structurant majeur du reseau hydrographique constitue l'exutoire pour des nombreux affluents tels que la Makombe, le Nsake. Le fleuve Nkam s'écoule dans une direction Nord-Est / Sud-Ouest suivant une pente moyenne d'environ 3 degrés. Il résulte de la rencontre au niveau de la frontière Santchou (département de la Menoua) et Kekem (département du Haut-Nkam) de deux cours d'eau : le « Petit Nkam » et le « Ngoung ». A la confluence avec la Makombe, ce fleuve prend de l'envergure pendant que sa pente diminue. Son entrée dans le bassin sédimentaire côtier est marquée par des rapides en amont de Yabassi. Il devient ainsi aisément navigable jusqu'à l'immense estuaire envasé du Wouri (INC, 2011).

la zone est soumise à un climat littoral très humide avec dominance pluviométrique nocturne caractérisé par deux saisons (Suchel, 1972). La saison sèche dure trois mois (décembre à février ;) et la saison pluvieuse est longue de neuf mois (mars à novembre) (Suchel, 1972). Les précipitations y sont abondante et régulières présentant des valeurs annuelles variant de 2593 mm à 5328 mm. La température dans cette zone est relativement élevé avec une moyenne mensuelle de 28°C environs (Suchel, 1972).



**Figure 3:** Carte hydrographique du Nkam (INC, 2011).

### II-1-4- Flore

La flore terrestre est composée de forêt de type littoral, caractérisée par la dominance des essences telles que *Pycnanthus angollensis* (Ilomba), *Sarcoglottis* (Bridou), *Cynometra hankei* (Nkokom). L'exploitation forestière est artisanale et industrielle, et concerne les espèces suivantes : l'azobé (*Lophira alata*), le Bubinga (*Guibourtia tessmannii*), le Sapelli

(*Entandrophragma cylindrica*), l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), le Frakè (*Terminalia superba*), etc (MINFOF, 2017). Les principaux types de cultures sont : les cultures vivrières (manioc, banane plantain, igname...), les cultures maraîchères (pistache, morelles), les cultures de rente (cacao, café) (Dibong et al., 2012).

## II-1-5-Faune

La faune terrestre de Yabassi est dominée par les mammifères tels que primates, antilopes, biches, gazelles et des rongeurs, les reptiles particulièrement de la famille des Ophilidae (serpents). On rencontre aussi de nombreux oiseaux (hirondelle, épervier, hibou), etc (MNEFOF, 2017 Rapport trimestriel d'activités).

La zone de Yabassi dispose aussi d'une faune aquatique variée. En effet on compte plus de 31 espèces de poissons parmi lesquelles *Chrysichthys nigrodigitatus* (Machoiron) comme espèce dominante, *Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Clarias gariepinus* et *Clarias jaensis* (Silures), *Malepterurus electrocus* (poisson courant), *Parachanna obscura* (poisson vipère), *Lates niloticus* (capitaine d'eau douce), *Cyprinus carpio* (carpe commune), *Macrobranchium sp* (crevettes), *Scylla serrata* et *potamon fluviatile* (crabes), *Crocodylus niloticus* (crocodiles), *Trichechus senegalensis* (lamantin) (Folak et al., 1992).

## II-1-6- Milieu humain et activités socio-économiques

L'arrondissement de Yabassi a une population estimée à environ 13 000 habitants selon les rapports du 3<sup>e</sup> recensement général de la population. Il abriterait aujourd'hui environ 14 685 habitants selon l'estimation de la population du District de santé de Yabassi en 2019. Cette population est inégalement répartie sur l'ensemble de l'arrondissement et présente quelques zones de concentration comme Banya I, Sollè, Ndogbélé, Tondé village et Bonépoupa II. Les ethnies autochtones sont Bassa, Bandem, Banen, Banya, Bonkeng, Mbang, Bodiman et Ewodi. Cet Arrondissement compte 48 villages répartis dans 08 cantons (chefferie de 2<sup>e</sup> degré). Il s'agit de : Yabassi Centre, Bodiman, Wouri Bwelle, Wouri Bossoua, Badjop Ndog Penda, Dibeng-Ndogbélé, Banden Rive Droite et Nyamtan (PCD, 2012).

Les principales activités socio-économiques dans l'arrondissement sont entre autres l'agriculture de subsistance, la pêche artisanale, l'élevage traditionnel, le petit commerce (la moto taxi, le call box, la restauration, le garage, le secrétariat bureautique), l'exploitation de sable, l'exploitation forestière et la menuiserie (PCD, 2012).

## **II-2- Collecte des données**

### **II-2-1- Période de l'étude**

L'étude s'est déroulée en deux phases : la première phase, de novembre 2019 à janvier 2020, a consisté à la prospection des deux cours d'eau en vue de leur meilleure connaissance et afin d'effectuer le choix des stations d'échantillonnage. Cette phase a également été consacrée à la rédaction du protocole, aux recherches bibliographiques et à l'évaluation budgétaire des campagnes de terrain. La seconde phase s'est déroulée durant la période allant du mois de février au mois de juin 2020 et elle a consisté en l'échantillonnage des macroinvertébrés, l'analyse des échantillons d'eau, la mesure de quelques paramètres physico-chimiques *in situ* et au traitement des données obtenues. Cinq (05) campagnes d'échantillonnage ont été effectuées avec un pas de temps mensuel entre deux (02) campagnes. La collecte des échantillons d'eau et des macroinvertébrés benthiques s'est faite mensuellement entre 7h00 et 13h00.

### **II-2-2- Données secondaires**

Les données secondaires ont été collectées au travers des articles, des livres, des mémoires, des documents provenant de la bibliothèque de l'ISH et des recherches sur internet afin d'avoir une idée sur l'ensemble des travaux réalisés sur la thématique.

### **II-2-3- Données primaires**

Les données primaires ont été récoltées par des mesures effectuées *in situ* à l'aide du multi paramètre de marque HANNA model HI9829 mais aussi au travers de la collecte des échantillons d'eau et des échantillons biologiques pour l'indentification des organismes au Laboratoire de Biologie Animales de l'Université de Douala.



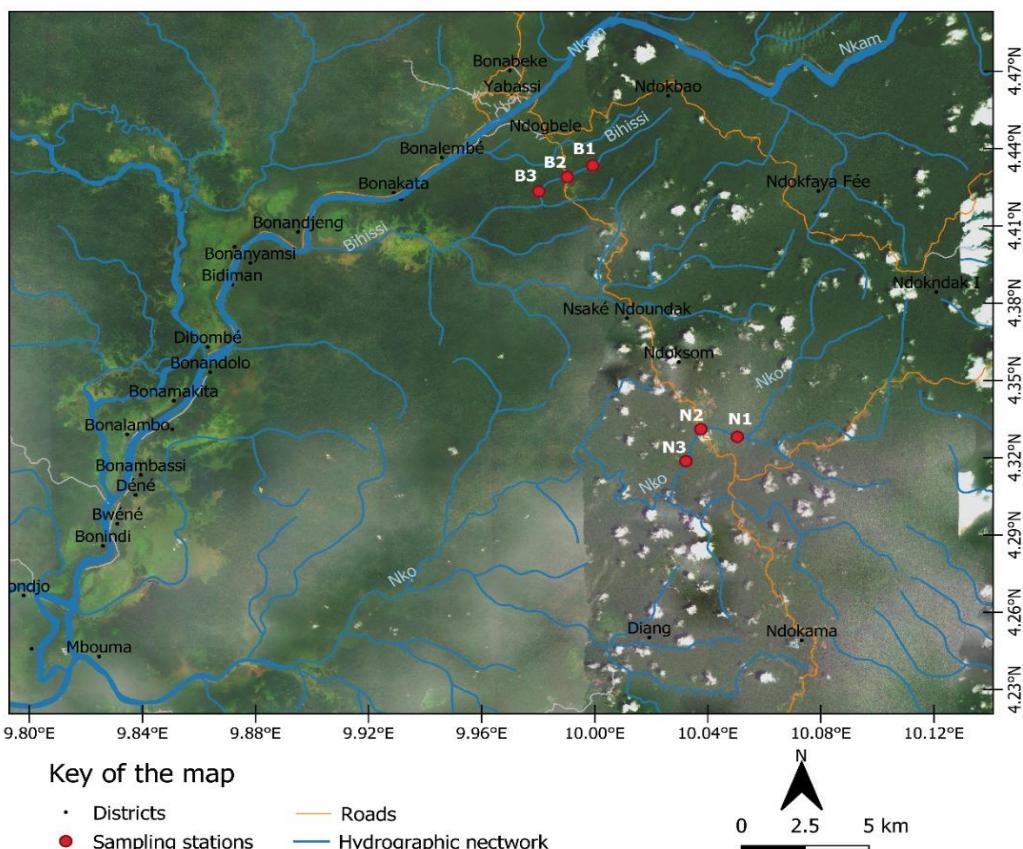
**Photo 1:** Mesure des paramètres physico-chimiques  
biologiques

**Photo 2:** Collecte des paramètres

### **II-2-4- Choix et description des stations d'échantillonnage**

Les deux bassins versants Bihissi et Nko sont situées en zone forestière avec une couverture végétale de 85% et très peu habité. Le choix des stations a été effectué en tenant

compte de certains paramètres tels que : l’altitude, la pente, la diversité des biotopes, l’amont et l’aval afin d’évaluer l’impact des travaux de construction routière le long des cours d’eau Bihissi et Nko ainsi que le conditionnement de l’accessibilité aux stations. Trois stations par cours d’eau ont été retenues et ont fait l’objet d’échantillonnage mensuel durant la période allant de février à juin 2020. Une station est positionnée sur le cours d’eau à l’endroit où on construit le pont et est soumise donc directement aux impacts de construction, une autre en amont à 300 m hors de portée de tout impact, et l’autre en aval à 300 m



**Figure 4:** Carte de localisation des stations d’échantillonnage.

#### ➤ Le Bihissi

- Station B<sub>1</sub>: située en zone forestière du cours d’eau de latitude 4°19'41.01''N, et de longitude 9°59'57.36''E. Elle a une largeur du lit mouillé qui varie entre 4,9 m et 7,13 m et la profondeur variant de 11,55 cm et 12,95 cm. Le substrat dominant est sableux, caillouteux et les feuilles mortes. La végétation est formée d’une importante canopée, de petits arbres et d’herbiers cà et là.
- Station B<sub>2</sub>: située sur le pont en construction de latitude 4°N25'44.20''N et longitude 9°59'25.13''E. Elle a une largeur qui varie de 3,6 m à 7,22 m, la profondeur variant

entre 8,45 cm et 14,13 cm. Le substrat est caillouteux, dénaturé par le curage du sol pour les travaux routier. Le sol est nu et décapé.

- Station B<sub>3</sub> : située en zone forestière, de latitude 4°25'24.04''N, et de longitude 10°00'12.12E. Elle a une largeur de lit mouillé située entre 8,9 m et 12,64 m, la profondeur de 7,6 cm à 17,82 cm. Le substrat est rocheux, sableux et limoneux. La végétation est formée d'une importante canopée, d'herbiers et d'un important couvert forestier.



Photo 3: Station B1

➤ Le Nko,



Photo 5: Station B2



Photo 4: Station B3

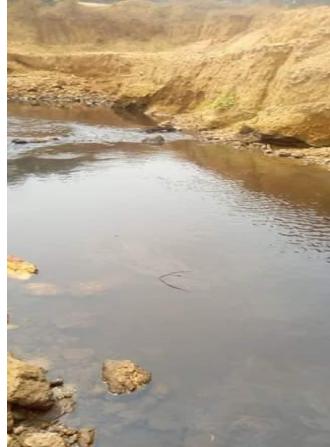
- Station N<sub>1</sub> : Située en zone forestière, de latitude 4°19'41.01''N, et de longitude 10°3'1.66''E, elle a une largeur de la section mouillée variant de 16,7 m à 19,10 m, la profondeur de 12,33 cm à 32,83 cm. Le substrat dominant est sableux, caillouteux et boueux. La végétation est formée de petits arbres et d'herbiers.

- Station N<sub>2</sub> : située sur le pont où se déroule la construction de l'infrastructure, de latitude 4°19'51.85''N, et de longitude 10°2'15.24''E, elle a une largeur de lit mouillé variant de 21,6 m à 24 m, la profondeur minimum est 27,77 cm et maximum de 33 cm. Le substrat est la boue issue des remblaiements et terrassements. Le sol est nu.

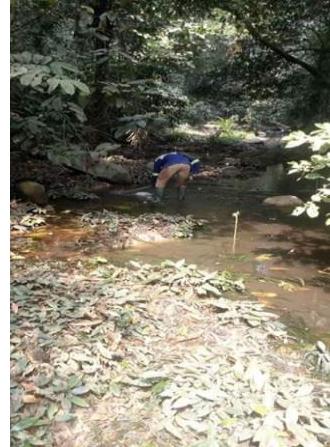
- Station N<sub>3</sub> : située en zone forestière de latitude 4°19'7.16''E, et de longitude 10°1'56.22''E. Elle a une largeur de section mouillée variant de 26,3 m à 28,4 m, de profondeur variant entre 15,65 cm et 21,0 cm. Notons ici que le substrat est toujours dominé par les boues issues des remblaiements et les terrassements des travaux car, une canalisation affecte cette station malgré qu'elle se situe en zone forestière.



**Photo 6:** Station N1



**Photo 7:** Station N2



**Photo 8:** Station N3

## **II-2-5- Mesure de paramètres physico-chimiques de l'eau**

### **II-2-5-1- Mesure des paramètres physico-chimiques *in situ***

Les principaux paramètres physiques relevés *in situ* ont été : le pH, la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissout, la salinité et l'oxydoréduction à l'aide d'un multiparamètre de marque HANNA model HI9829.

### **II-2-5-2- Collecte des échantillons d'eau pour les mesures de laboratoire**

L'échantillonnage de l'eau à analyser a été réalisé dans les cours d'eau Bihissi et Nko de l'aval vers l'amont pour ne pas troubler l'eau en matinée entre 7h et 9h suivant une fréquence mensuelle.

Les échantillons ont été prélevés à contre-courant en prenant soins de ne pas faire des bulles d'air. Ces prélèvements ont été effectués à l'aide des flacons en polyéthylène à double bouchage de 500 ml. Les échantillons obtenus sur les cours d'eau ont été placé dans une enceinte réfrigérée puis transporté au laboratoire pour analyse.

### **II-2-5-3- Mesure des paramètres physico-chimiques au laboratoire**

La détermination des matières en suspension (MES) a été faite selon la méthode de centrifugation décrite par Rodier *et al.* (2009). Les variables mesurées au laboratoire par photométrie sont : le nitrate, le nitrite, l'azote ammoniacale, le phosphore total, le calcium, le zinc et cuivre. L'appareil utilisé est un photomètre 7500 de marque Wagtech. À cet effet, des tubes en verre transparents de 10 ml ont été utilisés. À l'intérieur de ces tubes, ont été introduit l'eau des stations d'échantillonnage et les réactifs correspondants à la variable à mesurer. Les réactifs écrasés ont été mixés dans le flacon. Un temps de réaction qui varie en fonction de la variable à mesurer a été observé. Ensuite, le témoin constitué chaque fois de l'échantillon correspondant sans réactifs a été introduit, juste après avoir paramétré le photomètre de marque Wagtech à la longueur d'onde correspondante. Une fois l'opération

effectuée, la préparation a été introduite (échantillon et réactifs contenus dans le tube) dans le photomètre pour lecture de la teneur de la variable. Les valeurs ont été exprimées en mg/l.

#### **II-2-5-4- Echantillonnage, identification et dénombrement des macroinvertébrés**

La collecte des macroinvertébrés a été réalisée sur la base du protocole d'échantillonnage de Moisan et Pelletier (2010). Les échantillons de macroinvertébrés benthiques ont été prélevés en utilisant un filet troubleau de 30cm x 30cm de côté et de 150µm de vide de maille. Ces prélèvements ont été effectués dans un tronçon de 100 m suivant le protocole décrit par (Moisan et Pelletier 2010). Dans chaque station, vingt (20) coups de filet ont été réalisés dans différents micro-habitats. Chaque coup de filet a consisté en une traction du filet sur une distance approximative de 1 m dans le sens opposé du courant, soit une surface échantillonnée de 0,3 m. Ainsi, une superficie totale d'environ 6 m<sup>2</sup> a été échantillonnée par station (0,3 m x 1 m x 20). Les matériaux biologiques collectés dans les filets d'échantillonnage ont été rincés à travers un tamis de 150 µm et tous les macroinvertébrés benthiques ont été triés *in situ* et conservés dans des flacons en plastique étiquetés contenant de l'alcool à 90°C sur lesquels la date, le numéro de la station et l'heure de prélèvement. Les échantillons obtenus ont été ramenés au Laboratoire pour leur identification.

Au laboratoire, les échantillons de chaque station ont été rincés abondamment avec de l'eau courante sur une série de tamis à mailles différentes. Après le rinçage, les macroinvertébrés ainsi récoltés ont été conservés dans les piluliers contenant une solution d'alcool à 70% pour éviter toute altération.

L'identification des organismes benthiques a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope électrique et parfois à l'œil nu. Cette diagnose a été faite via les clés de détermination publiées par Tachet et *al.* (1980, 2000) ; Nathalie M. (2000) et Forcellini et *al.* (2008-2011) et d'autres clés d'identification téléchargées en ligne.

#### **II-3- Traitement des données et Analyses statistiques**

##### **II-3-1- Indice de Pollution Organique (IPO)**

L'IPO se calcule selon la méthode de Leclercq et Maquet (1987) dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes, de déterminer à partir de ses propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne. Quatre paramètres ont été utilisés pour la détermination de cet indice : l'ammonium (azote ammoniacal), les nitrites et les phosphates.

IPO= moyenne des numéros de classes des 4 paramètres

- IPO = 5,0-4,6 : pollution organique nulle;
- IPO = 4,5-4,0 : pollution organique faible ;
- IPO = 3,9-3,0 : pollution organique modérée ;
- IPO = 2,9-2,0 : pollution organique forte ;
- IPO = 1,9-1,0 : pollution organique très forte.

**Tableau i:** Numéro de classe en fonction de la valeur des paramètres mesurés

Paramètres Classes \	Ammonium (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Phosphates (mg/l)
<b>5</b>	< 0,1	5	15
<b>4</b>	0,1 - 0,9	6 - 10	16 - 75
<b>3</b>	1,0 - 2,4	11 - 50	76 - 250
<b>2</b>	2,5 - 6,0	51 - 150	251 - 900
<b>1</b>	> 6	> 150	> 900

### II-3-2- Indices biologiques

**Tableau ii :** Variables et indices simples couramment utilisés

Catégorie	Variable et abréviation	Définition ou formule
Indice de structure	Nombre total de taxons	Nombre total de taxons
	Nombre de taxons EPT	Nombre de taxons éphéméroptères, trichoptères et plécoptères
	% d'insectes	Abondance d'insectes / abondance totale * 100
	% de non-insectes	Abondance de non-insectes / abondance totale * 100
	% d'EPT	Abondance de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères / abondance totale 100
Indice de diversité	Indice de Shannon ( $H'$ )	$H' = \sum P_i \log (P_i)$
	Indice d'équitabilité ( $J'$ )	$J' = H'/H'_{\max}$
Indice de mesure de la	Nombre de taxons intolérants	Nombre de taxons ayant une cote de tolérance < 4
	% du taxon dominant (famille)	Abondance du taxon le plus abondant / abondance totale * 100
	% des deux taxons	Abondance des deux taxons les plus

<b>pollution</b>	dominants (famille)	abondants / abondance totale * 100
	Indice biotique d'Hilsenhoff (FBI)	$\Sigma x_i t_i / n$ ; échelle de 0 à 10 xi = nombre d'organismes de l'i <sup>e</sup> taxon ti= tolérance au genre de l'i <sup>e</sup> taxon, n = nombre d'organismes

### I-3-3- Tests de corrélations

Les données collectées sur le terrain et au laboratoire ont été codifiées dans le tableur Excel version 2010. Les dendrogrammes ont été fait à partir des données biologiques par le logiciel XLSTAT 2020 et ont permis de ressortir une classification ascendante hiérarchique des stations d'échantillonnage en fonction des espèces récoltées durant la période d'étude. Les corrélations entre les variables physico-chimiques et la distribution des macroinvertébrés ont été faites dans le logiciel MATLAB 13.3.

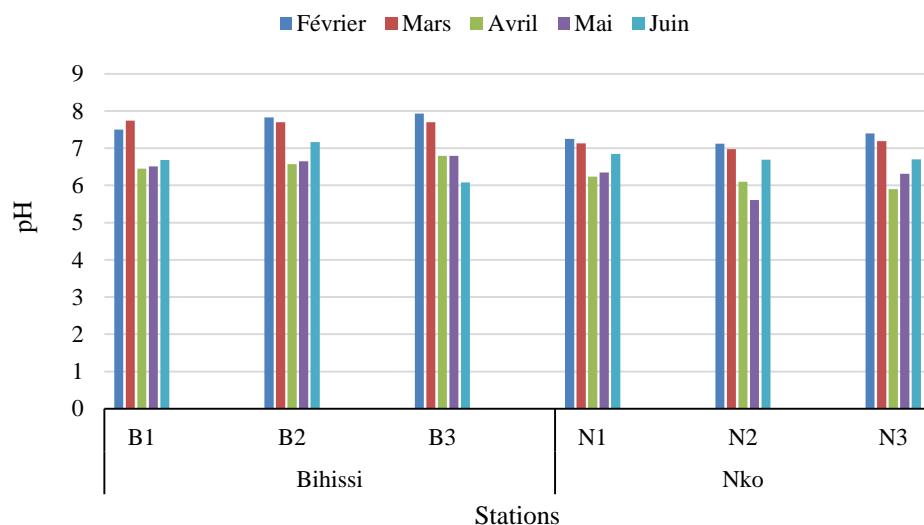
## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

### III-1- Résultats

#### III-1-1- Caractéristiques physico-chimiques des eaux des cours d'eau étudiés

##### ❖ pH

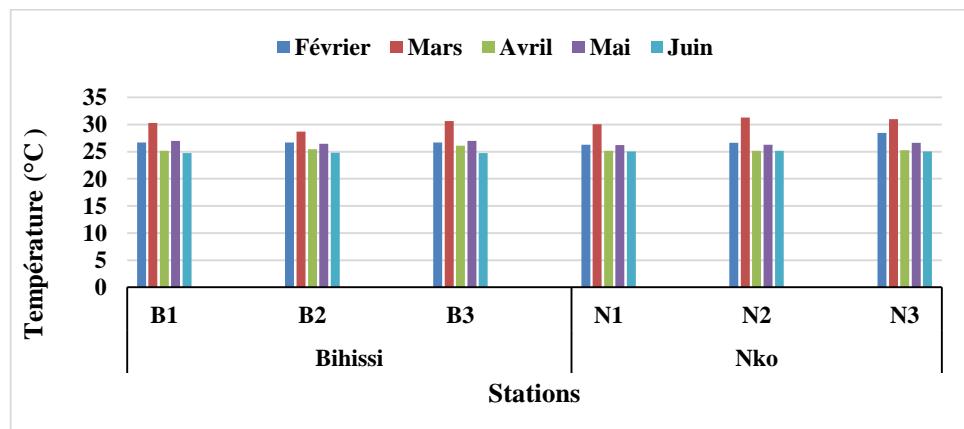
Le pH des eaux du Bihissi oscille entre 5,6 et 7,93 avec une moyenne de 6,76, ces eaux se révèlent acides proches de la neutralité. Les eaux sortant du Nko se révèlent acides, le pH varie entre 5,3 et 7,40 avec une moyenne de 6,4. Ces cours d'eau sont caractérisés par une faible variation du pH. (Figure 5).



**Figure 5 :** Variation du pH dans les cours d'eau

##### ❖ Température

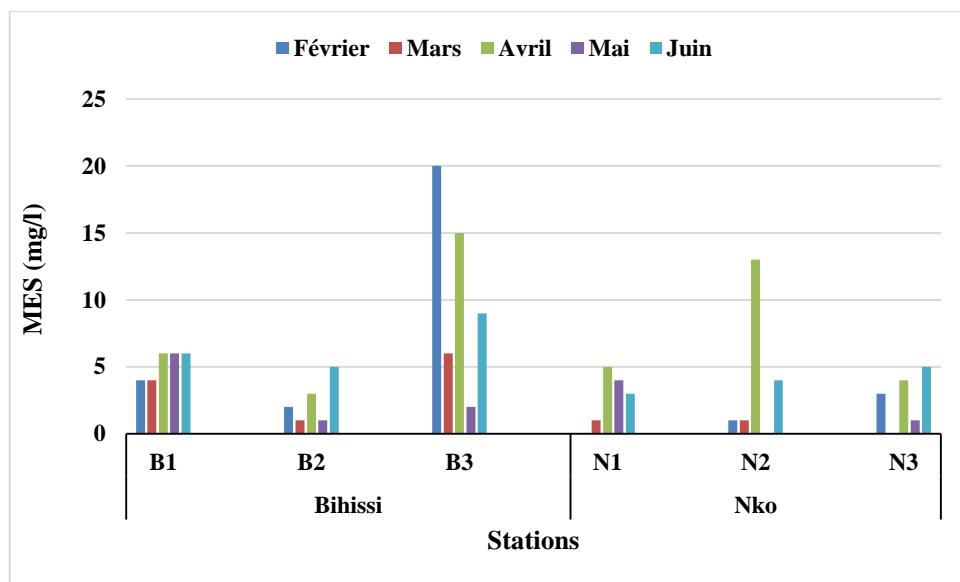
La figure 8 présente les valeurs de la température dans les cours d'eau Bihissi et Nko. La température moyenne des eaux du Bihissi est 28,2°C. La moyenne thermale du Nko est de 28,76°C (Figure 6).



**Figure 6:** Evolution de la température dans les cours d'eau

### ❖ Matière en Suspension

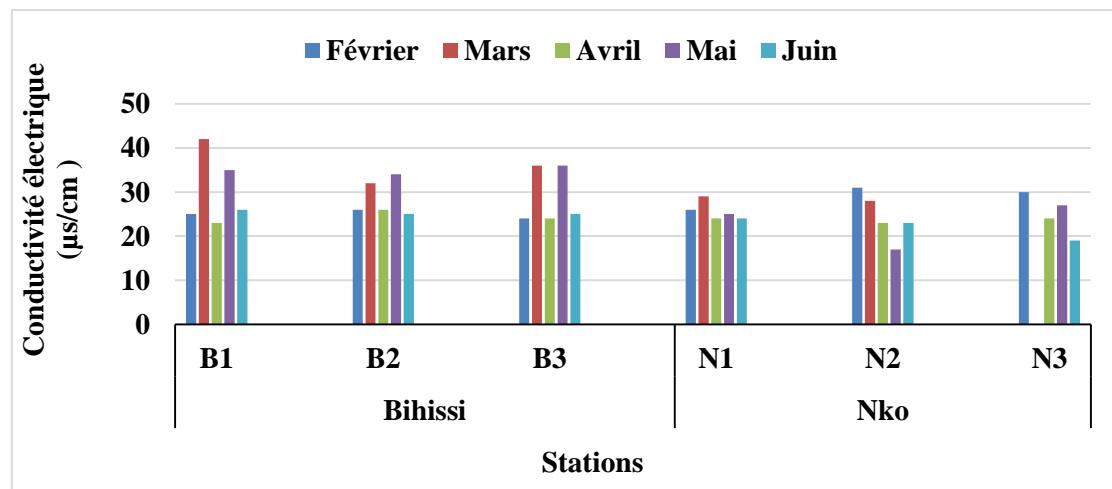
Les matières en suspension (MES) et la turbidité diminuent du Bihissi au Nko. Leur valeurs varient de 1 à 20 mg/l dans le Bihissi et de 0 à 13 mg/l pour les MES (Figure 7) ; elles varient de 4 à 50 FTU dans le Bihissi et de 4 à 32 FTU dans le Nko pour la turbidité. En ce qui concerne la couleur, les valeurs varient de 85 à 270 Pt-Co dans le Bihissi et de 65 à 310 Pt-Co dans le Nko.



**Figure 7:** Variation des MES dans les deux cours d'eau

### ❖ Conductivité électrique

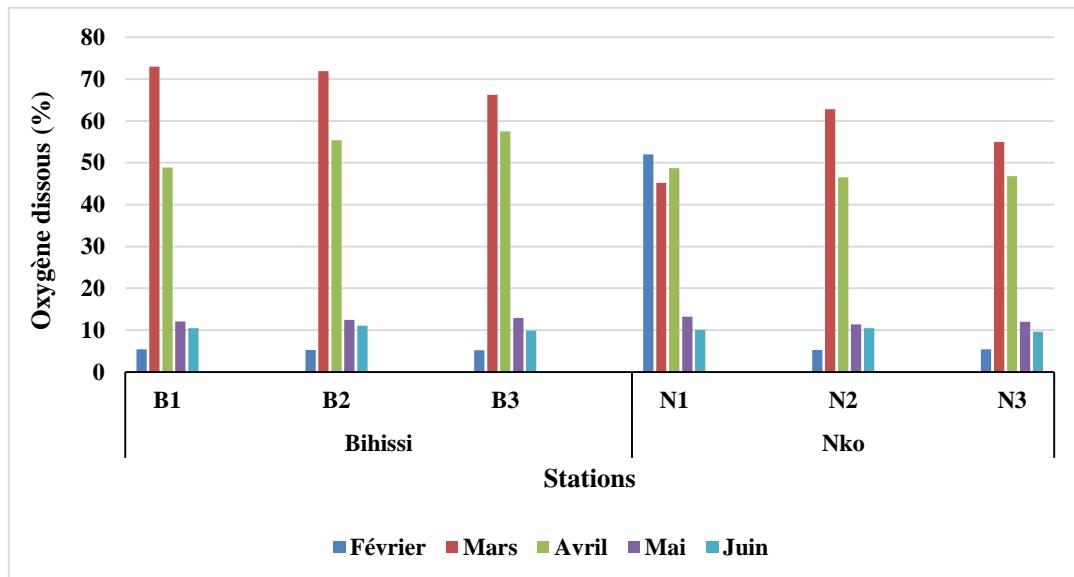
La conductivité électrique a une fluctuation irrégulière au sein des deux cours d'eau. Elle a une valeur comprise entre 24 à 42  $\mu\text{s}/\text{cm}$  dans le Bihissi avec une moyenne de 33  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . La variation dans le Nko est comprise entre 0 à 31  $\mu\text{s}/\text{cm}$  avec une valeur moyenne de 15,5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .



**Figure 8:** Variation de la conductivité électrique dans les cours d'eau

### ❖ Oxygène dissous

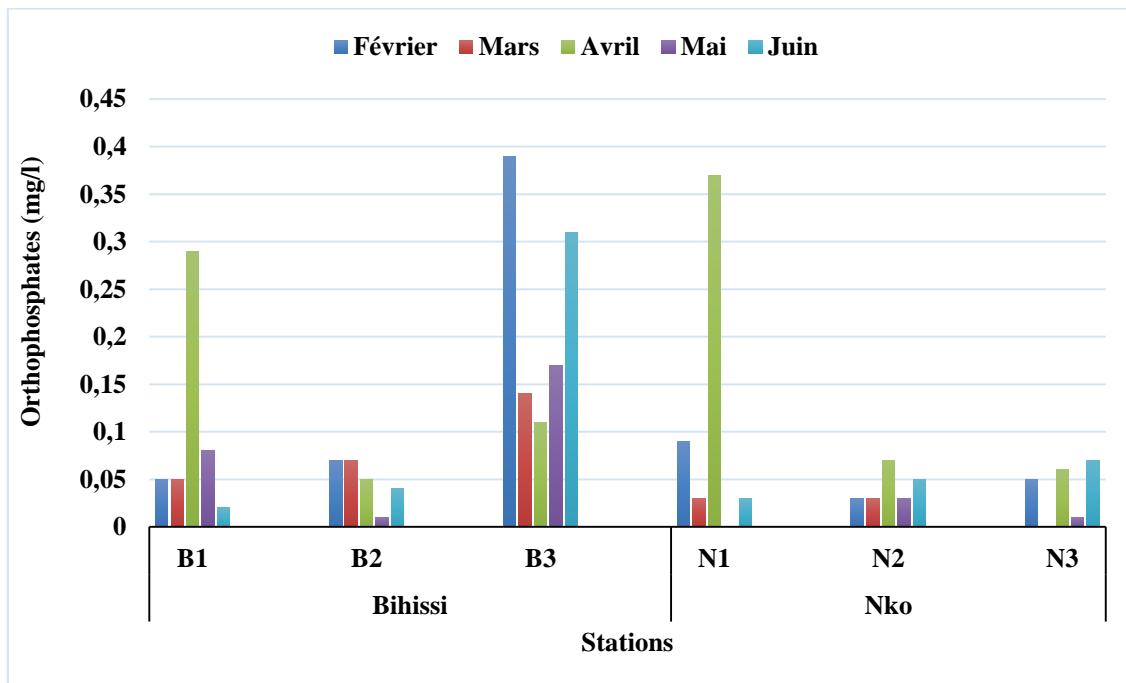
La teneur en O<sub>2</sub> dissous du cours d'eau Bihissi varie de 0,43 à 5,57mg/l ,de valeur moyennant 3 mg/l. Le Nko a une teneur oscillant entre 0,42 et 4,62mg/l à valeur moyenne de 2,5 mg/l.



**Figure 9:** Variation de l'oxygène dissous dans les cours d'eau

### ❖ Orthophosphates

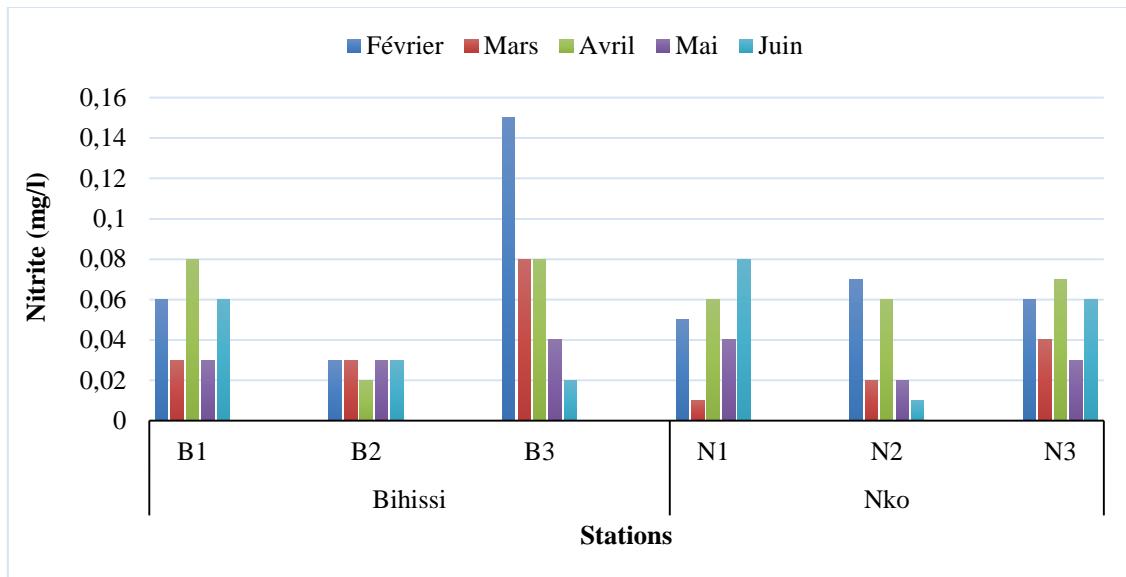
Les orthophosphates varient de 0,01 à 0,39 mg/l dans le Bihissi moyennant 0,2mg/l pendant la période d'étude. Dans le Nko, ils oscillent de 0 à 0,37 mg/l de moyenne 0,18 mg/l.



**Figure 10 :** Variation des orthophosphates dans les cours d'eau

### ❖ Nitrites

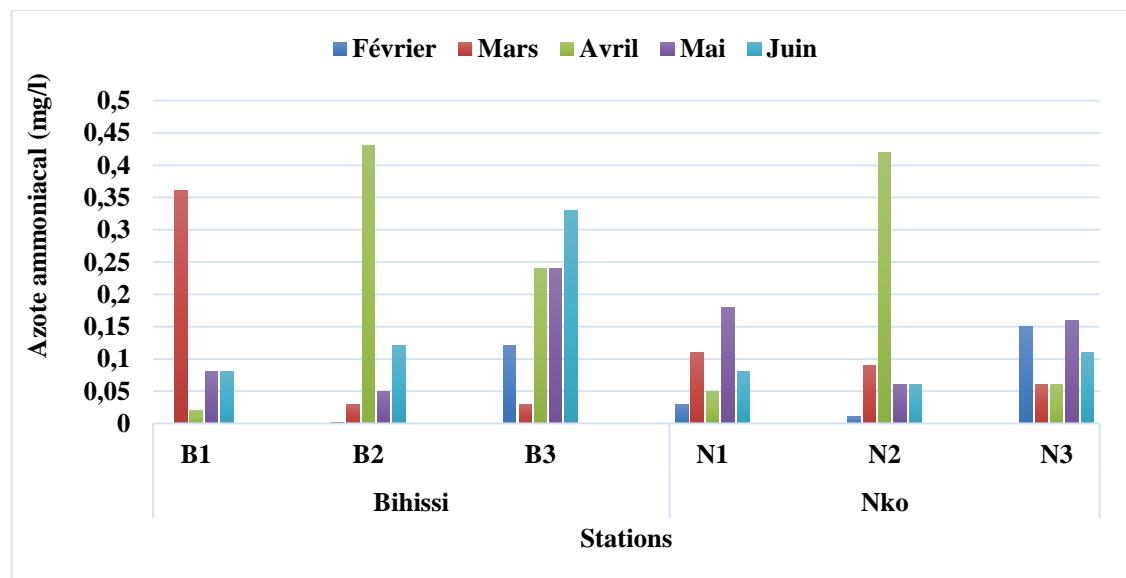
Les Nitrites varient de 0,02 à 0,15mg/l dans les eaux du Bihissi avec une moyenne de 0,085 mg/l. Le Nko présente une fluctuation de 0,01 à 0,08 mg/l, avec 0,04 mg/l comme moyenne pendant la période d'étude.



**Figure 11:** Evolution des nitrites dans les cours d'eau

### ❖ Azote ammoniacal

L'azote ammoniacale varie de 0 à 0,49 mg/l dans le Bihissi et l'analyse révèle une moyenne de 0,25 mg/l. Dans le Nko l'Azote ammoniacal oscille entre 0,01 et 0,42 mg/l de valeur moyenne 0,22mg/l durant la période d'étude (Figure 12).



**Figure 12:** Evolution de l'azote ammoniacal dans les cours d'eau

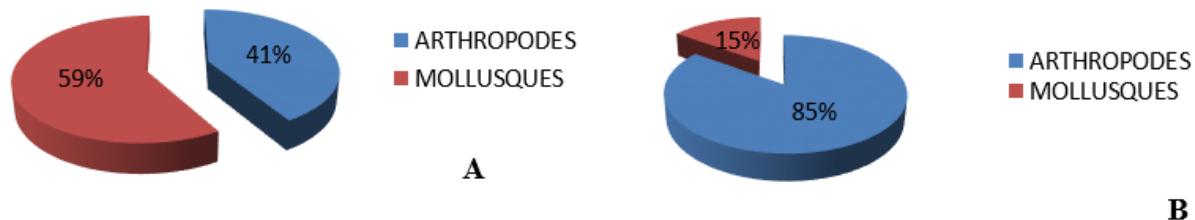
### ❖ Indice de pollution organique

Les moyennes des numéros des classes des 3 paramètres utilisés pour la détermination de l'Indice de Pollution Organique des stations d'échantillonnage des cours d'eau étudiés montrent une pollution organique modérée dans l'ensemble.

**Tableau iii :** Valeurs moyennes des classes de l'IPO dans les cours d'eau

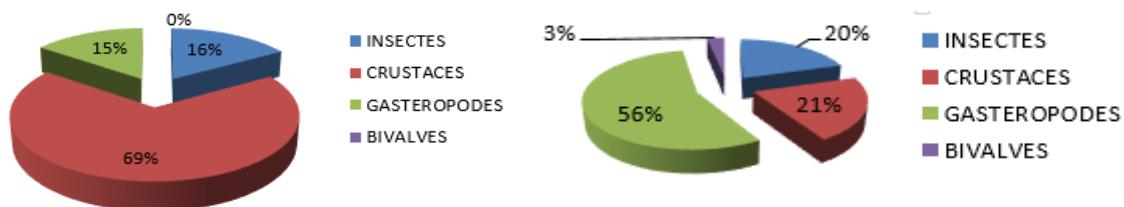
Stations	B1	B2	B3	N1	N2	N3
IPO	4	3	4	4	3	4

### III-1-2- Structure des peuplements des macroinvertébrés benthique des cours d'eau



**Figure 13:** Composition des Embranchement dans les deux cours d'eau ( A : le Bihissi ; B : le Nko).

La figure 13 présente la composition des embranchements dans les cours d'eau Bihissi et Nko. De cette figure, il ressort que dans le Bihissi, il y'a plus de Mollusques que d'Arthropodes représentant respectivement 59% et 41%. Dans le Nko, le dénombrement montre une dominance des arthropodes à 85% et les mollusques à 15%. Ces chiffres indiquent clairement que la classe des gastéropodes est abondante dans le Bihissi avec 56% alors que dans le Nko c'est la classe des crustacés qui domine avec 69%

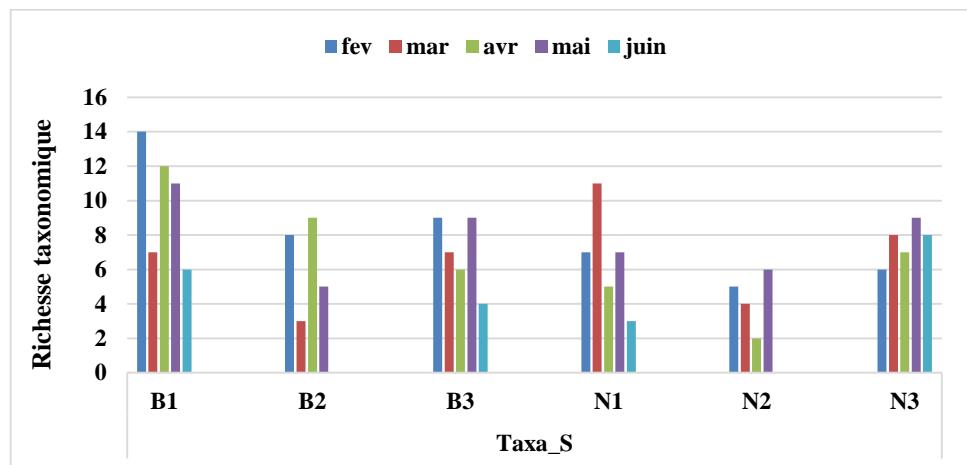


**Figure 14 :** Répartition des classes des macroinvertébrés (Bihissi et Nko)

### III-1-3- Richesse taxonomique des cours d'eau et indices de diversité

#### III-1-3-1- Richesse taxonomique

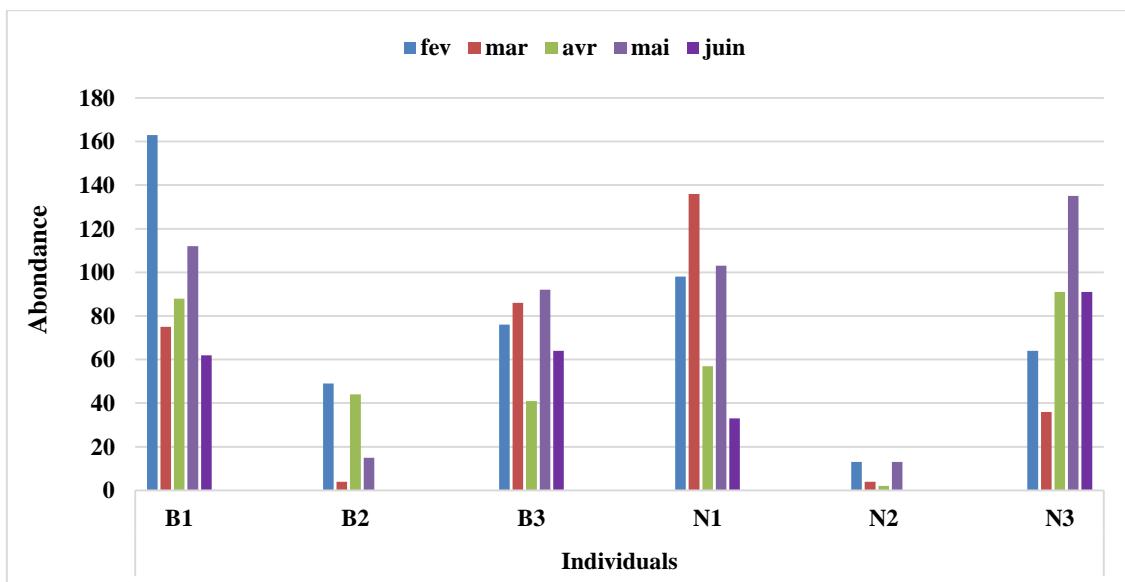
Dans le Bihissi, la richesse taxonomique est maximale à B<sub>1</sub> (14 taxa) puis à la même station au mois d'avril (12 taxa) avec une valeur minimale de 0 taxa à B<sub>2</sub>-juin. Dans le Nko, la valeur maximale est à N<sub>1</sub>-mars avec 11 taxa suivi de N<sub>3</sub>- mai avec 9 taxa et la valeur minimale de 0 à N<sub>2</sub>-juin.



**Figure 15:** Variation mensuelle de la richesse taxonomique dans les deux cours d'eau.

#### III-1-3-2- Abondance

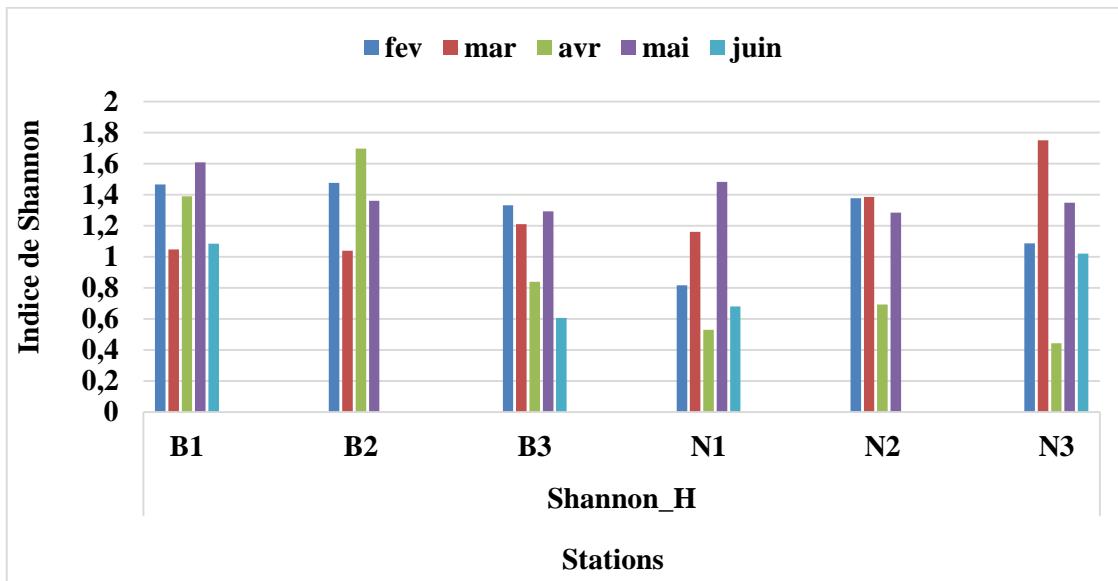
Dans le Bihissi, B<sub>1</sub> est plus abondante avec un total de 500 individus récolté durant la période d'étude suivi de B<sub>3</sub> (359) et de B<sub>2</sub> (25). De même, dans le Nko N<sub>1</sub> est plus abondante avec (427) suivi de N<sub>3</sub> (417) et de N<sub>2</sub> (18) individus (Figure 18).



**Figure 16:** Abondance mensuelle dans les différents cours d'eau.

### III-1-3-3- Indice de Shannon et weaver

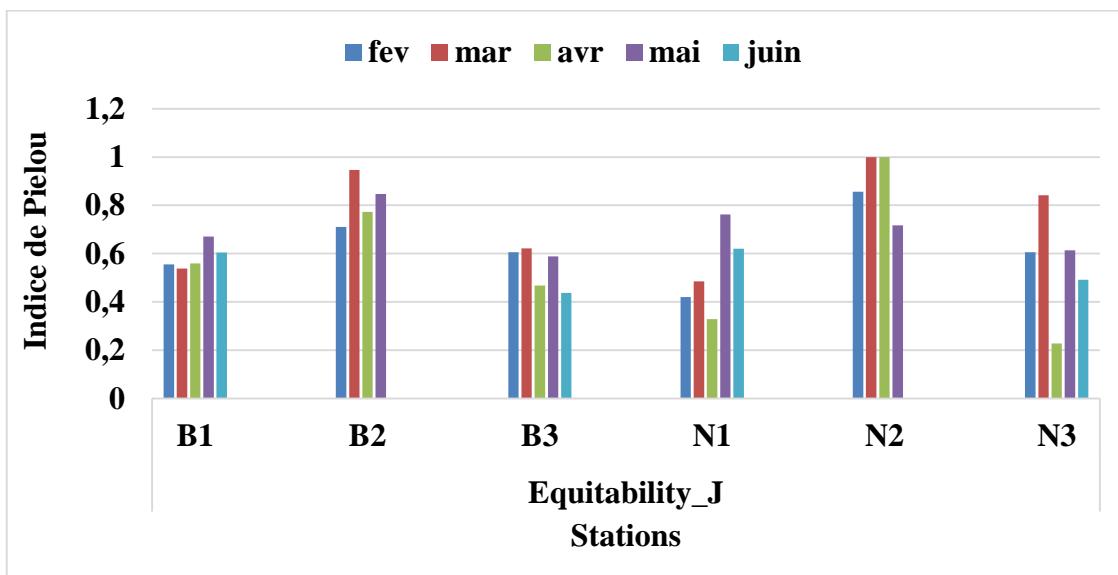
Les résultats de diversité (Figure 17) montrent que les valeurs de l'indice de Shannon varient de 0 à 1,698 dans le Bihissi. Dans le Nko, Shannon oscille entre 0 et 1,77. La valeur minimale 0 est enregistrée dans la station N<sub>2</sub>-juin.



**Figure 17:** Indice de Shannon dans les différentes stations par mois

### III-1-3-4- Indice de Pielou

L'équilibre des peuplements dans le Bihissi varie entre 0,5 et 0,9464. La répartition moyenne des peuplements est de 0,72 par station. Dans le Nko, il varie de 0,3 à 1 dans les eaux avec une moyenne de 0,65 dans le cours d'eau pendant la période d'étude.



**Figure 18:** Equitabilité de pielou dans les cours d'eau

### III-1-4- Calcul des indices biologiques

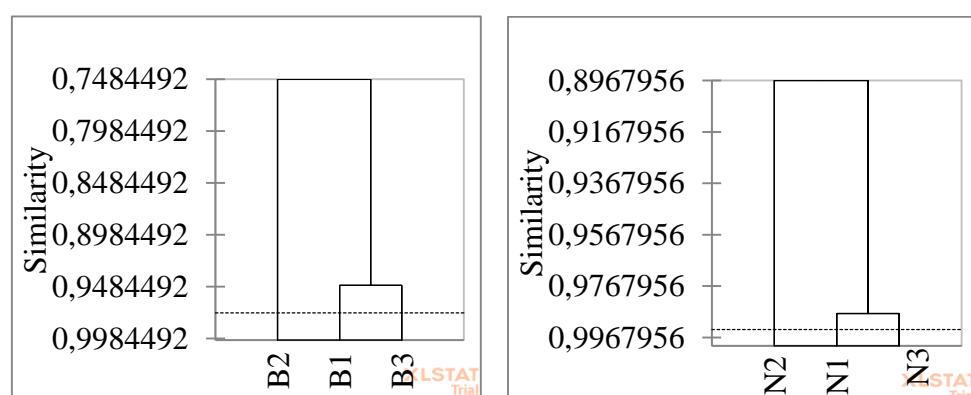
Les résultats des variables de richesse taxonomique (Indice de structure), de la composition taxonomique (Indice de diversité) et de tolérance à la pollution (Indice de mesure de la pollution) des stations des cours d'eau Bihissi et Nko sont résumés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 22:** Récapitulatif des résultats des indices biologiques des cours d'eau

Catégorie	Variable	B1	B2	B3	N1	N2	N3
Indice de structure	Nombre total de taxons	11	8	7	7	3	7
	Abondance	100	71,8	22,4	85,4	6,4	83,4
	nombre de taxons EPT	6	1	0	5	0	1
	% d'insectes	12,15	39,2	19,64	13,43	51,92	17,82
	% non insectes	87,85	60,8	80,36	86,57	48,08	82,18
	% EPT	1,2	0,82	0	1,39	0	0,23
Indice de diversité	Indice de Shannon ( $H'$ )	1,33	1,15	1,06	0,94	0,95	1,13
	Indice d'équitabilité ( $J'$ )	0,59	0,65	0,55	0,52	0,72	0,55
Indice de mesure de la pollution	% de taxons intolérants	3	0,27	0,99	2,11	0	1,44
	% taxon dominant	56,14	34,84	70,13	69,1	36,53	68,85
	% des 2 taxons dominants	79,48	56,22	79,48	84,72	52,69	79,79
	Indice biotique d'Hilsenhoff	3,84	0,25	0,25	2,3	0	1,53

### III-1-5- Classification des sites d'étude en fonction des peuplements de macroinvertébrés benthiques

Une Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH) des sites d'étude en fonction des espèces échantillonnées et par cours d'eau a été faite à l'aide du dendrogramme. Le dendrogramme a discriminé une partition des stations en trois grands groupes : les stations non impactées (B1 dans le Bihissi, et N1 dans le Nko), les stations impactées (B2 dans le Bihissi et N2 dans le Nko) et les stations remise en état du cours d'eau (B3 dans le Bihissi et N2 dans le Nko). Les dendrogrammes de similarité obtenus sont représentés dans la figure ci-après:



**Figure23 :** Classification Ascendante Hiérarchisée entre les sites des cours d'eau étudiés

### III-1-6- Corrélation de Spearson

Le test de Spearon est un test de significativité qui établit une corrélation entre deux paramètres en donnant le signe (+ ou -), la force et le degré de significativité. Pour cette étude, la corrélation de Spearon a donné positivement entre les principales variables physico-chimiques et les macroinvertébrés des cours d'eau étudiés suivant : les Gyridae, les Hydroptilidae, les Nemouridae et les Mollusques (Thiaridae et Sphaeridae). Ces analyses montrent que la dominance des mollusques dans le Bihissi est due à leur significativité positive (+) avec tous les paramètres physico-chimiques du milieu et fortement corrélés aux MES, turbidité, nitrites et les orthophosphates qui sont en faibles quantité dans le cours d'eau. De même la présence des polluosensibles EPT justifie la faible présence de l'azote ammoniacal, de MES et une bonne oxygénation (DO) marquée par la corrélation 0,72 aux Plécoptères très sensibles à la pollution, de même que les Trichoptères qui ont des fortes corrélations aux MES (0, 92), aux Nitrites (0,89), à la turbidité (0,89), orthophosphates et (0,83), l'Azote ammoniacal (0,71) et température favorable pour leur développement. Les résultats des corrélations liant les paramètres physico-chimiques et les macroinvertébrés benthiques est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 24** : Test statistique de Spearson dans les cours d'eau

	Gyridae ( C )	Hydroptili dae (T)	Hydrom etridae( H )	Baetidae (E)	Capniid ae (P)	Perli dae (P)	Ne Mouria dae (P)	Thiaridae	Sphaeridae
pH	0,37	0,43	0,20	0,41	0,55	-0,31	0,47	0,48	0,47
%DO	0,17	0,11	-0,40	-0,07	<b>0,72</b>	-0,68	0,11	0,16	0,11
mg/LDO	0,30	0,43	0,16	0,41	0,26	-0,46	0,53	0,42	0,55
Cond ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	0,34	0,46	0,02	0,41	0,63	<b>-0,82</b>	0,68	0,61	<b>0,71</b>
T° (°C)	0,28	0,30	0,69	0,46	-0,66	<b>0,71</b>	0,17	0,18	0,06
MES (mg/l)	<b>0,92</b>	<b>0,98</b>	0,56	<b>0,92</b>	-0,12	-0,30	<b>0,83</b>	<b>0,75</b>	0,66
Turb (FTU)	<b>0,90</b>	<b>0,94</b>	0,61	<b>0,89</b>	-0,34	-0,10	<b>0,73</b>	0,65	0,53
Couleur (Pt-Co)	0,56	0,58	0,37	0,53	-0,69	0,03	0,38	0,26	0,22
Nitrites (mg/l)	<b>0,81</b>	<b>0,83</b>	<b>0,76</b>	<b>0,89</b>	-0,05	0,11	<b>0,72</b>	<b>0,76</b>	0,56
Orthophosphate s (mg/l)	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	0,43	<b>0,83</b>	0,13	-0,38	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	0,56
Azote ammoniacal (mg/l)	<b>0,88</b>	<b>0,89</b>	0,33	<b>0,71</b>	-0,40	-0,24	0,54	0,41	0,36

## **III-2- DISCUSSION**

### **III-2-1- Qualité de l'eau**

Les facteurs physico-chimiques conditionnent la vie aquatique. Parmi ces paramètres, les plus importants sont la température et l'oxygène dissous (Rodier et *al.*, 2009). En effet, la température de l'eau influe sur la quantité d'oxygène et l'énergie disponible pour la productivité biologique et les processus chimique dans les cours d'eau nécessaires à la vie aquatique (Mary, 1999). Les cours d'eau où ont été échantillonnés les macroinvertébrés sont neutre ( $\text{pH}= 7,06$ ), à faible conductivité électrique ( $< 40\mu\text{s}/\text{cm}$ ) et à très faible concentration en matière azoté ( $0,43\text{mg/l}$ ) et cela est démontré par leur corrélation positive (0,71) avec le groupe EPT qui sont des polluosensibles, ce résultat est similaire à celui trouvé par Onana et *al* (2019) sur la comparaison entre la zone de Yabassi et celle de Douala. Par conséquent, ces eaux sont d'excellentes qualité et donc propices aux développements des organismes benthiques. Selon le Ministère de l'environnement de Madagascar ; les eaux de surface de qualité excellente ont un pH compris entre 6 et 8,5, un O<sub>2</sub> dissous supérieur ou égal à 5 mg/l, une température moyenne de 29°C et une conductivité  $\leq 250\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ces caractéristiques semble se retrouvées dans les eaux du Bihissi et de Nko. La valeur moyenne des classes de l'IPO des deux cours d'eau est entre 4 et 3, valeurs situées entre 3,5 et 4,5 qui signifient que la pollution organique est modérée dans la zone. La physico-chimique ne montre pas qu'il y'a pas vraiment un impact au niveau de B2 et N2.

### **III-2-2- Biologie**

Les écosystèmes aquatiques de la zone de Yabassi subissent de très faible pression anthropique. Le nombre d'ordres et de classes (4 ordres et 11 classes) échantillonné au cours de cette étude dans les cours d'eau permettent de confirmer les résultats des travaux conduits par l'entreprise CFHEC (2014) que les constructions routières polluent ponctuellement un cours d'eau avec destruction délimitée des habitats aquatiques. Nos résultats corroborent aussi avec les résultats obtenus par Foto et *al.* (2010) qui ont observé 15 classes lors de la caractérisation d'un cours d'eau. Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent l'abondance des mollusques et des crustacés et la diversité des insectes dans les deux cours d'eau. Ils corroborent plusieurs études qui ont montré la prédominance des mélanogascres et crustacés dans les milieux aquatiques forestiers (Mboye, 2009 ; Alhou et *al.*, 2009). Les autres groupes sont faiblement collectés. La forte abondance de la macrofaune benthique observée pourrait être liée à la période de capture ou à l'environnement forestier des sites. D'autre part, les cours d'eau forestier sont des milieux propices au développement de la macrofaune

benthique (Mary, 1999). La faible diversité observée pourrait également être imputable à la qualité de l'échantillonnage et les impacts directs et indirects des travaux constructions des ponts et des remblais réalisés dans les environs (Ahounou, 2009). Il se trouve que les communautés de macroinvertébrés sont beaucoup plus importantes dans les sites stables comparativement aux sites instable, Massoulou (2008, 2010). Nos résultats sont en conformité avec ces observations, ainsi les stations situées en amont et en aval semblent plus diversifiées, plus riches et plus stables que celles situées sur les ponts. Les plécoptères, les ephéméroptères et les tricoptères sont considérés comme polluosensibles (Moisan, 2010). Par conséquent, la présence des chloroperlidae, les capniidae ordre des plécoptères ; des baetidae ordre des ephéméroptères et des hydroptilidae ordre des tricoptère dans le Bihissi (B<sub>1</sub>et B<sub>3</sub>) et le Nko (N<sub>1</sub> et N<sub>3</sub>) en nombre considérable pourrait traduire la bonne santé écologique du milieu (Alhou et *al.*, 2009). La classification ascendante hiérarchisée des sites donne deux dendrogrammes qui discriminent les stations en fonction des espèces récoltées. De cette classification B1 et B3 sont significativement similaires et moins distantes que B2. De même N1 et N3 sont plus proches par rapport à N2. Le test de Spearson donne des corrélations fortes et positives entre les deux taxons dominants et la conductivité, MES, Nitrites et orthophosphates. Ce regroupement confirme les catégories des stations : impactées, non impactées et la remise en état des cours d'eau par les signes. Le degré de corrélation des composantes donne des significativités entre les Ephéméroptères (polluosensibles) et les MES, Nitrites et la turbidité (P value : 0,012, 0,10 et 0,011) attestant une très faible pollution organique-chimique des eaux des cours d'eau étudiés. Donc les travaux de construction routière impactent et polluent ponctuellement les cours d'eau.

## **CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

L'étude menée a pour objectif principal d'évaluer l'impact des travaux de construction routière sur les macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eau forestiers (Bihissi et Nko) en zone forestière du Cameroun. En outre, elle a permis de faire une caractérisation physico-chimique de deux cours d'eau Bihissi et Nko. De manière générale, ces rivières sont neutres ( $\text{pH} = 7,06$ ) à faible conductivité électrique et à faible concentration en matière azoté et phosphaté. La valeur moyenne des classes de l'Indice de Pollution Organique confirme que les eaux des deux cours d'eau subissent une pollution organique modérée. Ces écosystèmes aquatiques sont marqués par une absence d'eutrophisation et par une grande capacité d'autoépuration (Brahy, 2005). L'inventaire préliminaire des macroinvertébrés benthique dans ces rivières a mis en évidence 4 classes et 11 ordres. Parmi ces différentes classes, la classe des gastéropodes a constitué le groupe taxonomique le plus abondant dans le Bihissi et la classe des crustacés le plus abondant dans le Nko, alors que les insectes forment le groupe le plus diversifié de ces deux cours d'eau. Les indices indiquent un meilleur état écologique des stations non impactées en amont du Bihissi et du Nko, dans ces cours d'eau les groupes d'organismes polluosensibles (taxons EPT) aux côtes de tolérance très faibles (0 ; 1 ; 2 et 3) ont été récoltés, ainsi que les taxons intolérants à la pollution. Une Classification Ascendante Hiérarchique lancée sur les groupes biologiques a donné un regroupement en trois des stations en fonction des organismes récoltés. Les groupes EPT et les Mollusques donnent des corrélations positives avec les matières en suspension, les Nitrites, les Orthophosphates et l'Azote ammoniacal grâce à leurs faibles quantités dans la zone. Des études plus approfondies sont envisageables pour améliorer les connaissances sur les familles et les espèces des macroinvertébrés qui colonisent ces deux cours d'eau Bihissi et Nko.

Compte tenu du bitumage routier en vue, il serait nécessaire d'étendre la caractérisation de la qualité des eaux et de faire un état des lieux des macroinvertébrés présents dans la zone afin d'évaluer l'état de santé écologique de ces milieux aquatiques pendant la phase d'exécution de cette phase dans le futur. Il est recommandé pour mieux préserver la biodiversité au Cameroun, que tous les acteurs de la gestion de l'environnement accordent une attention particulière aux écosystèmes aquatiques, dans la mesure où ceux-ci jouent un rôle important dans le développement socio-économique et culturel de notre pays.

## **PARTIE II : PROJET TECHNIQUE**

**CREATION DU BUREAU D'ETUDE ET DE PRESTATION DE SERVICE : GLOBAL  
MARINE SERVICES Sarl**

## **FAITS SAILLANTS DU PROJET**

**Titre du projet :** Création du bureau d'étude et de prestation de service

**Noms des promoteurs :** MFOULA NKOLO Frédéric, MVINDI MIMBANG Emmanuel Cédric, AMBOMO Thibaut Arkadius, MOLE ZOGO Pierre Yannick et NGONO NTONGA Guy Fernand.

**Marché visé :** collectivité territoriales décentralisées de la ville de Douala

**Territoire visé :** Cameroun

**Impacts du projet :**

- Valorisation des plans d'eau et des zones humides
- Création d'emplois
- Amélioration des conditions de vie des populations
- Préservation de l'environnement

**Coût du projet :** 84 513 000 Francs CFA

**Chiffre d'affaire :**

- Première année : 56 250 000 Francs CFA
- Deuxième année : 75 375 000 Francs CFA
- Troisième année : 86 000 000 Francs CFA

**Bénéfices nets :**

- Première année : - 11 159 000 Francs CFA
- Deuxième année : 7 665 483 Francs CFA
- Troisième année : 18 173 608 Francs CFA

**Financement :**

- Apport des promoteurs : 50 707 800 Francs CFA
- Emprunts : 33 805 200 Francs CFA

**Date d'ouverture :** décembre 2020

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

### I-1- Brève présentation des promoteurs

Ce projet est l'initiative de cinq Ingénieurs halieutes qui se sont mis ensemble pour contribuer de leur manière à la préservation et l'utilisation rationnelle de l'environnement. Ces quatre promoteurs sont :

**Tableau iii:** présentation des promoteurs

Noms et prénoms	Qualification	Adresse
MVINDI MIMBANG Emmanuel Cédric	Ingénieur Halieute option Gestion des Ecosystèmes Aquatiques	Email : <a href="mailto:cedricmvindi14@gmail.com">cedricmvindi14@gmail.com</a> Tél : 690254533/ 676037210
MFOULA NKOLO Frédéric	Ingénieur Halieute option Océanographie et Limnologie	Email : <a href="mailto:federicmfoulankolo@gmail.com">federicmfoulankolo@gmail.com</a> Tél : 656405393/ 670190222
AMBOMO Thibaut Arkadius	Ingénieur Halieute option Gestion des Ecosystèmes Aquatiques	Email : <a href="mailto:ambomothibaut@outlook.com">ambomothibaut@outlook.com</a> Tél : 690820042/
MOLE ZOGO Pierre Yannick	Ingénieur Halieute option Océanographie et Limnologie	Email : <a href="mailto:pierreyannickmolezogo1992@gmail.com">pierreyannickmolezogo1992@gmail.com</a> Tél : 655361167
NGONO NTONGA Guy	Environnementaliste Assermenté en Changements climatiques	Email : <a href="mailto:guyngono@yahoo.fr">guyngono@yahoo.fr</a> Tél : 676334002

### I-2- Genèse et histoire du projet

Les villes du Cameroun renferment un grand nombre de plans d'eau et de zones humides qui sont très peu ou alors pas du tout entretenus et présentent un danger pour la biodiversité qui si trouve et des populations environnantes. Ces plans d'eau et zones humides représente néanmoins des potentiels sites touristiques qui pourront faire des villes Camerounaises un grand centre écotouristique en Afrique. Il y a donc urgence d'aménager et de valoriser ces espaces pour garantir la préservation de la biodiversité aquatique, la santé humaine, la beauté des villes et l'essor de l'écotourisme au Cameroun. La création d'entreprise spécialisée dans l'aménagement et la valorisation des plans d'eau et des zones humides est un moyen et une aubaine de faire des villes du Cameroun des joyaux environnementaux et une destination touristique en Afrique.

Tout au long de nos cinq années de formation et des différents stages dans les entreprises du secteur privé et public, nous avons fait le constat selon lequel l'environnement où nous évoluons N'est pas pris en compte dans la planification et l'exécution des activités

par ces entreprises. Dans le cadre du programme « Douala ville durable », il a été constaté que les plans d'eau de la ville de Douala présente de fortes potentialités écotouristiques à l'instar de ceux de Makèpè Missokè, et du « parcours Vita », pour ces sites comme pour plusieurs d'autre sur l'ensemble du territoire national, des aménagements sont importants voire même primordiaux pour valoriser ces plans d'eau et y attirer des touristes.

### **1-3- Durée du projet**

Le projet prend corps à partir de décembre 2020 pour une durée indéterminée

### **1-4- But du projet**

Le projet de création du bureau d'étude et de prestation de service « nom » a pour but de promouvoir la préservation de l'environnement et le développement de l'écotourisme au Cameroun et en Afrique.

### **1-5- Objectifs du projet**

La future entreprise se construit dans le cadre de gérer de manière durable les écosystèmes en général et de l'environnement aquatique en particulier. Notre entreprise aura donc pour objectif spécifique :

1. Aménager et restaurer les écosystèmes aquatiques ;
2. Optimiser la productivité halieutique des plans d'eau et zones humides ;
3. Créer et aménager les sites d'attractions culturels et de biodiversité.

### **1-6- Bénéficiaires du projet**

Les principaux bénéficiaires de ce projet sont :

- Les collectivités territoriales décentralisées : ce projet va contribuer à l'aménagement de la ville de Douala en particulier et du Cameroun en général. Les habitants des collectivités territoriales bénéficieront aussi du projet car ils devront désormais vivre dans des secteurs bien aménagés ;
- Le gouvernement Camerounais car ce projet va créer des emplois directs et indirects dans et autour des zones qui seront aménagés. Ce projet sera aussi une source de création d'emplois et de richesse ;
- Les entreprises industrielles : la future entreprise va œuvrer dans les études et audits d'impact environnemental et social ;
- Les promoteurs de ce projet car il constitue pour ceux-ci un emploi, moyen de se faire connaître et une source de revenus.

## **1-7- Activités du projet**

A cours terme, nous comptons tout d'abords remplir les formalités administratives relative à la création de notre entreprise et ensuite procédé à l'aménagement des plans d'eau et zone humide des Arrondissements de la ville de Douala et réalisé des études d'impact environnementale et social.

A l'avenir, nous voulons étendre nos actions dans les autres villes du Cameroun. Nous comptons aussi nous faire connaitre sur le marché étranger en particulier celui de l'Afrique

## **1-8- Localisation**

Le bureau d'étude et de prestation de services sera localisé dans la Région du littoral, département du Wouri plus précisément dans l'arrondissement de Douala IV<sup>e</sup>. Les bureaux de notre entreprise seront situés au quartier Bonabéri centre équestre qui est une façade maritime du Wouri et l'extension des services d'aménagement du Port Autonome de Douala et de la zone industrielle.

## **CHAPITRE II : ANALYSE DE LA FAISABILITE**

### **2-1- Analyse macro-économique**

Ce projet permettra d'améliorer les conditions de vie des populations Camerounaises ceci grâce aux différentes activités génératrices de revenus et de création d'emplois mise en place. Par ailleurs, il contribuera au respect du patrimoine socioculturel des communautés locales, il valorisera les produits culturels, les traditions et fera du Cameroun un milieu potentiellement riche du point de vue écotouristique.

Le projet propose d'une part dans le cadre de ces activités de contribuer à la conservation de l'environnement en encourageant la recherche scientifique. Cette recherche scientifique servira de connaissance de base afin d'éveiller les consciences publiques et de guider les processus de prise de décision. D'autre part le déroulement de ce projet dans le milieu naturel concourt à une gestion raisonnable des ressources naturelles pour un développement durable en préservant les écosystèmes sensibles et la biodiversité.

Ces dernières années, l'urbanisation est au centre des décisions gouvernementales. Les plans d'urbanisation font intervenir l'aménagement et la valorisation des espaces verts ainsi que celui des plans d'eau. Dans cette optique, la communauté urbaine de Douala a lancé le programme « Douala, ville durable » qui est un vaste programme d'urbanisation et de restructuration de cette ville. Les espaces et les plans d'eau de la capitale économique vont favoriser l'essor de l'écotourisme dans la ville. Pour atteindre ces objectifs, la communauté urbaine et les communes d'Arrondissements de la ville de Douala ont lancé des projets d'aménagement et de valorisation de ces espaces. Ceci constitue pour nous une opportunité d'entreprise.

### **2-2- Politique et moyens commerciaux**

#### **2-2-1- Etude du marché**

Au Cameroun, les offres directes de services en matière d'aménagement des plans d'eaux et des zones humides ne sont encore pas connues du grand public. La concurrence directe est internationale car dans le pays étranger tel que le Ghana et la Mauritanie de telles entreprises sont présentes. La concurrence est plutôt indirecte sur le plan national car il existe des entreprises qui peuvent chacune exercer une tâche dans le processus d'aménagement de ces espaces aquatiques. Il s'agit notamment des bureaux d'étude du génie civil et des centres zootechniques et halieutique. Ces concurrents indirects sont basés dans toutes les villes du Cameroun et particulièrement dans les villes de Douala et Yaoundé.

## **2-2-2- Stratégie marketing**

GLOBAL MARINE SERVICES Sarl se réserve le droit de faire bénéficier à ses potentiels clients un service de proximité et l'assurance d'un traitement de qualité qui se déployera à travers un marketing stratégique et un marketing opérationnel.

- **Marketing Stratégique**

- **Segmentation du marché**

Le projet GLOBAL MARINE SERVICES Sarl concerne essentiellement les collectivités territoriales décentralisées et les zones à fort potentiel écotouristique du Cameroun. Ainsi, la particularité de l'entreprise sera sa dotation de tous matériels et dispositifs nécessaires pour des prestations respectant toutes les normes.

- **Domination par les coûts**

Les prix adoptés par GLOBAL MARINE SERVICES Sarl seront flexibles sur le marché car il dépendra du type de service sollicité et des exigences du client. De plus, une gamme de partenaires nationaux et étrangers d'expérience et d'efficacité connue permettront d'assurer une formation permanente du personnel dans divers domaines, afin de limiter les charges imputées par les coûts des prestations extérieures.

- **Positionnement**

GLOBAL MARINE SERVICES Sarl offre une solution à ses clients du fait de sa forte mobilité, car il facilite les procédures de prestations de services aux collectivités et autre partenaires. Il dispose également d'un statut légal auprès de l'Etat en ce qui concerne les impôts, les taxes et les autres exigences légales.

- **Marketing Opérationnel**

- **Services**

La réalisation des services par les équipes de GLOBAL MARINE SERVICES Sarl se fera dans le respect des normes et recommandations encadrant le secteur d'activité. Ainsi la rigueur dans l'exercice des différents services de la société sera le gage de la satisfaction des clients dans le but de faire de chaque un potentiel marqueteur.

### **2-2-3- Etude des concurrents**

**Tableau iv:** étude des concurrents

Concurrences	Forces	Faiblesses
Concurrents directs	Grande expérience professionnel, renommée internationale, technologie de pointe et de bonne qualité	Coûts élevés, spécialisés dans les plans d'eaux maritimes, méconnaissante de l'environnement Camerounais et de ces contraintes
Concurrents indirects	Grande expérience, professionnel, bonne renommée	Non spécialisés dans l'aménagement des plans d'eaux et zones humides

### **2-2-4- Politique du prix et de la distribution**

#### **2-2-4-1- Politique du prix**

Les prévisions de GLOBAL MARINE SERVICES Sarl seront atteintes car les services prennent en compte le rapport qualité-prix (Tableau III).

### **2-3- Etude technique du projet**

Il est question ici de montrer que l'expertise GLOBAL MARINE SERVICES Sarl, les ressources (financières, matérielles et humaines) qualifiées existent et sont disponibles. De ce fait la mise en route du projet repose sur la conformité aux normes administratives de création d'entreprise notamment l'aménagement des locaux devant abriter les services, l'achat du matériel et la disponibilité des ressources nécessaires à la mise en œuvre effective de cette entreprise.

#### **2-3-1- Processus de production**

GLOBAL MARINE SERVICES Sarl est une entreprise fournissant des services spécifiques. Une fois approché, il est fourni gratuitement au client une fiche contenant l'ensemble des activités à mener (Tableau IV) pour produire un diagnostic précis du site devant être exploité. Au client dont de remplir la fiche en donnant toutes les informations souhaitées par l'entreprise. Par la suite les équipes descendent sur le terrain pour la prospection et font un rapport circonstanciel. Ce rapport renseigne l'état du milieu (les distances, le niveau d'aménagement, de pollution ou non des plans d'eaux et zones humides, la topographie, l'accessibilité, les obstacles naturels, la végétation aux alentours, ...). Un

devis descriptif détaillé est alors établi et soumis à l'appréciation du client pour validation. Une fois validée et le contrat signé par les deux parties, l'entreprise prend toutes les dispositions pour la réalisation dudit contrat. La réalisation de ce projet se fera suivant le chronogramme d'activités suivant

**Tableau v : chronogramme des activités de l'entreprise**

Activités	Mois /année 1												Mois /année 2												Mois /année 3														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Etude de marche																																							
Formation du personnel d'entreprise																																							
Analyse physico-chimique des effluents industriels																																							
Aménagement as sainissement et restauration des plans d'eau																																							
Réalisation des études et audits d'impact environnemental et social																																							
Evaluation																																							

La détermination des sources de revenus du bureau d'étude et de prestation de services pour ses trois premières années de fonctionnement A, A+1, A+2, s'est fait selon les hypothèses optimistes H1, H3 et H5 et selon les hypothèses pessimistes H2, H4 et H6 ceux-ci est résumé dans le tableau ci-après

**Tableau vi:** estimation des prestations pour les trois premières années

Sources de revenus financiers	Quantités année 1			Quantités année 2			Quantités année 3		
	H1	H2	Moyenne	H3	H4	Moyenne	H5	H6	Moyenne
Aménagement, assainissement et restauration des plans d'eau	06	04	05	09	05	07	09	07	08
Réalisation des études et audits d'impact environnemental et social	07	05	06	09	05	07	11	05	08
Formation du personnel d'entreprise	11	03	07	14	04	09	16	04	10
Analyse physico-chimique des effluents industriels	08	04	06	10	04	07	10	06	08

### 2-3-2 Personnel

La ressource humaine de notre entreprise sera recrutée en fonction des besoins de l'entreprise. Pour les différents postes à pouvoir des profils recherchés seront publiés. Le profil de l'ensemble du personnel est présenté comme suite (tableau vii)

**Tableau vii:** profil du personnel

Poste	Tâches	Profil
Directeur Général	Assurer le bon fonctionnement de la structure et la bonne collaboration entre le personnel	Master II en management et gestion des entreprises, 5ans d'expériences.
Directeur des ressources humaines	Charger du recrutement et la gestion du personnel	Master II en gestion des ressources humaines
Directeur des affaires Générales	Charger des affaires administratives, juridiques et financières de l'entreprise	Master II en comptabilité et finances
Directeur technique	Charger de l'acquisition des marchés et du bon fonctionnement des services techniques	Ingénieur en océanographie et limnologie
Chef service hygiène et sécurité environnementale	Charger de la réalisation des études et audits d'impact environnemental et social	Ingénieur en sciences environnementales
Chef service aménagement des espaces	Charger de l'aménagement et de la valorisation des plans d'eaux	Ingénieur en gestion des écosystèmes aquatiques
Chef de service montages et évaluation des projets	Charger du montage des dossiers de réponse aux appels d'offres	Master II en gestion des projets
Chef service informatique	Responsable des SIGs	Master II en génie logiciel
Chef service courrier	Charger de la réception de l'enregistrement et l'émission des courriers	BTS ou DUT en logistique
Chef service des affaires financières	Charger des affaires financières de l'entreprise	Master en comptabilité et finance
Chef service des affaires administratives et juridique	Charger des affaires administratives et juridiques de l'entreprise	Master I en Droit des affaires

Secrétaire	Charger du traitement et de l'enregistrement et la documentation	BTS en secrétariat bureautique
Agent d'entretien	Charger de l'entretien des locaux	Savoir s'exprimer
Agent de sécurité	Charger de la sécurité des locaux	Savoir s'exprimer

La rémunération de la ressource humaine de notre bureau d'étude et de prestation de service est récapitulée ci-après (tableau viii)

**Tableau viii:** Rémunération du personnel

Poste	Effectif	Rémunération mensuel (Francs CFA)	Total rémunération première année (Franc CFA)
Directeur Général	01	350 000	4 200 000
Directeur des ressources Humaines	01	300 000	3 600 000
Directeur des Affaires Générales	01	300 000	3 600 000
Directeur technique	01	300 000	3 600 000
Chef service hygiène et sécurité environnementale	01	250 000	3 000 000
Chef service aménagement des espaces	01	250 000	3 000 000
Chef services montage et évaluation des projets	01	250 000	3 000 000
Chef service informatique	01	250 000	3 000 000
Chef service courrier	01	175 000	2 100 000
Chef service des affaires financières	01	250 000	3 000 000
Chef service des affaires administratives et juridiques	01	250 000	3 000 000
Secrétaire	01	150 000	1 800 000
Agents d'entretien	02	150 000	1 800 000
Agent de sécurité	02	150 000	1 800 000
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>3 375 000</b>	<b>40 500 000</b>

Ces rémunérations se feront par virement bancaire dans un établissement financier de la place

#### **2-4- Etude financière**

Les investissements représentent l'ensemble des éléments nécessaire pour l'installation de notre future entreprise. L'ensemble des éléments à réaliser sont énumérés dans le tableau suivant

**Tableau ix : Besoins en investissement**

<b>Immobilisations</b>	<b>Quantités</b>	<b>Prix unitaire (Francs CFA)</b>	<b>Prix total (Franc CFA)</b>
Aménagement et équipement des infrastructures en meubles	/	7 500 000	7 500 000
Matériels informatique et outils de communication	/	4 500 000	4 500 000
Véhicule de descente de terrain	01	8 000 000	8 000 000
Procédure légale de création du bureau d'étude	/	1 000 000	1 000 000
Kits pour laboratoire	/	10 000 000	10 000 000
Divers	/	/	3 100 000
<b>Total</b>	/	/	<b>34 100 000</b>

**NB :** Les divers représentent 10% du total des investissements.

Le besoin en fond de roulement est l'ensemble des dépenses à réaliser pour assurer le démarrage effectif de la future entreprise. Le tableau X représente les fonds nécessaires au lancement de nos activités.

**Tableau x: Besoins en fonds de roulement**

<b>Désignation des charges</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>
Charges	Montant (Francs CFA)		
Location des bureaux	2 400 000	2 400 000	2 400 000
Rémunération ressource humaine	40 500 000	40 500 000	40 500 000
Matériels	1 350 000	875 000	875 000

didactiques			
Carburant véhicules	480 000	480 000	480 000
Consommation électricité	420 000	420 000	420 000
Consommation eau	180 000	180 000	180 000
Cautionnement	500 000	500 000	500 000
Imprévus	4 583 000	4 535 500	4 535 500
<b>Total</b>	<b>50 413 000</b>	<b>49 890 500</b>	<b>49 890 500</b>

**NB :** Les imprévus représentent 10% des charges.

Le cout du projet est l'ensemble des fonds qu'il faut avoir pour assurer la réalisation du projet. Ces besoins sont résumés dans le tableau ci-après.

**Tableau xi:** Cout total du projet

Intitulés	Montants (Francs CFA)
Investissements en immobilisations	34 100 000
Besoins en fonds de roulement	50 413 000
<b>Total</b>	<b>84 513 000</b>

Il ressort de ce tableau que le cout d'investissement nécessaire pour la réalisation de ce projet est de 84 513 00 Francs CFA. Le présent projet sera financé de la manière suivante :

**Tableau xii:** Financement du projet

Source de financement	Montant (Francs CFA)	Pourcentage (%)
Promoteurs du projet	50 707 800	60
Associés	21 128 250	25
Emprunts bancaires	12 676 950	15
<b>Total</b>	<b>84 513 000</b>	<b>100</b>

**NB :** les taux d'intérêt sont de 5% à la banque et 3% chez les associés.

### Prévisions du chiffre d'affaire (CA)

#### Prévision des services offerts

L'estimation des services offerts ci-dessous résulte des hypothèses optimistes et pessimistes émises au titre 2.3.1. Les projections de l'entreprise pour les trois premières années de fonctionnement sont compilées dans le tableau ci-après

**Tableau xiii :** Prestation à rendre pour les trois premières années

Services offerts	Année 1	Année 2	Année 3
Aménagement assainissement et restauration des plans d'eau	05	07	08
Réalisation des études et audits d'impact environnemental et social	06	07	08
Formation du personnel d'entreprise	07	09	10
Analyse physico-chimique des effluents industriels	06	07	08
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>34</b>

#### **Prévision du chiffre d'affaire (CA)**

L'évaluation prévisionnelle du chiffre d'affaire de notre entreprise est présentée dans le tableau subséquent.

**Tableau xiv:** Chiffre d'affaire des trois premières années

Prestations	Année 1 (Francs CFA)	Année 2 (Francs CFA)	Année 3 (Francs CFA)
Aménagement assainissement et restauration des plans d'eau	40 000 000	56 000 000	64 000 000
Réalisation des études et audits d'impact environnemental et social	5 250 00	6 125 00	7 000 000
Formation du personnel d'entreprise	3 500 000	4 500 000	5 000 000
Analyse physico-chimique des effluents industriels	7 500 000	8 750 000	10 000 000
<b>Chiffre d'affaire (CA)</b>	<b>56 250 000</b>	<b>75 375 000</b>	<b>86 000 000</b>

## Exploitation prévisionnelle

### Amortissement des investissements

Les amortissements sur les investissements de l'entreprise sont consignés dans le tableau ci-après.

**Tableau xv:** Amortissement des immobilisations

Immobilisations	Durée de vie (en année)	Amortissements (Francs CFA)		
		Année 1	Année 2	Année 3
Meubles	5 ans	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Matériels informatiques et de communication	3 ans	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Véhicules	7 ans	1 142 857	1 142 857	1 142 857
Kits de laboratoire	5ans	2 000 000	2 000 000	2 000 000
<b>Total</b>	/	<b>6 142 857</b>	<b>6 142 857</b>	<b>6 142 857</b>

### Compte d'exploitation prévisionnel

**Tableau xvi:** Compte d'exploitation prévisionnel

Désignation	Année 1	Année 2	Année 3
<b>Revenus (Francs CFA)</b>			
Chiffre d'affaire	56 250 000	75 375 000	86 000 000
<b>Total revenus (R)</b>	<b>56 250 000</b>	<b>75 375 000</b>	<b>86 000 000</b>
<b>Charges (Francs CFA)</b>			
Location des bureaux	2 400 000	2 400 000	2 400 000
Matériels didactiques	1 350 000	875 000	875 000
Carburant	480 000	480 000	480 000
Eau	180 000	180 000	180 000
Électricité	420 000	420 000	420 000
Cautionnement	500 000	500 000	500 000
Imprévus	4 583 000	4 535 500	4 535 500
Dotations aux investissements	6 142 857	6 142 857	6 142 857
Rémunération	40 500 000	40 500 000	40 500 000

personnel			
<b>Total des charges (C)</b>	<b>56 555 857</b>	<b>56 033 357</b>	<b>56 033 357</b>
<b>Frais financiers (Francs CFA)</b>			
Emprunt bancaire	3 169 237 ,5	3 845 456	3 845 456
Dettes associées	7 677 797,5	7 677 797,5	7 677 797,5
Total frais financiers (F)	<b>10 847 035</b>	<b>10 847 035</b>	<b>10 847 035</b>
Bénéfices avant impôts (R-C-F)	<b>-10 541 178</b>	<b>8 494 608</b>	<b>19 119 608</b>
Impôts et taxes	618 750	829 125	946 000
<b>Bénéfices nets d'exploitation (BNE)</b>	<b>-11 159 928</b>	<b>7 665 483</b>	<b>18 173 608</b>

NB :

- Durée de remboursement de l'emprunt bancaire : 5ans
- Durée de remboursement de la dette des associés : 3ans
- Impôt et taxes = 1,1% du chiffre d'affaire.

### Valeur actuelle nette et taux de rentabilité interne du projet

#### Valeur actuelle nette (VAN)

La Valeur Actuelle Nette est la somme des valeurs actualisées de tous flux monétaires d'un projet aussi bien débiteur (sortie d'argent) que créiteur (entré d'argent). Elle permet de décider de l'opportunité d'un investissement. La formule pour calculer est la suivante :

$$VAN = \sum_{P=1}^{P=N} \frac{(CF_P)}{(1 + t)^P} - I$$

Avec :

$CF_p$  (cash-flow) = bénéfice de l'exercice + amortissement à l'année p ;

t : le taux d'actualisation ;

p : numéro de l'annuité ;

N : le nombre total d'annuité ;

I : le capital investi

Pour notre projet nous fixons le taux d'actualisation à 10%, le calcul de la somme des cash-flows actualisés

**Tableau xvii :** calcul des cash-flows actualisés

Intitulé	Année 1	Année 2	Année 3
Bénéfice net de l'exercice	-11 159 928	8 494 608	18 173 608
Amortissement	6 142 857	6 142 857	6 142 857
Cash-flow	-5 017 071	14 637 465	24 316 465
Coefficient (1+0,1) <sup>p</sup>	0,91	0,83	0,75
Cash-flow actualisé	-5 513 264,84	17 635 500	28 274 959,3

Ainsi, le calcul de la VAN donne :

$$VAN = (28 274 959,3 + 17 635 500 - 5 513 264,84) - 34 100 000$$

$$VAN = 6 297 194,5 \text{ Francs CFA}$$

### Le taux de rentabilité

Le taux de rentabilité interne (TRI) est le rapport entre le profit et l'investissement. Le taux de rentabilité interne exprimé en pourcentage est donné par l'expression mathématique suivant :

$$TRI = \frac{\text{Bénéfice brut}}{\text{Investissement}}$$

$$TRI = \frac{(19 119 608 + 8 494 608 - 10 541 178)}{3 \times 34 100 00}$$

$$TRI = 16,7\%$$

Nous avons alors un  $VAN > 0$  et  $TRI > t$ , caractérisant un investissement rentable.

### Bilan d'ouverture

Le bilan prévisionnel d'ouverture du bureau GLOBAL MARINE SERVICES Sarl est présenté dans le tableau ci-après.

**Tableau xviii:** bilan prévisionnel d'ouverture

<b>Actifs</b>		<b>Passifs</b>	
<b>Intitulé</b>	<b>Montant (Francs CFA)</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Montant (Francs CFA)</b>
<b>Actifs non courants</b>		<b>Capitaux propres</b>	<b>50 707 800</b>
-aménagement et équipement des infrastructures en meubles	7 500 000	<b>Dettes</b>	
-Matériels informatiques et outils de communication	4 500 000	-Associés	21 128 250
	8 000 000	-Emprunt bancaire	12 676 950

-Véhicule de terrain	1 000 000	<b>Total dettes</b>	<b>33 805 200</b>
-procédure légale de création du bureau d'étude	1 000 000		
-kits de laboratoire	3 100 000		
-Divers	<b>34 100 000</b>		
<b>Total actifs non courant</b>	<b>50 413 000</b>		
<b>Actifs courants</b>			
<b>Total</b>	<b>84 513 000</b>	<b>Total</b>	<b>84 513 000</b>

### Plan de financement

Le plan de financement de notre entreprise est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau xix:** plan de financement

<b>Source de financement</b>	<b>Montant (Francs CFA)</b>	<b>Pourcentage (%)</b>
Promoteur du projet	50 707 800	60 soit 12 par promoteur
Associés	21 128 250	25
Emprunt	12 676 950	15
<b>Total</b>	<b>84 513 000</b>	<b>100</b>

### 2-5- Analyse des risques du projet et mesures d'atténuation

L'analyse des risques du projet et mesure d'atténuation est réalisé pour mieux s'adapter au marché et lui donné plus de chance de réussir son entrée. Cette analyse est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau xx:** Analyse des risques du projet et mesures d'atténuation

Élément de l'analyse	Projet
Forces	Equipe dynamique de jeunes ingénieurs qualifiés, compétents et spécialisés ; équipe engagée dans un système d'amélioration continue ; équipe disposant d'une technologie de pointe.
Faiblesses	Peu d'expérience ; pas connue du grand public.
Opportunité	Engagement des politiques dans l'aménagement des plans d'eau et zones humides ; essor de l'écotourisme dans le pays ; politique de décentralisation déjà pratique.
Menaces	Environnement économique actuel du pays.

## CHAPITRE III : MISE EN ŒUVRE DU PROJET

### 3-1- Cadre logique du projet

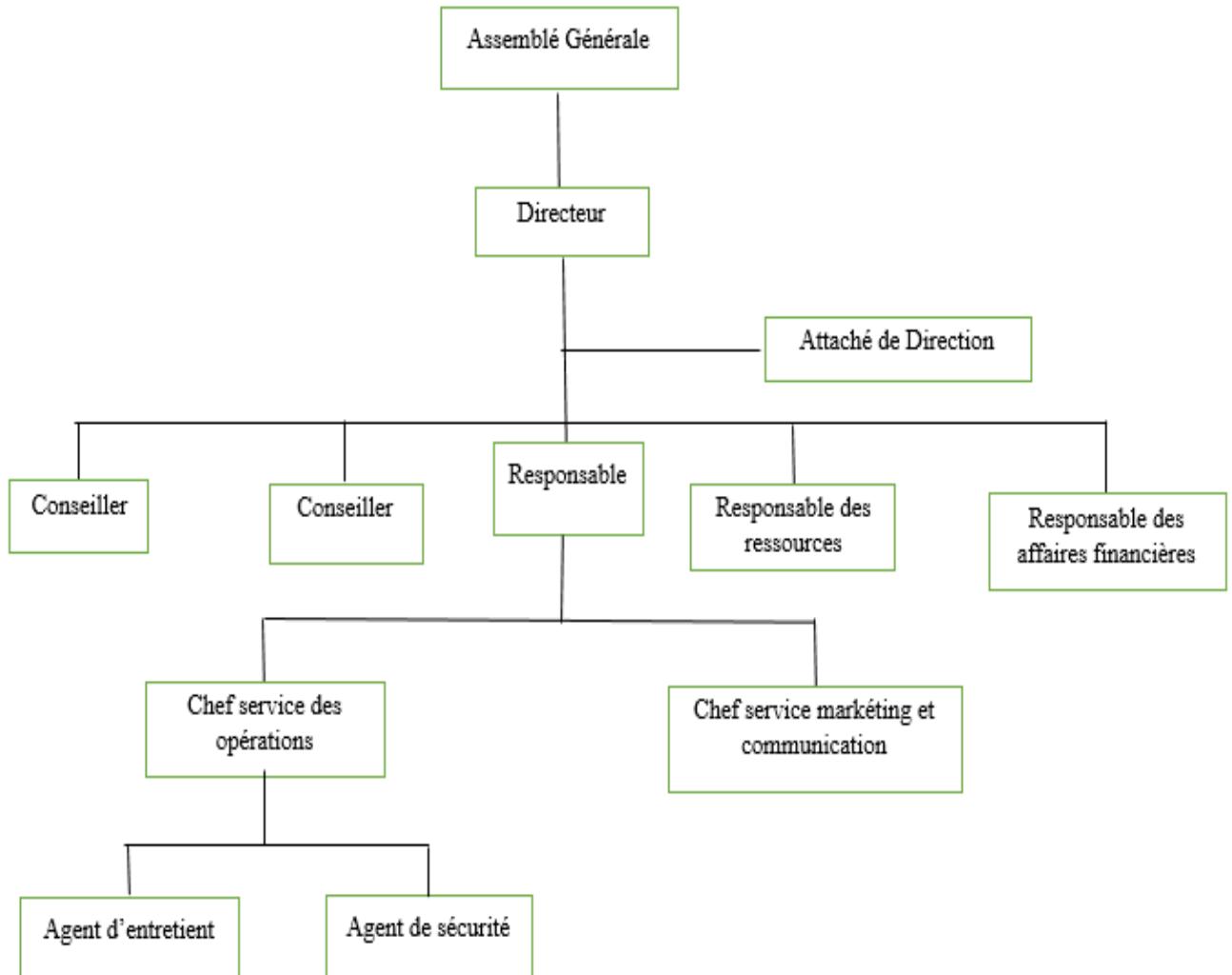
Le cadre logique permet de confronter, déjà sur le papier, la cohérence entre les différents niveaux de projets, en prenant comme point de référence l'objectif le plus élevé (Tableau XXVII).

**Tableau xxi:** cadre logique du projet

Objectifs	Résultats attendus	Activités	Moyens de vérification	Indicateurs	
Gérer de manière durable les écosystèmes en général et de l'environnement aquatique en particulier	Aménager et restaurer les écosystèmes aquatiques	-Améliorer les conditions de vie des populations environnantes -Ecosystème sains	-Etat des lieux -Encadrer la population à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles	- TDR; - Rapport des études d'impact environnemental ; - Certificat de Conformité Environnemental ; - Résultats des analyses physico-chimiques, microbiologiques ;	- Présence d'eau de bonne qualité dans les sites aménagés -Indices d'abondance biologique -Etude de bioindicateurs de la qualité d'eau
	Optimiser la productivité halieutique des plans d'eau et zones humides	- Abondance des captures de pêche - Baisse du prix du kilogramme	- Sensibiliser les populations et des pêcheurs ; - Regrouper les pêcheurs en coopérative ; - Contrôler les engins de pêches ; - Imposer des périodes de repos biologique	- rapport régulier des enquêtes sur le terrain - Rapport sur les captures mensuelles de chaque pêcheur ; - net amélioration des revenues annuelles des pêcheurs	- le prix du kilogramme de poisson - la quantité de capture de chaque pêcheur - évaluation de l'effort de pêche
	Créer et aménager les sites d'attractions culturels et de biodiversité	Grand nombre de touristes visitant nos sites touristiques aménagés et créer	-Répertorier les sites à fort potentiel touristique -Construire les chemins touristiques -Mettre en place un plan de promotion de nos sites  -Arrimer nos services au norme internationale en matière de tourisme -Impliquer la population locale dans l'identification et la commercialisation des produits écotouristiques	Rapport d'évaluation Le nombre de réservation mensuelle de nos sites Rapport annuelle des prestations de services	Le nombre de site aménagé

### **3-2- Équipe et organigramme du projet**

La mise en œuvre du projet GLOBAL MARINE SERVICES Sarl nécessite une équipe pluridisciplinaire



### **3-4- Stratégie de communication**

#### **3-4-1- Stratégie de communication verticale**

Notre projet sera soumis à la fin de sa rédaction sous la couverture des communautés urbaines, des communes décentralisées, aux autorités administratives en l'occurrence le MINEPIA et le MINEPDED qui apporteront une approbation après 20 jours en nous remettant des certificats qui nous permettront de mettre en œuvre ce projet. Nous notons aussi qu'au moins deux réunions seront organisées par an avec lesdits ministères pour le suivie et l'évaluation des activités

#### **3-4-2- Stratégie horizontale avec les partenaires locaux et extérieurs**

Il sera question pour cette communication d'organiser des rencontres avec des partenaires et envoyer des courriers électroniques aux partenaires extérieurs.

#### **3-4-3- Stratégie horizontale avec le public**

Des séminaires de formation, des campagnes de sensibilisation, d'entretien, d'aménagement et de collectes des données avec les populations seront organisés pour mieux les informer des potentialités aquacoles des sites d'élevages en cage dans les zones propices et la gestion rationnelle et durables des ressources halieutiques. Et enfin, les banderoles, les tracts, des panneaux publicitaires seront utilisés comme moyen de communication avec ses populations. Nous organiserons également des journées d'échange avec les parties prenantes du projet pour s'enquérir de leurs suggestions et pour améliorer la qualité de produits et services.

## **CHAPITRE IV : SUIVI-EVALUATION DU PROJET**

### **4-1- Suivi du projet**

Le suivi étant un processus interactif de collecte et d'analyse d'informations pour mesurer les progrès d'un projet au regard des résultats attendus. Il fournit donc aux gestionnaires et aux participants un retour d'information régulier qui peut aider à déterminer si l'avancement du projet est conforme à la programmation. Le suivi du projet sera effectué par une équipe technique constitué d'un consultant et des membres du conseil d'administration qui se réuniront ordinairement une fois par an et extraordinairement si la division technique ou financière fait un état de besoin.

### **4-2- Evaluation du projet**

L'évaluation externe du projet se fera par un comité constitué du Directeur général par ailleurs coordonnateur, d'un consultant externe spécialiste de suivi et évaluation, et des représentants des différents partenaires. L'évaluation Base-line se fera un mois après, l'évaluation mi-parcours se fera durant les phases du projet, et l'évaluation finale se fera à la fin de la mise en place du projet.

#### **4-2-1- Evaluation Base-line**

Au lancement du projet il sera question d'évaluer le plan de démarrage, vérifier le respect du chronogramme des activités, vérifier l'exactitude des réalisations signalées dans les rapports périodiques précédents, identifier les difficultés rencontrées dans l'exécution du projet, proposer des recommandations, apporter des améliorations ou des solutions pour garantir la bonne exécution du projet.

#### **4-2-2- Evaluation à mi-parcours**

L'évaluation à mi-parcours aura pour objectifs, au cours de l'exécution du projet, de mesurer le chemin parcouru, de capitaliser les acquis, d'évaluer ce qui reste à faire et de proposer des mesures correctives, le cas échéant, afin de garantir l'atteinte des objectifs fixés. Contrairement au contrôle périodique, l'évaluation à mi-parcours portera sur la mesure des résultats intermédiaires et non uniquement sur l'analyse du niveau de réalisation des activités. Elle permettra de disposer de données pour assurer le pilotage du projet, de préparer les évaluations à venir, et de proposer des modifications ou des réorientations au projet en vue d'en assurer le succès. Afin de sensibiliser le producteur et les intervenants sur les facteurs qui peuvent influencer la productivité, le rendement et les coûts d'exploitation selon le type d'élevage et le milieu sélectionnés, une grille d'évaluation des facteurs physico-chimiques, biologiques et anthropiques élaborée par le responsable technique en chef permettra

d'appliquer une cote d'appréciation pour chacun des critères de sélection d'un site d'élevage en cage. En remplissant une grille pour chaque site évalué, il sera possible de comparer les résultats obtenus.

#### **4-2-3- Evaluation finale**

Elle porte sur l'analyse des rapports de contrôle périodique et d'évaluation à mi-parcours antérieure, la vérification des indicateurs de résultats et objectifs à la fin du projet, l'analyse du niveau d'implication et du degré de satisfaction des bénéficiaires, l'analyse de la pertinence du projet, les propositions sur la conduite à suivre. Pour une gestion optimale des installations pour l'élevage en cage, des contrôles quotidiens seront effectués par le responsable technique afin de s'assurer du bon état des structures d'élevage en cage et intervenir en cas de rupture ou d'usure d'un élément.

### **CONCLUSION PARTIELLE**

L'étude de la faisabilité du projet de création d'un bureau d'étude et de prestation de services démontre qu'avec un investissement 84 513 000 F CFA, le projet est viable et permet de générer durant les trois premières années d'opération des bénéfices croissants. GLOBAL MARINE SERVICES Sarl compte s'élargir et créer ainsi de nombreux emplois et satisfaire ses objectifs.

## **CONCLUSION GENERALE**

En définitive, il a été question pour au cours de ce stage de développer un thème de recherche et d'élaborer un projet technique viable.

L'objectif général attribué à notre thème de recherche était d'évaluer l'impact des travaux de construction routiers sur la diversité des macroinvertébrés benthiques de deux cours d'eau Bihissi et Nko dans la zone forestière du Littoral. Il ressort des analyses physico-chimiques de l'eau et de la variation de la structure des communautés de la macrofaune benthique que les eaux de ces cours d'eau sont de bonne qualité écologique pour le développement de la vie aquatique; il en ressort également que ces deux cours d'eau subissent une pollution mécanique ponctuelle au niveau des pont-routes cause par des travaux de construction du linéaire routier Bonépoupa-Yabassi affectant les habitats des organismes aquatiques; enfin il en ressort que les eaux sont légèrement troubles et cela affecte aussi légèrement la richesse spécifique et la diversité des macroinvertébrés benthiques.

Le projet technique de création d'un bureau d'étude de prestation de services a fourni pour sa réalisation un coût total de 84 513 000 F CFA. Les bénéfices nets obtenus pendant les trois premières années de fonctionnement sont estimés à -11 159 928 F CFA, 7 665 483 F CFA et 18 173 608 F CFA respectivement pour la première, deuxième et troisième année. Au regard des résultats obtenus après notre stage, nous pouvons affirmer que l'objectif général du stage dont le but était de rapprocher les connaissances théoriques et pratiques de l'étudiant et de familiariser ce dernier au monde socio professionnel a été atteint.

La principale difficulté rencontrée était le temps imparti pour nos études car nos travaux ont été menés en une période de cinq mois alors que les travaux routiers continus, ce qui a notre avis pourrait rendre nos résultats incomplets du fait de la saisonnalité de la zone.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adandedjan D., 2012.** Diversité et déterminisme des peuplements de macroinvertébrés benthiques de deux lagunes du Sud- Bénin : la Lagune de PortoNovo et la Lagune Côtière. *Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi-Bénin, 261 p.*
- Aguesse P., (1968).** Les Odonates de l'Europe occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles
- Ahouansou Montcho S., 2011.** Diversité et exploitation des poissons de la rivière Pendjari (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.*
- Alhou B., Micha J.C., Dodo A. & Awaiss A., 2009.** Etude de la qualité physicochimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 3*, 240-254.
- Alhou B., Micha J.C., Dodo A. & Awaiss A., 2009.** Etude de la qualité physicochimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 3*, 240-254.
- Atlantiques.** Faune de l'Europe - Bassin Méditerranéen, vol. 4.
- Bouhala, Z.2012.** *Contribution à l'étude des macro-invertébrés d'Oued Charef (Oued Seybousse).* Mémoire de Magister. Université de Guelma 129 p.
- Brahy V., 2007.** L'eutrophisation et l'enrichissement en nutriments, *Chapitre 10 : L'eau et l'environnement aquatique. Rapport sur l'état de l'environnement Wallon 2006-2007, 18p.*
- Camara A.I., Diomande D. & Gourene G., 2014.** Impact des eaux usées et de ruissèlement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière Banco (Parc National du Banco, Côte d'Ivoire). *Revue du CAMES, 2*, 58-68.
- Cébron A. (2004).** *Nitrification, bactéries nitrifiantes et émissions de N<sub>2</sub>O. La seine en aval de Paris.* Thèse de Doctorat, Université Paris VI, France, 290 p.
- Charvet. (1995).** *Les méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux basées sur les macroinvertébrés benthiques.* Mémoire DEA, Université de Claude Bernard-Lyon 1, 39 p.
- Chatziz K. (2000).** *Contribution à l'histoire de l'assainissement et des transports urbains.* L'Harmattan, Paris, 187p.
- Diomande D. et al., 2009.** Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research, 35(3)*, 368-377.
- Djebnouni, A et Nouar, M. 2015.** Contribution de l'étude de macroinvertébré à la haute Sybouse. *Mémoire de Master. Université Guelma, 99 p.*

**Drif, F. 2012.** Distribution des métaux traces chez les bivalves (Mollusques) dans le golfe d'Annaba (Nord-est Algérien). *Thèse doctorat. Université Annaba, 154 p.*

**Foto Menbohan S., Zebaze Togouet S.H., Nyamsi Tchacho N.L. & Njine T., 2010.** Macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Nga: Essai de caractérisation d'un référentiel par des analyses biologiques, *European Journal of Scientific Research*, **43**(1), 96-106.

**Hynes H. B. N. (1970).** *The ecology of running waters.* Liverpool University Press, 555 p.

**Hynes H. B. N. (1975).** The stream and its valley. Verhandlungen des Internationalen Verein. *Limnologie*, 19: 1-15

**Hynes H. B. N. (1983).** Groundwater and stream ecology. *Hydrobiologia*, 100: 93-99.

**Kershner J. L., Snider W. M., Turner D. M. et Moyle P. B. (1992).** Distribution and sequencing of mesohabitats: are there differences at the reach scale? *Rivers*, 3: 179-190.

**Kouumba M., 2016.** Diversité familiale des macroinvertébrés et qualité des cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou (sud-ouest du Gabon). *Mémoire de fin de cycle du diplôme d'ingénieur de conception. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Libreville, 25 p.*

**Levêque C. (1996).** *Ecosystèmes aquatiques.* Hachette, Paris, 160 p.

**Levêque C. et Balian E. V. (2005).** Conservation of freshwater. Biodiversity: does the real world meet scientific dream? *Hydrobiologia*, 542 : 25-26.

**Levêque C. et Mounolou J-C. (2008).** *Biodiversité : Dynamique biologique et conservation.* Dunod, Paris, 260 p.

**Malavoi J. R. et Souchon Y. (2002).** Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : Clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366: 357-372

**Mary N. & Hytec, 2007.** Mise en place d'un indice biologique spécifique aux terrains miniers en Nouvelle-Calédonie. *Province Sud, Province Nord, DAVAR, Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission. 120 p + annexes.*

**Mary N., 1999.** Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques, *Thèse de doctorat, Université Française du Pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 181 p+ annexes.*

**Mary N., 2000.** Guide d'identification des macroinvertébrés benthiques des rivières de la Nouvelle-Calédonie. *Rapport. Ministère de l'Environnement, Service de l'Eau (Paris), Province Nord et Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, 92p.*

**Mary N., 2011.** L'indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC) et l'Indice Biosédimentaire (IBS). *Guide Méthodologique et Technique, 58 p.*

**Massolou A.M., 2008.** Diagnostic écologique des cours d'eau forestiers par la caractérisation des macroinvertébrés benthiques dans la forêt classée de la Mondah. *Mémoire de fin de cycle pour le Diplôme d'ingénieur de conception des Eaux et Forêts. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 56 p.*

**Massolou A.M., 2010.** Utilisation des traits bioécologiques des macroinvertébrés comme outils complémentaires à l'indice Biologique global Normalisé pour l'évaluation des risques de pollution des écosystèmes aquatiques. *Master II Recherche Université de Montpellier 2, France, 77 p.*

**Mboye B., 2009.** Contribution à la caractérisation de peuplements de Macroinvertébrés afin d'établir la faisabilité d'indicateur de suivi de perturbation des milieux dans deux écosystèmes aquatiques aux environs de Libreville. *Mémoire de Master II. Faculté des Sciences, Université de Montpellier 2, France, 23p.*

**Mboye B., 2012.** Inventaire de la plaine Wanga. *Rapport de mission, Libreville, 12 p.*

**Mboye B., 2014.** Etude préliminaire du bassin de l'Ivindo. *Rapport de mission, Libreville, 16p.*

**Moisan J. & Pelletier L., 2011.** Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat meuble 2011. *Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-61166-0 (PDF), 39 p.*

**Moisan, J. 2010.** Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds.

**Ndiaga, T et Anis, D.2010.** Module de formation des formateurs sur Le suivi des Mollusques d'eau douce, 44 p.

**Onana, F.M., Zebaze Togouet, S.H., Tamsa, A.A., Nyamsi Tchatcho, N.L., Tchakonte, S., Koji, E., Yemtsa Yemeli, A.W. and Mouto Makong, 2019.** Comparing Freshwater

Benthic Macroinvertebrate Communities in Forest and Urban Streams of the Coastal Ecological Region of Cameroon. Open Journal of Ecology, 9, 521-537.

**Qadir, A. and Naseem, M.R. (2009)** Assessment of an Index of Biological Integrity (IBI) to Quantify the Quality of Two Tributaries of river Chenab, Sialkot, Pakistan. Hidrobiologia, 621, 127-153.

**Ramade F. (1993).** *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. Ediscience International, Paris, 822 p.

**Ramade F. (2002).** *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. 2ème édition. Dunod, Paris, 1152 p.

**Ramade F. (2005).** *Eléments d'Ecologie: Ecologie appliquée*. 6<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris. 864 p.

**Ramade F. (2007).** *Introduction à l'écotoxicologie. Fondements et applications*. Edition TEC & Doc, Paris, 618 p.

**Shannon C.E., 1948.** A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(379-423), 623-656.

**Simpson E. H., 1949.** Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688-688.

**Suchel J. (1972).** *Les climats du Cameroun*. Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Bordeaux III, France, 1186 p.

**Tachet H., Bournaud M. & Richoux P., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). *Association française de limnologie*, 75p.

**Tachet H., Bournaud M., Richoux P. & UsseglioPolatera P., 2000.** *Invertébrés d'eau douce: Systématique, Ecologie, Biologie*. CNRS Edition, Paris, France, 588 p.

**Tachet H., Bournaud M., Richoux P., Usseglio-Polatera Ph., (2000).** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Ed CNRS-Paris.

**Tachet H., Bournaud M., Richoux P., Usseglio-Polatera Ph., (2010).** Invertébrés des eaux

**Tachet H., Bournoud M., Richoux Ph., (1980).** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). Association française de limnologie.

**Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., (2012).** Invertébrés d'eau douce-

**Thomas J.D., (1993).** Biological monitoring and tropical biodiversity in marine environments: A critique with recommendations, and comments on the use of amphipods as bioindicators ». *Journal of Natural History*.

**Vanderhoof, M.K., Alexander, L.C. and Todd, M.J. (2016)** Temporal and Spatial Patterns of Wetland Extent Influence Variability of Surface Water Connectivity in the Prairie Pothole Region, United States. *Landscape Ecology*, 31, 805-824.

**Vervier P., Gibert J., Marmonier P. et Dole-Olivier M. (1992).** A perspective on the permeability of the surface freshwater-groundwater ecotone. *Journal of North American Benthological Society*, 11: 93 - 102.

**Yang, Y., Yin, X. and Yang, Z. (2016)** Environmental Flow Management Strategies Based on the Integration of Water Quantity and Quality, a Case Study of the Baiyangdian Wetland, China. *Ecological Engineering*, 96, 150-161.