



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 : 0483/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI0416009814

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Gestion et Conservation de la Faune Sauvage

THEME :

**DIVERSITE ET STATUT DE CONSERVATION DES
POISSONS DE LA RESERVE DE FAUNE ET DE FLORE DU
HAUT-BANDAMA (CENTRE-NORD, CÔTE D'IVOIRE)**

Présenté par :

GREBIO Bruno Nicodème

JURY

Président : M.ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé
Directeur : M. BONY Kotchi Yves, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon Guédé
Encadreur : M. ALLOUKO Jean-Renaud, Maître Assistant,
Université Jean Lorougnon Guédé
Examineur : M. ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu publiquement le :
15/10/2021



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 : 0483/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

CI0416009814

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes

Option : Gestion et Conservation de la Faune Sauvage

THEME :

**DIVERSITE ET STATUT DE CONSERVATION DES
POISSONS DE LA RESERVE DE FAUNE ET DE FLORE DU
HAUT-BANDAMA (CENTRE-NORD, CÔTE D'IVOIRE)**

Présenté par :

GREBIO Bruno Nicodème

JURY

Président : M. ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. BONY Kotchi Yves, Professeur Titulaire,
Université Jean Lorougnon Guédé

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

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

Soutenue publiquement le :
15/10/2021

DEDICACE

A mes parents : GREBIO Gnahoué et KONAN Boya Odette

Ces êtres très chers qui ont su me donner une éducation décente dans un amour sincère.
Retrouvez dans ce mémoire vos efforts consentis, votre confiance et vos bénédictions, que
vous m'avez toujours accordée.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin de cycle de Master en Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes est l'aboutissement de plusieurs mois de travail. Ce travail n'aurait pas pu se dérouler correctement sans le soutien de plusieurs personnes physiques et morales qu'il nous plait ici de remercier :

- Au Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné, Professeur Titulaire Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (UJLoG), ainsi qu'à ses Vice-Présidents, de nous avoir accueilli dans ladite institution ;

- Au Professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire, Directeur de l'UFR Environnement de l'UJLoG, pour avoir accepté mon inscription au sein de l'UFR ;

- Au Professeur BENE Koffi Jean-Claude, Professeur Titulaire, Directeur du Laboratoire de Biodiversité et Ecologie Tropicale de l'UJLoG (BioEco-Trop), pour avoir instauré un cadre de travail favorable au bon déroulement de ce mémoire ;

- Au Docteur BONY Kotchi Yves, Professeur Titulaire, Directeur Scientifique de ce mémoire, qui nous a initiés à la recherche. Tout au long de ce travail, nous avons pu bénéficier de votre expérience, de vos qualités scientifiques et vos conseils judicieux qui ont été décisifs dans l'aboutissement de ce mémoire ;

- Nos remerciements vont également à l'endroit du Docteur ALLOUKO Jean-Renaud, Maître Assistant, Enseignant-Chercheur à UJLoG, notre encadreur pédagogique, pour son sens du travail bien fait, pour nous avoir initié dans le domaine passionnant de la recherche scientifique, pour ses conseils et ses encouragements à notre égard ;

-Aux Docteurs ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences, (Président du jury) et ALIKO N'Guessan Gustave, Maître de Conférences, (Examineur) pour leur participation à ce jury ;

- Nous adressons nos sincères remerciements aux Docteurs KRESSOU Armand, DJENE Kouakou Roland et KAMAGATE El Hadj, nous vous sommes reconnaissant de l'intérêt et la confiance que vous nous avez témoignée durant toute cette expérience ;

-Aux Doctorants N'DO Bi Boly Valérie, ZAMBLE Bi Tah Thiolien et Madame KIPRE Hortense, Technicienne du laboratoire Biodiversité et Ecologie Tropicale (BioEco-Trop), pour vos critiques, conseils et encouragements, qui ont été déterminant pour la réalisation de ce travail ;

- Nous remercions nos amis spécialement Messieurs KOUADIO Kouadio Emmanuel, DIABATE Massandjé Mamy, OUATTARA Zana Issouf, ainsi que tous ceux que nous n'avons

pu citer dans ce document pour l'esprit d'entraide et l'amour du travail bien fait qui a toujours régner entre nous, puisse Dieu nous unir davantage ;

- A notre famille, plus particulièrement ma mère KONAN Boya Odette et mon père GREBIO Gnahoué ;

- Merci à mon oncle Monsieur M'BRA Kouassi Marcel, mon frère GREBIO Boris et mes sœurs GREBIO Mariette, GREBIO Vanessa, GREBIO Estelle et GREBIO Jeanne d'arc sans oublier Mademoiselle ma tante OUFFOUE Rachelle, pour l'assistance durant ces années d'étude.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTES DES ANNEXES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	
1.1. MILIEU D’ETUDE.....	3
1.1.1. Situation géographique de la réserve du Haut-Bandama.....	3
1.1.2. Végétation et sols.....	3
1.1.3. Climat.....	4
1.1.4. Hydrographie	5
1.1.5. Activités anthropiques environnantes.....	5
1.2. FAUNE DES POISSONS	6
1.2.1. Stratégies alimentaires.....	6
1.2.2. Forme du corps.....	6
1.2.3. Position de la bouche.....	6
1.2.4. Couleur du poisson.....	7
1.2.5. Compétitions intra et interspécifiques.....	7
1.2.6. Habitats.....	7
1.2.7. Mode de vie.....	7
1.2.8. Facteurs de répartition.....	8
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	
2.1. MATÉRIEL.....	9
2.1.1. Matériel biologique.....	9
2.1.2. Appareils de mesure des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques	9
2.1.3. Matériel d’échantillonnage de l’ichtyofaune.....	10
2.2. METHODES.....	10
2.2.1. Choix des stations d’échantillonnage.....	10
2.2.2. Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux.....	11

2.2.3. Mesure des paramètres hydromorphologiques de l'eau.....	11
2.2.4. Echantillonnage et identification des poissons.	12
2.2.5. Analyse du peuplement ichtyologique.....	12
2.2.5.1. Richesse spécifique.....	12
2.2.5.2. Fréquence d'occurrence (F).....	12
2.2.5.3. Abondance relative.	13
2.2.5.4. Croissance relative (relation taille-poids) et Facteur de condition.	13
2.2.5.5. Analyse de la diversité des peuplements	13
2.2.5.5.1. Indice de diversité de Shannon (H').....	13
2.2.5.5.2. Indice d'équitabilité de Piélou (E).	14
2.2.6. Traitement statistique.....	14
2.2.6.1. Analyses univariées.	14
2.2.6.2. Analyses multivariées.....	15
2.2.6.2.1 Classification Hiérarchique Ascendante (CAH).	15
2.2.6.2.2. Analyse en Composantes Principales (ACP).	15
2.2.6.2.3. Cartes auto-organisatrices de Kohonen (SOM).	15
2.2.7. Détermination du statut de conservation et de la vulnérabilité.....	16
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	
3.1. ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE ET CARACTERISTIQUES PHYSICO- CHIMIQUES ET HYDROMORPHOLOGIQUES DES EAUX.....	17
3.1.1.1. Environnement abiotique des stations d'échantillonnage.	17
3.1.1.1.1. Stations situées dans la partie amont du fleuve Bandama dans la réserve.....	17
3.1.1.1.2. Stations situées dans la partie médiane du fleuve Bandama dans la réserve. ...	17
3.1.1.1.3. Stations situées dans la partie aval du fleuve Bandama dans la réserve.	18
3.1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques et hydromorphologiques des eaux.	18
3.1.1.2.1. Variations spatiales et saisonnières.	18
3.1.1.2.1.1. Température.	18
3.1.1.2.1.2. pH.....	19
3.1.1.2.1.3. Oxygène dissous.	20
3.1.1.2.1.4. Conductivité.....	21
3.1.1.2.1.5. Turbidité.....	21
3.1.1.2.1.6. Largeur du lit mouillé.	22

3.1.1.2.1.7. Vitesse du courant.....	23
3.1.1.2.1.8. Profondeur.	24
3.1.1.2.2. Typologie des habitats.....	25
3.2. COMPOSITION ET STRUCTURE DU PEUPLEMENT ICHTYOLOGIQUE.....	28
3.2.1.1. Analyse qualitative du peuplement ichtyologique.....	28
3.2.1.1.1. Composition spécifique globale et caractéristiques générales.	28
3.2.1.1.2. Croissances relatives et facteur de condition.	28
3.2.1.2. Analyse de la diversité du peuplement ichtyologique.	30
3.2.1.2.1. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique (Rs).	30
3.2.1.2.2. Variations spatiales et saisonnières de l'indice de Shannon (H).....	31
3.2.1.2.3. Variations spatiales et saisonnières de l'indice d'équitabilité (E)	32
3.2.1.2.3. Déterminisme de la richesse spécifique	32
3.2.1.2.3.1. Profil de distribution de l'ichtyofaune.	32
3.2.1.2.3.2 Influence des paramètres physico-chimique et hydromorphologique sur la distribution de l'ichtyofaune	33
3.3. STATUT DE CONSERVATION ET VULNERABILITE DE L'ICHTYOFAUNE.	37
3.4. DISCUSSION.	40
CONCLUSION.	42
REFERENCES.....	43
ANNEXES	

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BSA	: Station Bandama Sinaïm A
BSB	: Station Bandama Sinaïm B
BTA	: Station Bandama Tortiya A
BTB	: Station Bandama Tortiya B
BYA	: Station Bandama Yayakaha A
BYB	: Station Bandama Yayakaha B
OIPR	: Office Ivoirien des Parcs et Réserves
RFF-HB	: Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UJLoG	: Université Jean Lorougnon Guède (Daloa)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Poids factoriels des paramètres sur les deux premiers axes (F1 et F2) de l'ACP sur les paramètres physico-chimiques sur le fleuve au sein de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.	27
Tableau II : Composition et occurrences des espèces de poissons sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.....	29
Tableau III : Paramètres de la relation poids-longueurs et facteur de condition K des 07 principales espèces récoltées sur le fleuve Bandama dans la réserve entre janvier 2018 et février 2019.....	30
Tableau IV : Différentes tailles de carte de Kohonen et les erreurs de quantification et topographique correspondantes.....	33
Tableau V : Répartition des espèces de poissons échantillonnées sur le fleuve Bandama dans la réserve entre janvier 2018 et février 2019 en fonction de leur statut de conservation et de leur vulnérabilité.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de la Réserve de Flore et de Faune du Haut-Bandama (Côte d’Ivoire).....	3
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région du Hambol réalisé à partir des moyennes des données climatiques de la SODEXAM de 2007 à 2018.....	5
Figure 3 : Matériel de mesure des paramètres physico-chimiques.....	9
Figure 4 : Matériel de collecte des poissons.....	10
Figure 5 : Localisation des stations d’échantillonnage sur le fleuve Bandama de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB), entre janvier 2018 et février 2019	11
Figure 6 : Structure des catégories de l’union internationale pour la conservation de la nature version 2019	16
Figure 7 : Vue partielle de stations Bandama Tortiya A (B) et Bandama Tortiya B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018).....	17
Figure 8 : Vue partielle des stations Bandama Sinaïm A (A) et Bandama Sinaïm B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018)	18
Figure 9 : Vue partielle des stations Bandama Yayakaha A (A) et Bandama Yayakaha B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018).....	18
Figure 10 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la température des eaux aux stations d’échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	19
Figure 11 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) du pH des eaux aux stations d’échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	20
Figure 12 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l’oxygène dissous des eaux aux stations d’échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	20
Figure 13 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la conductivité des eaux aux stations d’échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	21
Figure 14 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la turbidité des eaux aux stations d’échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	22

Figure 15 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la largeur du lit mouillé des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	23
Figure 16 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la vitesse du courant des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	24
Figure 17 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la profondeur des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	25
Figure 18 : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des stations retenues au sein de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.....	26
Figure 19 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur la base des variables mesurées aux différentes stations d'échantillonnage du fleuve Bandama au sein de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	27
Figure 20 : Variations spatiales (A) et saisonnière (B) de la richesse spécifique du peuplement de poissons sur le fleuve Bandama de la réserve entre janvier 2018 et février 2019.....	31
Figure 21 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice de diversité de Shannon du peuplement de poissons collectées suivant les stations du fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	31
Figure 22 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice d'Equitabilité du peuplement de poissons collectées suivant les stations du fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	32
Figure 23 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de poissons récoltés dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.....	33
Figure 24 : Distribution des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces de poissons récoltés dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.....	34
Figure 25 : Patron de distribution de chaque espèce de poissons sur la carte de Kohonen basée sur les données de présence/absence des poissons récoltés dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	35
Figure 26 : Distribution des espèces de poissons récoltées dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019 dans chaque groupe défini par la SOM.....	36

Figure 27 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations environnementales dans les groupes I, II et III (les polygones noirs correspondent à des sites de gradient très élevé).	37
Figure 28 : Répartition des différentes catégories de la vulnérabilité des poissons récoltés dans la Réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019	38

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Carte de la situation géographique de la réserve de faune et de flore du Haut Bandama.

INTRODUCTION

L'ichtyofaune est la partie de la faune aquatique qui rassemble les poissons. L'ichtyofaune constitue pour les populations du monde entier une source d'activité, de revenue et de protéine animale (Holmlund & Hammer, 1999). Ils représentent également une valeur patrimoniale, biologique, culturelle, éducative et didactique (Harrison & Whitfield, 2004). Par ailleurs, ils sont utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité des eaux de surface (Laë *et al.* 2004 a).

Cependant, l'exploitation abusive de la ressource ichtyologique mondiale a provoqué une importante érosion de la diversité biologique des populations de poissons (Compagnon, 2005). Aujourd'hui, sur la planète et surtout dans les pays du Sud, de nombreuses personnes souffrent de la destruction à grande échelle de la ressource ichtyologique, car privées de leurs moyens de subsistance habituelle (Roux *et al.*, 2008).

Face à l'épuisement de la ressource ichtyologique, la création d'aires protégées est aujourd'hui reconnue comme un outil fondamental pour parvenir à la conservation et à la gestion durable de l'environnement en général et de la ressource ichtyologique en particulier. En Côte d'Ivoire, les efforts consentis dans ce sens ont abouti à la mise en place d'un vaste réseau d'aires protégées constitué de huit (8) parcs nationaux et de cinq (5) réserves naturelles. Ces aires protégées, bien que ne couvrant que 6,5 % du territoire national soit, 2,1 millions d'hectares, renferment l'essentiel de la diversité biologique du pays. De plus, elles constituent avec les forêts classées, la majeure partie du couvert végétal naturel ivoirien (Anonyme 1, 2010). Parmi ces territoires protégés figure la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB). La RFF-HB, située dans le Centre-nord de la Côte d'Ivoire a été créé en 1973. Cette réserve a pour objectif de conserver la biodiversité savanicole, surtout celle du fleuve Bandama et de ses méandres (OIPR, 2015 ; Kressou, 2020).

Cependant, depuis sa création, cet espace censé être protégé est affecté par de multiples impacts résultant de la pénétration et de l'installation des personnes humaines pour des activités agricoles, pastorales, d'extractions minières et de pêche clandestine (Kressou *et al.*, 2019). La situation de ce patrimoine national déjà préoccupante, s'est aggravée durant la crise sociopolitique qu'a connue le pays entre 2002 et 2010. Où la réserve est restée sans aucune mesure de gestion appropriée, suite au retrait de l'administration régulière de la zone Nord du pays. Par conséquent, la réserve du Haut-Bandama a subi un fort impact destructif avec une poursuite accélérée des défrichements, du braconnage, de l'exploitation clandestine de l'or et surtout de la pêche clandestine (Dabalena & Paul, 2014), qui favorise la dégradation des habitats (Kouamélan *et al.*, 2003) et la réduction des peuplements ichtyologique (N'da *et al.*, 2008). L'ensemble de ces activités non autorisées et non contrôlées constituent une source permanente

de pollution du fleuve Bandama dans la réserve. Cela entraîne un accroissement très important des apports en fertilisants et en pesticides au niveau du fleuve Bandama dans la réserve. Cette accumulation est due au lessivage des sols nus et des terres agricoles mais également, à l'utilisation de produits chimiques utilisés pour la pêche. Aussi, l'accentuation de l'envahissement du fleuve Bandama dans la réserve par les végétaux aquatiques et les algues induit son enrichissement en matières en suspension (Halle & Bruzon, 2006). Avec le retour de l'administration et la mise en place du secteur OIPR Haut-Bandama en 2014, il convient de faire l'état des lieux de la conservation de cette aire protégée. Ainsi, l'objectif général de cette étude est de contribuer à la conservation et à la gestion durable de la faune ichthyologique du fleuve Bandama dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama.

De façon spécifique, il s'agira d'abord (*i*) de décrire l'environnement et caractériser les paramètres physico-chimiques des eaux aux stations retenues sur le fleuve Bandama dans la réserve, (*ii*) de déterminer la composition et la structure du peuplement ichthyologique sur le fleuve Bandama dans la réserve, (*iii*) et enfin d'évaluer le statut de conservation et la vulnérabilité de la faune ichthyologique de la réserve.

Ce mémoire est subdivisé en trois parties. La première donne d'abord les généralités sur la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama et ensuite les généralités sur les poissons. La seconde décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la collecte des données et enfin, la troisième partie concerne la présentation des résultats et la discussion.

Première partie : Généralités

1.1. MILIEU D'ETUDE

1.1.1. Situation géographique de la réserve du Haut-Bandama

La Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB) a été créée par décret N° 73-133 du 21/03/73. Elle est située entre les 8°10'25,3'' et 8°38'25,01'' de latitude Nord et les 5°12'14,1'' et 5°37'55,3'' de longitude Ouest (Figure 1). La RFF-HB s'étend sur une superficie de 123000 hectares. Elle est issue des forêts classées du Haut-Bandama, du Bandama blanc et des forêts claires (Lauginie, 2007). Ce patrimoine national est situé entre deux régions administratives et sept sous-préfectures. Ce sont dans la région du Hambol, les sous-préfectures de Katiola et de Fronan au Sud, à l'Est la sous-préfecture de Niakaramadougou, au Nord celles de Tortiya et de Boron. Dans la région du Béré, à l'Ouest les sous-préfectures de Marandalla et de Bouandougou (OIPR, 2015).

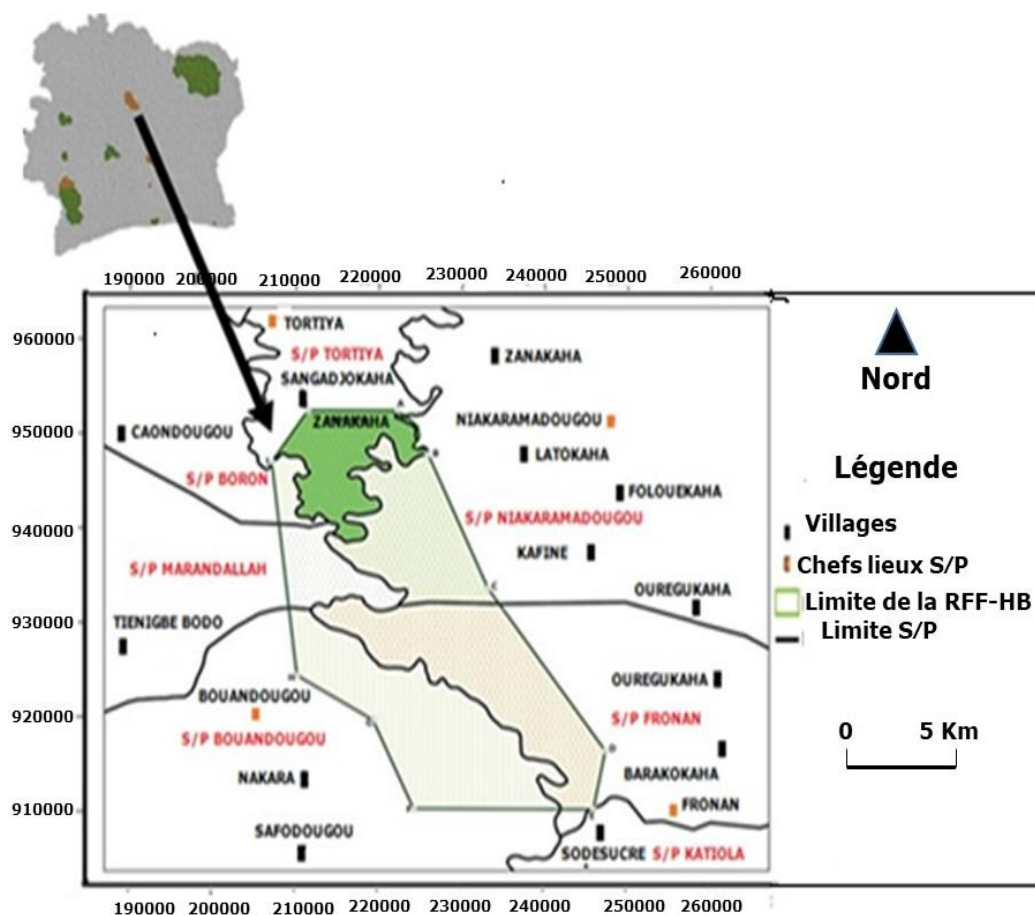


Figure 1 : Situation géographique de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama.

1.1.2. Végétation et sols

La Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama appartient dans son ensemble au secteur sub-soudanais, encore dénommé soudano-guinéen. Elle se distingue en plus des savanes et des forêts claires caractéristiques de l'ensemble du domaine soudanais, par la présence d'îlots

parfois importants de forêts denses sèches surtout dans la partie Sud de la réserve (Poilecot, 1996). Les formations savaniques de la réserve comportent un tapis herbacé très dense avec une strate supérieure formée par les Poaceae (*Panicum phragmitoides*) associée aux grandes Andropogoneae, comme : *Androgon gayanus*, *A. schirensis*, *Schizachyrium sanguineum* et *Laudetia simplex*. Les formations denses dans la réserve sont représentées par les îlots forestiers et les forêts galeries du Bandama, du Bou et de leurs affluents. Les groupements particuliers sont constitués de formations aquatiques et saxicoles. Les formations aquatiques sont représentées par des mares temporaires ou permanentes qui apparaissent dans les dépressions au sein des savanes. Quant aux formations saxicoles, elles occupent les affleurements et les petits dômes granitiques (inselbergs) localisés dans la partie centrale de la réserve (Avenard, 1971).

La Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama est pour sa grande part composée de sols ferrallitiques moyennement désaturés, de bas-fonds et de plaines alluviales. Les plaines alluviales sont composés de sols hydromorphes ou des sols peu évolués qui témoignent d'une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau soit à la suite d'un engorgement temporaire, soit de la remontée d'une nappe phréatique (Avenard, 1971).

1.1.3. Climat

La Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama est soumise à un climat tropical subhumide, parfois qualifié de sub-soudanien de transition (OIPR, 2015). Cet espace protégé est soumis à deux saisons climatiques : une saison sèche, qui s'étend de novembre à février accentuée par l'harmattan entre janvier et février et une saison pluvieuse, couvrant la période de mars à octobre, avec des grandes précipitations en septembre (Figure 2). La pluviométrie moyenne annuelle dans la réserve est d'environ 1230millimètres. Les autres caractéristiques du climat sont des amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles relativement importantes de l'ordre de 26,6 °C, un taux d'humidité variant entre 35 et 79 % et un débit moyen annuel de 700m³/s.

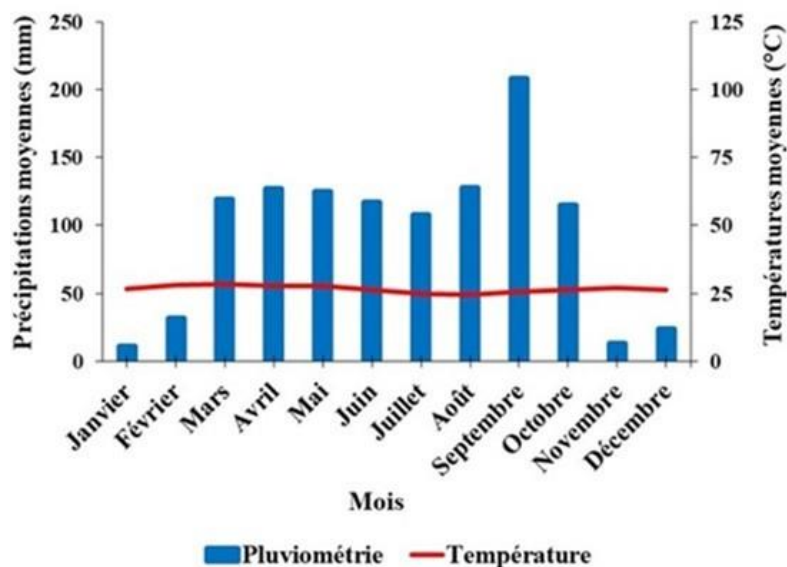


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région du Hambol réalisé à partir des moyennes des données climatiques de la SODEXAM de 2007 à 2018

1.1.4. Hydrographie

Le principal cours d'eau dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama est le fleuve Bandama qui prend sa source dans le Nord de la Côte d'Ivoire à 480 mètres d'altitude entre les villes de Korhogo et de Boundiali. Ce fleuve se jette au Sud du pays dans l'océan Atlantique à Grand-Lahou. Ces principaux affluents sont la Marahoué en rive droite et le N'Zi en rive gauche (Traoré, 1996). En raison de son orientation Nord-sud, le fleuve Bandama recouvre différentes zones climatiques et biogéographiques. À l'intérieur de la réserve, plusieurs affluents comme la rivière Bou en rive droite et la rivière Nambyon en rive gauche se joignent à lui. Le bassin versant du Bandama couvre 37500 km², dont 3,5 % correspondent à l'emprise de la réserve (Bouché, 1996). Le bassin supérieur du fleuve Bandama est lié au régime tropical de transition, avec une crue unique d'août à octobre et un tarissement rapide en novembre, conduisant à une longue période de basses eaux entre janvier et mai (Traoré, 1996). En saison sèche, le débit du fleuve est perturbé par l'existence de petits barrages hydroagricoles situés en amont de la réserve.

1.1.5. Activités anthropiques environnantes

L'ensemble des peuples installés aux alentours immédiats de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama appartiennent au grand groupe ethnique Sénoufo. Les cultures végétales rencontrées autour de la réserve peuvent être classées en deux catégories que sont les cultures vivrières et industrielles. Les cultures vivrières dominantes sont les tubercules (taros, ignames

et manioc), les céréales (mils, sorghos, maïs et riz) et la banane plantain (Anonyme 2, 1982). Comme cultures industrielles on peut noter le coton, le tabac, l'anacarde, la canne à sucre et récemment la banane douce (Kangbéni *et al.*, 2012). Autour de la réserve du Haut-Bandama s'est aussi développé l'élevage traditionnel massif de bovins à la faveur de l'installation des « Peuls » dans cette région du pays (Coulibaly, 1980). Ces animaux sont régulièrement conduits dans la réserve pour paître et s'abreuver (Dien, 2018). Pour finir, l'orpaillage clandestin est l'activité la plus exercée autour et à l'intérieur de la réserve du Haut-Bandama (OIPR, 2015).

1.2. FAUNE DES POISSONS

1.2.1. Stratégies alimentaires

Les stratégies alimentaires sont des systèmes de prise de décision. Le poisson doit décider du moment et du lieu où il va se nourrir, de la durée de la période de nutrition, des proies qui sont les plus adéquates et de la manière dont il va rechercher et capturer ces proies. Les stratégies alimentaires sont définies de telle sorte à optimiser le gain net d'énergie. Ainsi, la proie la plus profitable énergétiquement sera à chaque fois incluse dans l'alimentation du prédateur. Cependant, les proies les moins bénéfiques ne seront incluses dans le régime que lorsque la densité de la proie la plus bénéfique descendra en dessous d'un seuil critique (Paugy & Lévêque, 1999).

Les poissons disposent de plusieurs types de spécialisations morphologiques respectivement adaptées à leurs régimes alimentaires et aux modes de capture des proies. Ces modifications touchent la forme du corps, de la bouche et la couleur (Paugy & Lévêque, 1999).

1.2.2. Forme du corps

Un poisson pélagique possède un corps aplati sur le dos. En revanche, s'il est aplati sur le ventre, c'est un poisson de fond. Le corps des poissons pélagiques présente une symétrie bilatérale universelle, une forte céphalisation liée à une concentration d'organes au niveau de la tête et une différenciation très nette des parties antérieures et postérieures.

1.2.3. Position de la bouche

Un poisson de surface aura le plus souvent une bouche en position haute ou dite "supère", qui lui permettra de prendre ses aliments en surface. Lorsqu'il chasse en pleine eau, il aura le plus souvent une bouche centrée ou dite "terminale". En revanche, un poisson de fond aura une bouche avec une position basse ou dite "infère", qui lui permettra de prendre son alimentation

sur le substrat. Chez ces derniers, les barbillons situés autour de la bouche jouent un rôle tactile et sensitif.

1.2.4. Couleur du poisson

Le rapport proie/prédateur est une activité sociale dans laquelle la couleur des poissons joue un rôle prépondérant par le biais du camouflage. Les techniques de camouflage sont multiples et dépendent du milieu d'évolution de chaque espèce. Les poissons vivants en pleine eau, près de la surface, ont le dos plus foncé que les parties inférieures restées claires ou argentées. Chez les espèces benthiques, la partie inférieure reposant sur le fond est décolorée, quant aux poissons démersaux, leur coloration varie du gris argenté au rouge.

1.2.5. Compétitions intra et interspécifiques

Les facteurs abiotiques et les interactions biologiques influencent les communautés de poissons dans l'eau. Les espèces ont des possibilités de dispersions et de tolérances différentes vis-à-vis des facteurs physiques, ce qui leur confère des capacités compétitives diverses (Simberloff & Von Holle, 1999). Le nombre d'individus d'une même espèce est limité par les capacités maximales d'accueil (biogéniques). De même, lorsque deux espèces ayant une même niche écologique s'affrontent une élimine l'autre.

1.2.6. Habitats

L'habitat désigne l'ensemble des conditions environnementales (biotiques et abiotiques) dans lequel une espèce, une population ou une communauté de poisson peuvent survivre et se développer (Morin *et al*, 2010). Les poissons peuvent vivre à des températures comprises entre 2°C, pour les poissons endémiques de l'Antarctique et 40°C, pour les poissons vivants dans le lac Nakuru au Kenya (Bragneau & Pérès, 2000). Chaque espèce a donc développé des adaptations qui lui permettent de survivre au mieux dans un biotope.

1.2.7. Mode de vie

Selon leurs positions dans la colonne d'eau, on distingue deux catégories de poissons. Il s'agit des poissons de pleine eau ou pélagiques et des poissons démersaux, qui vivent en pleine eau à proximité immédiate du benthos, dont ils se nourrissent. Ces derniers sont divisés en deux groupes, ce sont les poissons benthopélagiques vivant au-dessus du fond et les poissons benthiques, qui vivent constamment sur le fond.

- **les poissons pélagiques**, vivent dans la colonne d'eau, plus ou moins proche de la surface. La plupart des poissons pélagiques sont grégaires, ce qui signifie qu'ils vivent en groupe et nagent en bancs virant et manœuvrant en formation serrée. Un banc est constitué de poissons de même taille et parfois d'espèces différentes. Certains poissons pélagiques vivent isolés. En fait, dans leurs premières années les poissons pélagiques se déplacent souvent en groupe. Ils deviennent solitaires lorsqu'ils vieillissent. Ils s'alimentent principalement dans les couches de surface ou un peu en dessous.

- **les Poissons benthopélagiques**, vivent dans la colonne d'eau, plus ou moins proche du fond. Ils restent près du fond sans pour autant y vivre de façon permanente. Ces espèces sont très mobiles mais très dépendantes du fond d'où elles tirent leur nourriture.

- **les poissons benthiques**, vivent de préférence loin de la surface de l'eau. Ils vivent sur le fond ou dans le sédiment. Ils regroupent un ensemble d'espèces constitué de poissons blancs ou les poissons plats. Ce sont généralement des poissons qui restent ou se cachent au ras du sol et qui fouillent les fonds aquatiques à la recherche de leur nourriture.

1.2.8. Facteurs de répartition

Les espèces de poissons sont réparties en fonction de leurs capacités de résistances aux conditions du milieu tels que la température, la vitesse du courant de l'eau et la nature du substrat.

- **la température** contrôle le métabolisme des poissons et est responsable des réactions biochimiques et de plusieurs autres processus (Talbot, 2006). Les espèces benthiques sont généralement très sensibles à une élévation de la température, contrairement aux espèces pélagiques ;

- **la vitesse du courant d'eau** a une action directe par la sélection des espèces, des plus aérodynamiques, qui développent des systèmes de fixation ou qui profitent de la couche limite au fond et sous les cailloux. Elle intervient également indirectement sur la granulométrie. Par ailleurs, les vitesses intermédiaires sont préférées par les poissons en période de croissance. En revanche, pendant les périodes de maturation et de reproduction, seules les vitesses fortes sont préférées.

- **la nature du substrat** est très importante pour les espèces benthiques, car elles se nourrissent principalement d'organismes vivant sur le fond comme les Annélides, les Polychètes et les Mollusques bivalves (Morin *et al*, 2010).

Deuxième partie :

Matériel et Méthodes

2.1. MATÉRIEL

2.1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour cette étude est constitué des peuplements de poissons récoltes sur le fleuve Bandama dans la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama.

2.1.2. Appareils de mesure des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques

Au cours de cette étude, l'appareillage suivant a été utilisé, pour la mesure des différents paramètres :

- un conductimètre portatif à affichage digital de model *HACH SensION + EC 5*, a permis de mesurer la conductivité (Figure 3a) ;
- un turbidimètre portatif à affichage digital de model *OAKTon turbidimeter T- 100* a été utilisé, pour la mesure de la turbidité (Figure 3b) ;
- cinq flotteurs, un chronomètre et une corde graduée, ont servi à la détermination de la vitesse du courant de l'eau ;
- un oxymètre portatif à affichage digital de model *HANNA HI 9146*, a servi à la mesure du taux d'oxygène dissous (Figure 3c) ;
- un pH-mètre portatif à affichage digital de model *HANNA instruments HI 8010*, a été utilisé pour la détermination du pH et de la température de l'eau (Figure 3d) ;
- un Global Positioning Systems (GPS) de model *GARMIN Oregon 70*, a permis de déterminer les coordonnées géographiques des différentes stations d'échantillonnage ;
- un décimètre de model *KAIDA Professional* de 5 m de long, a servi à mesurer la profondeur de l'eau à chaque station d'échantillonnage.

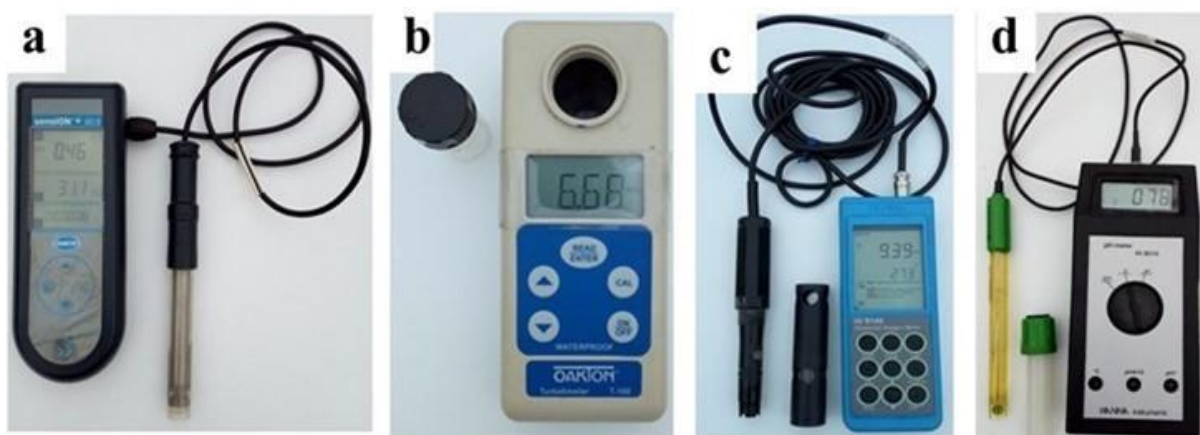


Figure 3 : Matériel de mesure des paramètres physico-chimiques

a = Conductimètre ; **b** = Turbidimètre ; **c** = Oxymètre; **d** = pH-mètre

2.1.3. Matériel d'échantillonnage de l'ichtyofaune

Le matériel technique d'échantillonnage de l'ichtyofaune du fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama se compose de :

- un jet de filets maillants multi-filaments et mono-filaments de mailles 10 à 40 mm de côté, de 100 mètres de long et de 2,5 - 3,5 mètres de hauteur de chute (Figure 4a), plusieurs nasses en bambou (Figure 4b) et un épervier, ont servi à l'échantillonnage de l'ichtyofaune ;
- un ichtyomètre et une balance électrique ont servi à la détermination de la mensuration (longueur total et standard) et à la mesure du poids des spécimens ;
- un bocal contenant de l'alcool 70 %, pour la conservation des différents échantillons ;
- un appareil photo numérique, pour les prises de vues des stations d'échantillonnage et des différents spécimens.



Figure 4 : Matériel de collecte des poissons.

a = filet maillant ; **b** = nasse

2.2. METHODES

2.2.1. Choix des stations d'échantillonnage

Pour la sélection des stations d'échantillonnage une prospection (entre septembre et novembre 2017) a été réalisée sur le fleuve Bandama dans la réserve. Les facteurs qui ont été pris en compte pour la sélection des stations d'échantillonnage ont été la zonation hydrologique amont-aval du fleuve Bandama dans la réserve, le sens d'écoulement de l'eau, l'accessibilité du site à toute période de l'année et la proximité des activités anthropiques. Un code a été attribué à chaque station et les caractéristiques mésologiques ont été notées. Ainsi, six (6) stations (BTA, BTB, BSA, BSB, BYA et BYB) ont été retenues. Les stations BTA et BTB sont situées en amont, les stations BSA et BSB au cours médian et en aval les stations BYA et BYB (Figure 5).

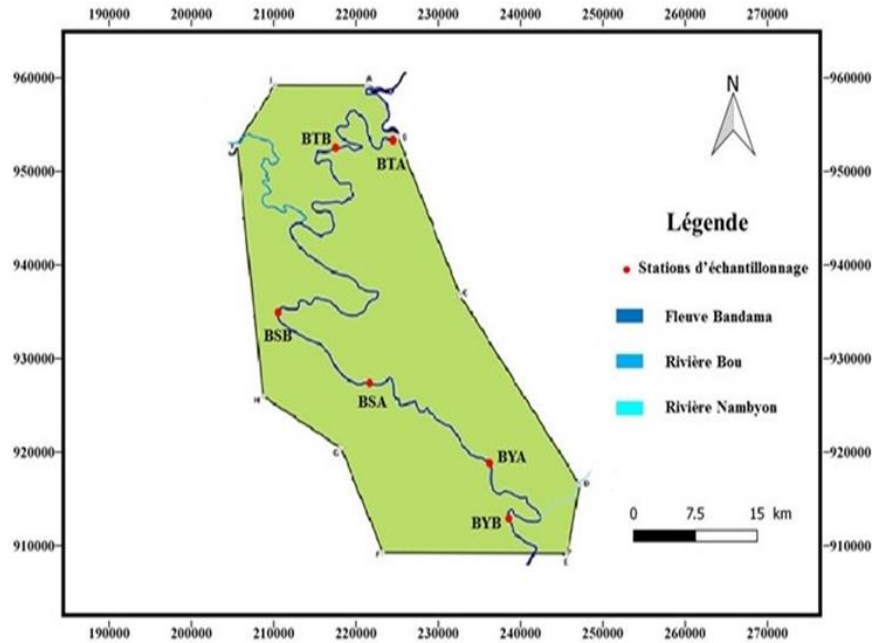


Figure 5 : Localisation des stations d'échantillonnage sur le fleuve Bandama de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama (RFF-HB), entre janvier 2018 et février 2019.

2.2.2. Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux

La mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau s'est faite *In-situ*, entre 06 heures et 09 heures du matin, à chaque station d'échantillonnage. La conductivité, le taux d'oxygène dissous, le pH et la température de l'eau ont été obtenus en plongeant les sondes dans l'eau, puis les valeurs stabilisées de ces paramètres sont lues sur l'écran d'affichage. Quant à la turbidité, elle a été mesurée sur un échantillon d'eau de 10 ml recueilli dans une cuvette spécifique du turbidimètre et placé dans la loge de l'appareil prévu à cet effet.

2.2.3. Mesure des paramètres hydromorphologiques de l'eau

La profondeur à chacune des stations d'échantillonnage est obtenue par la moyenne d'une série de trois (3) mesures de profondeurs élémentaires réalisées à chacun des points d'échantillonnage.

La vitesse du courant à chacune des stations d'échantillonnage a été estimée comme étant le temps moyen mis par un flotteur, pour parcourir une distance de 5 mètres. Cette opération a été répétée trois fois de suite.

La largeur du lit mouillée a été mesurée en joignant par pirogue, les deux rives du cours d'eau à l'aide d'une corde graduée (Soldner *et al*, 2004).

La mesure de la pente exprimée en pourcentage est dérivée des courbes hypsométriques (Camus, 1972).

2.2.4. Echantillonnage et identification des poissons

Les échantillons de la faune ichthyologique sont issus de la pêche expérimentale à un rythme saisonnier et durant 08 campagnes d'échantillonnage. Les filets maillants utilisés ont des mailles variant entre 10 et 40 millimètres de côté, mesurant 100 mètres de long et pour 2,5 - 3,5 mètres de hauteur de chute chacun. Les filets et les nasses sont posés entre 16 heures et 17 heures et relevés le lendemain entre 06 heures et 07 heures, pour la pêche de nuit. Ils sont reposés entre 07 heures et 08 heures puis relevés entre 15 heures et 16 heures, pour la pêche de jour. Par ailleurs, l'épervier a été utilisé pour capturer les poissons grâce à un appât (sons de maïs).

L'identification des spécimens collectés a été effectuée au niveau spécifique à l'aide des clés proposées par Paugy *et al.* (2003a et b), Sonnenberg & Busch (2009) et Froese & Pauly (2014).

Les mensurations des spécimens de poissons effectuées sur le flanc gauche ont été faites au laboratoire à l'aide d'un ichtyomètre et ont concerné la longueur totale et la longueur standard. La longueur totale correspond à la distance prise de l'extrémité du museau à l'extrémité de la nageoire caudale. La longueur standard des poissons est la distance entre l'extrémité du museau et la base (ou l'articulation) de la nageoire caudale et exprimées en millimètre. Le poids total de chaque poisson (non éviscéré) a été mesuré en gramme à l'aide d'une balance électronique de précision 0,1 grammes près.

2.2.5. Analyse du peuplement ichthyologique

2.2.5.1 Richesse spécifique

La richesse spécifique (R_s) du peuplement ichthyologique correspond au nombre total d'espèces de poissons récoltées sur les différents sites d'étude dans la réserve. Il permet de déterminer le nombre total des diverses catégories spécifiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage (Ramade, 2003).

2.2.5.2. Fréquence d'occurrence (F)

La fréquence d'occurrence des espèces dans les différents prélèvements effectués est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre d'échantillons « p » où l'espèce « i » apparaît et le nombre total d'échantillons « p » de l'unité biocénotique considérée (Dajoz, 2000). Elle permet d'obtenir la constance d'une espèce dans un milieu donné (Paugy & Lévêque, 1999). La fréquence d'occurrence « F » est calculée selon la formule suivante :

$$F = Fi / Ft \times 100 \quad (1)$$

Avec : Fi = nombre de relevés contenant l'espèce i et Ft = nombre total de relevés effectués. Selon la classification de Dajoz (2000), la valeur de la fréquence permet de déterminer trois (3) catégories d'espèces :

- $F > 50 \%$: espèces constantes ; espèces présentes dans plus de 50 % des échantillons ;
- $25 \% \leq F \leq 50 \%$: espèces accessoires ; espèces présentes dans 25 à 50 % des échantillons ;
- $F < 25 \%$: espèces accidentelles ; espèces présentes dans moins de 25 % des échantillons.

2.2.5.3. Abondance relative

L'abondance relative représente le quotient du nombre d'individus de l'espèce (i) présent par rapport au nombre total d'individus (Ramade, 2003). L'abondance relative traduit l'importance numérique d'une espèce dans une communauté. Elle est aussi bien variable dans l'espace que dans le temps et sa formule est la suivante :

$$Pi = ni / N \times 100 \quad (3)$$

Pi = abondance relative de l'espèce i ; ni = nombre d'individus de l'espèce i ; N = nombre total d'individus.

L'abondance relative a permis de déterminer l'importance des différentes espèces de poissons aux différentes stations d'échantillonnage de la réserve. Ainsi, les principales espèces sont celles qui représentent au moins 10 % de l'effectif total des poissons récoltés sur au moins une des 06 stations d'échantillonnage (Wasson *et al.*, 2002 ; Edia, 2008). Dans cette étude la croissance relative et le facteur de condition des principales espèces ont été déterminés.

2.2.5.4. Croissance relative (relation taille-poids) et Facteur de condition

Partant de l'équation de Le Cren (1951), $P = a * L^b$ où L , est la longueur standard du poisson en cm et P , le poids total du poisson en g, les paramètres a et b , représentant respectivement l'intercepte et le coefficient d'allométrie ont été déduits par linéarisation logarithmique. Le Facteur de condition de Fulton (K) a été calculé afin d'apprécier l'état d'embonpoint des poissons, suivant la formule : $K = 100 * (P) / (L^3)$.

2.2.5.5. Analyse de la diversité des peuplements

2.2.5.5.1. Indice de diversité de Shannon (H')

L'indice de diversité de Shannon (H') (Shannon & Weaver, 1963), est utilisé pour mettre en évidence la diversité globale des communautés (Ramade 2003). Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce.

Il a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

Avec p_i : abondance relative de l'espèce i dans l'échantillon.

L'indice de diversité de Shannon exprimé en « Bit » fluctue entre 0 et $\log S$. La valeur de H' se situe entre 0,5 (très faible diversité) et 4,5 ou 5 (communautés les plus diversifiées et réparties équitablement) (Le Bris, 1988).

2.2.5.5.2. Indice d'équitabilité de Pielou (E)

L'indice d'équitabilité de Pielou (E) (1969) traduit le degré de diversité atteint pour identifier l'équilibre des communautés (Dajoz, 2000). Cet indice correspond au rapport de la diversité H' à la diversité maximale pouvant être obtenue avec le même nombre d'espèces ($H'_{\max} = \log_2 S$).

Son équation s'énonce selon la formule suivante :

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

Avec S : nombres d'espèces observées

L'indice d'équitabilité (E) de Pielou varie entre 0 et 1. Lorsqu'il est proche de 0, cela signifiera qu'une espèce domine largement la communauté et lorsqu'il équivaut à 1, toutes les espèces tendent à avoir la même abondance dans un milieu).

2.2.6. Traitement statistique

2.2.6.1. Analyses univariées

La vérification de la normalité des différentes données a été réalisée à l'aide du test de Shapiro-Wilk (Shapiro *et al.*, 1968). Les tests non paramétriques tels que le test de Kruskal-Wallis (comparaisons multiples), le test U de Mann-Whitney (comparaison de deux échantillons) ont été également employés pour les comparaisons inter et intra sujet lorsque la distribution des variables ne respectait pas l'une des conditions d'utilisation d'une ANOVA classique. Le test de Kruskal-Wallis a été employé pour tester la variabilité des paramètres entre différents groupes de stations. Le test de Mann-Whitney a par la suite été utilisé pour identifier des différences entre les groupes pris deux à deux. En effet, la valeur de la « signification asymptotique » indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variables quand elle est supérieure à 0,05, et inversement lorsque celle-ci est inférieure à 0,05. Par ailleurs, le test G de proportion a été employé pour comparer les proportions des stations selon les différentes distributions spatiales des poissons. En outre, le test de corrélation de Spearman a

été employé pour tester la corrélation entre les indices utilisés pour l'évaluation de la qualité des eaux. Cette méthode non paramétrique permet de mesurer l'intensité de la relation entre deux indices (Mary, 2016). Les données recueillies ont été traitées à l'aide des logiciels statistiques Statistica version 7.1, sous Excel (Microsoft Office 2016).

2.2.6.2. Analyses multivariées

2.2.6.2.1 Classification Hiérarchique Ascendante (CAH)

La Classification Hiérarchique Ascendante (ACH) a été utilisée pour vérifier si deux observations contiguës dans un espace réduit à deux composantes sont effectivement proches dans la réalité. La classification hiérarchique est une méthode qui ne sépare pas les individus en un nombre de classes fixé au départ par l'utilisateur. Cette méthode procède par agglomérations successives des individus jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une classe composée des « n » individus de départ mais l'utilisateur arrête le processus au niveau qu'il aura choisi (Trouilhé, 2006). Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica version 7.1, sous Excel (Microsoft Office 2013).

2.2.6.2.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée dans cette étude pour corréler les paramètres physico-chimiques et les stations d'échantillonnage (Kampa *et al.*, 2000). Cette analyse permet ainsi de caractériser les différentes stations d'échantillonnage à partir des paramètres physico-chimiques. C'est une méthode statistique factorielle descriptive dont l'objectif est de présenter sous forme graphique le maximum de l'information contenue dans un tableau de données de taille importante. Les données à traiter par l'ACP sont stockées dans un tableau rectangulaire ou matrice. Les lignes de cette matrice représentent les individus « n » sur lesquels sont mesurés des variables quantitatives « p » disposées en colonnes. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel Statistica version 7.1 (sous Excel de Microsoft Office 2013).

2.2.6.2.3. Cartes auto-organisatrices de Kohonen (SOM)

L'algorithme des cartes auto-organisatrices « Self Organizing Maps (SOM) » ou cartes de Kohonen (Kohonen, 1982) a été utilisé pour ordonner les sites d'études en fonction des variables environnementales et des assemblages des espèces de poissons. Ces modèles neuronaux artificiels permettent de représenter des données multidimensionnelles dans un espace de dimension inférieure (Kohonen, 1995). Le choix de la taille de la carte est un paramètre

déterminant pour détecter au mieux l'écart entre les données. L'apprentissage se fait donc avec différentes tailles de carte et la taille optimale est choisie en minimisant les erreurs dites de quantification (QE) et de topographie (TE) (Kohonen, 2001). La *QE* qui mesure la résolution de la carte est la moyenne des distances entre chaque vecteur d'entrée et son BMU. La *TE* représente la proportion des vecteurs de données pour lesquels les 1er et 2ème BMU ne sont pas adjacents et donc est utilisée pour mesurer la préservation de la typologie.

L'interface SOM Toolbox (version 2) pour Matlab® qui a été utilisée, a été développée par l'Université de Technologie d'Helsinki est disponible sur le site : <http://www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox>.

2.2.7. Détermination du statut de conservation et de la vulnérabilité

Le statut de conservation et la vulnérabilité des espèces de poissons collectées dans la réserve ont été déterminés respectivement selon le lien www.fishbase.org et la classification de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature version 2019.

La figure 6 présente les différentes catégories de l'UICN. Plusieurs critères sont pris en comptes pour attribuer une catégorie. Il s'agit du Critère A (réduction de la taille de la population au plan mondial), Critère B (répartition géographique des espèces), Critère C (la taille de la population et le déclin), Critère D (population limitée) et Critère E (analyse quantitative des espèces).

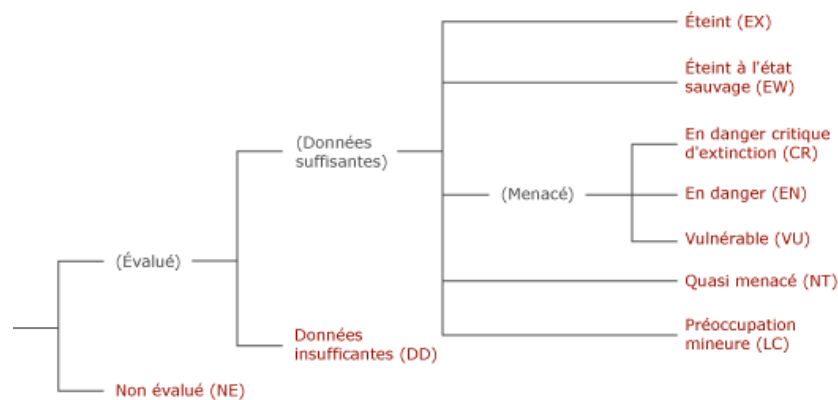


Figure 6 : Structure des catégories de l'union internationale pour la conservation de la nature version 2019

Troisième partie : Résultats et Discussion

3.1. ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE ET CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET HYDROMORPHOLOGIQUES DES EAUX

3.1.1.1. Environnement abiotique des stations d'échantillonnage

3.1.1.1.1. Stations situées dans la partie amont du fleuve Bandama dans la réserve

Les coordonnées géographiques des stations Bandama Tortiya A (BTA) (Figure 7A) et Bandama Tortiya B (BTB) (Figure 7B) de : 08°16'14.0'' N et 005°21'10.1'' W et d'altitude 889 mètres et de : 08°36'12.4'' N, 005°34'21.7'' W et 894 mètres d'altitude. On observe aux rives droites et gauches de ses stations une végétation ripicole. Par ailleurs, BTA et BTB sont situées à proximité d'un ancien site d'orpaillage et d'une plantation d'anacarde en rive gauche. Par contre, la station BTA présente des signes d'activité de pêche clandestine. L'eau est claire à la station BTA, avec la présence d'algue verdâtre en pleine eau. Tandis qu'elle est légèrement trouble à la station BTB. Le substrat sur ces stations est constitué de sable, de blocs de roche et de débris végétaux (feuilles, branches...). La pente à BTA est de 60 %, alors qu'elle est de 65 % à la station BTB.



Figure 7 : Vue partielle de stations Bandama Tortiya A (A) et Bandama Tortiya B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018).

3.1.1.1.2. Stations situées dans la partie médiane du fleuve Bandama dans la réserve

Les stations Bandama Sinaïm A (BSA) (Figure 8A) et Bandama Sinaïm B (BSB) (Figure 8B) ont respectivement pour coordonnées géographiques : 08°26'36.2'' N et 005°37'57.7'' W et d'altitude 899 mètres et : 08°27'30.9'' N, 005°36'23.2'' W et 927 mètres d'altitude. A ces stations une végétation ripicole s'observe aux rives droites et gauches et la pente est de 30 %. La station BSA est une zone de pêche clandestine. Tandis qu'à la station BSB, le lit principal du fleuve est obstrué par le transport, le dépôt et l'accumulation de la terre issue du lavage de l'or. A ces stations l'eau est claire, cependant on observe à BSA la présence d'algue rougeâtre en pleine eau. Le substrat à la station BSA est composé de vase, de sable et de débris végétaux

(feuilles, branches...). Cependant, il est constitué de graviers, de roches et de débris végétaux (feuilles, branches et troncs) à BSB.

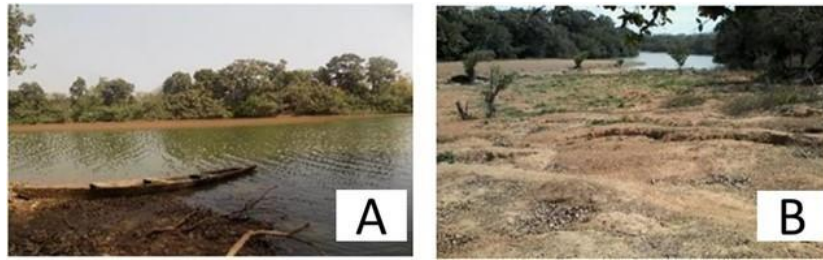


Figure 8 : Vue partielle des stations Bandama Sinaïm A (A) et Bandama Sinaïm B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018).

3.1.1.1.3. Stations situées dans la partie aval du fleuve Bandama dans la réserve

Les coordonnées géographiques de la station Bandama Yayakaha A (BYA) (Figure 9A) sont de : 08°16'54.3'' N, 005°22'10,0'' W et 857 mètres d'altitude et celles de la station Bandama Yayakaha B (BYB) (Figure 9B) sont de : 08°16'14.0'' N, 005°21'10.1'' W et 864 mètres d'altitude. BYA se situe à l'embouchure avec la rivière Nambyon, on y observe un important dépôt d'ordures ménagères en rive droite. Quant à la station BYB, elle était une zone d'approvisionnement en eau pour la population villageoise de « Yayakaha » village de clandestins autrefois situé à l'intérieur de la réserve. L'eau sur ces stations est trouble, avec une végétation ripicole aux rives gauches et droites. Le substrat de ces stations est constitué de vase, de sable et de débris végétaux (feuilles, branches...). La pente aux stations est de 35 %.

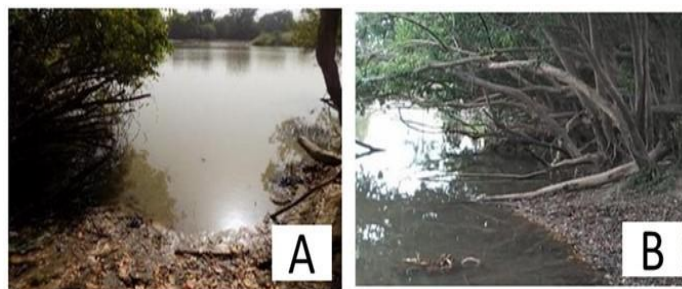


Figure 9 : Vue partielle des stations Bandama Yayakaha A (A) et Bandama Yayakaha B (B), entre janvier 2018 et février 2019 (Photo : ZAMBLE. T, janvier 2018).

3.1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques et hydromorphologiques des eaux

3.1.1.2.1. Variations spatiales et saisonnières

3.1.1.2.1.1. Température

Les variations spatiales et saisonnières de la température des eaux sur le fleuve dans la réserve du Haut-Bandama sont représentées par la figure 10. La valeur minimale de 23°C de la

température a été enregistrée dans l'ensemble des stations (BSA, BSB, BTA, BTB, BYA et BYB). Par contre, la valeur maximale de 27,8°C a été notée en aval du fleuve Bandama à la station BYB. Les valeurs médianes de la température ne varient pas significativement d'une station à l'autre sur le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les eaux du fleuve Bandama dans la réserve sont moins chaudes (23°C), durant les deux saisons climatiques. En revanche, elles sont plus chaudes (27,8°C), pendant la saison sèche. Les valeurs de la température varient significativement entre les deux saisons climatiques sur le fleuve Bandama (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

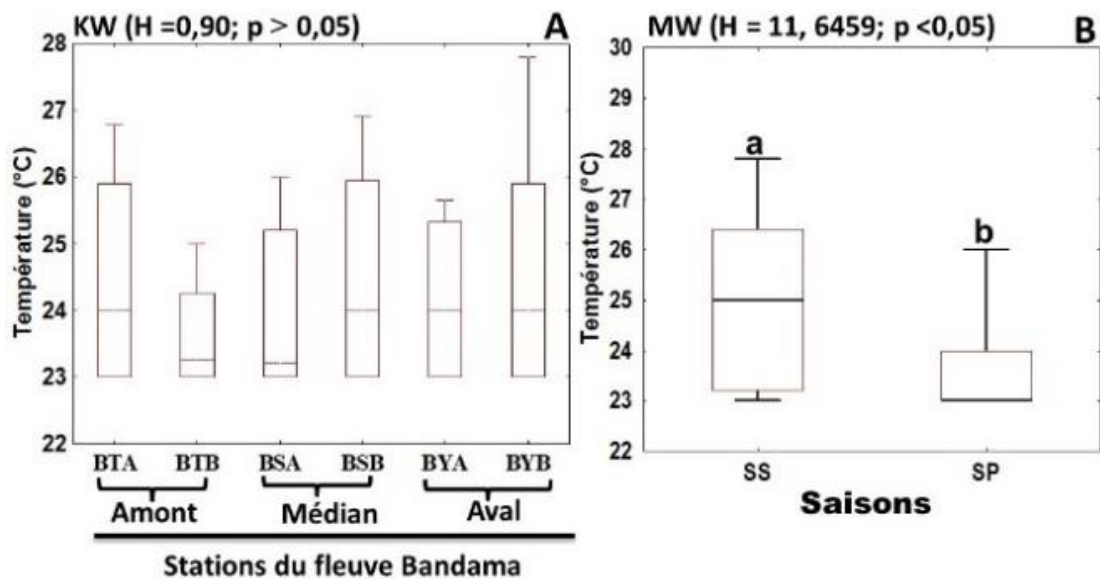


Figure 10 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la température des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse.

3.1.1.2.1.2. pH

Les variations spatiales et saisonnières du pH des eaux du fleuve dans la réserve du Haut-Bandama sont illustrées par la figure 11. La valeur minimale du pH de 6,70 a été enregistrée à la station BYA, tandis que la valeur maximale de 11,55 est notée à la station BTA. Les valeurs médianes du pH ne varient pas significativement d'une station à l'autre sur le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Au niveau saisonnier, les eaux du fleuve Bandama sont acides (6,7) durant la saison pluvieuse et basiques (11,5) pendant la saison sèche. Les valeurs de ce paramètre varient significativement entre les deux saisons climatiques dans le fleuve Bandama (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

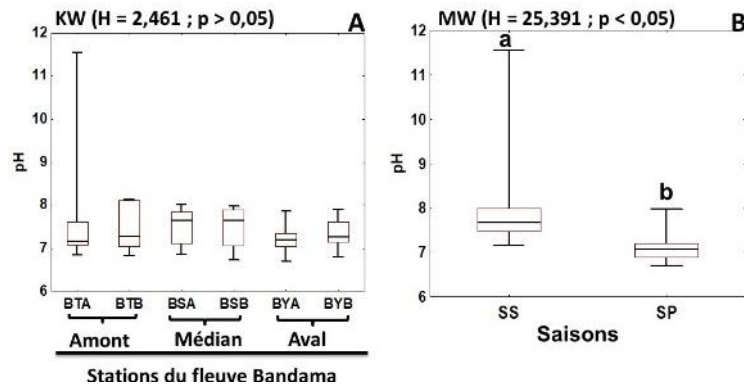


Figure 11 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) du pH des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.
Ss = saison sèche, **Sp** = saison pluvieuse

3.1.1.2.1.3. Oxygène dissous

La figure 12 indique les variations spatiales et saisonnières de l'oxygène dissous enregistrées sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama. La station BSA, située dans le cours médian enregistre les valeurs minimales (2,65 ppm) et maximales (26,97 ppm) de l'oxygène dissous. Les valeurs médianes du taux d'oxygène dissous ne varient pas significativement entre les stations sur le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les eaux du fleuve Bandama dans la réserve sont moins oxygénées (2,65 ppm) durant les deux saisons climatiques. Par contre, elles sont plus oxygénées (26,97 ppm) pendant la saison sèche. Les valeurs de la teneur en oxygène dissous ne varient pas significativement entre les deux saisons climatiques dans le fleuve Bandama (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

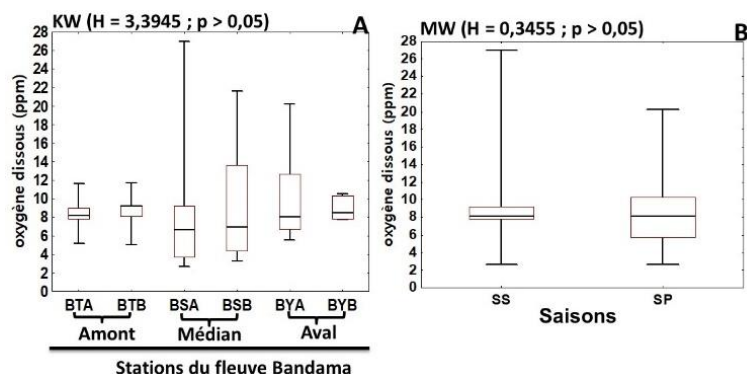


Figure 12 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'oxygène dissous des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Ss = saison sèche, **Sp** = saison pluvieuse ; $P =$ au seuil de significativité de, 0,05.

3.1.1.2.1.4. Conductivité

La figure 13 présente les variations spatiales et saisonnières de la conductivité des eaux du fleuve dans la réserve du Haut-Bandama. Dans les stations, la conductivité oscille entre 71,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BYA) et 166,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BYB). Les valeurs médianes de la conductivité ne varient pas significativement entre les stations sur le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les eaux du fleuve Bandama enregistrent une faible conductivité (71,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) durant la saison pluvieuse. Tandis qu'elle est plus élevée (166,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$) durant la saison sèche. Les valeurs de la conductivité varient significativement entre les deux saisons climatiques dans le fleuve Bandama (tests de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

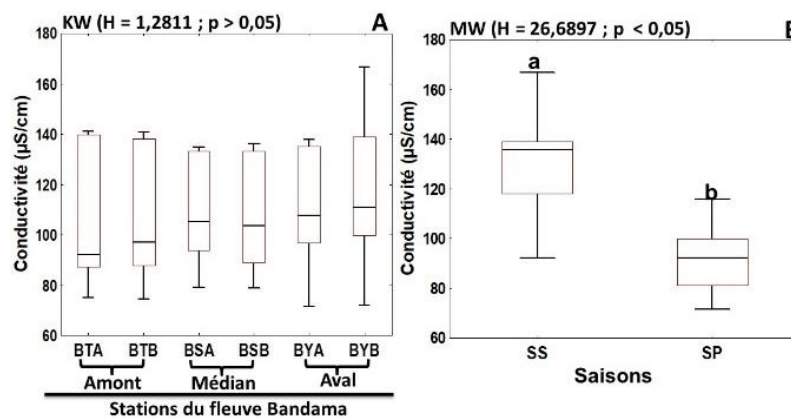


Figure 13 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la conductivité des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.
Ss = saison sèche, **Sp** = saison pluvieuse

3.1.1.2.1.5. Turbidité

La figure 14 montre les variations spatiales et saisonnières de la turbidité des eaux du fleuve dans la réserve du Haut-Bandama. Dans l'ensemble des stations, la turbidité oscille entre 10,15 NTU à la station BYB et 325,33 NTU à la station BTB. Les valeurs médianes de la turbidité ne diffèrent pas significativement d'une station à l'autre dans le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les eaux du fleuve Bandana dans la réserve sont moins troubles (10,15 NTU) durant la saison sèche et plus troubles (325,33 NTU) pendant la saison pluvieuse. Les valeurs de la turbidité varient significativement entre les deux saisons climatiques dans le fleuve Bandama (tests de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

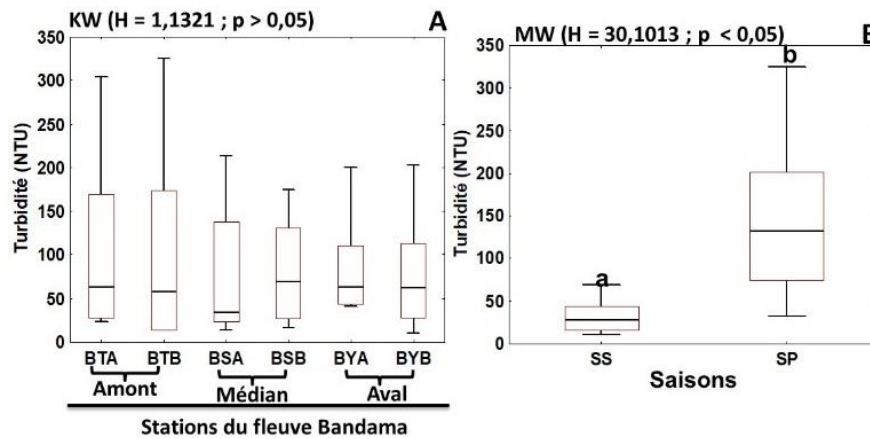


Figure 14 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la turbidité des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse

3.1.1.2.1.6. Largeur du lit mouillé

Les variations spatiales et saisonnières de la largeur du lit mouillé du fleuve dans la réserve du Haut-Bandama sont présentées à la figure 15. Dans toutes les stations, les valeurs de la largeur du lit mouillé sont comprises entre 70 m à la station BSB et à la station BYB et 225 m à la station BSA. Les valeurs médianes de la largeur du lit mouillé ne varient pas significativement entre les stations dans le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Le fleuve Bandama est moins étendu (70 m) pendant les deux saisons climatiques et plus étendu (225 m) durant la saison pluvieuse. Les valeurs de la largeur du lit mouillé varient significativement entre les deux saisons climatiques dans le fleuve Bandama (tests de Mann-Whitney, $p < 0,05$)

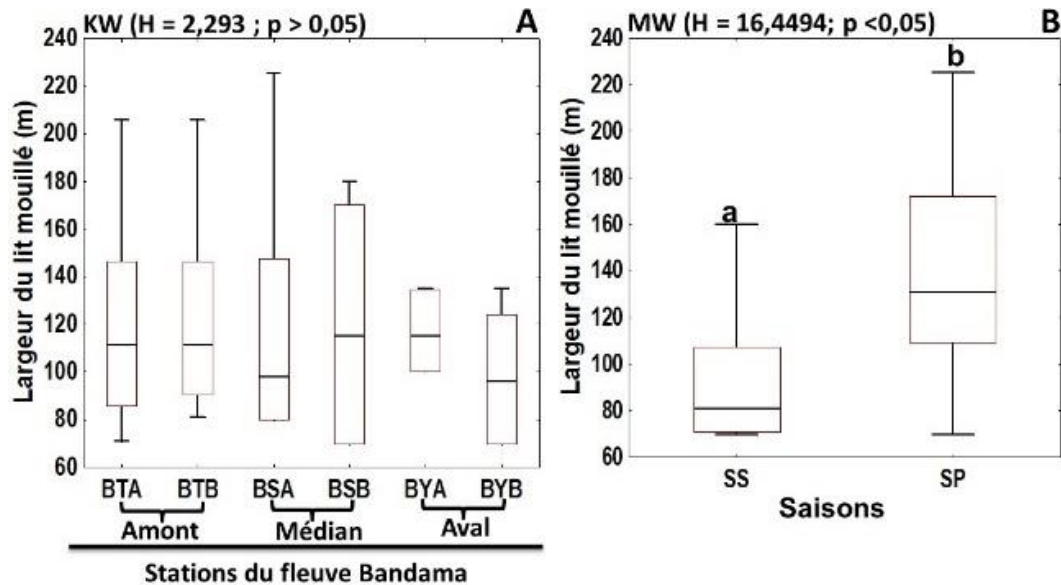


Figure 15 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la largeur du lit mouillé des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons, selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse

3.1.1.2.1.7. Vitesse du courant

La figure 16 fait état des variations spatiales et saisonnières de la vitesse du courant sur le fleuve dans la réserve du Haut-Bandama. Les valeurs mesurées sur l'ensemble des stations oscillent entre 0,10 m/s à la station BTA, aux stations BSA et BSB et aux stations BYA et BYB et 0,9 m/s, à la station BTB. Les valeurs médianes de la vitesse du courant varient significativement d'une station à l'autre dans le fleuve Bandama (tests de Kruskal-Wallis et de Mann-Whitney, $p < 0,05$). Cependant, les valeurs médianes de la vitesse du courant aux stations BTA et BTB, situées en amont ne diffèrent pas significativement. Il en est de même des stations BSA et BSB du cours moyen et des stations BYA et BYB de l'aval (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$). La vitesse du courant sur le fleuve Bandama est faible (0,1 m/s) pendant les deux saisons climatiques, alors qu'elle est forte (0,9 m/s) durant la saison pluvieuse. Les valeurs de la vitesse du courant sur le fleuve Bandama au sein de la réserve diffèrent significativement entre les deux saisons climatiques (test, de Mann-Whitney, $p < 0,05$)

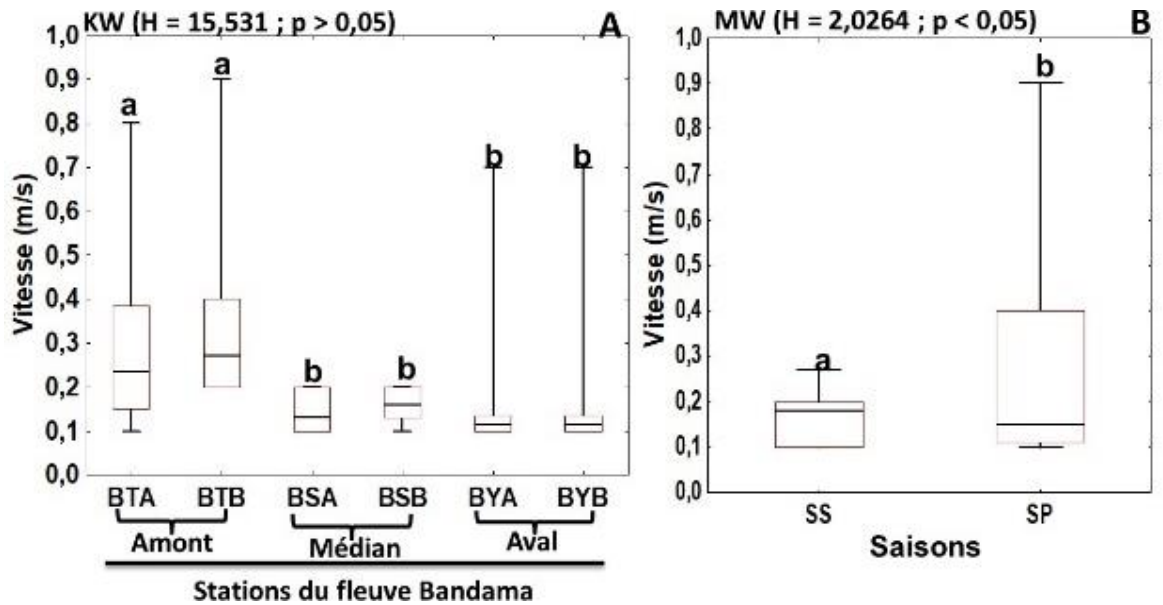


Figure 16 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la vitesse du courant des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des stations et des saisons, selon les tests de Kruskal-Wallis (KW) et de Mann-Whitney (MW), P = au seuil de significativité de 0,05.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse

3.1.1.2.1.8. Profondeur

La figure 17 indique les variations spatiales et saisonnières de la profondeur aux stations d'échantillonnage. Sur l'ensemble des stations de la réserve, les valeurs de la profondeur sont comprises entre 0,25 m respectivement aux stations BYB et BSB et 2,51 m à la station BTB. Les valeurs médianes de la profondeur ne varient pas significativement entre les stations sur le fleuve Bandama (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les eaux aux stations d'échantillonnage sur le fleuve Bandama dans la réserve sont plus profondes (2,51 m) durant la saison des pluies et moins profondes (0,25 m) pendant la saison sèche. Les valeurs de la profondeur aux stations d'échantillonnage varient significativement entre les deux saisons climatiques (tests de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

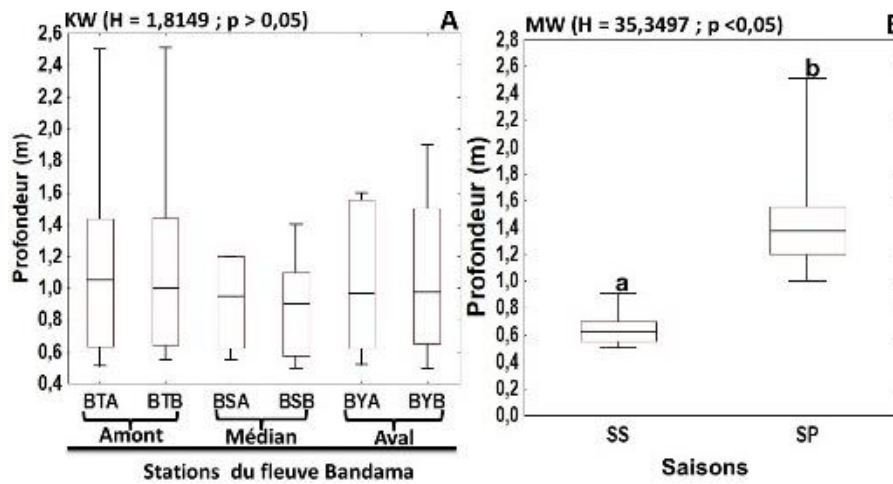


Figure 17 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de la profondeur des eaux aux stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

a et b = Indiquent les différences observées au niveau des saisons selon le test de Mann-Whitney (MW), $P =$ au seuil de significativité de 0,05.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse

3.1.1.2.2. Typologie des habitats

L'Analyse de Classification Hiérarchique (ACH), réalisée à partir des données abiotiques a permis de regrouper les stations d'échantillonnage présentant des similarités physico-chimiques. La classification des stations retenues sur le fleuve Bandama dans la réserve s'est effectuée sur la base des valeurs moyennes de chaque variable environnementale. Ainsi, trois (3) groupes de stations ont été retenus (GI, GII et GIII) Le groupe I (GI) regroupe les stations BTA et BTB de l'amont. Le groupe II (GII) englobe uniquement la station BYB de l'aval. Le groupe III (GIII) regroupe les stations BSA et BSB du cours médian et la station BYA, située en aval (Figure 18).

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée à partir des données abiotiques a permis de regrouper les stations d'échantillonnage retenues sur le fleuve dans la réserve présentant des similarités physico-chimiques (Figure 19A). Cette classification a été effectuée sur la base des valeurs moyennes de chaque paramètre. L'axe F1 et l'axe F2 représentent respectivement 46,85 % et 24,92 % ; soit 71,77 % de l'information contenue dans la matrice des données (Figure 19A). Le cercle de corrélation indique une forte corrélation positive de l'oxygène dissous à l'axe F1, alors que la turbidité et le pH sont négativement corrélés à cet axe. Quant à l'axe F2, il présente une corrélation positive avec la conductivité, (Tableau I).

La carte factorielle de l'ACP présente également la distribution des six (6) stations d'échantillonnage selon leurs caractéristiques physico-chimiques (Figure 19B). La

classification effectuée sur les axes de l'ACP montre que l'axe F1 distingue les stations du groupe I (stations BTA et BTB) dans sa partie négative, pendant que les stations du groupe III (stations BSB, BSA et BYA) sont situées dans la partie positive de cet axe. L'axe F2 distingue la station du groupe II (station BYB) dans sa partie positive (Figure 18B).

Selon l'axe F1, les stations du groupe III (stations BSA, BSB et BYA) sont positivement associées aux valeurs élevées de l'oxygène dissous et de la température. Cependant, suivant le même axe, les stations du groupe I (stations BTA et BTB) sont négativement corrélées aux valeurs élevées de la vitesse, du pH et de la turbidité. Sur l'axe F2, la station BYB du groupe II est positivement corrélée avec la valeur élevée de la conductivité.

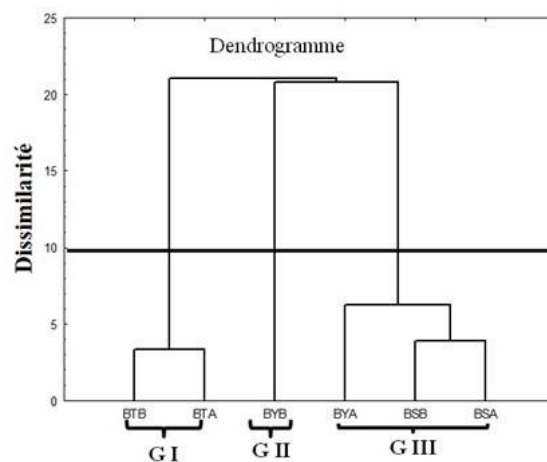


Figure 18 : Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des stations retenues au sein de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019. G I, G II et G III = groupes observés.

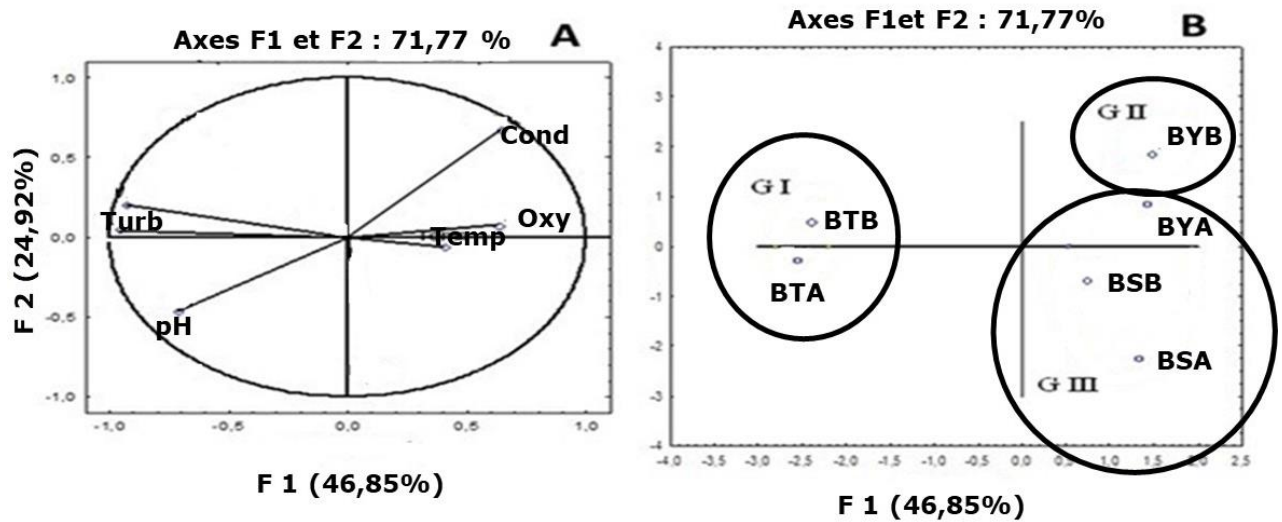


Figure 19 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur la base des variables mesurées aux différentes stations d'échantillonnage du fleuve Bandama au sein de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

A = Cercle de corrélation des paramètres abiotiques sur les axes factoriels ; **B** = Carte factorielle présentant la distribution des six stations d'échantillonnage selon leurs caractéristiques physico-chimiques; **Temp** = température ; **Turb** = turbidité ; **Cond** = Conductivité ; **Oxy** = Oxygène dissous aux stations d'échantillonnage ; G I, G II et G III = groupes observés.

Tableau I : Poids factoriels des paramètres sur les deux premiers axes (F1 et F2) de l'ACP sur les paramètres physico-chimiques sur le fleuve au sein de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Paramètres	Axes factoriels	
	F1	F2
Conductivité	0,642	0,671
pH	-0,708	-0,466
Température	0,403	-0,062
Oxygène dissous	0,629	0,073
Turbidité	-0,960	0,043

Les poids factoriels significatifs sont en gras

3.2. COMPOSITION ET STRUCTURE DU PEUPLEMENT ICHTYOLOGIQUE

3.2.1.1. Analyse qualitative du peuplement ichtyologique

3.2.1.1.1. Composition spécifique globale et caractéristiques générales

Le tableau II présente les compositions et les occurrences des poissons collectés sur le fleuve Bandama dans la réserve. Dans l'ensemble des stations, 33 espèces de poissons réparties entre 17 familles et 08 ordres ont été récoltées. Il s'agit de l'ordre des Polypteriformes, des Clupeiformes, des Osteoglossiformes, des Characiformes, des Cypriniformes, des Siluriformes, des perciformes et des Synbranchiformes. L'ordre des Siluriformes (10 espèces) est le plus diversifié. Cependant, les Polypteriformes, les Clupeiformes et les Synbranchiformes avec 01 espèce chacun sont les moins riches en espèces. La répartition de la richesse spécifique en fonction des stations montre que la station BTA est la plus diversifiée, alors que la station BYB est la moins diversifiée. *Labeo coubie* a été collectée dans l'ensemble des stations.

3.2.1.1.2. Croissances relatives et facteur de condition

Le Tableau III présente les croissances relatives et le facteur de condition des 07 principales espèces récoltées sur le fleuve Bandama dans la réserve. Les longueurs standards des spécimens varient de 2 cm chez *Brycinus imberi* à 28 cm chez *Heterobranchus isopterus* avec des poids qui varient entre 15 g chez *Brycinus imberi* et 29 g chez *Clarias Anguillaris*. Les corrélations entre la longueur et le poids des spécimens sont moins forts, avec des coefficients de détermination qui vont de 0,002 à 0,947. Les 07 principales espèces étudiées ont une allométrie négative. Les faibles valeurs du facteur de condition varient entre 0,0064 chez *Heterobranchus isopterus* et 0,053 chez *Oreochromis niloticus* traduit une mauvaise condition de vie des 07 principales espèces.

Tableau II : Composition et occurrences des espèces de poissons du fleuve Bandama dans la Réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Ordres	Familles	Espèces	Acro	BTA	BTB	BSA	BSB	BYA	BYB
Polypteriformes	Polypteridae	<i>Polypterus endlicheri</i>	Pen	**	**	-	*	-	-
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i> ¹	Ple	*	*	-	-	-	-
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i> ²	Hni	*	-	-	-	-	-
		<i>Marcusenius senegalensis</i>	Mse	-	-	*	-	-	-
	Mormyridae	<i>Mormyrus rume</i>	Mru	-	-	-	*	*	-
Characiformes	Hepsetidae	<i>Petrocephalus bovei</i>	Pbo	*	*	-	-	-	-
		<i>Hepsetus odoe</i>	Hod	-	-	-	-	**	*
	Alestidae	<i>Brycinus imberi</i>	Bim	**	*	**	***	*	-
		<i>Brycinus macrolepidotus</i>	Bma	*	*	*	**	-	-
<i>Hydrocynus forskalii</i>		Hfo	*	-	*	-	-	-	
Cypriniformes	Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	Dro	*	-	*	***	-	-
		<i>Labeo coubie</i>	Lco	*	**	*	*	**	*
		<i>Labeo parvus</i>	Lpa	-	-	*	-	-	-
		<i>Labeo senegalensis</i>	Les	*	*	-	*	-	-
	Cyprinidae	<i>Raiamas senegalensis</i>	Rse	*	*	-	-	-	-
Siluriformes	Claroteidae	<i>Auchenoglanis occidentalis</i>	Aoc	-	**	*	-	*	-
		<i>Chrysichthys maurus</i>	Cma	*	*	-	-	-	-
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Cni	*	*	-	*	*	*
	Schilbeidae	<i>Schilbe mandibularis</i>	Sma	*	-	*	*	-	-
	Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	Can	-	-	-	*	**	*
		<i>Heterobranchius isopterus</i>	His	-	**	*	**	*	*
	Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>	Mel	-	-	-	**	-	-
Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	Sba	*	-	*	***	*	-	
	<i>Synodontis punctifer</i>	Spu	*	*	*	*	-	-	
	<i>Synodontis schall</i>	Ssc	*	*	-	-	**	*	
	<i>Synodontis schall</i>	Ssc	*	*	-	-	**	*	
Perciformes	Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	Pob	-	*	-	-	-	-
	Latidae	<i>Lates niloticus</i>	Lni	*	*	*	-	-	-
		<i>Hemichromis bimaculatus</i>	Hbi	-	-	-	*	*	-
	Cichlidae	<i>Hemichromis fasciatus</i>	Hfa	-	-	-	*	-	-
		<i>Oreochromis niloticus</i> ²	Oni	**	*	-	**	***	*
		<i>Coptodon guineensis</i>	Tgu	*	**	*	**	-	-
<i>Coptodon zillii</i>		Tzi	*	-	-	*	*	-	
Synbranchiformes	Mastacembelidae	<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	Mni	-	-	-	*	-	
Total 08	17	33		21	18	14	20	13	7

* = Espèce accidentelle ; ** = Espèce accessoire ; *** = Espèce constante, - = absence d'espèce, Acro = Acronyme ; 1 = Espèce estuarienne et/ou marine ; 2 = Espèce introduite.

Tableau III : Paramètres de la relation poids-longueurs et facteur de condition K des 07 principales espèces récoltées sur le fleuve Bandama dans la réserve entre janvier 2018 et février 2019.

Espèces	Nbr	Longueur(cm)			Poids(g)			a	b	Cr	R	K
		Min	Moy	Max	Min	Moy	Max					
<i>Brycinus imberi</i>	39	2	9,5	13,1	15	32,83	50,2	11,975	0,4325	A-	0,432	0,0382
<i>Clarias Anguillaris</i>	10	15	24,4	32	64	150,3	290	0,577	1,72	A-	0,947	0,01
<i>Heterobranchus isopterus</i>	16	28	28	28	102	141,3	169	20,085	0,5	A-	0,002	0,0064
<i>Labeo coubie</i>	29	7,6	11,51	13,4	29	56,26	90	1,367	1,5021	A-	0,57	0,0368
<i>Oreochromis niloticus</i>	49	8,7	12,13	17	29	95,06	159	1,22	1,7323	A-	0,718	0,053
<i>Synodontis schall</i>	29	11	12,03	12,6	66	84,96	102	7,552	0,9703	A-	0,339	0,048
<i>Tilapia guineensis</i>	30	11	10,92	12	50	62,96	90	46,339	0,1236	A-	0,002	0,048

Nbr = Nombre de spécimens, Cr = type de croissance, A = allométrie négative, K = Facteur de condition, Moy = moyenne, Min = minimum et Max = maximum, a = Constante, b = Coefficient d'allométrie et R = Coefficient de détermination

3.2.1.2. Analyse de la diversité du peuplement ichthyologique

3.2.1.2.1. Variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique (Rs)

La figure 20 présente les variations spatiales et saisonnières de la richesse spécifique des peuplements de poissons collectés sur le fleuve Bandama dans la réserve. La plus faible valeur de la richesse spécifique (1 espèce) est enregistrée aux stations BTA, BTB et BSA. Par contre, la plus élevée (11 espèces) est observée à la station BSB. Les valeurs médianes de la richesse spécifique ne varient pas significativement entre les stations dans la réserve (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). La richesse spécifique est plus faible (1 espèce) durant la saison sèche et pluvieuse et plus élevée (11 espèces) durant la saison sèche. Les valeurs médianes de la richesse spécifique ne diffèrent pas significativement entre les deux saisons climatiques dans la réserve (test de Mann Whitney, $p > 0,05$).

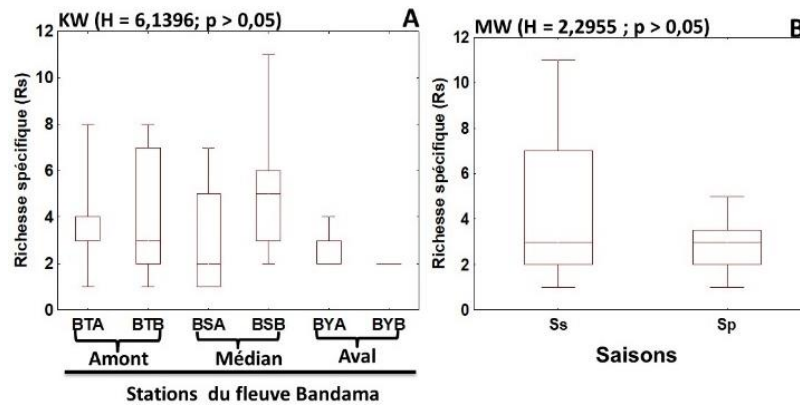


Figure 20 : Variations spatiales (A) et saisonnière (B) de la richesse spécifique du peuplement de poissons sur le fleuve Bandama de la réserve entre janvier 2018 et février 2019. Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse, P = au seuil de significativité de 0,05

3.2.1.2.2. Variations spatiales et saisonnières de l'indice de Shannon (H)

La figure 21 présente les variations spatiales et saisonnières de l'indice de Shannon des peuplements de poissons récoltés sur le fleuve Bandama dans la réserve. Les peuplements de poissons sont moins diversifiées (0,56 bits) aux stations BYB et BSB. Par contre, elles sont plus diversifiées (2,0 bits) à la station BTB. Les valeurs médianes de l'indice de Shannon ne diffèrent pas significativement entre les stations dans la réserve (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les peuplements de poissons sont moins diversifiées (0,56 bits) durant la saison pluvieuse et sèche. Cependant, elles sont plus diversifiées (2,0 bits) pendant la saison sèche. Les valeurs médianes de l'indice de Shannon ne diffèrent pas significativement entre les deux saisons climatiques dans la réserve (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

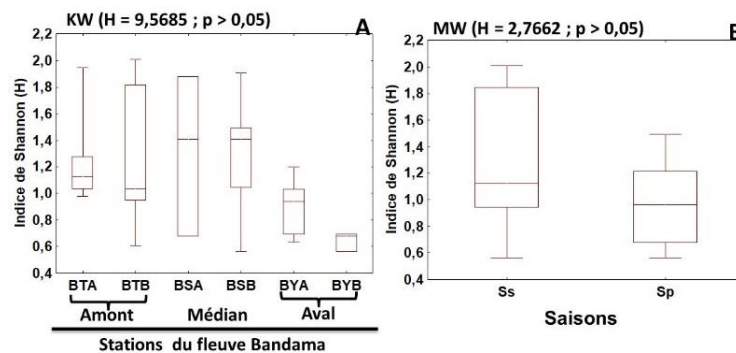


Figure 21 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice de diversité de Shannon du peuplement de poissons collectées suivant les stations du fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019. Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse ; P = au seuil de significativité de 0,05.

3.2.1.2.3. Variations spatiales et saisonnières de l'indice d'équitabilité (E)

La figure 22 indique les variations spatiales et saisonnières de l'indice d'équitabilité des peuplements de poissons capturés sur le fleuve Bandama dans la réserve. Les peuplements de poissons sont moins stables et équilibrés (0,79) à la station BSB. En revanche, elles sont plus stables et équilibrées (1) aux stations BYA et BYB. Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité ne diffèrent pas significativement entre les stations (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Les peuplements de poissons sont moins stables et équilibrés (0,79) durant la saison sèche. Cependant, elles sont plus stables et équilibrées (1) pendant la saison sèche et pluvieuse. Les valeurs médianes de l'indice d'équitabilité ne diffèrent pas significativement entre les deux saisons climatiques dans la réserve (test de Mann-Whitney, $p > 0,05$).

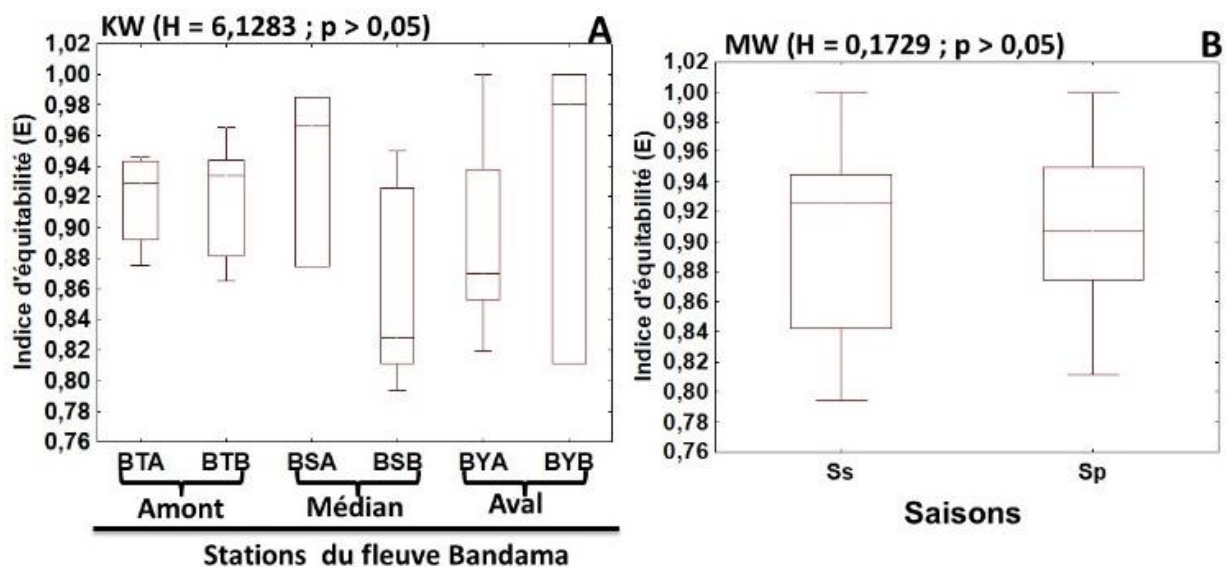


Figure 22 : Variations spatiales (A) et saisonnières (B) de l'indice d'Equitabilité du peuplement de poissons collectées suivant les stations du fleuve Bandama de la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Ss = saison sèche, Sp = saison pluvieuse ; P = au seuil de significativité de 0,05.

3.2.1.2.3. Déterminisme de la richesse spécifique

3.2.1.2.3.1. Profil de distribution de l'ichtyofaune

L'apprentissage des SOM (Self-Organizing Map) réalisé sur la matrice présence/absence des espèces de poissons capturés sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama a permis de classer les 48 échantillons (6 stations x 8 campagnes). Cette classification s'est faite en fonction de la distribution et de la probabilité d'occurrence des espèces de poissons. La carte de 35 cellules (7 lignes x 5 colonnes) est retenue. Les erreurs de quantification et topographique sont les plus faibles sur cette carte (Tableau IV).

Tableau IV : Différentes tailles de carte de Kohonen et les erreurs de quantification et topographique correspondantes

Taille de la carte	Erreur de quantification	Erreur topographique
6*6	1,155	0,000
7*5	1,131	0,000
8*4	1,174	0,000

La taille retenue est en gras.

Les cellules de la carte auto-organisatrice ont été classées en trois groupes (I à III) à partir d’une Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) avec la méthode Ward et la distance euclidienne. Les groupes sont illustrés par différentes figurines sur la carte de Kohonen (Figures 23 et 24). Le groupe I rassemble les échantillons provenant en amont du fleuve Bandama dans la réserve, la station Bandama Tortyia A (BTA) et en aval les stations Bandama Yayakaha A et B (BYA et BYB) (Figure 23). Ce groupe représente 33,52 % de l’ensemble des échantillons. Cette dominance est significative (test G : $p < 0,05$). Le groupe II est significativement caractérisé par les échantillons provenant dans le cours moyen du fleuve Bandama des stations Bandama Sinaïm A et B (BSA et BSB). Le groupe II représente 53,13 % de l’ensemble des échantillons (test G : $p < 0,05$). Quant au groupe III, il représente 13,35 % de l’ensemble des échantillons. Ce groupe renferme majoritairement les échantillons issus en amont du fleuve Bandama de la station Bandama Tortyia B (BTB), qui s’associent significativement (test G : $p < 0,05$).

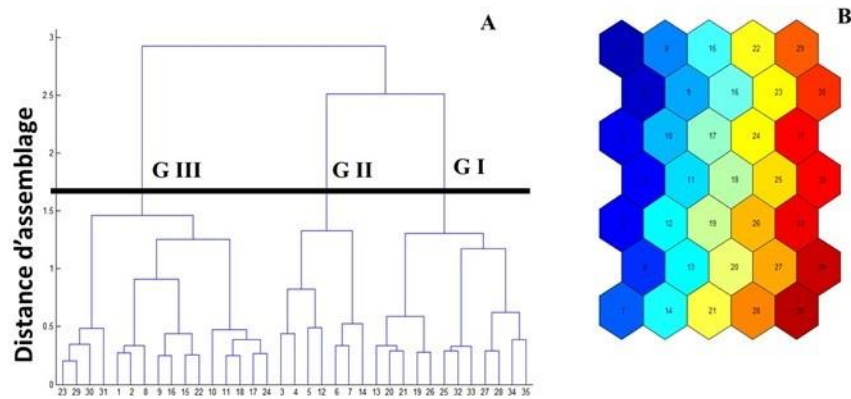


Figure 23 : Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la SOM sur la base des espèces de poissons récoltés dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

A = Classification Hiérarchique Ascendante des cellules de la carte de Kohonen avec la méthode Ward et la distance Euclidienne comme distance d’assemblage (les nombres [1 à 35] correspondent aux numéros de cellules de la carte de Kohonen ; les chiffres romains [I à III] représentent les groupes retenus). B = Carte de Kohonen avec les cellules numérotées de 1 à 35.

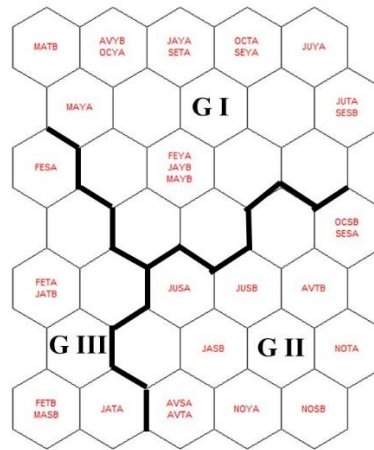


Figure 24 : Distribution des échantillons dans la SOM à partir des données de présence/absence des espèces de poissons récoltés dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Les chiffres romains (I à III) représentent les groupes définis.

La distribution de chacune des espèces de poissons dans chaque groupe défini par la SOM est illustrée par la figure 25. La répartition est faite à partir de l'analyse de la contribution de chaque espèce de poissons dans chaque groupe. Le regroupement des espèces appartenant à un même groupe défini par la SOM est présenté par la figure 26. Le groupe I comprend 12 espèces qui sont : *Auchenoglanis occidentalis* ; *Heterotis niloticus* ; *Petrocephalus bovei* ; *Synodontis schall* ; *Clarias anguillaris* ; *Hepsetus odoe* ; *Chrysichthys maurus* ; *Oreochromis niloticus* ; *Raiamas senegalensis* ; *Distichodus rostratus* ; *Synodontis bastiani* et *Schilbe mandibularis*. Le groupe II plus diversifié ressemble 14 espèces. Il s'agit de : *Brycinus imberi* ; *Hydrocynus forskalii* ; *Mormyrus rume* ; *Coptodon guineensis* ; *Brycinus macrolepidotus* ; *Lates niloticus* ; *Marcusenius senegalensis* ; *Coptodon zillii* ; *Hemichromis bimaculatus* ; *Malapterurus electricus* ; *Parachanna obscura* ; *Hemichromis fasciatus* ; *Mastacembelus nigromarginatus* et *Synodontis punctifer*. Le Groupe III, moins diversifié avec seulement 7 espèces est caractérisé par : *Chrysichthys nigrodigitatus* ; *Polypterus endlicheri* ; *Heterobranchus isopterus* ; *Pellonula leonensis* ; *Labeo coubie* ; *Labeo parvus* et *Labeo senegalensis*. Le nombre d'espèces enregistrées dans les différents groupes diffère significativement d'un groupe à un autre (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Les groupes I et II sont les plus riches en espèces comparativement au groupe III (test de Mann-Whitney, $p < 0,05$).

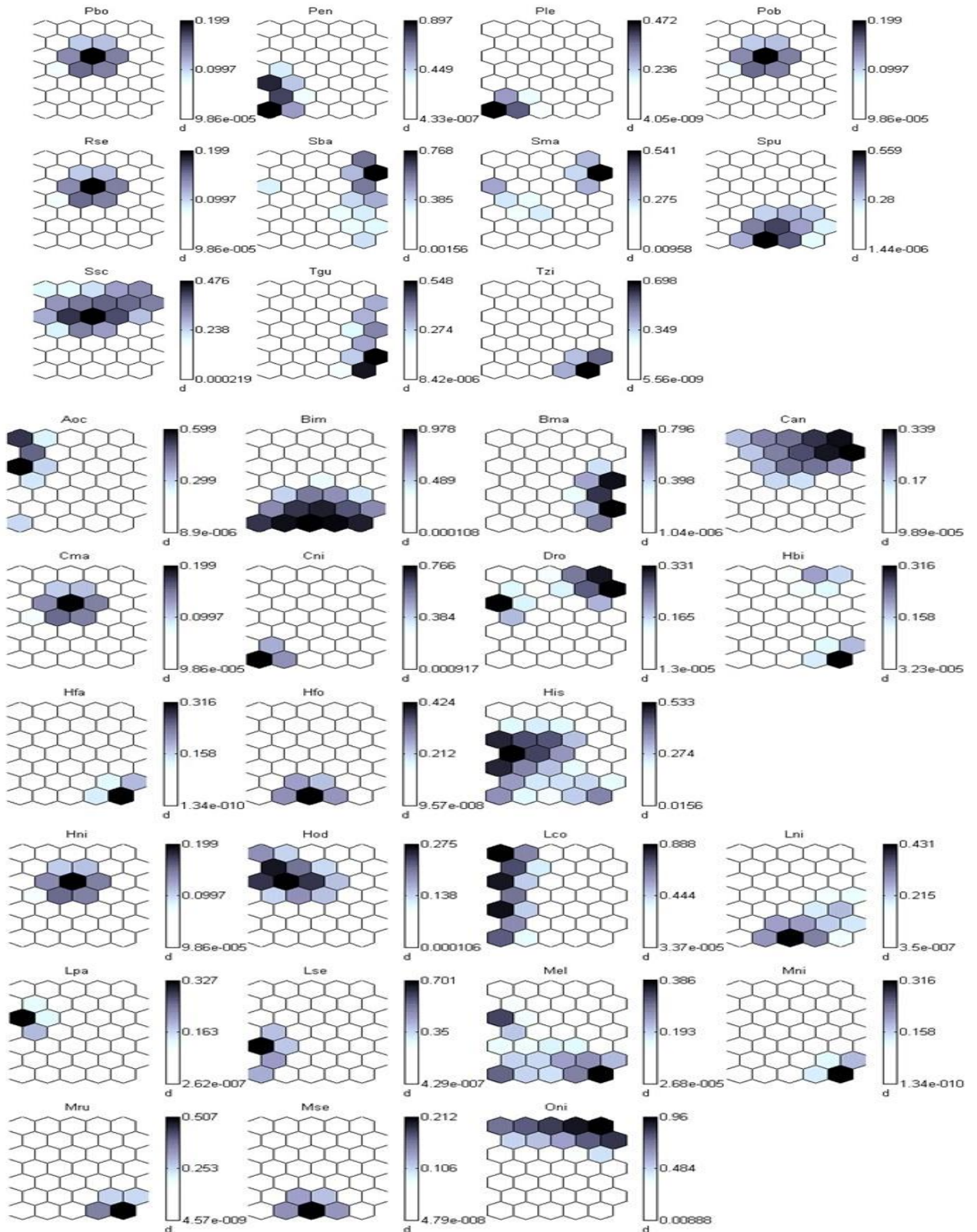


Figure 25 : Patron de distribution de chaque espèce de poissons sur la carte de Kohonen basée sur les données de présence/absence des poissons récoltés dans la Réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle

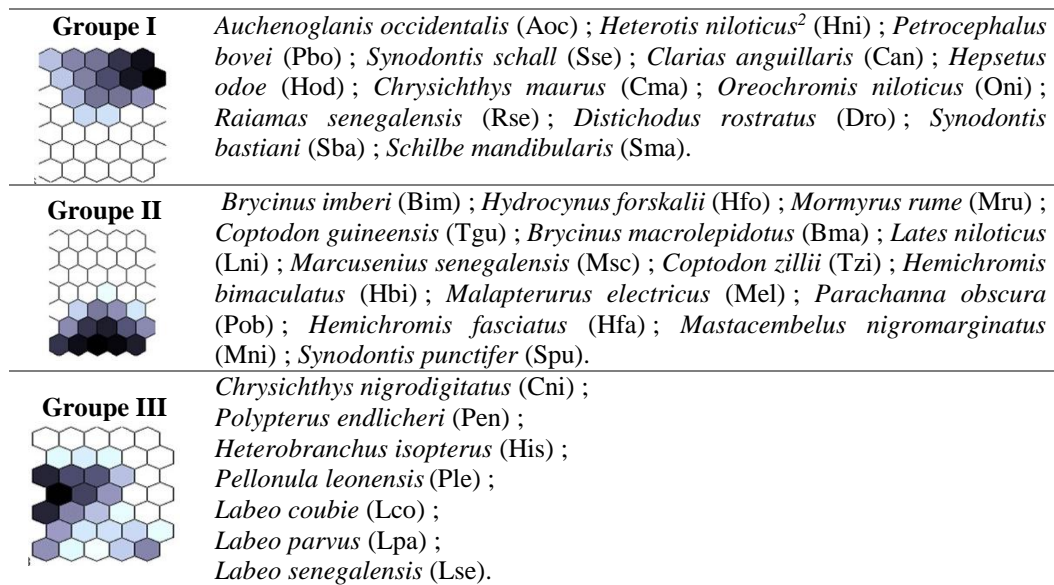


Figure 26 : Distribution des espèces de poissons récoltées dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019 dans chaque groupe défini par la SOM.

Couleur foncée = fréquence élevée ; couleur claire = faible fréquence et voir absence.
 GI à GII : Groupes définis par la SOM.

3.2.1.2.3.2. Influence des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques sur la distribution de l'ichtyofaune

Les variations de la conductivité, du pH, de la température, de la profondeur, de l'oxygène dissous, de la Turbidité, de la vitesse du courant et de la largeur du lit mouille au niveau des groupes I, II et III définis par la carte auto-organisatrice de Kohonen sont illustrées par la figure 26. La conductivité, le pH et la température influencent les espèces du groupe I. Tandis que, la largeur du lit mouille influence les espèces du groupe II. Quant à la profondeur du lit mouille, la vitesse du courant, l'oxygène dissous et la turbidité, ils s'associent aux espèces du groupe III.

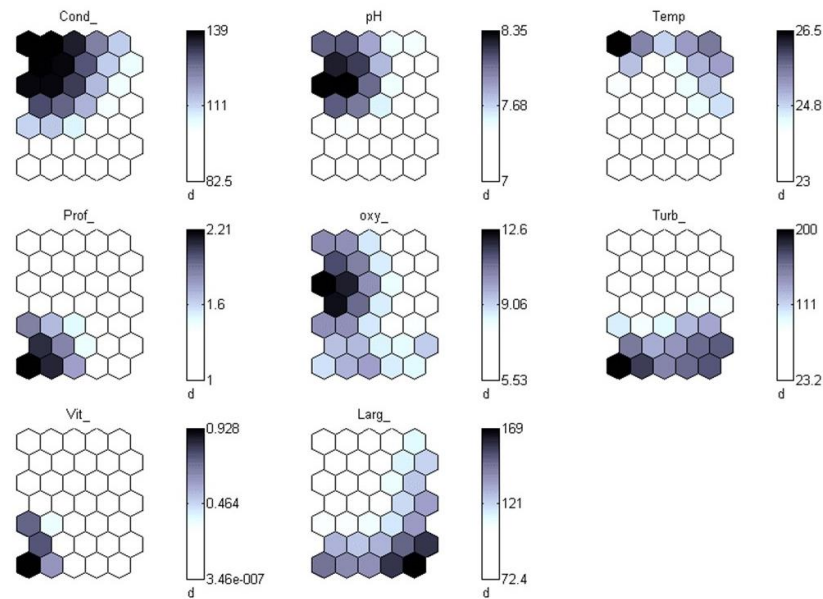


Figure 27 : Carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) montrant les variations environnementales dans les groupes I, II et III (les polygones noirs correspondent à des sites de gradient très élevé).

Cond = Conductivité, **pH** = potentiel hydrogène, **Temp** = Température, **Prof** = Profondeur, **Oxy** = Oxygène dissous, **Turb** = Turbidité, **Vit** = Vitesse du courant, **Larg** = Largeur du lit mouille.

3.3. STATUT DE CONSERVATION ET VULNERABILITE DE L'ICHTYOFAUNE

Les statuts de conservations et la vulnérabilité des espèces de poissons collectées sur le fleuve Bandama dans la réserve sont consignés dans le tableau V. Selon la classification de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2019), sur l'ensemble des 33 poissons échantillonnés, *Labeo coubie* est non évaluée. En revanche, les 32 autres espèces ont une préoccupation mineure. Quant à la vulnérabilité, elle se repartie en six (6) catégories (figure 27), (faible, faible à modérée, modérée, modérée à élevée, élevée et élevée à très élevée) indiquée comme suit :

- 8 espèces à faible vulnérabilité (*Lates niloticus*, *Hemichromis bimaculatus*, *Coptodon guineensis*, *Hepsetus odoe*, *Brycinus imberi*, *Synodontis schall*, *Petrocephalus bovei* et *Pellonula leonensis*¹⁾ ;
- 8 espèces ayant une vulnérabilité faible à modérée (*Brycinus macrolepidotus*, *Raiamas senegalensis*, *Schilbe mandibularis*, *Synodontis bastiani*, *Synodontis punctifer*, *Hemichromis fasciatus*, *Coptodon zillii* et *Oreochromis niloticus*²⁾ ;

- 6 espèces, à vulnérabilité modérée (*Marcusenius senegalensis*, *Hydrocynus forskalii*, *Labeo coubie*, *Labeo senegalensis*, *Auchenoglanis occidentalis*, et *Mastacembelus nigromarginatus*);
- 7 espèces ayant une vulnérabilité modérée à élevée (*Polypterus endlicheri*, *Distichodus rostratus*, *Labeo parvus*, *Chrysichthys maurus*, *Clarias anguillaris*, *Parachanna obscura*, et *Heterotis niloticus*²);
- 3 espèces à vulnérabilité élevée (*Mormyrus rume*, *Chrysichthys nigrodigitatus* et *Heterobranchus isopterus*);
- 1 espèce à vulnérabilité élevée a très élevée (74%), *Malapterurus electricus*

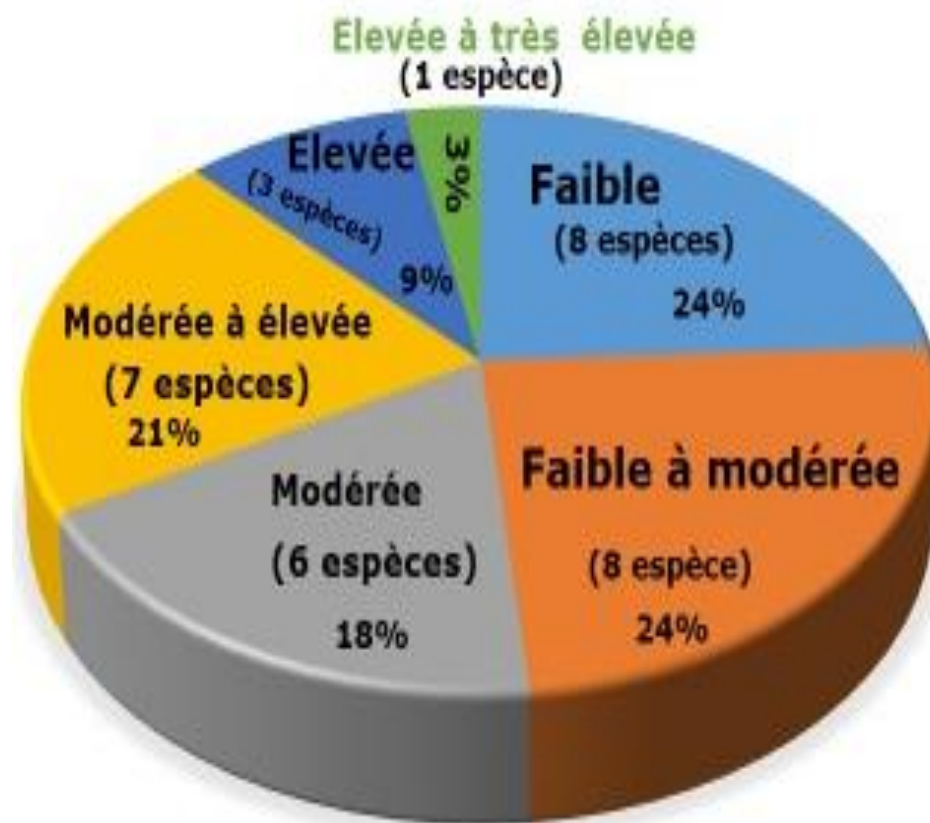


Figure 28 : Répartition des différentes catégories de la vulnérabilité des poissons récoltés dans la Réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019.

Tableau V : Répartition des espèces de poissons échantillonnées sur le fleuve Bandama dans la réserve entre janvier 2018 et février 2019 en fonction de leur statut de conservation et de leur vulnérabilité.

Ordres	Familles	Espèces	Vulnérabilités	Statuts UICN (2019)
Polypteriformes	Polypteridae	<i>Polypterus endlicheri</i>	Modérée à élevée (49%)	Préoccupation mineur
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i> ¹	Faible (12 %)	Préoccupation mineur
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i> ²	Modérée à élevée (55%)	Préoccupation mineur
		<i>Marcusenius senegalensis</i>	Modérée (35%)	Préoccupation mineur
	Mormyridae	<i>Mormyrus rume</i>	Élevée (63%)	Préoccupation mineur
		<i>Petrocephalus bovei</i>	Faible (13%)	Préoccupation mineur
Characiformes	Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	Faible (21%)	Préoccupation mineur
		<i>Brycinus imberi</i>	Faible (10%)	Préoccupation mineur
	Alestidae	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	Faible a modérée (31%)	Préoccupation mineur
		<i>Hydrocynus forskalii</i>	Modérée (39%)	Préoccupation mineur
	Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	Modérée à élevée (52%)	Préoccupation mineur
		<i>Labeo coubie</i>	Modérée (39%)	Non évalué
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Labeo parvus</i>	Modérée à élevée (51%)	Préoccupation mineur
		<i>Labeo senegalensis</i>	Modérée (40%)	Préoccupation mineur
		<i>Raiamas senegalensis</i>	Faible à modérée (32%)	Préoccupation mineur
		<i>Auchenoglanis occidentalis</i>	Modérée (38%)	Préoccupation mineur
Siluriformes	Claroteidae	<i>Chrysichthys maurus</i>	Modérée à élevée (46%)	Préoccupation mineur
		<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Elevée (60%)	Préoccupation mineur
		<i>Schilbe mandibularis</i>	Faible à modérée (29%)	Préoccupation mineur
	Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	Modérée à élevée (54%)	Préoccupation mineur
		<i>Heterobranchus isopterus</i>	Élevée (64%)	Préoccupation mineur
	Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>	Elevée à très élevée (74%)	Préoccupation mineur
	Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	Faible à modérée (25%)	Préoccupation mineur
		<i>Synodontis punctifer</i>	Faible à modérée (26%)	Préoccupation mineur
		<i>Synodontis schall</i>	Faible (21%)	Préoccupation mineur
	Perciformes	Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	Modérée à élevée (47%)
Latidae		<i>Lates niloticus</i>	Faible (19%)	Préoccupation mineur
		<i>Hemichromis bimaculatus</i>	Faible (14%)	Préoccupation mineur
Cichlidae		<i>Hemichromis fasciatus</i>	Faible à modérée (30%)	Préoccupation mineur
		<i>Oreochromis niloticus</i> ²	Faible à modérée (30%)	Préoccupation mineur
		<i>Coptodon guineensis</i>	Faible (19%)	Préoccupation mineur
		<i>Coptodon zillii</i>	Faible à modérée (27%)	Préoccupation mineur
Synbranchiformes	Mastacembelidae	<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	Modérée (43%)	Préoccupation mineur

3.4. Discussion

Les travaux réalisés sur le fleuve Bandama dans la réserve du Haut-Bandama entre janvier 2018 et février 2019, ont permis d'abord de décrire l'environnement abiotique des stations d'échantillonnage et de caractériser les paramètres physico-chimiques des eaux. Ensuite, de montrer la diversité et la structure de la faune ichthyologique et enfin d'évaluer le statut de conservation et la vulnérabilité de la faune ichthyologique de la réserve.

La description de l'environnement abiotique des stations d'échantillonnage montre que la présence d'algues en amont et au cours médian du fleuve respectivement aux stations BTA et BSA. Cette situation serait probablement liée à l'intense activité d'orpaillage clandestin observée en amont de la réserve et à Sinaim (Centre de la réserve). En effet, l'importante accumulation de particules (sable, limon et détritiques) et d'effluents miniers dans le fleuve Bandama favoriseraient la prolifération d'algues (Kressou, 2020). Cette observation corrobore avec celle de Bamba *et al.* (2013), qui lors de leurs travaux au Burkina Faso sur l'impact de l'artisanat minier sur les sols d'environnement agricole, rapportent que l'activité d'orpaillage prédispose les sols à des processus d'érosion souvent intenses et que ces apports en matières organiques seraient à l'origine de la minéralisation des eaux.

L'analyse de la variation spéciale et saisonnière des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques des eaux sur le fleuve Bandama dans la réserve révèle une forte variation saisonnière des paramètres étudiés. Cette saisonnalité des paramètres serait imputable aux apports saisonniers en nutriments et en particules solides provenant du bassin versant sous l'action des eaux de ruissellement en saison des pluies. Ces résultats viennent nuancer celle de Mathuriau (2002), qui affirment que les milieux tropicaux sont caractérisés au cours de l'année par une faible amplitude de variations des paramètres physico-chimiques entre les différentes saisons. Ainsi, les valeurs élevées de la turbidité (10,15 à 325,33 NTU) enregistrée pendant la saison des pluies sur le fleuve dans la réserve résulteraient des matières en suspension dans les eaux du fleuve (N'Douba, 2000). En revanche, les faibles valeurs de la conductivité et du pH des eaux sur le fleuve Bandama dans la réserve durant cette même période seraient imputables au phénomène de dilution des eaux liés à l'augmentation considérable des débits (Bengen *et al.*, 1992). Les valeurs de la température (23 à 27,8 °C) enregistrées sur le fleuve Bandama dans la réserve sont inférieures à celles obtenues par Soro *et al.*, (2019), sur le même fleuve au niveau de Ferkessédougou (26,55 à 31,30°C) et par Yao (2006), sur le fleuve Comoé (20,6 à 32,65 °C). Les eaux froides du fleuve Bandama dans la réserve s'expliqueraient par la présence de végétaux ripicoles aux abords du fleuve, d'où le faible réchauffement de la colonne d'eau.

L'analyse de la composition et la structure de la faune ichthyologique indique que 33 espèces réparties entre 8 ordres et 17 familles ont été inventoriées sur le fleuve Bandama dans la réserve. La présente composition spécifique est inférieure à celles rapportées par Aboua *et al.* (2015), qui ont recensé 47 espèces de poissons dans la même zone (en amont de la retenue de Kossou). Plusieurs raisons pourraient expliquer cette différence spécifique. Il y a entre autres, le matériel d'échantillonnage, la disparition d'espèces due aux altérations environnementales causées par les activités anthropiques données par l'orpaillage clandestin et la zone prospectée (Kouamélan *et al.*, 2003 ; Yao, 2006). Le résultat relatif au facteur de condition des 07 principales espèces est inférieur à 1. Ceci traduit la mauvaise condition de vie des poissons au niveau du fleuve Bandama dans la réserve (Alhassan *et al.*, 2015). Cette situation s'expliquerait par l'utilisation de produits phytosanitaires pour la maintenance des plantations d'anacarde rencontrées dans la réserve, qui atteignent les eaux du fleuve Bandama par lessivage et ruissellement (Lévêque *et al.*, 1983). Par ailleurs, ces produits sont utilisés par les pêcheurs clandestins dans la réserve. L'analyse de la diversité des poissons récoltés sur le fleuve Bandama dans la réserve indique des valeurs de l'indice de Shannon oscillant entre (0,56 et 2,0 bits). Ce résultat montre que le peuplement ichthyofaune est peu diversifié. Selon Frontier (1983), dans les milieux exceptionnellement diversifiés, l'indice de Shannon ne dépasse guère 4,5. Pour Koffi *et al.*, (2007), les effluents miniers rejetés dans les écosystèmes aquatiques détruisent les biotopes aquatiques, ce qui favoriserait une faible diversité des communautés.

Relativement à la vulnérabilité de l'ichthyofaune récoltée sur le fleuve Bandama dans la réserve, *Malapterurus electricus* a été identifié comme étant une espèce à une vulnérabilité allant d'élévée à très élevée (74 %). Pour Kouamélan *et al.* (2003), la persistance des pressions anthropiques exercées sur les milieux aquatiques pourrait entraîner la disparition des espèces.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, notons que les résultats obtenus ont permis une meilleure connaissance de l'environnement abiotique des stations d'échantillonnage, de la composition, de la structuration et du statut de conservation et la vulnérabilité du peuplement ichthyologique de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama située au centre nord de la Côte d'Ivoire.

La description de l'environnement abiotique des stations d'échantillonnage montre que les stations BTA (située en amont) et BSA (située dans le cours médian) du fleuve Bandama dans la réserve sont les plus minéralisées.

L'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux a révélé une forte variation saisonnière des paramètres étudiés. Ainsi, les eaux du fleuve Bandama dans la réserve sont plus minéralisées durant la saison des pluies.

La composition et la structure de la faune ichthyologique inventoriée sur le fleuve Bandama dans la réserve font état de la présence de 33 espèces repartis entre 17 familles, 08 ordres. L'ordre des Siluriformes (10 espèces) est le plus diversifié. En revanche, les Polypteriformes, les Clupeiformes et les Synbranchiformes comptant une (01) espèce chacun sont les moins riches en espèces. L'analyse de la diversité des poissons récoltés sur le fleuve Bandama dans la réserve indique que les communautés sont peu diversifiées, pour des valeurs de l'indice de Shannon comprise entre (0,56 et 2,0 bits).

La vulnérabilité de l'ichtyofaune récolté sur le fleuve Bandama dans la réserve montre que *Malapterurus electricus* a une vulnérabilité allant d'élévée à très élevée (74 %).

Vu la présence d'espèce à vulnérabilité élevée à très élevée et la persistance des activités anthropique sur le fleuve Bandama dans la réserve, le suivi de la faune ichthyologique de cette réserve permettra de mieux maîtriser les différents impacts des pollutions.

Des recherches restent encore ouvertes surtout au niveau de la dynamique des abondances des peuplements intégré aux facteurs environnementaux.

De ce travail, quelques perspectives peuvent donc se dégager :

- intégrer d'autres techniques de pêche telles que la pêche électrique permettra d'échantillonner les habitats inaccessibles aux filets et de capturer les espèces de petite taille.
- un suivi à long terme des peuplements intégré aux facteurs environnementaux permettrait d'acquérir plus de données capables d'expliquer au mieux la dynamique des abondances des peuplements. Celles-ci sont d'ailleurs déterminantes pour contribuer à la gestion durable de la faune ichthyologique de la réserve.

REFERENCES

- Aboua B.R.D., N'zi K.G., Bamba M. & Kouamélan P. (2015). Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la présentation de la biodiversité du fleuve Bandama. *European Scientific journal*, 11 : 99-116.
- Alhassan E.H., Akongyuure D.N. & Asumang F. (2015). Determination of Morphometric Relationship and Condition Factors of Four Cichlids from Golinga Reservoir in Northern Region of Ghana. *Online Journal of Biological Science*, 15(3) : 201-206.
- Anonyme 1. (2010). Seconde communication nationale sous la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. République de Côte d'Ivoire, Ministère de l'environnement et des Eaux et Forêts, 210 p.
- Anonyme 2. (1982). Géographie CM République de Côte d'Ivoire. Editions CEDA, Abidjan (Côte d'Ivoire), 270 p.
- Avenard J.M. (1971). Aspects de la géomorphologie. *In* : le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Avenard G. & Perraud A. (Eds), Mémoire Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Paris, France) : pp. 11-72.
- Bamba O., Pelede S., Sako A., Kagambega N. & Miningou M.Y.W. (2013). Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso. *Journal des Sciences*, 13(1) : 1-11.
- Bengen D., Lim P. & Beland A. (1992). Qualité des eaux de trois bras morts de la Garonne : variabilité spatio-temporelle. *Revue des Sciences de l'Eau*, 5 : 131-156.
- Bouché P. (1996). Contribution à l'aménagement d'un game-ranching sur le Haut-Bandama (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Unité de Formation Régionale (UFR) Environnement d'Université de Liège (Liège, Belgique), 240 p.
- Bragneau S. & Peres C. (2000). Manuel de biologie du moniteur : les poissons. Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 9 p.
- Camus H. (1972). Hydrologie du Bandama. Rapport Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Adiopodoumé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 150 p.
- Compagnon D. (Eds.) (2005). Gérer démocratiquement la biodiversité grâce aux Organisations Non Gouvernementales (ONG). *In* : Représenter la Nature « ONG et Biodiversité », Edition IRD, Paris (France) : pp. 179-204.
- Coulibaly S. (1980). La difficile mais nécessaire intégration de l'élevage zébu dans le monde rural sénoufo. Rapport de l'Institut de Géographie Tropicale, Abidjan (Côte d'Ivoire), 92 p.
- Dajoz R. (2000). Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée, Dunod, 7ème édition, Paris (France), 615 p.

- Dien K.O. (2018). Occupation humaine de la Réserve de Faune et de Flore du Haut-Bandama : Diagnostic et perspectives pour une gestion durable. *European Scientific Journal*, 14 : 1857-7881.
- Edia O.E. (2008). Diversité spécifique et structure des communautés de l'entomofaune des rivières côtières Soumié, Eholié, Ehania, Noé (Sud-est, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 171 p.
- Froese R. & Pauly D. (2014). Fish Base. World Wide Web electronic publication. (www.fishbase.org). Electronic version (06/2014).
- Frontier S. (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris (France), 494 p.
- Halle B. & Bruzon V. (2006). Profil environnemental de la Côte d'Ivoire. Rapport final du Consortium AGRIFOR Consult, 127 p.
- Harrison S. & Whitfield J. (2004). Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 61 : 151-158.
- Holmlund C.M. & Hammer M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2) : 253-268.
- Kampa E., Artemiadou V. & Lazaridou-Dimitriadou M. (2000). Ecological quality of the river Axios (N. Greece) during spring and summer, 1997. *Belgium Journal of Zoology*, 130 : 21-27.
- Koffi K., Doumouya I., Goule B.T.A. & Pistre S. (2007). Détermination de la durée de vie géographique du stock de déchets miniers de Carnoulès (France) à partir d'un model hydrodynamique. *Sciences & Nature*, 4(1) : 105-115.
- Kohonen T. (1982). Self - Organized formation of topologically correct features maps. *Biological Cybernetics*, 43 : 59 - 69.
- Kohonen T. (1995). Self - Organizing Maps. In : Series in Informatique Sciences, Edition Springer-Verlag, Heindelberg (Germany), 362 p.
- Kohonen T. (2001). Self - Organizing Maps. Springer-Verlag, 3rd Edition, Berlin (Germany), 501 p.
- Kouamélan E.P., Konan F.K., Leprieur F., Ouattara A., Brosse S., Grenouillet G., Gourène G., Winterton P., Teugels G.G., N'Douba V., Gooré Bi G. & Koné T. (2003). Fish diversity and its relationship with environment variables in West African basin. *Hydrobiologia*, 505 : 139-146.
- Kressou A. (2020). Diversité, structure des communautés de macroinvertébrés aquatiques et état d'intégrité écologique des milieux aquatiques de la Réserve de Faune et de Flore du

- Haut- Bandama (Centre-nord, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 195 p.
- Kressou A., Bony K.Y., Allouko J-R. & Djene R. (2019). Biosedimentary index (IBS) and biological quality of the water courses in the upper Bandama fauna and flora reserve (North-center Côte d'Ivoire). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(6) : 330-335.
- Laë L., Legendre P. & Vaudor A. (2004). Le progiciel R, Analyse multidimensionnelle, analyse spatiale. Rapport de l'Université de Montréal, Montréal (Canada), 144 p.
- Lauginie F. (2007) : Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. Nouvelles Editions Ivoirienne / Hachette et Afrique Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 668 p.
- Le Cren E.D. (1951). The length-weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2) : 201-219.
- Lévêque C., Dejoux C. & Iltis A. (1983). Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire. *Hydrobiologia*, 100 : 113-141.
- Mary N. (2016). Les méthodes indicielles Indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC) et Indices Biosédimentaire (IBS) : historique, principes, évolutions apportées, Rapport du DAVAR NC /OEIL/CNRT "Nickel & son environnement", Nouméa (Nouvelle Calédonie), 78 p.
- Mathuriau C. (2002). Les macroinvertébrés des cours d'eau andins du Sud-est de la Colombie : écologie et bioindication. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier (Toulouse, France), 309 p.
- Morin J., Duhamel S. & Roton G. (2010). Poissons, habitats et ressources halieutiques : cas de la Seine. Fascicules Seine-Aval, 76 p.
- N'da D.H., N'Guessan K.E., Wajda E.M. & Affian K. (2008). Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Revue Télédétection*, 8(1) :17-34.
- N'Douba V. (2000). Biodiversité des monogènes parasites des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire : cas des poissons des rivières Bia et Agnébi. Thèse de Doctorat d'État, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 250 p.
- OIPR. (2015). Rapport d'activités trimestriel, Office Ivoirien des Parcs et Réserves. Abidjan (Côte d'Ivoire), 21 p.
- Paugy D. & Lévêque C. (Eds.) (1999). Régimes alimentaires et réseaux trophiques. *In* : Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie et utilisation par l'homme. Edition IRD, Paris (France) : pp. 167-190.

- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003a). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Institut de Recherche et de Développement (IRD), Tome 1, Tervuren (Belgique), 457 p.
- Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003b). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Institut de Recherche et de Développement (IRD), Tome 2, Tervuren (Belgique), 815 p.
- Pielou E.C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Wiley Intersciences, New York (USA), 285 p.
- Poilecot P. (1996). Contribution aux monographies des parcs nationaux et Réserve de Côte d'Ivoire : éléments du milieu naturel des parcs nationaux de la Comoé, de la Marahoué, des Monts Péko et des Réserves du Haut Bandama et du Sanglé. Rapport inédit, World Wide Fund for Nature (WWF), Abidjan (Côte d'Ivoire), pp. 72.
- Ramade F. (2003). Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Rapport, (Paris, France), 190p.
- Roux D.J., Nel J.L., Ashton P.J., Deacon A.R., De Moor F.C., Hardwick D., Hill L., Kleynhans C.J., Maree G.A., Moolman J. & Scholes R.J. (2008). Designing protected areas to conserve riverine biodiversity: Lessons from a hypothetical redesign of the Kruger National Park. *Biological Conservation*, 141 : 100-117.
- Shannon C.E. & Weaver W. (1963). The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois (USA), 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.
- Simberloff D. & Von H.B. (1999). Positive interactions of nonindigenous species : invasional meltdown ?. *Biological Invasions*, 1 : 21-32.
- Soldner M., Stephen I., Ramos L., Angus R., Wells N.C., Grosso A. & Crane M. (2004). Relationship between macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic. *Water Research*, 38 : 863-874.
- Sonnenberg R. & Busch E. (2009). Description of a new genus and two new species of killifish (Cyprinodontiformes: Nothobranchiidae) from West Africa, with a discussion of the taxonomic status of *Aphyosemion maeseni* Poll, 1941. *Zootaxa*, 2294 : 1-22.
- Soro N., Attar H., Brodie E., Veidt M., Molotnikov A. & Matthew S.D. (2019). Evaluation of mechanical compatibility of additively manufactured porous Ti-25Ta alloy for load-bearing implant applications. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 97 : 149-158.

- Strange E.M. & Foin T.C. (1999). Interaction of physical and biological processes in the assembly of stream fish communities. *In* : Weiher E. & Keddy P. (Eds.), University Press, Cambridge (USA), pp. 311-337.
- Talbot A. (2006). Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint-Laurent Synthèse environnementale. Environnement Canada, Montréal (Canada), 215 p.
- Traoré K. (1996). État des connaissances sur les pêcheries continentales ivoiriennes. Rapport de consultation Avril 1996, Projet F.A.O (L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture), TCP/ IVC/ 4553, 135 p.
- Trouilhé M.C. (2006). Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implications pour sa gestion et sa conservation. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées de Université de Poitiers (Poitiers, France), 260 p.
- Wasson J.B., Chandesris A., Pella H., Blanc L., Villeneuve B. & Mengin N. (2002). Détermination des valeurs de référence de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et propositions des valeurs limites du « Bon Etat ». Document de travail / CEMAGREF, Lyon (France), 82 p.
- Yao S.S. (2006). Contribution à l'étude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème Ouest africain : Cas du bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 280 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Carte de la situation géographique de la réserve de faune et de flore du Haut Bandama.



RESUME

La présente étude réalisée entre janvier 2018 et février 2019 a permis de contribuer à la conservation et à la gestion durable de la faune ichthyologique du fleuve Bandama de la Réserve de Flore et de Faune du Haut Bandama, située au centre-nord de la Côte d'Ivoire. La collecte des poissons et les mesures des paramètres abiotiques ont été réalisées suivant le gradient amont-aval, sur 06 stations et durant 08 campagnes d'échantillonnage. La mesure des paramètres abiotiques s'est faite *In-situ*, entre 06 heures et 09 heures du matin, à chaque station d'échantillonnage. Les sondes ont été plongées dans l'eau, une fois stabilisées les valeurs ont été lues sur l'écran d'affichage. Les poissons ont été récoltés à l'aide de filets et de nasses posés entre 16 heures et 17 heures et relevés le lendemain entre 06 heures et 07 heures, pour la pêche nocturne. Ils sont reposés entre 07 heures et 08 heures puis relevés entre 15 heures et 16 heures, pour la pêche de jour. Par ailleurs, l'épervier a été utilisé pour capturer les poissons grâce à un appât (sons de maïs). La description des stations d'échantillonnages montrent que les stations BTA et BSA sont minéralisées (présence d'algues). L'analyse des paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques relève une forte variation saisonnière des paramètres étudiés. Au niveau de la richesse spécifique, la composition et la structure de l'ichtyofaune indiquent la présence de 33 espèces réparties entre 17 familles et 08 ordres, dont l'ordre des Siluriformes (10 espèces) est le plus diversifié. Par ailleurs, les valeurs de l'indice de Shannon et de Pielou indiquent un peuplement stable, équilibré et peu diversifié. Le résultat relatif au facteur de condition est inférieur à 1. Ceci traduit la mauvaise condition de vie des poissons au niveau du fleuve Bandama dans la réserve. La carte auto-organisatrice de Kohonen (SOM) a montré que la conductivité, le pH et la température influencent les espèces du groupe I. Tandis que, la largeur du lit mouille influence les espèces du groupe II. Quant à la profondeur du lit mouille, la vitesse du courant, l'oxygène dissous et la turbidité, ils influencent les espèces du groupe III. Selon la classification de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2019), une espèce (*Labeo coubie*) est non évaluée et les 32 autres espèces ont une préoccupation mineure. Une espèce (*Malapterurus electricus*) a une vulnérabilité allant d'élevée à très élevée (74 %).

Mots clés : Réserve du Haut-Bandama, Centre-nord côte d'ivoire, Inventaire ichthyofaune, Statut de conservation et vulnérabilité

ABSTRACT

The present study carried out between January 2018 and February 2019 contributed to the conservation and sustainable management of the fish fauna of the Bandama River in the Haut Bandama Flora and Fauna Reserve, located in the north-central part of Côte d'Ivoire. The collection of fish and the measurement of abiotic parameters were carried out along the upstream-downstream gradient, on 06 stations and during 08 sampling campaigns. The measurement of abiotic parameters was carried out in situ, between 06:00 and 09:00 in the morning, at each sampling station. The probes were immersed in the water, once stabilised the values were read on the display screen. The fish were collected with nets and pots set between 16:00 and 17:00 and collected the next day between 06:00 and 07:00 for night fishing. They are rested between 07:00 and 08:00 and retrieved between 15:00 and 16:00 for daytime fishing. In addition, the sparrowhawk was used to capture fish with bait (corn bran). The description of the sampling stations shows that the BTA and BSA stations are mineralised (presence of algae). The analysis of the physico-chemical and hydromorphological parameters shows a strong seasonal variation in the parameters studied. In terms of species richness, the composition and structure of the ichthyofauna indicate the presence of 33 species distributed between 17 families and 08 orders, of which the order Siluriformes (10 species) is the most diverse. In addition, the values of the Shannon and Pielou indexes indicate a stable, balanced and not very diversified population. The result for the condition factor is less than 1. This reflects the poor living conditions of the fish in the Bandama River in the reserve. The Kohonen Self-Organising Map (SOM) showed that conductivity, pH and temperature influence the species of group I. While the width of the wetland bed influences the species of group II. The depth of the wetted bed, current velocity, dissolved oxygen and turbidity influence group III species. According to the classification of the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2019), one species (*Labeo coubie*) is not assessed and the other 32 species are of minor concern. One species (*Malapterurus electricus*) has a high to very high vulnerability (74%).

Keywords: Haut-Bandama Reserve, Centre-north Ivory Coast, ichthyofauna inventory, conservation Status and vulnerability