



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020-2021

N° D'ORDRE : 0439/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414002536

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Protection de l'Environnement et Gestion des Risques

THEME :

Structure des macroinvertébrés dans un système fluvio-lacustre sous l'influence d'activités minières : cas du bassin du Bandama dans la Région de la Marahoué (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

Présenté par :

AGNIMOU Tahia Charlotte

JURY

Président : M. BONY Kotchi Yves, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Encadreur : M. KOUAME Kouamé Martin, Maître Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé

Examineur : M. ALLOUKO Jean-Renaud, Maître Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu publiquement

le : 11/10/2021



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020-2021

N° D'ORDRE :0439/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414002736

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Protection de l'Environnement et Gestion des Risques

THEME :

Structure des macroinvertébrés dans un système fluvio-lacustre sous l'influence d'activités minières : cas du bassin du Bandama dans la Région de la Marahoué (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire)

Présenté par :

AGNIMOU Tahia Charlotte

JURY

Président : M. BONY Kotchi Yves, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Encadreur : M. KOUAME Kouamé Martin, Maître Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu publiquement
Le : 11/10/2021

Examineur : ALLOUKO Jean-Renaud, Maître Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé

REMERCIEMENTS

L'exercice des remerciements est toujours périlleux tant il est difficile d'être totalement exhaustif et de n'oublier personne.

Nous commençons donc par remercier tous ceux que nous n'avons pas nominativement cités dans le texte qui suit et qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance au **Professeur TIDOU Abiba Sanogo, Epouse KONE, Professeur Titulaire**, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLOG) pour les facilités administratives qu'elle nous a accordées.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Monsieur le Professeur **KONE Tidiani, Professeur Titulaire**, Vice-Président chargé de la Pédagogie, de l'Innovation et de la Vie Universitaire à l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLOG) pour les facilités administratives qu'il nous a accordées.

Nous prions Monsieur le **Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique, Professeur Titulaire**, Vice-Président chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures, à l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLOG) pour les facilités administratives qu'il nous a accordées.

Nous tenons à remercier le **Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire**, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche de l'Environnement (UFR-Environnement) pour avoir consacré son temps à inculquer, aux étudiants de l'UFR que nous sommes, sa rigueur scientifique.

Nous remercions également le Professeur KOFFI B. Jean-Claude Directeur du laboratoire de biologie et écologie tropicale, de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour sa contribution à notre formation universitaire

Nous prions le **Docteur ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences**, Responsable du Parcours Protection de l'Environnement et Gestion des Risques (PEGR) à l'Université Jean Lorougnon Guédé, également Directeur Scientifique de ce mémoire de bien vouloir trouver ici l'expression de notre gratitude pour nous avoir initiés dans le domaine fascinant de l'écologie aquatique et nous avoir éclairés avec ses idées. Merci Docteur.

Nous tenons à exprimer notre gratitude au **Docteur KOUAME Kouamé Martin, Maître-Assistant** à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Encadreur de ce mémoire, pour sa disponibilité et le temps qu'il a toujours su nous accorder quand besoin se faisait sentir. Nous nous réjouissons d'avoir bénéficié de votre encadrement et de votre savoir-faire. Nous vous disons de tout cœur et en toute sincérité, Merci infiniment très cher Maître.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants-chercheurs du Groupe de Recherche en Hydrobiologie et en Ingénierie Ecologique (GRHIE), **Madame YOBOUE A. Nicole** épouse KOUAME (Maître de conférences), Messieurs **ASSEMIAN N. Emmanuel** (Maître de Conférences), **BOUSSOU Charles** (Maître de Conférences), **KONE Mamadou** (Maître Assistant) **DJIRIEOULOU K. Claver** (Assistant) et **ASSI Sonan Romuald**. Vos attentions, vos entières disponibilités et vos sages conseils ont contribué largement à la réalisation de ce travail. Nous vous somme infiniment reconnaissant.

Nous tenons à remercier également les doctorants **OUATTARA Moussa, KOUADIO K. Antoine, KOUAME A. Hortense, AKACHI A. Agnès** et **AKOH Marie-Michael** du Groupe de Recherche en Hydrobiologie et en Ingénierie Ecologique (GRHIE). Pour leurs encouragements, leurs critiques, leur disponibilité et leur contribution dans la production de ce mémoire.

Sincères remerciements à tous nos parents, particulièrement Notre père **DOMBA Seydou** et Notre mère **DAH Tangba** qui nous a toujours soutenu et encouragé.

Que notre grande sœur **SANOGO Naboundou** trouve ici notre profonde gratitude pour son soutien infini.

Un grand merci à tous les étudiants du Parcours Protection de l'Environnement et Gestion des Risques (PEGR) de la promotion 2020-2021.

Nos remerciements vont au Docteur **BONY Kotchi Yves**, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour avoir accepté de juger ce travail en tant que président du jury de ce mémoire.

Nous voudrions également exprimer toute notre reconnaissance au Docteur **ALLOUKO Jean-Renaud**, Maître de Assistant à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, qui nous a fait l'honneur d'apporter sa contribution à ce mémoire en temps qu'examineur.

TABLE DES MATIERES

SIGLES ET LISTES DES ABREVIATIONS	iii
LISTES DES TABLEAUX.....	iv
LISTES DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	
1.1 Zone d'étude.....	3
1.1.1 Situation géographique	3
1.1.2 Climat et végétation	3
1.1.3 Relief et sols	4
1.1.4 Population et activités économiques	4
1.2 Macroinvertébrés aquatiques.....	4
1.2.1 Composition taxonomique.....	4
1.2.2 Biologie et écologie des macroinvertébrés	5
1.2.3 Importance écologique des macroinvertébrés	6
1.2.4 Macroinvertébrés dans la bioindication des milieux aquatiques.....	7
1.3 Etat de connaissance des macroinvertébrés du bassin du Bandama	7
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	
2.1 Matériel.....	9
2.1.1 Matériels de collectes et d'échantillonnage de macroinvertébrés.....	9
2.1.2 Matériel de manipulations en laboratoire	9
2.1.3 Autres matériels.....	10
2.2 Méthodes	10
2.2.1 Choix et description des stations d'échantillonnage	10
2.2.2 Echantillonnage des macroinvertébrés	13
2.2.3 Tri et identification des taxons	13
2.2.4 Analyse des données	14

2.2.4.1 Richesse taxonomique	14
2.2.4.2 Fréquence d'occurrence	14
2.2.4.3 Abondance des macroinvertébrés	14
2.2.4.4 Analyse de la diversité	15
2.2.4.5 Analyse de la similarité entre les sites d'études	15
2.2.4.6 Evaluation de la qualité de l'eau	16
2.2.5 Analyses statistiques des données	17
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	
3.1 Résultats.....	18
3.1.1 Communauté des macroinvertébrés	18
3.1.1.1 Richesse et composition taxonomique	18
3.1.1.2 Variations spatio-temporelles de la richesse taxonomique	19
3.1.1.3 Occurrence des taxons	22
3.1.1.4 Abondance des communautés de macroinvertébrés	24
3.1.1.5 Variation spatiale des Classes de Macroinvertébrés	25
3.1.2 Qualité biotique du système fluvio-lacustre	27
3.1.2.1 Diversité des communautés	27
3.1.2.2 Similarité des stations	28
3.1.2.3 Qualité des eaux des stations	29
3.2 Discussion.....	29
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	
REFERENCES	33
ANNEXE	

SIGLES ET LISTES DES ABREVIATIONS

GPS	: Global Positioning Systems
RGPH	: Recensement Général de la Population et l’Habitat
SASS	: South African Scoring System
S	: Station

LISTES DES TABLEAUX

Tableau I : Description des différentes stations d'échantillonnage..... 12

Tableau II : Echelle d'interprétation de l'indice d'Hilsenhoff (Hilsenhoff, 1988) 16

Tableau III : Occurrences des taxons échantillonnés dans le bassin du fleuve Bandama 22

Tableau IV : Proportion des catégories (en %) de taxons selon les stations échantillonnées sur le bassin du fleuve Bandama 24

Tableau V: Indice de similarité de Sorensen entre les différentes stations en pourcentage 28

Tableau VI : Valeurs de l'Indice FBI d'Hilsenhoff obtenue sur chaque station du bassin du fleuve Bandama dans une zone sous influence minières et qualité écologique correspondantes 29

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Carte représentative de la zone d'étude. **Source :** N'Guessan et al., 2017. 3

Figure 2 : Matériel de collecte et de conservation des Macroinvertébrés aquatiques 9

Figure 3: Matériel de tri, d'observation et d'identification des macroinvertébrés aquatiques .. 10

Figure 4 : Carte présentant les différentes stations d'échantillonnages 11

Figure 5 : Répartition des différentes classes de Macroinvertébrés récoltés 18

Figure 6 : Répartition des ordres de macroinvertébrés de la classe des insectes échantillonnés 18

Figure 7 : Répartition des ordres de macroinvertébrés de la classe gastéropodes échantillonnées 19

Figure 8 : Nombre de taxons et de Familles dans les différentes stations échantillonnées 20

Figure 9 : Nombre de taxons des classes de macroinvertébrés selon les différentes stations échantillonnées 21

Figure 10 : Nombre de taxons selon la saison et les stations 21

Figure 11: Nombre d'individus des classes de Macroinvertébrés selon les différentes stations échantillonnées 25

Figure 12 : Nombre des individus des ordres d'insectes 26

Figure 13 : Nombre des individus des ordres des gastropodes 27

Figure 14 : variation des indices de diversités dans le bassin du fleuve Bandama 28

INTRODUCTION

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques, car ils jouent un rôle essentiel dans la conservation et l'évolution de la biodiversité (Dynesius & Nilsson, 1994). En Côte d'Ivoire, quatre principaux cours d'eau, la Comoé, le Sassandra, le Cavally et le Bandama, occupent le réseau hydrique. Parmi ces cours d'eau, le Bandama est le seul à avoir un bassin versant entièrement en Côte d'Ivoire. Ce bassin versant présente un environnement favorable aux cultures pérennes et vivrières (Lévêque *et al.*, 1983). Cependant, la pêche constitue une des activités de base des peuples de cette zone. De plus, l'orpaillage est aussi largement pratiqué par les autochtones et allogènes aux bords de ce bassin versant. (Messou, 2011 ; Mahyao *et al.*, 2014). Il est à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines (Affessi *et al.*, 2016) et pourrait provoquer une diminution voire une redistribution de la biodiversité au sein des biotopes.

Face à l'intensité de ces activités qui pourraient avoir des impacts sur le milieu et sa composante faunistique, une surveillance écologique s'avère donc nécessaire et impérative. Ainsi des programmes de suivi de l'intégrité biologique des cours d'eau ont été mis sur pied pour évaluer la qualité des eaux de surface et l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Ces programmes utilisent principalement les espèces des milieux aquatiques qui possèdent des exigences particulières (Boissonneault, 2006). Ainsi, en étudiant les communautés des milieux aquatiques, il est possible de montrer l'existence d'une perturbation et d'évaluer la qualité de l'eau. Ces analyses biologiques utilisent les organismes aquatiques comme témoins de la capacité de l'eau et du milieu à maintenir et entretenir la vie. Ces organismes sont le plus souvent des poissons, des algues, des macrophytes et des macroinvertébrés.

Les macroinvertébrés, l'un des organismes intégrateurs des cours d'eau, sont des indicateurs biologiques fiables d'évaluation de ces écosystèmes aquatiques en raison de leurs sensibilités aux perturbations environnementales (Camara *et al.*, 2014). Leurs variations interspécifiques permettent l'observation d'un gradient de réponses des communautés selon l'intensité et la nature du stress. Outre ce rôle, les macroinvertébrés constituent la plus importante source de nourritures pour plusieurs espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de poissons (Caquet, 2012).

Ainsi, une connaissance des macroinvertébrés et leur fonctionnement conduira à contribuer à une meilleure gestion du fleuve bandama. D'où cette étude menée sur les

macroinvertébrés dans un système fluvio-lacustre sous l'influence d'activité d'orpaillage dans le bassin du Bandama.

Cette étude a pour but d'évaluer la structure des macroinvertébrés aquatiques dans une zone d'activités d'orpaillage.

. Il s'agit plus spécifiquement de :

- Caractériser le peuplement de macroinvertébrés dans la zone minière du bassin du fleuve Bandama.
- évaluer la qualité biotique des sites étudiés dans le bassin du Bandama.

Le mémoire s'articulera autour de trois parties. Après l'introduction, la première partie est relative à la généralité sur la zone d'étude, les macroinvertébrés aquatiques et l'état de connaissance des macroinvertébrés du bassin du Bandama. L'approche méthodologique est exposée dans la seconde partie. La troisième partie présente les résultats et la discussion suivie d'une conclusion générale, des recommandations et des perspectives de recherche.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES

1.1 Zone d'étude

1.1.1 Situation géographique

L'étude a été réalisée dans la région de la Marahoué (Figure1). Cette région est située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre le 5°15 et 6°30 de longitude Ouest et le 6°00 et 8°00 de latitude Nord. Elle est limitée au Nord par la Région du Béré, au Sud par la Région du Gôh, à l'Est par les Régions du Gbêkê et du Bélier et à l'Ouest par la Région du Haut-Sassandra. La région de la Marahoué couvre une superficie de 9 092,48 km² (N'guessan *et al.*, 2017).

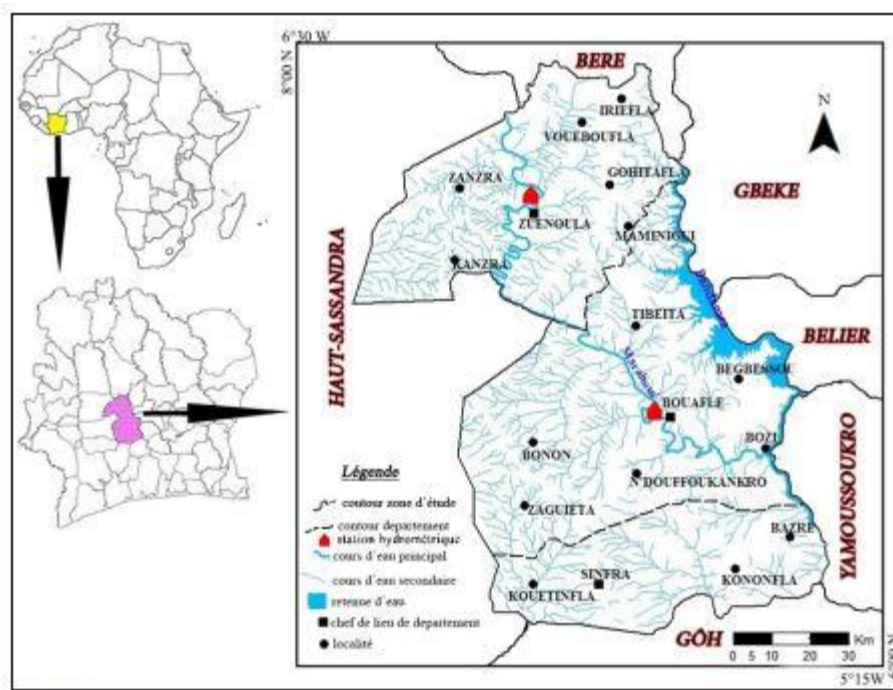


Figure 1: Carte représentative de la zone d'étude. **Source :** N'Guessan *et al.*, 2017.

1.1.2 Climat et végétation

Le climat de la région de la Marahoué est de type baouléen caractérisé par quatre saisons : une grande saison sèche (de décembre à fin février), une grande saison de pluie (de mars à juin), une petite saison sèche (de juillet à août) et une petite saison de pluie (de septembre à novembre) (Irie *et al.*, 2015). La région de la Marahoué est une zone de transition entre la forêt dense au Sud et à l'Ouest et la savane arborée au Nord et à l'Est. La région est drainée par le fleuve Bandama, long de 570 km (Monnet, 1972).

1.1.3 Relief et sols

Le relief de la région de la Marahoué est composé de bas plateaux avec quelques bas-fonds et des collines dont l'altitude moyenne est de 260 m. Le sol est de type ferrallitique et désaturé. Sur les rives du Bandama, les sols sont hydromorphe sous une forte pluviométrie (Anonyme, 2015).

1.1.4 Population et activités économiques

La population de la Région de la Marahoué est estimée à 364 114 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014. Les activités économiques exercées dans cette région sont l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'exploitation forestière, l'industrie agro-alimentaire, le commerce et l'orpaillage. L'exploitation artisanale de l'or est pratiquée tout le long du Bandama blanc dans la partie sud de Bouaflé. En revanche, l'exploitation moderne est assurée par deux sociétés dans le département de Bouaflé. (Anonyme, 2015).

1.2 Macroinvertébrés aquatiques

1.2.1 Composition taxonomique

Les macroinvertébrés aquatiques sont l'un des groupes faunistiques ayant une grande diversité et une répartition géographique assez diversifiée au niveau des eaux continentales (Neveu, 2001). Ils colonisent une grande variété d'habitats et de microhabitats. Les macroinvertébrés aquatiques sont composés de larves et adultes d'insectes aquatiques, de Crustacés, de Hydracariens, de Mollusques et de Annelides (Gagnon & Pedneau, 2006).

- **Les Insectes** : ils sont composés d'un groupe à métamorphoses graduelles (Hémimétaboles) constitué d'Hémiptères, Odonates, Plécoptères et Ephéméroptères dont les fourreaux alaires se développent progressivement à chaque mue et d'un groupe à métamorphose complète (Holométaboles) composé de Diptères, Trichoptères, Mégaloptères, Coléoptères et Lépidoptères (Pyralidae).

- **Les Mollusques** : ce sont des organismes qui se distinguent par la présence d'une coquille calcaire constituée d'une seule pièce chez les Gastéropodes et de deux pièces articulées chez les Lamelibranches appelés également Pélécy-podes ou Bivalves (Lévêque, 1980). ils peuvent être déterminés uniquement avec la forme de la coquille. (Macan, 1960 ; Ellis, 1978).

- **Les Nématodes** : ils sont constitués de vers non segmentés, délimités par une cuticule épaisse. Ils peuvent être libres ou parasites d'autres êtres vivants, végétaux ou animaux (Touzin, 2008). Ils se rencontrent dans tous les écosystèmes aquatiques (mares, ruisseaux, rivières, lacs etc.).

- **Les Annelides** : les Achètes, ou sangsues, se caractérisent par un corps dépourvu de soie, et sur leur face ventrale, par une ventouse antérieure où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure (Touzin, 2008). Les Oligochètes sont des vers ciliés hermaphrodites. Ils vivent sur ou dans les substrats de tous les milieux aquatiques eaux courantes et eaux stagnantes (Touzin, 2008).

- **Les Crustacés** : les Ostracodes sont de petits Crustacés dont le corps est enfermé dans une « coquille » formée de deux valves. Les larves, appelées « nauplius », ont un mode de vie identique à celui des adultes. Les Amphipodes et les Isopodes se caractérisent par un aplatissement du corps. Il est latéral chez les premiers et dorso-ventral chez les seconds. Les Amphipodes sont abondants dans les lacs et les cours d'eau. Certaines habitent des milieux particuliers comme les tourbières et les sources. Les Isopodes vivent surtout en eau courante, mais certaines espèces colonisent la zone littorale des eaux stagnantes (Martin & Davis, 2001).

- **Les Arachnides** : Les Hydracariens sont des invertébrés de la classe des Arachnides, adaptés aux eaux douces. Peu d'espèces vivent dans les milieux saumâtres ou marins. Ils sont abondants sur le substrat des herbiers enracinés en marge des lacs et des étangs et certaines espèces vivent dans les eaux courantes (Peyrusse & Bertrand, 2001).

1.2.2 Biologie et écologie des macroinvertébrés

Les macro-invertébrés benthiques sont des organismes aquatiques visibles à l'œil nu, qui ne possèdent pas de colonne vertébrale. Ils sont des organismes poïkilothermes qui habitent sur le fond des milieux aquatiques durant tout leur cycle de vie ou pour une partie seulement (Boissonault, 2006). Leur température corporelle varie fortement en fonction de celle de l'environnement (Firmignac & Lascaux, 2008). Les macro-invertébrés utilisent plusieurs stratégies de locomotion. Ces stratégies sont la fixation au substrat (temporaire ou permanente), le vol, l'enfouissement, la marche et la nage. Ils colonisent une grande variété d'habitats et de microhabitats (MDDEP, 2008). Les macro-invertébrés sont abondants, faciles à identifier et à échantillonner, dans la majorité des milieux aquatiques. Ils sont essentiellement retrouvés sous les pierres, dans les sédiments à faible profondeur, dans les débris organiques ou à la surface

des macrophytes. Les macro-invertébrés sont capables de coloniser des plans d'eau (Boissonneault, 2006) et leur structuration est influencée par les perturbations environnementales. Les variables qui influencent le plus les communautés d'invertébrés sont la nature du substrat et la vitesse du courant (Cummins, 1962). En effet, la composition matérielle du lit du cours d'eau (granulométrie du substrat) joue un rôle fondamental pour les organismes aquatiques (Passy *et al.*, 2004). La disponibilité des interstices ou des niches influence la variété et le nombre d'organismes dans un milieu. L'exposition des sédiments aux hydrocarbures peut fortement influencer l'habitat des macroinvertébrés benthiques (Sullivan et Jacque, 2003). La composition des communautés est influencée par la pollution par les hydrocarbures (Amiard & Amiard-Triquet, 2008). L'agriculture a un impact considérable sur la qualité de l'habitat des macroinvertébrés dans les cours d'eau (Nerbonne & Vondracek, 2001). Une augmentation de la température peut aussi affecter certains invertébrés si les températures sont à l'extérieur de la courbe de tolérance de ces organismes pour des périodes de temps prolongées (Reynoldson, 1999). Cette augmentation de la température a comme effet de limiter la quantité d'oxygène dissous, car la solubilité de l'oxygène dans l'eau augmente dans les eaux plus fraîches (Wetzel, 2001). Et un taux d'oxygène extrêmement faible peut provoquer la disparition des organismes nécessitant des concentrations d'oxygène élevées (Reynoldson, 1999).

Ainsi, selon le niveau de compartiment habité, les macroinvertébrés benthiques peuvent être classés en trois grands groupes (Tachet *et al.*, 2000) :

- Les macroinvertébrés épibenthiques, qui vivent à l'interface entre l'eau et le sédiment tels que les larves d'insectes, les isopodes et les mollusques,
- Les macroinvertébrés suprabenthiques, qui vivent au contact du sédiment mais qui peuvent aussi devenir pélagiques en se déplaçant dans l'eau (exemple d'organismes : larves de diptères et crustacés amphipodes),
- Les macroinvertébrés endobenthiques, qui sont des organismes fouisseurs tels que les oligochètes, les nématodes et les larves de chironomes.

1.2.3 Importance écologique des macroinvertébrés

Les communautés de macroinvertébrés jouent un rôle clé dans les milieux lacustres où ils contribuent au flux de matière et d'énergie des réseaux alimentaires. En effet, ils contrôlent potentiellement la biomasse algale benthique et recyclent les détritiques (Kornijow *et al.*, 1995). Les Macroinvertébrés sont des acteurs majeurs dans les transferts de matière et d'énergie vers

les niveaux trophiques supérieurs (Allan, 1995). Car, ils constituent une composante principale dans le régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons, d'insectes et amphibiens (Vander Zanden *et al.*, 1997 ; Cherifi & Loudiki, 2002 ; Toft *et al.*, 2003). Par exemple, les Trichoptères, surtout au stade immature, et les Epheméroptères sont une source importante de nourriture pour de nombreux poissons d'eau douce (Wetzel, 2001). De ce fait, les Macroinvertébrés sont importants dans la chaîne alimentaire aquatique. Pour cela, Francis *et al.* (2007) ont indiqué qu'une diminution de la densité des macroinvertébrés causerait une décroissance de la population de poissons. Les macroinvertébrés sont donc un élément clé dans l'équilibre des écosystèmes aquatiques.

1.2.4 Macroinvertébrés dans la bioindication des milieux aquatiques

Les macroinvertébrés aquatiques sont reconnus comme des bioindicateurs de qualité écologique des lacs et rivières à cause de leur contact étroit avec leur environnement durant toute la durée de leur vie (Pinel-Alloul *et al.*, 1998). Ainsi, en se basant sur les macroinvertébrés pour analyser la qualité de l'eau, il est possible d'évaluer la qualité des habitats, de déterminer l'effet de certains polluants sur les organismes et la chaîne trophique aquatique dulcicole (MDDEP, 2008). L'utilisation des macroinvertébrés comme bioindication est également préconisée pour de nombreuses raisons. D'abord, ce sont des organismes faciles à récolter et à identifier. Ensuite, ils permettent un meilleur suivi spatiotemporel. En fin, ils garantissent la significativité des données recueillies. C'est pourquoi, Cairns & Pratt (1993), signalent qu'un suivi des écosystèmes aquatiques basé sur les Macroinvertébrés permettrait de mieux évaluer les effets de l'aménagement et de la conservation d'un habitat donné.

1.3 Etat de connaissance des macroinvertébrés du bassin du Bandama

Les macroinvertébrés aquatiques couramment récoltés dans le bassin du Bandama sont les Insectes, les Bivalves, les Branchiopodes, les Gastéropodes et les Ostracodes (Kouamé, 2014). Les Mollusques, les Vers et les Crustacés sont également présents dans ce bassin versant. (Konan *et al* 2015). Les insectes sont les plus retrouvés dans le bassin du Bandama. Ils sont suivis par les Gastéropodes (Kouamé, 2014).

Les insectes aquatiques, du fait de leur variété et du rôle qu'ils jouent dans les écosystèmes lotiques, sont les plus étudiés dans le bassin du Bandama. Toutefois ces insectes ont été affectés par les épandages d'insecticides lors de la lutte contre l'onchocercose (Dejoux *et al.* 1981). La

plupart des grands groupes d'insectes aquatiques sont représentés dans la majeure partie du bassin (Lévêque *et al.*, 1983).

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

Le matériel utilisé est composé de matériel d'échantillonnage de macroinvertébrés et de matériel de manipulations en laboratoire et autres matériel technique.

2.1.1 Matériels de collectes et d'échantillonnage de macroinvertébrés

Le matériel d'échantillonnage des macroinvertébrés (figure 2) est composé de :

- une benne Van veen en acier inoxydable et un filet troubleau de 250 µm de mailles pour l'échantillonnage les macroinvertébrés aquatiques ;
- un tamis pour le tri des macroinvertés issus du sédiment et des berges;
- des piluliers contenant de l'alcool 70% pour la conservation des organismes échantillonnés ;
- un ruban adhésif en papier et un stylo pour l'étiquetage des échantillons.



Figure 2 : Matériel de collecte et de conservation des Macroinvertébrés aquatiques

A= Filet troubleau ; **B** = Benne Van Veen ; **C** = Piluliers

2.1.2 Matériel de manipulations en laboratoire

Le matériel utilisé pour la manipulation en laboratoire (Figure 3) est constitué de :

- un tamis pour trier les échantillons ;
- une pince entomologique et des boîtes de pétri pour la collectes des macroinvertébrés ;
- une loupe binoculaire pour l'observation et l'identification des macroinvertébrés.

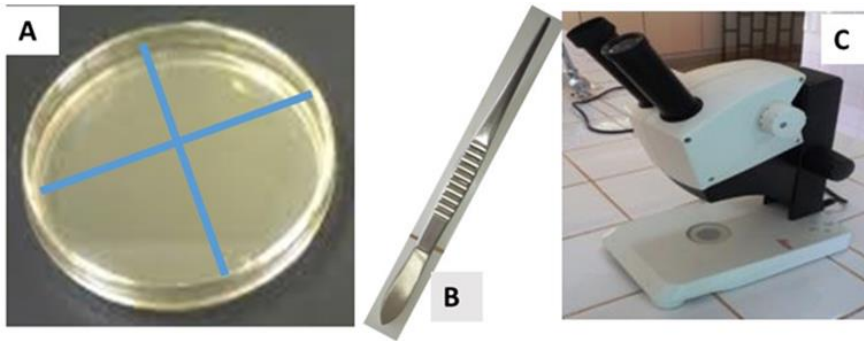


Figure 3: Matériel de tri, d'observation et d'identification des macroinvertébrés aquatiques
(A= Boîte de Pétri ; B= Pince entomologique ; C= loupe binoculaire)

2.1.3 Autres matériels

Les autres matériels utilisés sont composés de :

- un GPS (Global Positioning System) pour la détermination des coordonnées géographiques des points de prélèvement ;
- un appareil photo numérique pour les prises de vues.

2.2 Méthodes

2.2.1 Choix et description des stations d'échantillonnage

Le choix des différentes stations a été fait sur la base de la facilité d'accès et des activités anthropiques auxquelles ils sont assujettis. Ainsi, quatre stations ont été retenues (Figure 4). Les stations retenues ont été géoréférencées à l'aide d'un GPS puis décrites. L'essentiel des informations caractéristiques de chaque station est résumé dans le tableau I. Une campagne mensuelle d'échantillonnage de macroinvertébrés a été menée pendant les mois d'octobre et novembre 2019 (saison pluvieuse) et janvier et février 2020 (saison sèche).

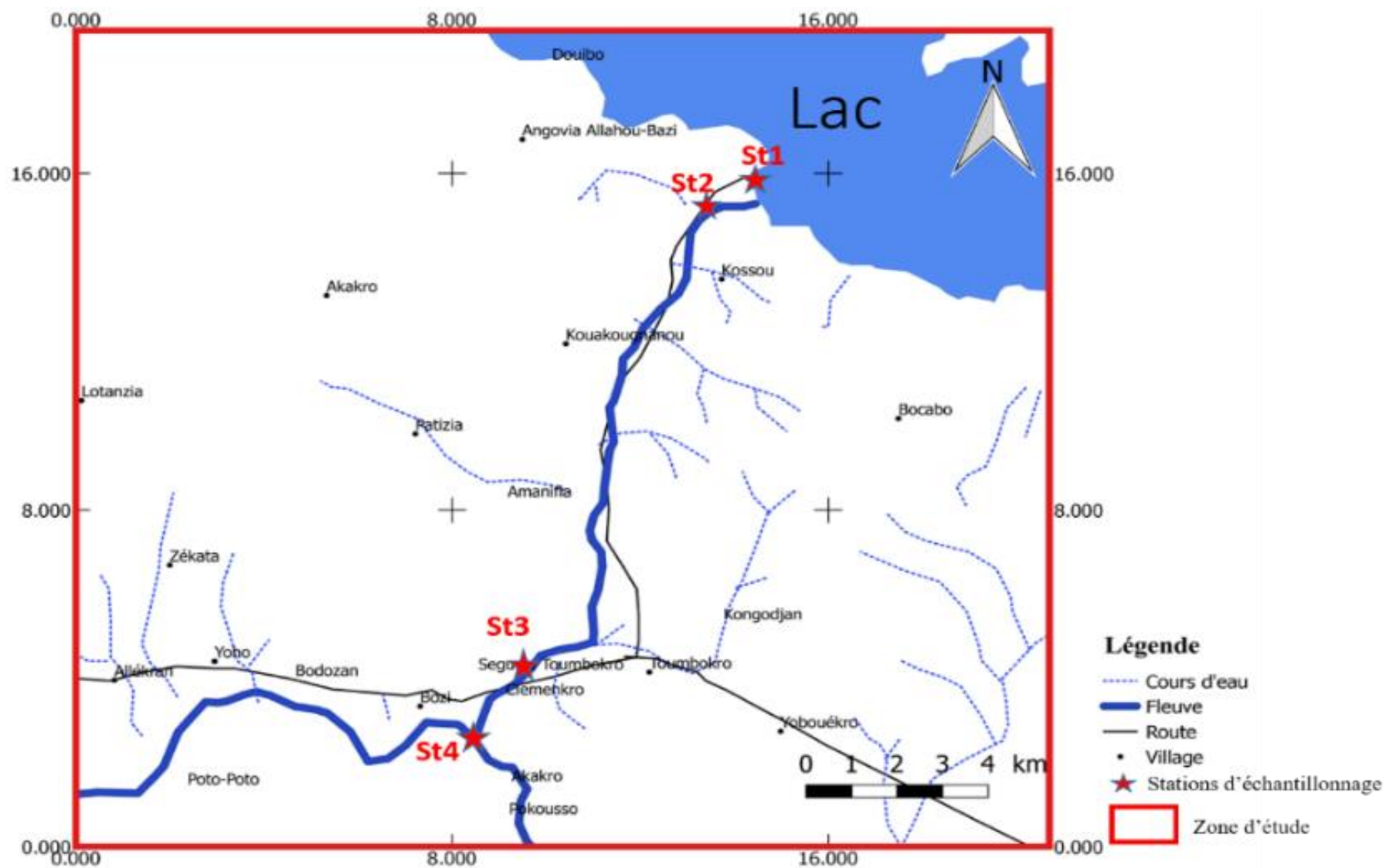


Figure 4 : Carte présentant les différentes stations d'échantillonnages

Tableau I : Description des différentes stations d'échantillonnage

	Localisation	Coordonnées géographiques			Observation
		Latitude	Longitude	Altitude (m)	
Station S1	amont barrage kossou	7,037447	-5,472977	194,96	Situé sur le fleuve Bandama blanc en amont du barrage hydroélectrique de Kossou. L'eau est claire. La berge est constituée de gravier et de montagnes abritant quelques arbustes. Il s'y déroule une intense activité de pêche se traduisant par des débarcadères de fortune. Aucun signe des activités d'orpaillage n'est observable.
Station S2	Aval barrage de Kossou	7,028902	-5,480896	159,90	Situé sur le Bandama blanc en aval du barrage hydroélectrique de Kossou. L'eau est claire et bordée de forêt galerie avec de grands arbres et l'usine d'électricité du barrage. Des activités d'orpaillage sont observables en aval du site
Station S3	Toumbokro	6,929308	-5,504312	151,94	Situé sur le Bandama blanc non loin du village appelé Toumbokro. L'eau est marron claire et bordée d'ancien site d'orpaillage et de forêt galerie. L'eau est utilisée pour la lessive et pour l'abreuvement des animaux domestiques (bœufs). Une forte activité d'orpaillage par les « chinois » en amont. est observable
Station S4	Bambakro	6,915300	-5,525612	151,57	Situé sur le Bandama blanc non loin du village appelé Bambakro. L'eau est marron claire et bordée d'ancien site d'orpaillage et de forêt galerie. Une intense activité d'orpaillage clandestin y est observable par la présence de dragues sur le fleuve.

2.2.2 Echantillonnage des macroinvertébrés

Les macroinvertébrés en surface ont été prélevés à l'aide d'un filet troubleau selon la méthode SASS (South African Scoring System) (Dickens & Graham, 2002). Ainsi, un filet troubleau a été submergé et trainé dans la colonne d'eau sur une distance de 2 m à contre-courant. Il a été également trainé sur le substrat pour collecter les organismes du fond. Le contenu du filet a été renversé dans un tamis de 1 mm de maille pour être trié. Les larges pièces de végétaux ont été soigneusement lavées et extraites. En revanche, le matériel végétal de fine taille et les détritiques ont été transférés dans des piluliers contenant de l'alcool à 70 %. Trois coups de filet troubleau ont été effectués à chaque station et à chaque campagne d'échantillonnage.

Pour prélever le benthos, une benne à sédiment a été utilisée. Elle a été descendue de façon verticale à un rythme lent et régulier jusqu'au touché du fond par la mâchoire. Au touché du fond, le crochet a été désengagé. La corde a été ensuite tirée à un angle plus ou moins droit par rapport au fond et les mâchoires ont été refermées automatiquement en emprisonnant le sédiment. A la sortie de l'eau, le contenu de la benne a été lavé sur un tamis. Le refus du tamis a été conservé dans des piluliers contenant de l'alcool à 70 %. Les piluliers ont été soigneusement étiquetés (date, station), transférés et rangés pour les travaux ultérieurs en laboratoire. Six coups de benne ont été effectués à chaque station et à chaque campagne d'échantillonnage.

2.2.3 Tri et identification des taxons

En laboratoire, les échantillons conservés dans les piluliers étiquetés par site ont été rincés abondamment sur un tamis de mailles afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (MDDEP, 2008). Le contenu du tamis a été ensuite reversé dans un bac à fond blanc pour le tri et l'identification. L'identification des organismes a été faite jusqu'au niveau taxonomique le plus bas possible à l'aide d'une loupe binoculaire et en se basant sur les clés de détermination de Dejoux *et al.* (1981), Brown (1994), Diomandé *et al.* (2000), De Moor *et al.* (2003), Tachet *et al.* (2003), et Forcellini *et al.* (2011).

2.2.4 Analyse des données

2.2.4.1 Richesse taxonomique

La richesse taxonomique qui indique le nombre d'espèces recensées dans un milieu donné ou à un moment donné (Aliaune *et al.*, 1990) a été déterminée. Le niveau taxonomique choisit est l'espèce.

2.2.4.2 Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence renseigne sur la constance d'une espèce dans un habitat donné sans aucune indication sur son importance quantitative (Dajoz, 2000). Elle s'exprime en pourcentage et se calcul selon la formule suivante :

$$F = \frac{Pi}{P} \times 100$$

F : Fréquence d'occurrence de l'espèce

Pi : Nombre de relevés contenant l'espèce

P : Nombre total de relevés effectués

Le pourcentage d'occurrence (F) a été classé selon la classification de Dajoz (2000) :

- $F \geq 50 \%$, espèces constantes ;
- $25 \% \leq F < 50\%$, espèces accessoires ;
- $F < 25\%$, espèces accidentelles.

2.2.4.3 Abondance des macroinvertébrés

L'abondance absolue permet d'exprimer le nombre total d'individus rencontré dans le milieu. L'abondance relative est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Elle représente la proportion d'individus d'un taxon (i) (Ramade, 2003). Elle est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps. Elle s'exprime comme suit :

$$Pi = \frac{ni \times 100}{N}$$

ni : nombre d'individus du taxon i

N : nombre total d'individus

2.2.4.4 Analyse de la diversité

2.2.4.4.1 Indice de Shannon

L'indice de diversité de Shannon (Shannon & Weaver, 1963) est utilisé pour mettre en évidence la diversité globale du peuplement. Cet indice varie généralement entre 0 et 4,5 (Frontier, 1983). La diversité est grande lorsque l'indice de Shannon Weaver (H) est élevé (Washington, 1984). H est exprimé en bits par individu. Il est calculé à partir de la liste faunistique obtenues selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \text{ (avec } P_i = N_i / N)$$

N_i : nombre d'individus d'un taxon donné, i allant de 1 à S (nombre total de taxons).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (= 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à un seul et même taxon,

H' est maximal si dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté un taxon qui est représentée par tous les autres individus du peuplement.

L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon équitable sur tous les taxons.

2.2.4.4.2 Indice d'équitabilité (E) de Piélou

L'indice d'équitabilité (E) de Piélou (Piélou, 1969) permet d'étudier la régularité de la distribution des espèces. Il varie entre 0 et 1 et traduit la qualité d'organisation d'un peuplement (Amanieu & Lasserre, 1982). Il est calculé selon la formule :

$$E = \frac{H'}{\log_2 S}$$

H' est l'indice de diversité de Shannon et Weaver

S est le nombre total des taxons

E vaut 0 quand un seul taxon domine et 1 quand tous les taxons ont la même abondance.

2.2.4.5 Analyse de la similarité entre les sites d'études

L'indice de Sorensen (CS) est destiné à comparer des objets sur la base de la présence-absence d'espèces. Il accorde un double avantage à la présence, plus informative que l'absence (Legendre & Legendre, 1984). L'indice de Sorensen est égal à 0% quand il n'y a pas d'espèces

communes entre les deux communautés et 100% lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés. Il se calcule selon la formule ci-dessous (Sorensen, 1948) :

$$Cs = \frac{2C}{S1 + S2} \times 100$$

S1 : Nombre total d'espèces enregistrées dans la première communauté ;

S2 : Nombre total d'espèces enregistrées dans la deuxième communauté ;

C : Nombre d'espèces communes aux deux communautés.

Le calcul de l'indice de similarité aboutit à la construction d'une matrice triangulaire dont chaque entrée compare l'un des *n* échantillons à tous les autres.

2.2.4.6 Evaluation de la qualité de l'eau

L'Indice FBI d'Hilsenhoff permet d'évaluer l'intégrité biotique des communautés d'invertébrés aquatique. Il est calculé à partir de la relation suivante (Hilsenhoff, 1988) :

$$FBI = \sum xi ti / n$$

Avec *Xi* : nombre d'individus du taxon *i* dans l'échantillon ;

ti : valeur de la tolérance du taxon *i*; (voir annexe)

n : nombre total d'individus composant l'échantillon (Voir Annexe). L'échelle d'interprétation des résultats est consignée au tableau II.

Tableau II : Echelle d'interprétation de l'indice d'Hilsenhoff (Hilsenhoff, 1988)

Intervalle des valeurs de FBI	Qualité écologique	Etat
[0 - 3,75]	Excellente	Sans pollution organique
[3,76 - 4,25]	Très bonne	Légère pollution organique possible
[4,26 – 5,00]	Bonne	Pollution organique probable
[5,01 – 5,75]	Moyenne	Pollution organique assez substantielle
[5,76 – 6,50]	Précaire	Pollution organique substantielle
[6,51 – 7,25]	Mauvaise	Pollution organique très substantielle
[7,26 – 10,00]	Très mauvaise	Pollution organique grave

2.2.5 Analyses statistiques des données

Un test de normalité de Shapiro-Wilk a été réalisé en vue d'évaluer la normalité des différents paramètres mesurés (Shapiro *et al.*, 1968). Les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis (comparaisons multiples) et de Mann-Whitney (comparaison de deux échantillons) utilisés au seuil de 5% ont été utilisés pour les différentes comparaisons lorsque les paramètres ne suivent pas une loi normale. Toutes les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel statistique Past version 4.03.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 Communauté des macroinvertébrés

3.1.1.1 Richesse et composition taxonomique

Au total, 3236 individus répartis en 43 taxons, 32 familles, 15 ordres et 6 classes, ont été identifiés. La classe des insectes reste dominante avec 32 taxons (74,42%), suivi des Gastéropodes avec 6 taxons (13,95%), des Arachnides avec 2 taxons (4,65%), des Bivalves, des Malacostracés et des Nématodes avec respectivement 1 taxon (2,33%) chacune (Figure 5).

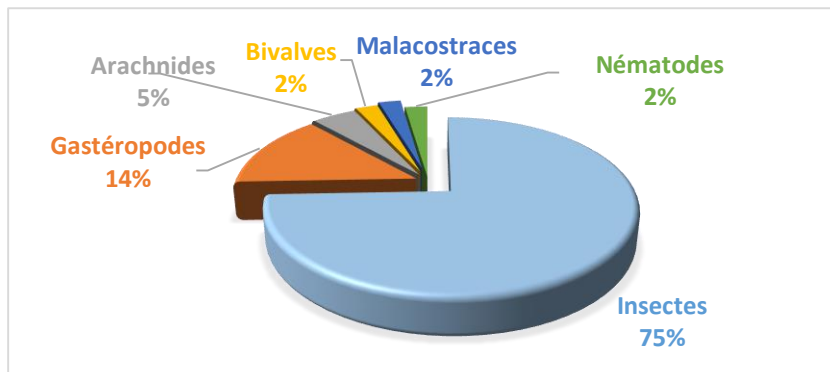


Figure 5 : Répartition des différentes classes de Macroinvertébrés récoltés

Les 32 taxons d'insectes sont répartis dans 7 ordres et 23 familles. Ces ordres sont, par ordre croissant, les Hémiptères (5 familles) et les Diptères (4 familles) avec respectivement 9 taxons (28,13%) chacun, les Coléoptères (4 familles) et les Odonates (4 familles) avec respectivement 4 taxons (12,5%) chacun, les Trichoptères (3 familles) avec 3 taxons (9,38%), les Ephéméroptères (2 familles) avec 2 taxons (6,25%) et les Hyménoptères (1 famille) avec 1 taxon (3,13%) (Figure 6).

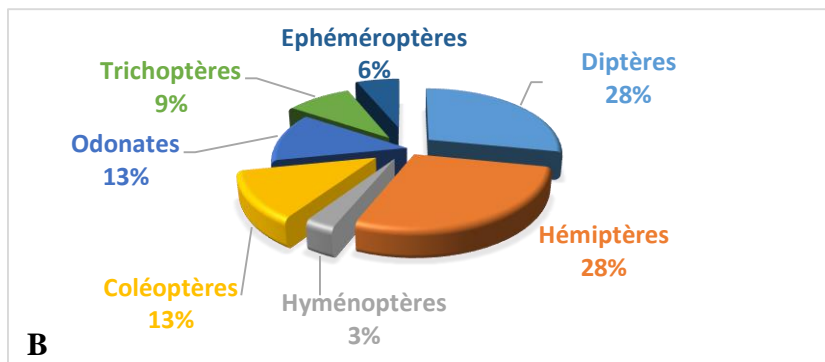


Figure 6 : Répartition des ordres de macroinvertébrés de la classe des insectes échantillonnés

Les 6 taxons des Gastéropodes sont répartis dans 3 ordres et 4 familles. L'ordre des Architaenioglossa (1 famille) avec 3 taxons (50%) est le plus représenté. Il est suivi des Caenogastropoda (2 familles) avec 2 taxons (33,33%) et des Hygrophila (1 famille) avec 1 taxon (16,67%) (Figure 7).

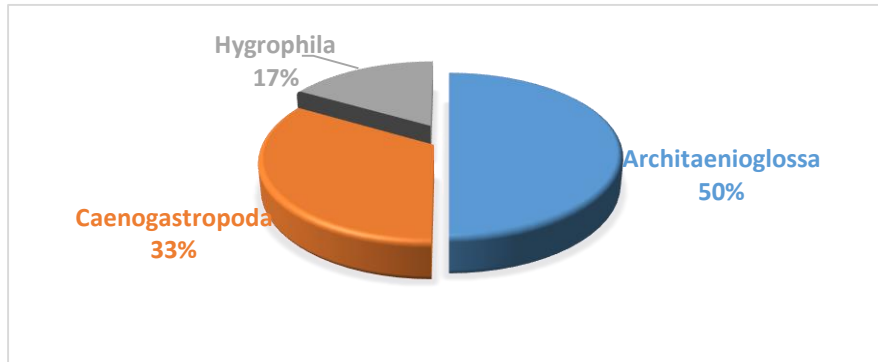


Figure 7 : Répartition des ordres de macroinvertébrés de la classe gastéropodes échantillonnées

Les 2 taxons des Arachnides sont regroupés dans 2 ordres et 2 familles (Lycosidae et Hydracariens). Quant aux Bivalves récoltés, ils appartiennent à l'ordre des Unionida et à la famille des Iridinidae. S'agissant de la classe des Malacostracés, elle est composée uniquement de l'ordre des Crustacés et de la famille des Atyidae. Pour ce qui est de la classe des Nématodes, le seul ordre n'a pas pu être identifié.

3.1.1.2 Variations spatio-temporelles de la richesse taxonomique

Le nombre de taxons échantillonné dans le bassin du fleuve Bandama a varié de 16 à 32 taxons. La station S4 concentre le plus grand nombre de taxons avec 32 taxons regroupés dans 25 familles et 15 ordres. Elle est suivie de la station S2 avec 20 taxons répartis dans 17 familles et 13 ordres. Le plus petit nombre de taxons est noté à la station S1 avec 16 taxons regroupés dans 14 familles et 11 ordres (Figure 8).

Les 32 taxons récoltés à la station S4, sont majoritairement composés d'insectes avec 21 taxons (65,63%) constitués en 16 familles et 7 ordres. Pour ce qui est des Gastéropodes, ils sont représentés par 6 taxons (18,75%) constitués de 3 familles et 3 ordres. Quant aux Arachnides, ils sont représentés par 2 taxons (2 familles et 2 ordres), soit 6,25%. Les Bivalves, les Gastéropodes et les Nématodes, par contre, ont été les plus faiblement représentés avec 1 taxon chacun, soit 3,13%.

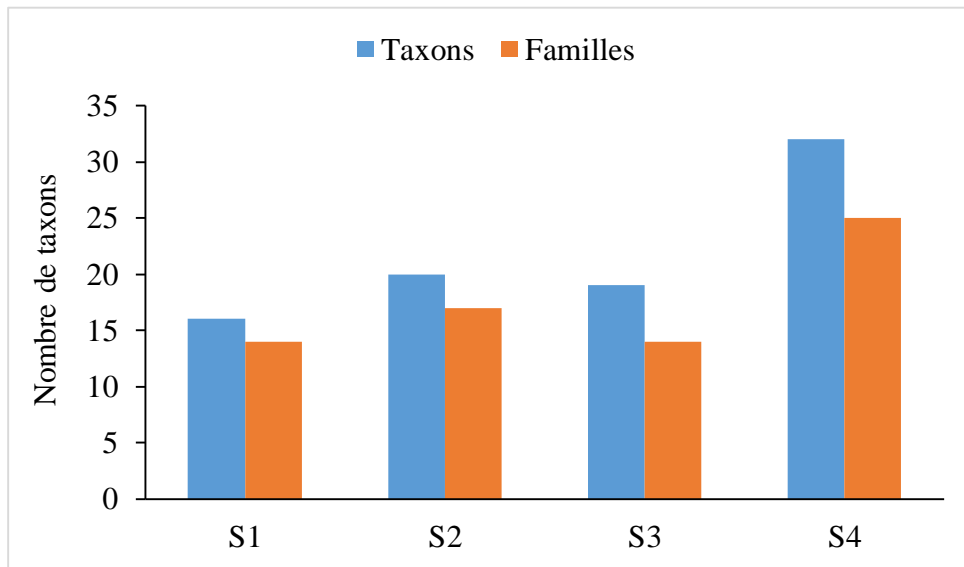


Figure 8 : Nombre de taxons et de Familles dans les différentes stations échantillonnées

Les 20 taxons de la station S2 renferment un nombre de taxons élevé d'insectes qui est de 12 taxons (9 familles et 6 ordres), soit 60%. Les insectes sont suivis des Gastéropodes avec 4 taxons (20%) regroupés dans 3 familles et 3 ordres. Les Arachnides ont été représentés par 2 taxons (2 familles et 2 ordres), soit 10%. Les Bivalves et les Nématodes avec chacun 1 taxon (5%) ont été les moins illustrés. Pour ce qui est des Malacostracés, ils ont été absents sur cette station.

Les 19 taxons de la station S3 sont plus dominés par les insectes avec 11 taxons (57,89%) regroupés dans 9 familles et 6 ordres suivis des Gastéropodes avec 5 taxons (26,32%) répartis dans 3 familles et 3 ordres. Les Arachnides, les Bivalves et les Nématodes ont été les moins représentés avec 1 taxon (5,26%) chacun. S'agissant des Malacostracés, ils ont été absents sur l'ensemble de cette station.

Les 16 taxons de la station S1 sont plus illustrés par les insectes avec 11 taxons (68,75%) regroupés dans 9 familles et 6 ordres. Ils sont suivis des Gastéropodes avec 3 taxons (18,75%) répartis dans 3 familles et 3 ordres. Les Arachnides ont été représentés par 2 taxons (12,5%) constitués en 2 familles et 2 ordres. Concernant les Bivalves, les Malacostracés et les Nématodes, ils ont été absents sur l'ensemble de cette station (Figure 9)

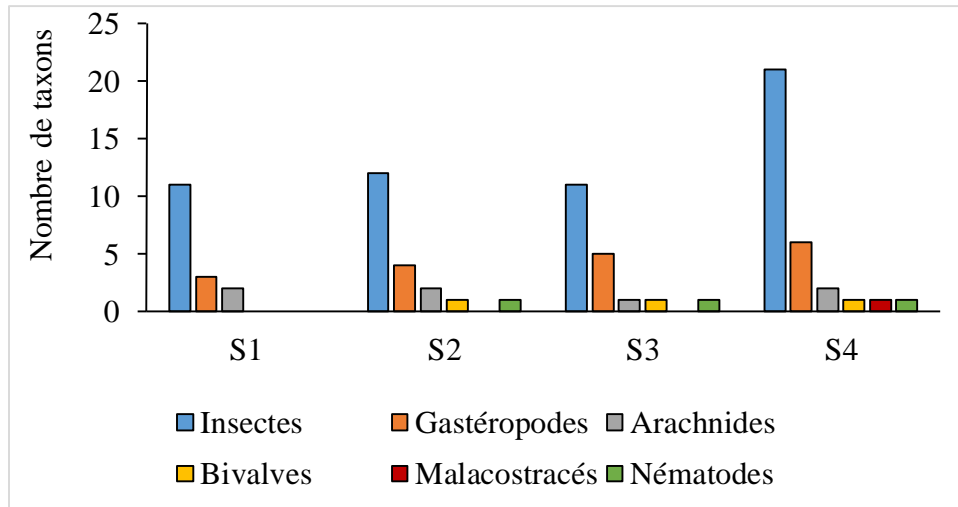


Figure 9 : Nombre de taxons des classes de macroinvertébrés selon les différentes stations échantillonnées

Au niveau saisonnier, le nombre de taxons est passé de 31 taxons à la saison sèche à 32 taxons durant la saison pluvieuse. Concernant la station S1, l'effectif des taxons est passé de 8 durant la saison sèche à 10 pendant la saison pluvieuse. Quant à la station S2, il a été constant durant les deux saisons. Pour ce qui est de la station S3, l'effectif est à varié de 11 taxons à la saison sèche à 17 taxons pendant la saison pluvieuse. S'agissant de la S4, le nombre de taxons est passé de 15 taxons pendant la saison sèche à 26 taxons durant la saison pluvieuse (Figure 10).

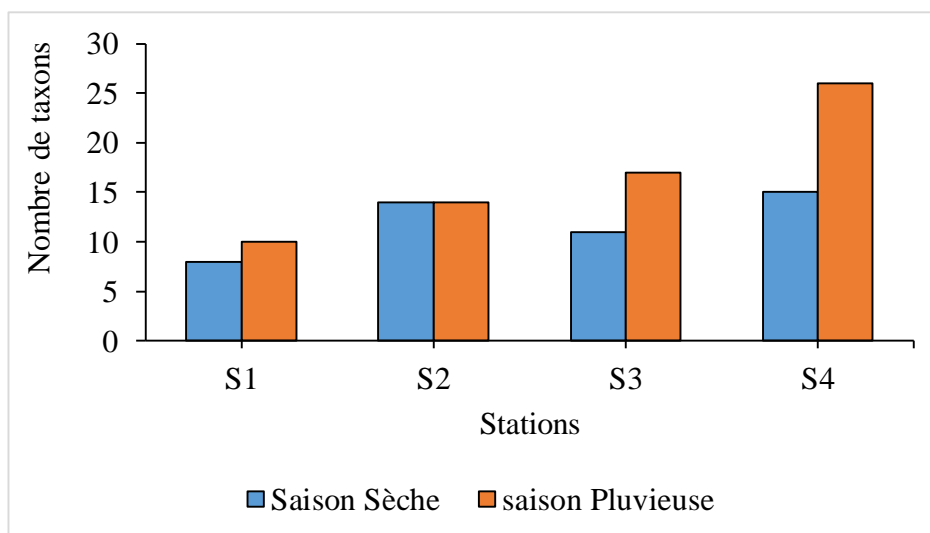


Figure 10 : Nombre de taxons selon la saison et les stations

3.1.1.3 Occurrence des taxons

Trois catégories de taxons ont été notées sur le bassin du fleuve Bandama. Il s'agit des taxons accidentels, accessoires et constants. Ces catégories de taxons ont varié d'une station à une autre (Tableau III).

La station S4 renferme le nombre de taxons le plus élevé avec 29 taxons. En revanche, le plus faible nombre a été enregistré à la station S1 avec 14 taxons. Pour ce qui est des taxons accidentels, ils sont plus représentés à la station S4 avec 17 taxons, soit 38.64% et plus faibles dans les autres stations avec respectivement 20,45% chacun. Les taxons accessoires, quant à eux, ont été plus dominants à la station S4 avec 8 taxons, soit 36,36 % et moins représentés à la station S3 et S1 avec 4 taxons respectivement, soit 18.18%. S'agissant de l'effectif des taxons constants, il est plus élevé et identique dans les stations S2, S3 et S4 avec 4 taxons chacun, soit 30.76%. Toutefois, il est plus faible à la station S1 avec 1 taxons, soit 30,76% (Tableau IV)

Tableau III : Occurrences des taxons échantillonnés dans le bassin du fleuve Bandama

Classes	Ordres	Familles	Taxons	S1	S2	S3	S4
Arachinides	Araneae	lycosidae	- -	+	++	+	+
	Hydracariens	Hydracariens	- -	++	+++	-	+
Bivalves	Unionida	Iridinidae	<i>Mutela sp</i>	-	+	+	+
Gastropodes	Architaenioglossa	Ampullariidae	<i>Pomacea lineata</i>	-	++	+++	++
			<i>Lanistes sp</i>	+	++	++	+
			<i>Pomacea bridgesii</i>	-	-	-	++
	Hygrophila	Planorbidae	<i>Gyraulus sp</i>	+	++	++	+
	Caenogastropoda	Assimineidae	<i>Assiminea ovata</i>	-	-	+	+
Thiaridae		<i>Melanoides tuberculata</i>	++	+++	+++	+++	
Insectes	Coléoptères	Elmidae	<i>Potamogethes sp</i>	+	-	-	-
		Hydrochidae	- -	-	-	+	-
		Hydrophilidae	<i>Amphiops sp</i>	-	-	-	+
		Spercheidae	<i>spercheus sp</i>	-	-	-	+
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp</i>	+	+	+	++

Classes	Ordres	Familles	Taxons	S1	S2	S3	S4
		Chironomidae	--	+++	+++	+++	+++
			<i>Nilodorum sp</i>	++	-	-	+
			<i>Ablabesmiya dusoleili</i>	++	+++	+++	++
			<i>Chironomus sp</i>	-	-	+	-
			<i>Tanypodines sp</i>	-	-	+	-
			<i>Polypedilum sp</i>	-	-	-	+
		Culicidae	<i>Culex sp</i>	-	-	-	+
		Drosophilidae	--	-	-	-	+
	Ephéméroptères	Baetidae	--	+	+++	+++	+++
		Caenidae	<i>Caenis sp</i>	++	-	-	-
	Hémiptères	Gerridae	<i>Eurymetra sp</i>	-	++	-	++
			<i>Limnogonus sp</i>	+	+	-	-
			<i>Limnogonus luctuosus</i>	-	-	-	++
		Hydrometridae	<i>Hydrometra sp</i>	-	-	-	++
		Nepidae	<i>Ranatra sp</i>	-	-	-	+
		Notonectidae	<i>Anisops sp</i>	-	-	++	+
		Veliidae	<i>Rhagovelia reitteri</i>	+	+	-	+++
			<i>Microvelia sp</i>	-	+	-	-
			<i>Rhagovelia sp</i>	-	++	-	-
	Hyménoptères	Formicidae	--	+	+	+	++
	Odonates	Coenagrionoidae	<i>Pseudagrion punctum</i>	-	-	-	++
		Gomphidae	--	-	-	-	+
		Libellulidae	--	++	+	+	-
		Platycnémidés	<i>Mesocnemis singularis</i>	-	+	-	-
	Trichoptères	Ecnomidae	<i>Ecnomus sp</i>	-	-	-	+
		Hydropsychidae	--	-	-	+	-
		Hydroptilidae	<i>Orthotrichia sp</i>	-	+	-	-
Malacostracés	Crustacés	Atyidae	<i>Caridina sp</i>	-	-	-	+
Nématodes			--	-	+	++	+
Total	15	32	43	14	19	18	29

(-) Absents ; (+) Présents (+ : Taxons accidentels, ++ : Taxons accessoires, +++ : Taxons constants) ; S : Station

Tableau IV : Proportion des catégories (en %) de taxons selon les stations échantillonnées sur le bassin du fleuve Bandama

	Taxons accidentels	Taxons accessoires	Taxons constants
S1	20,45	18,18	7,69
S2	20,45	27,27	30,76
S3	20,45	18,18	30,76
S4	38,64	36,36	30,76

3.1.1.4 Abondance des communautés de macroinvertébrés

Le nombre de macroinvertébrés récoltés au niveau du bassin du fleuve Bandama est de 3236 individus repartis en 341 individus à la station S1, 313 individus à la station S2, 1252 individus à la station S3 et 1330 individus à la station S4. Les insectes constituent le groupe de macroinvertébrés le plus abondant dans le bassin du fleuve avec 1964 individus, soit 60,69% de l'effectif total des individus collectés dans le bassin. Ils sont suivis des Gastéropodes avec 1185 individus, soit 36,62% du nombre total d'individus récoltés. Les Arachnides constituent 2,07% de l'effectif total. Les Nématodes, les Bivalves et les Malacostracés sont les moins représentés avec moins de 1% de l'effectif total.

Chez les Insectes, les diptères sont les plus représentés avec 853 individus, soit 43,43% de l'effectif des insectes. Le deuxième groupe le plus abondant est constitué des Ephéméroptères avec 779 individus, soit 39,66% des insectes. Les Hémiptères composés de 281 individus représentent 14,31%. Les Odonates (1,43%), les Hyménoptères (0,06%), les Coléoptères et les Trichoptères avec 0,031% sont les groupes les moins abondants. S'agissant des familles de Diptères, la plus abondante est celle des Chironomidae avec 833 individus, soit 97,66% des Diptères. Elle est suivie de la famille des Ceratopogonidae avec 17 individus (1,99%). Les Culicidae sont les moins abondants avec 1 individu, soit 0,12% de l'effectif des Diptères. Chez les Gastéropodes, l'ordre des Caenogastropoda est le plus abondant avec 1055 individus, soit 89,03%. Il est suivi des Architaenioglossa avec 107, soit 9,03%. Les Hygrophila les moins illustrés avec 26 individus représentent 2,19%. Concernant les familles des Caenogastropoda, la plus abondante est celle des Thiaridae avec 1052 individus, soit 99,72%.

Chez les Arachnides, l'ordre des Hydracariens a été le plus représenté avec 48 individus, soit 71,64%. Les Araneae sont représenté par 19 individus soit 28,36%.

Les bivalves avec l'ordre des Unionida, les Malacostracés avec l'ordre des crustacés et les Nématodes ont été les moins représentés avec moins de 10 individus.

3.1.1.5 Variation spatiale des Classes de Macroinvertébrés

L'abondance des six classes de macroinvertébrés varie d'une station à une autre. Les insectes sont les plus abondants dans toutes les stations. L'effectif le plus élevé de cette classe est noté à la station S4 avec 1273 individus, alors que le plus petit effectif est enregistré à la station S2 (196 individus). Cette classe est suivie par celle des Gastéropodes fortement représentée à la station S4 avec 1045 individus et faible à la station S1 (19 individus). S'agissant des Arachnides, le plus grand effectif est enregistré à la station S1 (27 individus) tandis que le plus petit (1 individus) est noté à la station S3. Les Nématodes et les Bivalves quant à eux sont plus représentés à la station S3 avec un effectif respectif de 6 et 5 individus et absent à la station S1. Les Malacostracés, les moins abondants, sont uniquement présents à la station S4 avec 4 individus (figure 11).

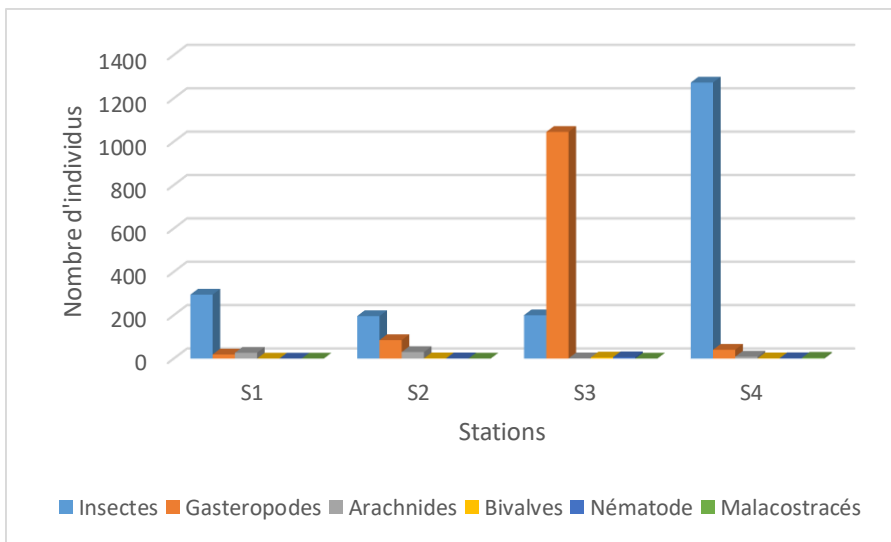


Figure 11: Nombre d'individus des classes de Macroinvertébrés selon les différentes stations échantillonnées

3.1.1.5.1 Variation spatiale de la classe des Insectes

Au niveau des insectes, les Diptères ont enregistré le plus grand effectif (853) individus. Cet ordre a été plus abondant à la station S4 (370 individus) et plus faible à la station S3 (106 individus). Le second ordre le plus abondant est l'ordre des Epheméroptères (779 individus). Cet ordre a un grand effectif à la station S4 avec 635 individus récoltés. Par contre, il est moins abondant à la station S1 avec 27 individus. Pour ce qui est des Hémiptères composés de 281 individus, l'effectif maximal (249 individus) est noté à la station S4 et le minimal (6 individus) est noté à la station S1. S'agissant des Odonates, ils sont plus abondants à la station S1 avec 13 individus et moins abondants à la station S2 (2 individus). Les Hyménoptères quant à eux ont un nombre d'individus plus élevés (6 individus) à la station S4. En revanche, ils sont moins importants à la station S1 avec 1 individu. Les trichoptères et les coléoptères, les moins abondants, ont un grand effectif (4 chacun) respectivement aux stations S4 et S2. Toutefois, Ils sont respectivement absents aux stations S1 et S2 (figure 12).

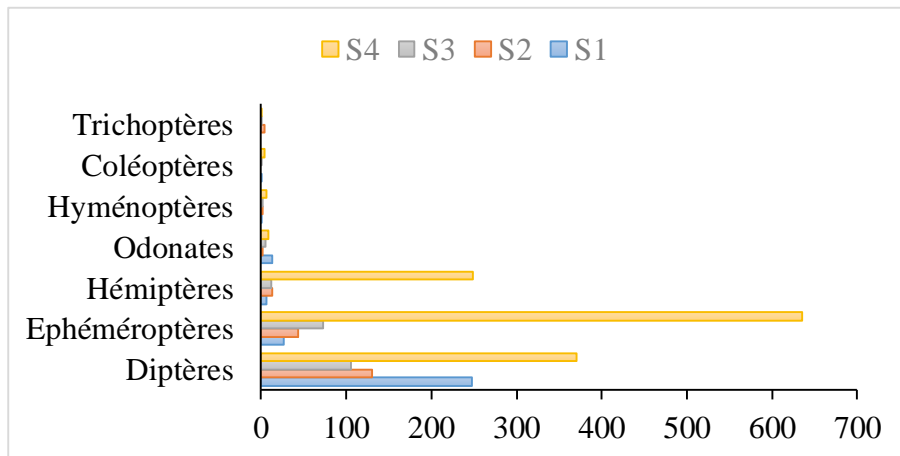


Figure 12 : Nombre des individus des ordres d'insectes

▪ Variation des familles des Diptères

Chez les diptères, la famille des Chironomidae cumule le plus grand effectif avec 833 individus, soit 97,66% des diptères et 42,43% des insectes. Leur effectif est plus grand à la station S4 avec 357 individus et plus petit à la station S3 avec 105 individus. La famille des Ceratopogonidae avec un effectif de 17 individus sont plus abondants (10 individus) à la station S4 et moins abondants (1 individu) à la station S1. Les Culicidae et les Drosophilidae, les moins représentés sont uniquement représentés à la station S4 avec respectivement 1 et 2 individus.

3.1.1.5.2 Variation spatiale de la classe des Gastéropodes

Chez les Gastéropodes, l'ordre des Ceratopogonidae a été le plus représenté à la station S3 avec un effectif de 974 individus. En revanche, la station S1 note le plus petit avec 17 individus. L'ordre des Architaenioglossa a enregistré son effectif maximal de 57 individus à la station S3 et son effectif minimal (1 individu) à la station S1. Les Hygrophila, les moins abondants de cet ordre, sont plus nombreux à la station S2 avec 12 individus et moins à la station S1 avec 1 individu (figure 13).

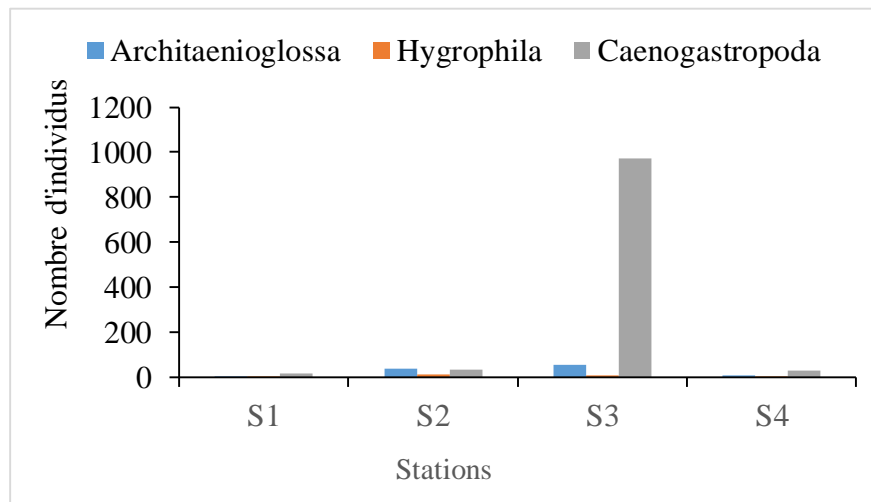


Figure 13 : Nombre des individus des ordres des gastropodes

3.1.2 Qualité biotique du système fluvio-lacustre

3.1.2.1 Diversité des communautés

L'indice de Shannon des communautés de macroinvertébrés du bassin du fleuve Bandama sous l'influence des activités minières calculé montre que la station S2 enregistre l'indice de Shannon le plus élevé avec une valeur de 2,62 Bites. La station S3 a enregistré l'indice de Shannon le plus faible avec une valeur de 0,99 Bites. L'analyse statistique montre que les indices de Shannon calculés à la station S2 et S3 sont significativement différents (test de Kruskal-wallis, test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

L'indice d'équitabilité calculé dans les quatre stations retenues a varié de 0,33 à 0,75. L'indice d'équitabilité le plus élevée avec une valeur de 0,75 a été enregistré à la station S2. Par contre, la valeur de l'indice d'équitabilité le plus faible avec 0,33 a été noté sur la station S3.

Les indices d'équitabilité enregistrés sur le bassin du fleuve Bandama varient significativement à la station S3 par rapport à la station S2 (test Kruskal-wallis, test de mann withney, $P < 0,05$) (Figure 14).

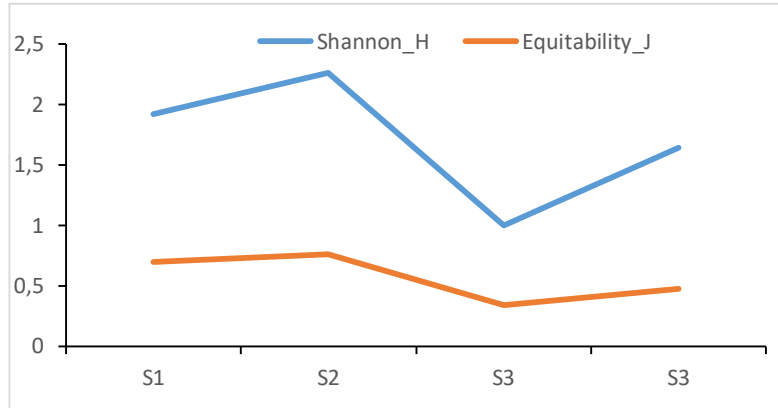


Figure 14 : variation des indices de diversités dans le bassin du fleuve Bandama

3.1.2.2 Similarité des stations

Les Coefficients de similarité de Sørensen enregistrés sur les quatre stations dans le continuum lac de barrage-fleuve ont variés entre 51,06% à 72,22. La valeur de 72,22% la plus élevée a été noté entre les stations S1 et S2 tandis que celui de 51,06% enregistré entre les stations S1 et S4 a été le plus faible. Les valeurs de l'indice de similarité entre les différentes stations minimales de 51,06% calculée indiquent qu'il y a moins de taxons communs entre ces quatre stations du point de vue de leur diversité. Par contre, celui de 72,22 et 66,66% observés respectivement entre la station S1 et S2 et entre la Station S2 et S3, montre que ces stations ont plusieurs taxons en communs (Tableau V).

Tableau V: Indice de similarité de Sorensen entre les différentes stations en pourcentage

	Station I	Station II	Station III	Station IV
Station I	100	72,22	57,14	51,06
Station II		100	66,66	58,82
Station III			100	56%
Station IV				100

3.1.2.3 Qualité des eaux des stations

La valeur de l'indice d'Hilsenhoff sur l'ensemble du système fluvio-lacustre est de 5,10. Ce qui révèle que la qualité écologique du fleuve est moyenne. L'intégrité écologique n'est toutefois pas identique sur tout le plan d'eau. Les valeurs obtenues au niveau des stations varient de 4,76 (Station S4) à 6,01 (station S1). Ces différentes valeurs ont permis de classer les Stations en trois catégories d'état écologique à savoir la qualité écologique dite bonne (Station S4), la qualité écologique dite moyenne (Station S2 et S3) et la qualité écologique dite précaire (Tableau VI).

Tableau VI : Valeurs de l'Indice FBI d'Hilsenhoff obtenue sur chaque station du bassin du fleuve Bandama dans une zone sous influence minières et qualité écologique correspondantes

Stations	Valeurs de l'Indice FBI d'Hilsenhoff	Qualité écologique
S1	6,01	Précaire
S2	5,48	Moyenne
S3	5,28	Moyenne
S4	4,76	Bonne

3.2 Discussion

Au total 3236 individus de macroinvertébrés ont été échantillonnés dans le bassin du fleuve Bandama sous influence des activités minières. Ce nombre est inférieur à celui de Sanogo & Karbé (2014) qui ont obtenu 27177 individus dans le continuum lac de barrage-effluent-fleuve au Burkina Faso. Cette différence serait due au fait que la présente étude s'est intéressée uniquement aux populations de macroinvertébrés sur quatre stations et sur quatre mois (Septembre, octobre, janvier et février) alors que les auteurs ont fait l'échantillonnage sur six stations et six mois (février, mars, avril, mai, juin et juillet). Cette différence pourrait être également due aux outils d'échantillonnages. En effet, dans la présente étude, un filet troubleau et une benne à sédiment ont été utilisés. Tandis que les auteurs ont utilisé un filet troubleau et un filet de type Surber d'ouverture. Pour Allouko *et al* (2019), l'utilisation conjuguée de deux outils peut influencer le nombre de macroinvertébrés collectés dans les eaux.

L'analyse de la composition taxonomique de la communauté de macroinvertébrés récoltés dans ce système fluvio-lacusstre sous influence des activités minières a montré que la classe des insectes est la plus riche en taxon avec 74,42% des taxons. Ce résultat est comparable à ceux de Kouamé *et al.* (2011) qui ont montré que les insectes sont plus abondants et moins touchés par l'action de l'homme dans les milieux aquatiques. La capacité de cette classe à vivre abondamment dans ces milieux serait due à leur facilité d'adaptations et à la présence d'aliments dans le milieu (Déjoux, 1969).

L'analyse de la présence ou de l'absence des taxons dans ce système fluvio-lacustre a permis de noter quatre groupes de taxons, à savoir, les taxons absents, les taxons accidentels, les taxons accessoires et les taxons constants, diversement réparties. Ce résultat met en évidence le lien entre taxons et milieu de vie (Lee *et al.*, 2006). Ce fait est comparable au diagnostic de Kouamé *et al.*, (2011) qui ont indiqué que des macroinvertébrés avaient la possibilité de se concentrer dans une zone d'un barrage au niveau des plantes aquatiques. Par contre, pour Mouthon (1993) les macroinvertébrés ont la capacité d'occuper plusieurs zones au niveau d'un lac.

L'analyse de l'abondance des macroinvertébrés a montré que les insectes constituent le groupe de macroinvertébrés le plus abondant suivi des Gastéropodes. Kouamé (2014) a également montré dans le bassin du Bandama que les insectes sont les plus abondant suivis. Ils par les Gastéropodes. Parmi les Insectes, la famille des Chironomidae a été la plus illustrée avec une abondance relative élevée. Ce constat est contraire à celui de Poda *et al.* (2006) qui ont observé une abondance des Bulinidés au niveau des aménagements hydrauliques au Burkina.

Les différences significatives observées entre les indices de diversité montrent qu'aucune station n'est parfaitement identique à une autre. Cette instabilité serait due à la variabilité des micro-habitat (Kouamé *et al.*, 2011). Les faibles valeurs des indices de diversité proviendraient de la détérioration de la qualité des eaux qui entraîne la disparition des espèces polluo-sensibles (Tachet *et al.*, 2010). L'indice de similarité de Sorensen d'une valeur de 51,14% enregistré sur ce système confirme ce fait. Ces résultats indiquent donc que la structure des communautés de macroinvertébrés est modifiée par l'influence des habitats. En effet, sur ce système fluvio-sont réalisés des activités minières qui seraient susceptibles de modifier l'équilibre des habitats. Ces résultats sont comparables à ceux de Haouchine (2011) qui a montré que les macroinvertébrés sont répartis dans les différents milieux aquatiques selon les exigences écologiques de chacun.

Selon les valeurs de l'indice d'Hilsenhoff obtenues, la qualité écologique de ce système fluvio-lacustre sous l'influence d'activité minière est moyenne. Cette situation est accentuée à la station S1 du fait de sa localisation dans un réservoir (en amont du lac). En effet, cette station est soumise à une intense activité de pêche. Selon Sanogo et Kabré (2014), cette activité, a des effets néfastes tant sur la qualité écologie que du milieu que sur les communautés de macroinvertébrés. La présence des Baetidés (Ordre des Ephéméroptères) dans cette station prouve ce fait. En effet les Ephéméroptères sont présentés par Moisan & Pelletier (2008) comme indicateur de bonne qualité de l'eau.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au total, 32 familles regroupées en 43 taxons de macroinvertébrés ont été récoltés sur l'ensemble des stations du système fluvio-lacustre. La classe des insectes a été la plus dominante avec 74,42%. Les taxons ont varié de 31 durant la saison sèche à 32 pendant la saison pluvieuse. Les macroinvertébrés de ce système sont repartis en quatre catégories de taxons, les absents, accidentels, les accessoires et les constants. Un nombre de 3236 individus a été enregistré. Plus de 60,69% sont des insectes. Parmi les 32 familles, les Thiaridae, les Chironomidae, les Gerridae, les Formicidae tous des insectes et les Arachnides composé de la famille des Lycosidae ont été communes à l'ensemble des quatre stations. Les quatre stations sont différentes entre eux du point de vue de leur diversité. Les Indices de diversité écologique montrent qu'il y a une diversité entre les quatre stations. L'indice de similarité par contre indiquent qu'il y a moins de taxons communs entre ces quatre stations du point de vue de leur diversité.

Pour ce qui est de l'indice d'Hilsenhoff, il révèle que la qualité écologique de ce système fluvio-lacustre du bassin du Bandama est moyenne.

Comme perspective il serait important d'évaluer la qualité physico-chimique de ce milieu et étudié l'écologie des macroinvertébrés sur ce système fluvio-lacustre.

REFERENCES

- Affessi A., Koffi G. & Sangaré M. (2016). Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani (cote d'ivoire). *European Scientific Journal*, 12(9): 9-10.
- Allan J. D., 1995. Stream ecology. Kluwer Academic Publishers. Michigan, USA, 387 p.
- Aliaune C., Lasserre G. & Louis M. (1990). Organisation spatiale des peuplements ichtyologiques des herbiers à Thalassia du Grand cul-de-sac Marin en Guadeloupe. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 23 : 231-250.
- Allouko J.R., Bony K.Y., Aliko N.G. (2019). Aquatic Insects distribution pattern focused on water quality in Aghien lagoon (Côte d'Ivoire ; West Africa). *International Journal of Fauna and Biological Studies*; 6(2) : 31-37.
- Amiard J. & Amiard-Triquet C. (2008). Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Lavoisier, Paris (France), 400 p.
- Amanieu M. & Lasserre G. (1982). Organisation et évolution des peuplements lagunaires. *Oceanologica Acta*, 4 : 201-213.
- Anonyme (2015). Monographie de Bouaflé, un département aux énormes potentialités économique, sociales et culturelles, publié le mardi 13 janvier 2015.
- Boissonneault Y. (2006). Le suivi écologique des rivières au Québec : comparaison des bio-indicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques. Mémoire de maîtrise, Université de Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec (Canada), 137 p.
- Brown D.S. (1994). Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance. Edition Taylor and Francis Ltd, London (Angleterre), 608 p.
- Cairns J. & Pratt J.R. (1993). A history of Biological monitoring using Benthic Macroinvertebrates. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, 10: 27.
- Camara A.I, Diomandé D & Gourene G (2014). Impact des eaux usées et de ruissellement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière Banco, *Revue du CAMES*, 2 :58-68.
- Caquet T. (2012). Des invertébrés pour la bio-indication de la qualité des cours d'eau : bilan et perspectives. In :Bio-indicateurs pour la caractérisation des sols, Journée technique nationale, 7e édition, Paris (France), 16 octobre 2012, Rennes, ADEME : 41-68.
- Cherifi O. & Loudiki M., 2002. Variation de la structure trophique du lac réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, 15 (1): 193-208.

- Cummins W.K. (1962). An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *The American Midland Naturalist*, 67 (2) : 477-504.
- Dajoz R. (2000). Précis d'Écologie. Ecologie fondamentale et appliquée 7ème édition, Dunod, Paris (France), 615 p.
- Dejoux C. (1969). Les insectes aquatiques du lac Tchad - Aperçu systématique et bio-écologique. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 17 : 900-906.
- Déjoux C., Elouard J.M., Forge P. & Malsin J. (1981). Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, Bouaké (Côte d'Ivoire), 172 p.
- De Moor I.J., Day J.A. & De Moor F.C. (2003). Guide to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa. Volume 7 : Insecta I : Ephemeroptera, Odonata & Plecoptera. Rapport N°TT 207/03 Water Research Commission, South Africa, 288 p.
- Dickens C.W.S. & Graham P.M. (2002). The South African Scoring System (SASS) Version 5. Rapid bioassessment methods for rivers. *African Journal of Aquatic Sciences*, 27: 1-10
- Diomandé D., Gourène G., Sankaré Y. & Zabi S.G. (2000). Synopsis de la classification des larves et des nymphes de Diptères Chironomidae des écosystèmes dulçaquicoles de l'Afrique de l'ouest. Clés de détermination des sous-familles, des tribus et des genres. *Archives Scientifiques du centre de Recherches Océanologiques*, 17 : 1-31.
- Dynesius M. & Nilson, C. (1994). Fragmentation qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couze Pavin (PUY-DE-DOME) dues aux pollutions agricoles et urbaines. Laboratoire. De Zoologie, Biologie Animal et Écologique. INA-INRA, 24p.
- Firmignac F. & Lascaux J.M. (2008). Analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques sur les stations à Moules perlières (*Margaritifera margaritifera*) du Cousin. ECOCEA., Toulouse (France), 108 p.
- Francis T. B., Schindler D. E., Fox J. M. & Seminet-Reneau E., 2007. Effects of urbanization on the dynamics of organic sediments in temperate lakes. *Ecosystems*, 10 : 1057-1068.

- Forcellini M., Mathieu C. & Merigoux S. (2011). Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la réunion. Office de l'eau de la réunion –CNRS, 137 p.
- Frontier S. (1983). Stratégies d'Echantillonnage en Ecologie. Editions Masson, Paris (France), 494 p.
- Gagnon E. & Pedneau J. (2006). Surveillance Volontaire (SurVol) Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Québec, Canada, 25 p.
- Haouchine S. (2011). Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de Magister. Option : Ecologie et biodiversité animale des écosystèmes continentaux. Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzou de Rabat (Maroc), 157 p.
- Hilsenhoff W.L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of North American Benthological Society*, 7(1) : 65-68
- Irie G.R., Soro G.E. & Goula B.T.A. (2015). Changements d'états de surface et évolutions spatio temporelles des précipitations sur le bassin versant de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2) : 386-397.
- Kornijow R., Gulati R.D. & Ozimek T., 1995. Food preference of freshwater invertebrates : comparing fresh and decomposed angiosperm and filamentous alga. *Freshwater Biology*, 33 : 205-212.
- Kouamé K. M. (2014). Diversité, structure et réponse fonctionnelle des macroinvertébrés à l'invasion du lac de Taabo (Côte d'Ivoire) par la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms-Laubach, 1883. Thèse de doctorat, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 201 p.
- Kouamé M.K., Dietoa M.Y., Edia O.E., Da Costa S.K., Ouattara A. & Gourène G., (2011). Macroinvertebrates communities associated with macrophyte habitats in a tropical manmade lake (Lake Taabo, Cote d'Ivoire). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 400, 03. DOI: 10.105/kmae/2010035.
- Konan K.F., Bony K.Y., Adon M.P., Potgieter J. (2015). Hydrobiological study of the Bandama Basin in Yaoure Gold Project's Area of Influence (Yaoure Gold Project, Côte

- d'Ivoire). Study report - Amara Mining Côte d'Ivoire SARL / Cabinet AMEC Foster Wheeler /Cabinet 2D Consulting Afrique, 99 p.
- Lee S.J., Park J.H. & Ro T.H. (2006). Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho Berger. *Entomological Research*, 36 : 98-106.
- Legendre L. & Legendre P., (1984). Ecologie numérique : le traitement multiple des données écologiques. 2ème édition. Masson, Paris (France), 260 p.
- Lévêque C. (1980). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelosoudanienne, *In Aquatic animals*, Edition IRD, Paris : 18-73
- Lévêque C., Dejoux C. & Iltis A. (1983). Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologie*, 100 : 114 – 139.
- Mahyao G.A., Koffi C., Kouassi N. C. & Yapi-Gnaoré C. (2014). Pêche et commercialisation des crevettes d'eau douce du fleuve Bandama en Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 32(2) : 95-102.
- Martin J.W. & Davis G.E. (2001). An updated classification of the recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County, Sciences serie, 39, 132 p.
- MDDEP (2008). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 86 p.
- Messou A. (2011). Analyse socio-économique de l'exploitation des ressources de crustacés des plans d'eau du littoral Ivoirien : cas des crevettes d'eau douce de Grand Lahou. Mémoire de DEA-Option Halieute, EFCPC-INPHB Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), 67 p.
- Moisan J. & Pelletier L. (2008). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec (Canada), 86 p.

- Mouthon J., (1993). Un indice biologique lacustre basé sur l'examen des peuplements de mollusques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 331: 397-406.
- Monnet C. (1972). Contribution à l'étude de la dynamique et de la nature des suspensions d'un fleuve intertropical, le Bandama, Côte-d'Ivoire évolution des éléments chimiques des eaux de son estuaire, Thèse de Doctorat, Université de Nice (France), 416 p.
- Nerbonne A.B. & Vondracek B. (2001). Effects of local land use on physical habitat, benthic macroinvertebrates, and fish in the Whitewater River, Minnesota, USA. *Environmental Management*, 28(1) : 87-99.
- Neveu A. (2001). Les invertébrés aquatiques, bioindicateurs de perturbations. Détermination de la qualité des cours d'eau par l'IBGN. In Neveu A., Riou C., Bonhomme R., Chassin P. et Papy F. (eds.), *L'eau dans l'espace rural vie et milieux aquatiques*, Universités Francophones. INRA Editions. Paris (France), pp 223-229.
- N'Gnessan B.V.H., Saley M.B., Oga Y.M.S., Yapi A.F., Kouadio B.H., Biemi J. & Kouadio A. (2017). Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans la région de la Marahoué (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Engineering Science Invention*, 6(12) :19-27.
- Passy I.S., Bode W.R., Carlson M.D. & Novak M.A. (2004) Comparative environmental assessment in the studies of benthic diatom, macroinvertebrate, and fish communities. *International Review Hydrobiology*. 89(2) : 121-138
- Piélou E.C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley Intersciences, New York (Etats-Unis), 285 p.
- Pinel-Alloul B., Mazumber A., Lacroix G. & Lazzaro X. (1998). Les réseaux trophiques lacustres: structure, fonctionnement, interactions et variations spatio-temporelles. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 11 : 163-197
- Poda J.N., Mwanga J., Dianou D., Garba A., Ouédraogo F.C., Zongo D. & Sondo. K.B., (2006). Les parasitoses qui minent les nouveaux pôles de développement au Burkina Faso : cas des schistosomoses et des géohelminthes dans le complexe hydroagricole du Sourou, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 7 Numéro 2 | septembre 2006, mis en ligne le 08 septembre 2006, consulté

le 02 février 2013. URL :<http://vertigo.revues.org/2378> ; DOI : 10.4000/vertigo.2378

- Ramade F. (2003). *Elément d'écologie : Ecologie fondamentale*. Dunos, Paris (France), 690 p.
- Reynoldson T.B. (1999). CABIN (Réseau Canadien de Biosurveillance Aquatique) Manuel de terrain et de laboratoire de biosurveillance d'invertébrés. Institut National de recherche sur les eaux. Environnement Canada, 49 p.
- RGPH. (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Résultat global du secretariat des techniques permanent du comité technique de RGPH, 26 p.
- Rosenberg D. M. & Resh V. H., 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman &, New York, 488 p.
- Sanogo S. et Kabre T. (2014). Dynamique de structuration spatio-temporelle des populations de familles de macroinvertébrés dans un continuum lac de barrage –effluent-fleuve, Volta Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 78 : 6630-6645.
- Shannon C.E. & Weaver W. (1963). *The mathematical theory of communication*. Urbana University Press, Illinois (Etats-Unis), 127 p.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. & Chen H.J. (1968). A comparative study of various tests of normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1343-1372.
- Sorensen T. (1948). A Method of Establishing Groups of Equal Amplitude in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons ». *Biologiske Skrifter*, 54: 1–34.
- Sullivan A.J.O. & Jacque T.G. (2003). *Système de référence d'impact - Les effets des hydrocarbures sur l'environnement marin: Impact des hydrocarbures sur la faune et la flore*. In Commission européenne, *Système d'information de la Communauté pour la maîtrise et la réduction de la pollution .Lake and river ecosystems*. Third Edition. Academic Press, 1006 p.
- Tachet H., Richoux P., Bourneau M. & Usseglio-Polatera P. (2003). *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. Cnrs éditions, Paris (France), 587 p.

- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P. (2010). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Nouvelle édition revue et augmentée, 606 p.
- Toft J. D., Simenstad C. A., Cordeil J. R. & Grimaldo L. F., 2003. The effects of introduced water hyacinth on habitat structure, invertebrate assemblages, and fish diets. *Estuaries*, 26 : 746-758.
- Vander Zanden M. J., Cabana G. & Rasmussen J. B., 1997. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54 : 1142-1158.
- Washington H.G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: *a review with special relevance to aquatic ecosystems*. *Water Research*, 18 : 653-694.
- Wetzel G. R. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems*. Third Edition. Academic Press. San Diego, California, USA, 1006 p.

ANNEXES

Hilsenhoff Family Biotic Index (FBI)

The FBI is calculated by multiplying the number in each family by the tolerance value for that family (Table 1), summing the products, and dividing by the total arthropods in the sample (Hilsenhoff 1988).

Use the numbers from Table 1 and Table 2 to complete the equation below.

$$HBI = \frac{Total^{(nxa)}}{Total^{(n)}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}}$$

Family Biotic Index Water Quality Degree of Organic Pollution

Table 1. Tolerance values for families of stream arthropods in the western Great Lakes region (Hilsenhoff 1988).

Order	Family	Tolerance Value (a)	Tally (n)	Product (n x a)
Plecoptera	Perlidae	1		
Ephemeroptera	Baetidae	4		
	Caenidae	7		
	Heptageniidae	4		
	Leptophlebiidae	4		
Odonata	Aeshnidae	3		
	Calopterygidae	5		
	Coenagrionidae	9		
	Libellulidae	9		
Trichoptera	Hydropsychidae	4		
	Hydroptilidae	4		
	Leptoceridae	4		
Megaloptera	Corydalidae	0		
Lepidoptera	Pyralidae	5		
Coleoptera	Elmidae	4		
Diptera	Ceratopogonidae	6		
	Chironomini (blood-red)	8		
	Chironomidae (other)	6		
	Empididae	6		
	Psychodidae	10		
	Simuliidae	6		
	Tabanidae	6		
Tipulidae	3			
Amphipoda	Gammaridae	4		
Isopoda	Asellidae	8		
			Total⁽ⁿ⁾:	Total^(nxa):

Table 2. Evaluation of water quality using the family-level biotic index.

Family Biotic Index	Water Quality	Degree of Organic Pollution
0.00-3.75	Excellent	Organic pollution unlikely
3.76-4.25	Very Good	Possible slight organic pollution
4.26-5.00	Good	Some organic pollution probable
5.01-5.75	Fair	Fairly substantial pollution likely
5.76-6.50	Fairly poor	Substantial pollution likely
6.51-7.25	Poor	Very substantial pollution likely
7.26-10.00	Very poor	Severe organic pollution likely

Hilsenhoff, William L. 1988. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 7, No. 1, pp. 65-68.

RESUME

L'orpaillage, activité en plein essor dans la région de la Marahoué aux abords du bassin du Bandama pourrait avoir un impact négatif sur les composantes faunistiques de ce milieu. La présente étude se propose d'évaluer la structure des macroinvertébrés aquatiques dans une zone influencée par l'orpaillage. Ainsi un échantillonnage à l'aide d'une benne et d'un filet troubleau a été réalisé sur quatre stations durant la saison pluvieuse et la saison sèche. Au total, 3236 individus répartis en 43 taxons, 32 familles, 15 ordres et 6 Classes, ont été identifiés. Les Insectes et les Gasteropodes représentent respectivement 60,69 et 36,62% de l'effectif total. Ils sont plus abondants à la station S4. Au niveau de l'occurrence des taxons, les stations S2, S3 et S4 ont enregistré le taux de taxons constants le plus élevé (38,64%). La famille des Thiaridae, des Chironomidae, des Gerridae tous des insectes et les Arachnides composé de la famille des Lycosidae ont été retrouvé dans toutes les stations échantillonnées. Les indices de diversité calculés ont montré une diversité taxonomique entre les différentes stations. L'indice de Sørensen de 51,06% indique qu'il y a moins de taxons communs entre ces quatre stations du point de vue de leur diversité. L'indice d'Hilsehoff de 5,10 indique une qualité écologique moyenne.

Mots clés : Macroinvertébrés, Structuration, Qualité écologique, Bandama.

ABSTRACT

Gold mining, an activity that is rapidly expanding in the Marahoué region on the edge of the Bandama basin, could have a negative impact on the fauna of this environment. The present study aims to evaluate the structure of aquatic macroinvertebrates in an area influenced by mining activities. Sampling was carried out at four stations during the rainy season and the summer season, using a bucket and a dip net. In total, 3236 individuals divided into 43 taxa, 32 families, 15 orders and 6 classes were identified. Insects and Gasteropods represent respectively 60.69 and 36.62% of the total number. They are more abundant at station S4. In terms of taxon occurrence, stations S2, S3 and S4 recorded the highest rate of constant taxa (38.64%). The family Thiaridae, Chironomidae, Gerridae all insects and Arachnids composed of the family Lycosidae were found in all sampled stations. The calculated diversity indices showed a taxonomic diversity between the different stations. Sørensen's index of 51.06% indicates that there are fewer taxa in common between these four stations in terms of diversity. The Hilsehoff index of 5.10 indicates an average ecological quality.

Key words: Macroinvertebrates, Structuring, Ecological quality, Bandama.

