



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY
LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

**Biodiversité des macroinvertébrés
benthiques des cours d'eau côtiers
dans la zone de Kribi (région du
Sud Cameroun)**

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat/Ph.D en

Biologie des Organismes Animaux

Option : Hydrobiologie et Environnement

Par :

HARISSOU

Matricule : 13P2262

Master ès-Sciences

Jury



Président	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert, Professeur,	Université de Yaoundé I
Rapporteurs	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, Professeur,	Université de Yaoundé I
Membres	FOTO MENBOHAN Samuel, Maître de conférences	Université de Yaoundé I
	AKONO NTONGA Patrick, Professeur	Université de Douala
	TAMSA ARFAO Antoine, Maitre de Conférences	Université de Yaoundé I
	NOAH EWOTI Olive Vivien, Maître de Conférences	Université de Yaoundé I

Année 2025

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé
Tél: (237) 242 23 95 84
Fax: (237) 242 23 44 96



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
FACULTY OF SCIENCE

P.O. BOX 812 Yaounde
Phone: (237) 242 23 95 84
Fax: (237) 242 23 44 96

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de la **Thèse de Doctorat/Ph.D** en **Biologie des Organismes Animaux**, Option : **Hydrobiologie et Environnement**, de Monsieur **HARISSOU**, matricule **13P2262**, soutenance autorisée par la correspondance N°25--2453/UYI/VR-EPDTIC/DAAC/DA-AAC/DRD/SR/SR-A du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 13 juin 2025 sur le sujet intitulé : « **Biodiversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau côtiers dans la zone de Kribi (région du Sud Cameroun)** », attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation, qui a eu lieu le jeudi 3 juillet 2025 dans la **salle S01/S02 de la Faculté des Sciences**, ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

En foi de quoi, la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Yaoundé, le **29 JUL 2025**

Les Examineurs


Le Président du Jury

Le Chef de Département



Pr. Sévilor KEKEUNOU
Faculté des Sciences
Université de Yaoundé I

TAMSA ARFAO

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I Faculté des Sciences Division de la Programmation et du Suivi des Activités Académiques		THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I Faculty of Science Division of Programming and Follow-up of Academic Affairs
LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS		LIST OF PERMANENT TEACHING STAFF

ANNÉE ACADEMIQUE 2024/2025

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 16 janvier 2025

ADMINISTRATION

1. **DOYEN** : OWONO OWONO Luc Calvin, *Professeur*
2. **VDPSAA** : NDJIGUI Paul-Désiré, *Professeur*

3. **VDSSE** : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*

4. **VDRC** : NOUNDJEU Pierre, *Maître de Conférences*

5. **Chef DAF** : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*

6. **Chef DAARS** : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (44)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
4.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7.	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	BEBEE Fadimatou	Maître de Conférences	En poste
11.	BEBOY EDJENGUELE Sara N.	Maître de Conférences	En poste
12.	FONKOUA Martin	Maître de Conférences	En poste
13.	AKINDEH MBUH NJI	Maître de Conférences	En poste
14.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
15.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
16.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
17.	DAKOLE DABOY Charles	Maître de Conférences	En poste
18.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Maître de Conférences	En poste
19.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
20.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
21.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD/FS/Univ Ebwa</i>
22.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
23.	KENGNE NOUEMSI Anne Pascale	Maître de Conférences	En poste
24.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
25.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
26.	MANANGA Marlyse Joséphine	Maître de Conférences	En poste
27.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
28.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
29.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
30.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
31.	Palmer MASUMBE NETONGO	Maître de Conférences	En poste
32.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Maître de Conférences	En poste
33.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
34.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Chargé de Cours	En poste
35.	ELLA Fils Armand	Chargé de Cours	En poste
36.	EYENGA Eliane Flore	Chargée de Cours	En poste
37.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
38.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
39.	MADIESSE KEMGNE Eugenie Aimée	Chargée de Cours	En poste
40.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
41.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargée de Cours	En poste
42.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
43.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
44.	WOGUIA Alice Louise	Chargée de Cours	En poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (50)

1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	DAARS/FS
2.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En poste
3.	DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En poste
4.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeure	CD et Vice Doyen/FMSB/UIYI
5.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	Chef de Département
6.	MEGNEKOU Rosette	Professeure	En poste
7.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
10.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE
11.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
12.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	Vice Doyen/ Uté Ebwa
13.	ATSAMO Albert Donatien	Maître de Conférences	En poste
14.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
17.	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
18.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Maître de Conférences	En poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
21.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
22.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
23.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
24.	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
25.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Maître de Conférences	En poste
26.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
27.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
28.	TADU Zephyrin	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31.	YEDE	Maître de Conférences	En poste
32.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Chargée de Cours	En poste
33.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
34.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
35.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
36.	KEGNE Alvine Christelle Epse FOKAM	Chargée de Cours	En poste
37.	FOSSI TANKOUA Olivia Epse DJEUTCHOUANG SAYANG	Chargée de Cours	En poste
38.	GONWOULO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
39.	KOGA MANG Dobarra	Chargé de Cours	En poste
40.	LEME BANOCK Lucie	Chargée de Cours	En poste

41.	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste
42.	METCHI DONFACK Mireille Flaure EPSE GHOUMO	Chargée de Cours	En poste
43.	NDENGUE Jean De Matha	Chargé de Cours	En poste
44.	NGOULATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
45.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Cheffe Div. U. Bamenda</i>
46.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	ZEMO GAMO Franklin	Chargé de Cours	En poste
49.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (37)			
1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	BIYE Elvire Hortense	Professeure	En poste
3.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4.	MBOLO Marie	Professeure	En poste
5.	NDONGO BEKOLO	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	DJEUANI Astride Carole	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
12.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT/MINRESI</i>
13.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
14.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
15.	ONANA Jean Michel	Maître de Conférences	En poste
16.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Chargé de Cours	En poste
17.	GONMADGE Christelle	Chargé de Cours	En poste
18.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
19.	MANGA NDJAGA JUDE	Chargé de Cours	En poste
20.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargée de Cours	En poste
21.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargée de Cours	En poste
22.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie Claude	Chargée de Cours	<i>En détachement/UNESCO MALI</i>
23.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
24.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul- Roger	Chargé de Cours	En poste
25.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
26.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
27.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
28.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
29.	TEMEGNE NONO Carine	Chargée de Cours	En poste
30.	BOLIE Hubert	Assistant	En poste
31.	MACHE NKOUANDEU Pasma	Assistante	En poste
32.	MAFFO FOKOU Adèle	Assistante	En poste
33.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste
34.	NTONMEN YPNKEU Amandine Flore	Assistante	En poste
35.	ONANA EBODE Clotaire	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (28)

1.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
5.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Professeur	En poste
6.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
7.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
8.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
9.	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
10.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
11.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
12.	MBEY Jean Aimé	Maître de Conférences	En poste
13.	NDI Julius NSAMI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
14.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice/SENAT</i>
15.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
16.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
17.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
18.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
19.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
20.	KOUOTOU DAOUA	Maître de Conférences	En poste
21.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
22.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
23.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
24.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
25.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
26.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste
27.	DANTIO NGUELA Christian Brice	Assistant	En poste
28.	LEKENE NGOUATEU Reine	Assistant	En poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (33)

1	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>DEPE/Univ. Bertoua</i>
2	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département/UDS</i>
4	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Recteur UBertoua/ Chef de Département</i>
5	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
6	MKOUNGA Pierre	Professeur	En poste
7	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Director/HTTTC/UBda</i>
8	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
13	NGOMO Orléans	Maître de <conférences	En poste

14	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
15	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>Chef Div./MINESUP</i>
16	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>Dir ENS/Uté Bertoua</i>
17	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
18	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
19	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
20	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Maître de Conférences	En poste
21	ZONDEGOUNBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
22	MELONG Radius	Chargé de Cours	En poste
23	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
24	MUNVERA MFIFEN Aristide	Chargé de Cours	En poste
25	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
26	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
27	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
28	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
29	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
30	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	TSAMO TONTSA Armelle	Chargée de Cours	En poste
32	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste
34	NGUEMDJO CHIMEZE Valery Wilfried	Assistant	En poste
6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1)			
1.	BODO Bertrand	Professeur	<i>Chef de Département</i>
7- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)			
1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division des SI/MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général Académique/ MINESUP</i>
3.	NDOUNAM René	Professeur	En poste
4.	ABESOLO ALO'O Gislain	Maître de Conférences	<i>CTI/MINFOPRA</i>
5.	MELATAGIA YONTA Paulin	Maître de Conférences	En poste
6.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
7.	AMINOUE HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
8.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargée de Cours	En Poste
9.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
10.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
11.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Chargé de Cours	En poste
12.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
13.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
14.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
15.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	<i>Chef de Département/Génie Info./U Ebolowa</i>
16.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
17.	NZEKON NZEKO'O Armel Jacques	Chargé de Cours	En poste
18.	OLLE OLLE Daniel Claude Georges Delort	Chargé de Cours	<i>Directeur Adjoint ENSET Ebolowa</i>

19.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
20.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
21.	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	<i>Directeur CUTI</i>
22.	MAXWELL NDOGNKON MANGA	Assistant	En poste
23.	NDOM Francis Rollin	Assistant	En poste
24.	NGUIMEYA TSOFAK Baudoin	Assistant	En poste
25.	NKONDOCK. MI BAHANACK. N.	Assistant	En poste
8- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (34)			
1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de Département/D. ENSPY</i>
2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	<i>Chef de Division/ENSPY</i>
5.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
6.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>VDRC/FS/UYI</i>
7.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
9.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
10.	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPAT</i>
11.	BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
12.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Chargé de Cours	En poste
13.	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
14.	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
15.	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
16.	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
17.	KOKOMO AYISSI Eric Brice	Chargé de Cours	En poste (transfert de l'université de Douala)
18.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
19.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
20.	MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
21.	MENGUE MENGUE David Joël	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Université d'Ebolowa</i>
22.	MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
23.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
24.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
25.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
26.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
27.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Chargé de Cours	En poste
28.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
29.	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric.	Chargé de Cours	En poste
30.	EBODE ATANGANA Pie Désiré	Assistant	En poste
31.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
32.	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
33.	MAMA ASSANDJE Prosper	Assistant	En poste
34.	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
35.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste

36.	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste
9 - DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)			
1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Professeure	En poste
3.	MUNE MUNE Martin Alain	Professeur	En poste
4.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeure	<i>Vice-Doyen / DSSE</i>
5.	RIWOM Sara Honorine	Professeure	En poste
6.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Professeur	En poste
7.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	<i>Doyen/FASA/UDs</i>
8.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
9.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
10.	TCHIKOUA Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
11.	EHETH Jean Samuel	Chargé de Cours	En poste
12.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
13.	EZO'O MENGO Fabrice Télésfor	Chargé de Cours	En poste
14.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
15.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
16.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargée de Cours	<i>Cheffe de service/DAAC/UIYI</i>
17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	NKOUÉ TONG Abraham	Chargé de Cours	En poste
19.	NGOUE NAM Romial Joël	Chargé de Cours	En poste
20.	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Chargé de Cours	En poste
21.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargée de Cours	En poste
22.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Chargée de Cours	En poste
23.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
24.	ZO'O EZO'O Fabrice Télésfor	Assistant	En poste
25.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistante	En poste
10. DEPARTEMENT DE PHYSIQUE (PHY) (45)			
1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	BIYA MOTTO Frédéric	Professeur	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
3.	DJUIDJE KENMOE ép. ALOYEM	Professeur	En poste
4.	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
5.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
6.	EYEBE FOU DA Jean sire	Professeur	En poste
7.	FEWO Serge Ibraïd	Professeur	En poste
8.	HONA Jacques	Professeur	En poste
9.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste

10.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	<i>Chef de Département/Uni. Bertoua</i>
11.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
12.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
13.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>
14.	SIEWE SIEWE Martin	Professeur	En poste
15.	SIMO Elie	Professeur	En poste
16.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FS/Univ/Bda</i>
17.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
18.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
19.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
20.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Professeur	En poste
21.	ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA	Maître de Conférences	<i>Cheffe de Div./ENSPY</i>
22.	FOUEJIO David	Maître de Conférences	<i>Chef Cell/MINADER</i>
23.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
24.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
25.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
26.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
27.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	<i>Secrétaire Générale /UYII</i>
29.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférences	<i>Absente de son poste</i>
30.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
31.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
32.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
33.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
34.	EDONGUE Hervais	Chargé de Cours	En poste
35.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
36.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
37.	NGA ONGODO Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	<i>Chef de Div./DIPD/UYI</i>
39.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Chargé de Cours	En poste
40.	TCHAPET NJAFA Jean-Pierre	Chargé de Cours	<i>Chef Ser. Adj./FLASH/UYI</i>
41.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
42.	TOGUEU MOTCHEYO Alain Bertrand	Chargé de Cours	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
44.	ETEME Armand Sylvain	Assistant	En poste
45.	NGO MOUELLAS épouse LOTHIN	Assistante	En poste
46.	TCHODIMOU Carole	Assistant	En poste
47.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

11- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (34)

1.	BISSO Dieudonné	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	EKOMANE Emile	Professeur	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
3.	GANNO Sylvestre	Professeur	En poste
4.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Vice-Doyen /DPSAA</i>
5.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Professeur	<i>CEA/MINRESI</i>
6.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
7.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de Département/Uté. Eb.</i>
9.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>
10.	TCHOUANKOUE Jean Pierre	Professeur	En poste

11.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
12.	EYONG John TAKEM	Maître de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT(ai)</i>
14.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Maitre de Conférences	En poste
15.	MBIDA YEM	Maître de Conférences	En poste
16.	MBESSE Cécile Olive	Maitre de Conférences	En poste
17.	METANG Victor	Maître de Conférences	En poste
18.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
20.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Maître de Conférences	En poste
21.	TCHAKOUNTE Jacqueline épse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>
22.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Maître de Conférences	En poste
23.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
24.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
26.	KOAH NA LEBOGO Serge P.	Chargé de Cours	En poste
27.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
28.	NGO'O ZE ARNAUD	Chargé de Cours	En poste
29.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
30.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
31.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Chargée de Cours	En poste
32.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
33.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste

**Répartition chiffrée des Enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de
Yaoundé I**

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	08 (01)	25 (15)	11 (05)	00 (00)	44 (21)
BPA	12 (02)	18 (06)	16 (06)	01 (01)	47 (15)
BPV	08 (02)	10 (03)	14 (06)	06 (03)	39 (14)
CI	06 (01)	14 (02)	05 (01)	03 (01)	28 (05)
CO	06 (01)	14 (05)	12 (03)	02 (00)	33 (09)
ER	01 (00)	/	/	/	01 (0)
IN	03 (00)	03 (00)	13 (01)	06 (00)	24 (01)
MAT	01 (00)	08 (00)	20 (01)	07 (01)	36 (02)
MIB	05 (03)	05 (01)	13 (06)	01 (01)	24 (11)
PHY	17 (01)	11 (04)	15 (01)	04 (02)	45 (08)
ST	10 (00)	14 (05)	09 (02)	00 (00)	33 (07)
Total	67 (11)	122 (41)	128 (32)	30 (09)	342 (88)

Soit un total de

360 (94) dont :

- Professeurs **67 (11)**
- Maîtres de Conférences **122 (41)**
- Chargés de Cours **128 (32)**
- Assistants **30 (09)**

() = Nombre de Femmes

94

ENSEIGNANTS SOUS CONTRAT DE COLLABORATION

N°	NOMS ET PRENOMS	MATRICULE	DATE DE NAISSANCE	LIEU DE NAISSANCE	SEXE	ANNEE DE RECRUTEMENT	NIVEAU DE TRAITEMENT DE CONTRAT	GRADE
1.	BELL JOSEPH MARTIN	547019U	17/06/1957	Sakbayeme	M	10/11/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
2.	DJOUFAC WOUMFO EMMANUEL	547069Z	09/01/1957	Ngaoundéré	M	04/05/1990	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
3.	FOMENA ABRAHAM	546778X	10/11/1958	Batcham	M	01/12/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
4.	GHOGOMU TIH RAPH	547004-K	23/12/1956	BAMBA LANG	M	13/10/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
5.	KAMTCHOUI NG PIERRES	143299X	13/09/1955	Nkongsamba	M	01/10/1988	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
6.	NGADJUI TCHALEU BONAVENTURE	546959-G	15/09/1953	FONTSI GA	M	12/08/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
7.	NGO BILONG ANASTASIE épouse TIH	546164-I	27/12/1955	MBANGA	F	28/07/2000	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	MC
8.	NKENGFAK EPHRAIM AUGUSTIN	546948-F	17/06/1955	YAOUNDE	M	01/09/1983	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
9.	NDIKONTAR MAURICE KOR	169784G	09/05/1958	Mbaa	M	10/01/1991	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION -EN COURS DE SIGNATURE	PR
10.	NJIOKOU FLOBERT	547321H	11/06/1958	Nkongsamba	M	03/05/1993	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION -EN COURS DE SIGNATURE	PR

11.	BENG NEE NINTCHOM PENLAP VERONIQUE	546643B	07/01/1 957	Melong I	F	02/10/1 992	RETRAITE- CONTRAT DE COLLABORATION	PR
12.	FOKOU ELIE	546725J	08/06/1 957	Fiéla- Bamendj inda	M	01/04/1 988	RETRAITE- CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
13.	TCHOUANKE U JEAN CLAUDE	547295-E	06/01/1 959	Douala	M	01/12/1 989	RETRAITE- CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
14.	BOYOMO ONANA						CONTRATS TRAITES LORS DU CONSEIL D'UNIVERSITE DU 12 JUILLET 2024	MC
15.	WANDJI JEAN	162242M	09/06/1 958	Bangou	M			UYI
16.	YOUMBI EMMANUEL	547332Z	12/02/1 959	Bangou	M	Bangou		PR
17.	NGODO MELINGUI JEAN	500475X	05/09/1 958	Endoum		20/10/2 005		MC
18.	KOFANE TIMOLEON CREPIN							PR
19.	NGAMENI EMMANUEL	547277-C	24/04/1 959	Mbanga	M			PR
20.	BITOM DIEUDONNE	547050X	23/11/1 958	Ambam	M			PR

DEDICACE

À

**Ma mère AÏSSATOU ELHADJI OUMAROU pour
l'amour dont elle m'a comblé depuis ma naissance**

REMERCIEMENTS

Je rends grâce à Allah le Miséricordieux qui m'a guidé et m'a donné les ressources spirituelles, morales, financières et physiques pour mener à bien ce travail.

Les travaux présentés dans cette thèse ont été réalisés d'une part, au sein du Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement et d'autre part, au Laboratoire de Géosciences Appliquées de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I.

Je dis tout d'abord un grand merci au Professeur **FOTO MENBOHAN Samuel** pour avoir cru en moi en acceptant de m'encadrer depuis les travaux de Master jusqu'à ce jour. Son expertise, son dévouement au travail, sa rigueur scientifique et sa disponibilité, bien plus, sa simplicité n'a été pour moi des éléments catalyseurs pour effectuer un travail consciencieux et rigoureux. Les conseils qu'il m'a prodigués, son encadrement, son aide dans la procuration du matériel d'analyses d'eau et d'identification biologique, méritent ma reconnaissance infinie.

A mon superviseur le Professeur **AJEAGAH Gidéon AGHAINDUM**, il a été d'un très grand appui à la réalisation de ce travail notamment sa rigueur au travail, ses critiques et ses conseils scientifiques. J'éprouve à son égard, un sentiment de profonde gratitude.

Qu'il me soit permis de remercier par anticipation tous les éminents membres du jury qui me font le grand honneur de juger ce travail et qui ont accepté d'y consacrer une part non négligeable de leur précieux temps pour y apporter leurs observations.

J'exprime toute ma gratitude à l'endroit de tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, pour la formation reçue, leurs encouragements et leurs conseils prodigués lors de l'accomplissement de ce travail, notamment aux Professeurs **NOLA Moïse**, Chef du Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, **ZÉBAZÉ TOGOUET Serge Hubert**, **FOMENA Abraham**, **BILANDA Danielle Claude**, **MEGNEKOU Rosette**, **KEKEUNOU Sévilor**, **DJIETO LORDON Champlain**, **MOUNGANG Luciane Marlyse**, **TAMSA ARFAO Antoine**, **NOAH EWOTI Olive Vivien**, **MBENOUN MASSE Paul Serge**, **MAHOB Raymond Joseph** et **TADU Zephirin**.

Je voudrais exprimer ma profonde reconnaissance à Madame **NGO MAPUNA Elise Colette** du Laboratoire de Géosciences de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Elle a été d'une aide inestimable pour l'étude des paramètres granulométriques. Toujours disponible, j'ai pu profiter pleinement de son expérience et de sa rigueur scientifique.

Mes sorties sur le terrain et les observations d'identification m'ont permis de prendre conscience de la difficulté d'obtenir des données hydrobiologiques. Il s'agit nécessairement d'un travail d'équipe qui n'aurait pas été faisable sans la collaboration des Docteurs **NWAHA Mathias, BIRAM à NGON Eric Bermond, NZAVI Jean, MOANONO Patrick Georges Thiery, GWOS NHIOMOCK Serge Roger, ASI QIGGLE Atud et BOUDEM CECILE Vanessa.**

J'exprime ma profonde gratitude à l'endroit des mes camarades du laboratoire pour leur soutien sans réserve. Il s'agit de **NDOURWE Far Bolivar, BETSI WILFRIED Christiane Noel, BISSE DIVA Therese Ines, YOUNGUI ATCHOUKEU Danielle Synthia, ZOMBI AZONFACK Yanick, NDO STEVE, NVOE STEPHANIE Nadège, ZAMBO Gabriel Bertrand, KOUDEUM KUEPPO Eric Joselly, MBASSI MBIDA Marcelle-Blanche, MELLE Epoume, OWONA EDOA François Désiré et NSANGO POUNDIGNIGNI Henock Yves.**

J'exprime ma profonde gratitude à ma famille pour leur soutien constant ainsi que leur encadrement. Il s'agit de mon feu père Sa Majesté **ELHADJ IBRAHIMA KAOU BAKARY** ; il m'avait promis personnellement assister à cette soutenance de Doctorat Ph.D mais Allah en a décidé autrement. Je rends aussi un vibrant hommage à mon feu Oncle l'Honorable Docteur **ELHADJI DJIBRILLA KAOU BAKARY** qui avait assisté à ma soutenance de Master II et m'encourageait de poursuivre mes travaux de recherche et d'aller jusqu'en Doctorat.

A toutes ces nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué par quelque façon que ce soit à l'aboutissement de ce travail et que je n'ai pas pu citer, j'adresse mes sincères remerciements.

SOMMAIRE

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iv
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	xii
LISTE DES ANNEXES	xiii
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES	xiv
RESUME	xv
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	3
I.1. Généralités sur les milieux aquatiques	3
I.2. Paramètres hydrologiques des milieux lotiques	5
I.2.1. Profil en long.....	5
I.2.2. vitesse d'écoulement des eaux.....	5
I.2.3. Débit.....	5
I.3. Paramètres physicochimiques	6
I.3.1. Paramètres physiques.....	6
I.3.2. Paramètres chimiques	8
I.4. Caractéristiques biologiques des milieux lotiques	12
I.4.1. Notion de bioindicateur.....	13
I.4.2. Evaluation de la pollution des cours d'eau	14
I.5. Evaluation de la qualité des eaux par les sédiments.....	14
I.5.1. Importance des sédiments dans le fonctionnement des écosystèmes lotiques.....	15
I.5.2. Impact des sédiments sur les invertébrés benthiques	16
I.6. Généralités sur les macroinvertébrés benthiques	16
I.6.1. Macroinvertébrés benthiques.....	16
I.6.1. . Mollusques gastéropodes.....	18
I.6.2. Crustacés décapodes.....	19
I.6.3. Insectes.....	23
I.6.3. Particularités sur les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau du Cameroun.....	25
I.7. Intérêt de l'utilisation des méthodes biologiques pour la qualification des milieux aquatiques	29
CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES	29
II.1. Présentation de la zone d'étude	31
II.1.1. Description des différents bassins versants des cours d'eau et sites d'échantillonnage.....	33
II.2. Matériel et Méthodes	45
II.2.1. Mesure des paramètres hydrologiques, granulométriques, physicochimiques et biologiques.....	45
II.2.2. Analyse des données.....	53
II.2.3. Photographie et représentation des organismes	59
CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION RESULTATS ET DISCUSSION	59
III.1. Résultats	60
III.1.1. Variables hydrologiques.....	60

III.1.2. Variables granulométriques	61
III.1.3. Caractéristique physicochimique des eaux des cours d'eau étudiés pendant la période d'étude.....	62
III.1.4. Indice de pollution organique.....	124
III.1.5. Typologie abiotique des cours d'eau.....	126
III.1.6- Macroinvertébrés benthiques.....	127
III.1.7- Indices biocénétiques.....	174
III.1.8. Influence des paramètres physicochimiques des cours d'eau sur la distribution des macroinvertébrés benthiques	176
III.1.9. Caractérisation biologique des différents cours d'eau.....	179
III.2. Discussion	197
III.2.1. Caractérisation hydrologique, granulométrique et physicochimique des cours d'eau.....	197
III.2.2-Variables biologiques.....	201
III.2.3. Biotypologie des macroinvertébrés benthiques.....	205
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	215
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	218
LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA THÈSE	228
ANNEXES	229

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Différents types de milieux aquatiques dulcicole.	4
Figure 2 : Influence des températures sur le milieu aquatique.	7
Figure 4 : Répartitions des sédiments dans un cours d'eau.	15
Figure 5 : Photos de quelques coquilles de mollusques.	19
Figure 6 : Schémas des différents Crustacés a.	21
Figure 7 : Schéma annoté d'une crevette	22
Figure 8 : Quelques larves d'Insectes à trois paires de pattes.	24
Figure 9 : Quelques larves d'insectes décapodes.	25
Figure 10 : Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnages.	33
Figure 11 : vues partielles des stations d'échantillonnage,	44
Figure 12 : Schéma simplifié de la Carte Auto-Organisatrice	57
Figure 13 : Histogrammes indiquant les différentes situations pour les valeurs indicatrices.	59
Figure 14 : Variations temporelles et saisonnière de la température des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand Batanga pendant la période d'étude.	63
Figure 15 : Variations temporelles et saisonnière de la température des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	65
Figure 16 : Variations temporelles et saisonnière du potentiel d'Hydrogène des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	67
Figure 17 : Variations temporelles et saisonnière du potentiel d'Hydrogène des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	69
Figure 18 : Variations temporelles et saisonnière de la matière en suspension des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	71
Figure 19 : Variations temporelles et saisonnière de la matière en suspension des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	73

Figure 20 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la turbidité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	75
Figure 21 : Variations temporelles et saisonnière de la turbidité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	77
Figure 22 : Variations temporelles et saisonnière de la couleur des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	79
Figure 23 : Variations temporelles et saisonnière de la couleur des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	81
Figure 24 : Variations temporelles et saisonnière des Solides Totaux Dissous des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	83
Figure 25 : Variations temporelles et saisonnière des Solides Totaux Dissous des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	85
Figure 26 : Variations temporelles et saisonnière de l'oxygène dissous des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	87
Figure 27 : Variations temporelles et saisonnière de l'oxygène dissous des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	89
Figure 28 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en CO ₂ des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	91
Figure 29 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en CO ₂ des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	93
Figure 30 : Variations temporelles et saisonnière de la conductivité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand Batanga pendant la période d'étude.	95
Figure 30 : Variations temporelles et saisonnière de la conductivité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	97

Figure 31 : Variations temporelles et saisonnière de l'oxydabilité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	99
Figure 32 : Variations temporelles et saisonnière de l'oxydabilité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	101
Figure 33 : Variations temporelles et saisonnière de l'alcalinité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	103
Figure 34 : Variations temporelles et saisonnière de l'alcalinité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	105
Figure 35 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en nitrates des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	107
Figure 36 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en nitrates des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	109
Figure 37 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en nitrites des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	111
Figure 38 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en nitrites des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	113
Figure 39 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en azote ammoniacal des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	115
Figure 40 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en azote ammoniacal des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	117
Figure 41 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en orthophosphates des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	119

Figure 41 : Variations temporelles et saisonnière des teneurs en orthophosphates des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.....	121
Figure 42 : Variations temporelles et saisonnière de la salinité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.	122
Figure 42 : Variations temporelles et saisonnière de la salinité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.	123
Figure 43 : Variation des valeurs de l'indice de pollution Organique sur le plan temporel (A), spatial (B) et dans les différents cours d'eau durant la période d'étude.	125
Figure 44 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée à partir des stations et paramètres physicochimiques de l'ensemble des cours d'eau durant la période d'étude.	126
Figure 45 : Abondance relative des Classes de MIB récoltées dans les cours d'eau pendant la période d'étude.....	127
Figure 46 : Abondance relative des Ordres de MIB dans les cours d'eau pendant la période d'étude.	128
Figure 47 : Abondance relative globale des MIB (A) et abondance relative des ordres de MIB (B) récoltés à chaque saison dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.	131
Figure 48 : Abondance relative des MIB (A) et des Ordres de MIB (B) dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.	134
Figure 49 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.	135
Figure 50 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB récoltés dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.	136
Figure 51 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours Bwambé (A) e et Stations (B) pendant la période d'étude.	137
Figure 52 : Abondance des ordres de MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.	140
Figure 53 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.	140

Figure 54 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Casino (A) et Stations (B) pendant la période d'étude.	142
Figure 55 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Ebomé pendant la d'étude.	145
Figure 56 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB récoltés dans le cours d'eau Ebomé pendant la période d'étude.	145
Figure 57 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Ebomé (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	146
Figure 58 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.	149
Figure 59 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.	149
Figure 60 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Grand Batanga (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	151
Figure 61 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Kiénnké pendant la période d'étude	153
Figure 62 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Kiénnké pendant la période d'étude.	153
Figure 63 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Kienké (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	155
Figure 64 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.	158
Figure 65 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.	158
Figure 66 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Lobé (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	159
Figure 67 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.	162
Figure 68 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.	162
Figure 69 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Pangour (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	164
Figure 70 : Abondance des ordres de MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude.	166

Figure 71 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude.	166
Figure 72 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Pangour (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.	168
Figure 73 : Fréquence d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés dans chaque cours d'eau durant la période d'étude.....	170
Figure 74 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB par saison pendant la période d'étude.	171
Figure 75 : Variation temporelle de l'indice de Shannon & Weaver, d'Equitabilité de Pielou, de Simpson et de la richesse spécifique pendant la période d'étude.....	174
Figure 76 : Variation spatiale de l'indice de Shannon & Weaver, d'Equitailité de Pielou, de Simpson et de la richesse spécifique pendant la période d'étude.	175
Figure 77 : Variation saisonnière de l'indice Shannon & Weaver, Equitabilité de Pielou, Simpson et richesse spécifique pendant la période d'étude.	176
Figure 78 : Correlogramme de l'influence des parametres physicochimiques sur les macrofaunes benthiques pedant la période d'étude.....	178
Figure 79 : Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) des stations d'échantillonnage réalisée à partir des taxons de MIB récoltés dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.....	179
Figure 80 : Analyse des Correspondances Multiples (ACM) appliquée aux différentes variables biologiques, physicochimiques et Granulometriques de l'ensemble des cours d'eau pendant la période d'étude.....	181
Figure 81 : Classification hiérarchique des cellules de la SOM.....	182
Figure 82 : Répartition des cellules sur la carte de Kohonen à partir de la composition taxonomique.	183
Figure 83 : Répartition des échantillons sur la carte de Kohonen à partir de la composition taxonomique.	184
Figure 84 : Patrons de distribution des taxons de macroinvertébrés récoltés sur la carte SOM,.....	186
Figure 85 :Composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques dans les différents groupes définis par la SOM illustrée à des Figure 81	187
Figure 86 : Photos de quelques taxons de macroinvertébrés benthiques :	192
Figure 87 : Caractéristiques morphologiques morphotype (a) et (b) de l'espèce <i>Macrobrachium macrobrachion</i>	193

Figure 88 : Caractéristiques morphologiques morphotype (a) et (b) du cephalothorax de l'espèce <i>Caridina africana</i>	194
Figure 89 : Vue générale de la morphologie de l'espèce <i>Pachymelania fusca</i>	195
Figure 90 : Vue générale de la morphologie de l'espèce <i>Portunus pelagicus</i>	196

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Echelle granulométrique utilisée et gabarit pour l'évaluation granulométrique visuelle modifiée.	47
Tableau II : Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique.	50
Tableau III : Interprétation de la moyenne des classes de l'Indice de Pollution Organique. .	50
Tableau IV : Quelques variables hydrologiques mesurées dans les différentes stations pendant la période d'étude.	60
Tableau V : Abondances relatives de différents matériaux constituant les sédiments dans chaque station pendant la période d'étude.	61
Tableau VI : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.....	138
Tableau VII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.....	143
Tableau VIII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Ebomé pendant la période d'étude.....	147
Tableau IX : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.	151
Tableau X : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Kienké pendant la période d'étude.	156
Tableau XI : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.....	160
Tableau XII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.....	164
Tableau XIII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude.....	169
Tableau XIV : Variation saisonnière de la fréquence d'occurrence des MIB dans les cours d'eau pendant la période d'étude.	172
Tableau XV : Valeur indicatrice des taxons du Groupe I.	188
Tableau XVI : Valeur indicatrice des taxons du Groupe II.	189
Tableau XVII : Valeur indicatrice des taxons par combinaison GI+GII.....	191
Tableau XVIII : Valeur indicatrice des taxons par combinaison GII+GIII.	191

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** : Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques des
cours d'eau pendant la période d'étude I
- Annexe 2** : Valeurs des paramètres granulométriques IV
- Annexe 3** : Valeurs des corrélations des paramètres physicochimiques et biologiques..... V

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

AFNOR	: Association Française de Normalisation
ACH	: Analyse de Classification Hiérarchique
AFCM	: Analyse Factorielle des Correspondances Multiples
ACP	: Analyse en Composantes Principales
CTD	: Collectivités Territoriales Décentralisés
EC-ECAM4	: l'Enquête Complémentaire à la Quatrième Enquête Camerounaise Auprès des Ménages
FTU	: <i>Formazin Turbidity Unit</i>
FONDAF	: Foyer Notre-Dame de la Forêt
GPS	: <i>Global Positioning System</i>
IBGE	: Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
IndVal	: <i>Indicator Value</i>
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
INC	: Institut Nationale de Cartographie
INS	: Institut Nationale de la Statistique
IPO	: Indice de Pollution Organique
MDDEP	: Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
MIB	: Macroinvertébrés benthiques
NTU	: <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
OFEV	: Office Fédéral de l'Environnement
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ONU	: Organisation des Nations Unies
OSM	: <i>Open Street Map</i>
PCV	: <i>PolyVinyl Chloride</i>
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
Pt-Co	: Platinium Cobalt
QE	: Erreur de Quantification
RNA	: Réseau de Neurones Artificiels
SND	: Stratégie Nationale de Développement
SOM	: <i>Self Organizing Map</i>
SPSS	: <i>Statistical Package for Social Science.</i>
TAC	: Titre Alcalimétrique Complet
TDS	: <i>Total Dissolved Solid</i>
TE	: Erreur Topographie
UC	: Unité Conventionnelle
UNEP	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
WFD	: <i>Water-Framework-Directive</i>

RESUME

L'étude s'est déroulée dans le Département de l'Océan, région du Sud Cameroun de janvier 2022 à février 2023. Huit (08) cours d'eau ont été choisis et répartis en 24 stations d'échantillonnage. L'objectif de notre étude visait à étudier la biodiversité des macroinvertébrés benthiques en zone côtière dans la région du Sud Cameroun. Les analyses hydrologiques, granulométriques et physicochimiques ont été réalisées suivant les méthodes classiques. Les échantillonnages des macroinvertébrés benthiques ont été faits suivant l'approche multihabitat, les organismes ont ensuite été dénombrés et identifiés sous une loupe binoculaire grâce aux clés et ouvrages d'identification adéquats. Les résultats des analyses hydrologiques et granulométriques présentent des variations dans la composition et la structuration sédimentaire, indiquant une distribution hétérogène du substrat. La qualité physicochimique des eaux, révèle que la température (25,3-27,28 °C), la turbidité (0-55,53 NTU), la conductivité électrique (21,33-262 µS/cm), les Matières En Suspension (0-34,69 mg/L), le taux d'oxygène dissous (47,83-79,11 %), l'azote ammoniacal (0-1,96 mg/L), les ions nitrates (0-1,09 mg/L) et nitrites (0-0,99 mg/L), les orthophosphates (0-12,48 mg/L) et le pH (6-9,8 UC) sont dans la gamme de qualité écologique modérée. Ce qui est en accord avec l'Indice de Pollution Organique (IPO) qui indique un niveau de pollution modéré dans l'ensemble des cours d'eau. Au cours de cette étude, 17055 individus des macroinvertébrés benthiques ont été récoltés avec un total de 116 taxons identifiés au rang de genre et/ou espèce. Ces taxons ont été répartis en 2 Embranchements (Arthropodes et Mollusques), 3 Classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 19 Ordres, et 59 Familles. La Classe des Gastéropodes étant la plus abondante avec 7593 individus, soit 44,52% d'abondance relative. Elle est suivie par la Classe des Crustacés qui totalise 7139 individus soit 41,86% d'abondance relative. Enfin, vient la classe des Insectes qui compte 2323 individus pour 13,62 % d'abondance relative. Pour ce qui est des Ordres, les Décapodes sont les plus représentés avec 7139 individus soit 41,86 % d'abondance relative. Cette suprématie des Décapodes traduit le caractère peu anthropisé des cours d'eau étudiés. Les indices de diversité de Shannon & Weaver, d'Equitabilité de Pielou ainsi que l'indice de Simpson révèlent un peuplement de macroinvertébrés benthiques riche, diversifié et réparti équitablement dans l'ensemble des cours d'eau. La caractérisation biologique réalisée à partir de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et l'Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) montre que les 24 stations sont regroupées sur la base de leurs organismes en trois groupes. Le groupe I est constitué des stations situées à proximité de l'Océan atlantique, le groupe II est constitué des stations situées en zone forestière et le groupe III est constitué des stations situées en zone périurbaine. L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a permis de mettre en évidence

les paramètres granulométriques, physicochimiques et biologiques. La méthode IndVal a permis d'identifier 73 espèces de macroinvertébrés benthiques indicatrices significatifs, dont quatre présentent des valeurs IndVal ≥ 75 % et des valeurs de fidélité B ≥ 60 %. Ces derniers peuvent être considérés comme les meilleures indicatrices des conditions qui règnent dans ces différents cours d'eau côtiers. Il s'agit notamment de *Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium macrobrachiom* et *Macrobrachium nilotica* appartenenant à l'ordre des Décapodes.

Mots clés : Cours d'eau côtiers, macroinvertébrés benthiques, biotypologie, bioindicateurs, granulométrie, région du Sud, Cameroun.

ABSTRACT

The study took place in the Department of Ocean, Southern Cameroon region from January 2022 to February 2023. Eight (08) rivers have been selected and divided into 24 sampling stations. The objective of our study was to study the biodiversity of benthic macroinvertebrates in the coastal zone in the Southern Cameroon region. Hydrological, particle size and physicochemical analyses were carried out using conventional methods. Sampling of benthic macroinvertebrates was carried out using the multihabitat approach, the organisms were then counted and identified under a binocular magnifying glass using the appropriate identification keys and books. The results of the hydrological and particle size analyses show variations in the sediment composition and structuring, indicating a heterogeneous distribution of the substrate. The physicochemical quality of the water reveals that the temperature (25.3-27.28 °C), turbidity (0-55.53 NTU), electrical conductivity (21.33-262 µS/cm), suspended solids (0-34.69 mg/L), dissolved oxygen (47.83-79.11%), ammoniacal nitrogen (0-1.96 mg/L), nitrate ions (0-1.09 mg/L) and nitrite ions (0-0.99 mg/L), orthophosphates (0-12.48 mg/L) and pH (6-9.8 CU) are in the range of moderate ecological quality. This is in agreement with the Organic Pollution Index (IPO) which indicates a moderate level of pollution in all waterways. During this study, 17055 benthic macroinvertebrate individuals were collected with a total of 116 taxa identified at the rank of genus and/or species. These taxa have been divided into 2 phyla (Arthropods and Molluscs), 3 Classes (Gastropods, Crustaceans and Insects), 19 Orders, and 59 Families. The class of Gastropods is the most abundant with 7593 individuals, i.e. 44.52% relative abundance. It is followed by the Class of Crustaceans which totals 7139 individuals or 41.86% relative abundance. Finally, comes the class of Insects which has 2323 individuals for 13.62% relative abundance. As for the Orders, the Decapods are the most represented with 7139 individuals, i.e. 41.86% relative abundance. This supremacy of the Decapods reflects the little anthropized nature of the watercourses studied. The Shannon & Weaver Diversity Index, the Piélou Equitability Index and the Simpson Index reveal a rich, diverse benthic macroinvertebrate population that is equitably distributed throughout the rivers. The biological characterization carried out from the Principal Component Analysis (PCA) and the Hierarchical Classification Analysis (ACH) shows that the 24 stations are grouped on the basis of their organisms into three groups. Group I is made up of stations located near the Atlantic Ocean, Group II is made up of stations located in forest areas and Group III is made up of stations located in peri-urban areas. Multiple Correspondence Analysis (MCA) has highlighted the particle size, physicochemical and biological parameters. The IndVal method identified 73 significant indicator benthic macroinvertebrate species, four of which have IndVal

values $\geq 75\%$ and $B \geq 60\%$ fidelity values. These can be considered as the best indicators of the conditions prevailing in these different coastal rivers. These include *Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium macrobrachiom* and *Macrobrachium nilotica* belonging to the order Decapodae.

Keywords: Coastal rivers, benthic macroinvertebrates, biotypology, bioindicators, particle size, Southern region, Cameroon.

INTRODUCTION

La zone dite côtière, fait ensuite l'objet d'une segmentation en s'appuyant essentiellement sur la géomorphologie de la côte (Athanasé, 2014). A l'image des bassins versants des rivières, chacune des unités territoriales constituées représente un cadre géographique de travail pour une approche cohérente de la gestion de la ressource en eau (Marcé, 2018). Les zones côtières caractérisent ainsi un espace de solidarité, qui intervient entre les espaces d'affrontements et de gestion, tout en se superposant à eux. Elles constituent également un espace de responsabilités, en raison des dommages susceptibles de les affecter, et qui appellent réparation. Les côtes forment un milieu complexe, du fait qu'elles constituent un écosystème de transition. Elles caractérisent une interface entre des systèmes différents où fonctionnent des effets synaptiques. Cet écotone correspond à la limite et à la zone de transition située à la frontière entre deux écosystèmes, interface entre deux écosystèmes voisins présentant une identité suffisante pour se différencier entre eux et avoir un fonctionnement écologique particulier. Il se caractérise par une richesse spécifique plus importante que celle des écosystèmes qu'il sépare car les espèces des deux écosystèmes s'y rencontrent (Ramade 2005).

Avant toute opération de traitement, la maîtrise des données de bases sur le fonctionnement et l'évolution des systèmes aquatiques devient inaliénable. L'évaluation de la qualité des eaux des hydrosystèmes repose sur des méthodes biologiques et/ou physicochimiques. Les méthodes biologiques utilisent généralement les organismes animaux ou végétaux indicateurs de qualité. Parmi les organismes biologiques figurent en bonne place les macroinvertébrés benthiques qui sont des organismes visibles à l'œil nu, vivant dans le fond des cours d'eau ou qui ne s'éloignent que peu durant la majeure partie de leur vie (Moissan et Pelletier, 2010). Ces organismes interviennent à plusieurs niveaux de la chaîne alimentaire d'une part en tant que filtreurs, prédateurs, détritivores, herbivores et omnivores, d'autre part en tant qu'élément essentiel du régime alimentaire des poissons, dont la majeure partie de la nourriture est représentée par les jeunes stades d'invertébrés chez les alevins et les juvéniles ou par les larves et les adultes pour les classes d'âge supérieur (Barbour *et al.*, 1999). Ils sont très sensibles aux perturbations qui affectent leur habitat et sont utilisés comme marqueurs de ces perturbations. Leur identification constitue un enjeu scientifique et écologique important. Ce groupe est constitué notamment des insectes, des mollusques et des crustacés qui vivent sur le fond des cours d'eau (Tachet *et al.*, 2010).

Plusieurs études hydrobiologiques sur les macroinvertébrés ont été menées dans quelques régions du Cameroun, il s'agit notamment de celles de Zébazé Togouet *et al.* (2000) dans le Lac Municipal de Yaoundé ; Foto Menbohan *et al.* (2010) dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical ; Ndourwe (2021) dans les cours d'eau forestier de la région du

littoral, région de Littoral ; Foto *et al.* (2012) dans les cours d'eau peu anthropisé de la zone périurbaine de Yaoundé ; Ajeegah *et al.* (2014) sur le lac d'obili ; (Mbohoulou, 2014) sur le cours d'eau Djobo ; (Dzavi, 2014) sur le cours Konglo ; Nzongang (2015) dans les cours d'eau en zone périurbaine à Soa, dans la région du Centre ; Nzepand (2015) dans les cours d'eau Kétsok à Bafoussam, région de l'Ouest ; Onana *et al.* (2016) sur quelques cours d'eau à Douala ; Tchakonté (2016) dans les cours d'eau urbains et périurbaine de la ville de Douala ; Biram à Ngon (2018) dans les cours de la Mefou dans la région du Centre ; Ndem (2019) dans les cours d'eau Gbakoungue (région de l'Adamoua) ; Moanono (2022) dans les cours d'eau littoral de la région de Littoral ; Boudem (2023) dans les cours d'eau Lobo et Dja de la région du Sud et Nwaha (2023) dans les cours d'eau Bengo du département de la Mvila, région du Sud Cameroun.

La plupart des travaux effectués dans les cours d'eau au Cameroun ont porté sur les zones urbaines, périurbaines, littorales et forestières. Cependant, dans le département de l'Océan, situé dans la région du Sud Cameroun, très peu d'informations sont disponibles sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques en zone côtière. De même, peu d'études ont montré le brassage entre les eaux d'origine océanique et ceux d'origine continentale, malgré les multiples intérêts nutritionnels et économiques. C'est pour remédier à cette carence d'informations que la présente étude s'est fixé pour objectif d'évaluer la biodiversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau côtiers dans la zone de Kribi, Région du Sud Cameroun.

Les objectifs spécifiques assignés à ce travail consistent à :

1. Evaluer les paramètres hydrologiques, granulométriques et physicochimiques des eaux de quelques cours d'eau de la région du Sud ;
2. Déterminer la structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques ;
3. Analyser les relations entre les facteurs environnementaux et la structure des peuplements ;
4. Etablir une approche biotypologique de ces cours d'eau et dresser une grille de polluosensibilité des macroinvertébrés benthiques.

Le présent mémoire se subdivise en trois chapitres dont le premier est consacré à la revue de la littérature, le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre les objectifs sus cités. La présentation des résultats obtenus, les interprétations afférentes et la discussion qui en découlent font l'objet du troisième chapitre. La conclusion, des recommandations et des perspectives de recherche viendront enfin clore cette étude.

CHAPITRE I :
REVUE DE LA LITTERATURE

I.1. Généralités sur les milieux aquatiques

Les écosystèmes aquatiques sont des ensembles environnementaux structurés dans lesquels se produisent des échanges de matière et d'énergie dû aux interactions entre les organismes vivants (biocénose) et leur habitat (biotope). Ces milieux renferment une grande diversité de substrats, tous caractérisés par l'omniprésence de l'eau. Les milieux aquatiques se subdivisent en milieux marins et continentaux, eux-mêmes comprenant les eaux souterraines et les eaux superficielles (Tachet *et al.*, 2010). Les eaux douces continentales regroupent les eaux souterraines (98,5%), les lacs (1,4%) et les cours d'eau (0,1%) (Moss, 1988). Ces eaux superficielles regroupent les hydrosystèmes lentiques (eaux stagnantes) et lotiques (eaux courantes) (Figure 1).

Les écosystèmes marins sont constitués par l'ensemble des mers et des océans qui bordent les continents et sont estimés à environ 1,4 millions de km³ (Couper, 1983). Ces écosystèmes marins représentent le plus vaste écosystème de la planète, tant par sa surface (71% de notre planète) que par sa profondeur (3800 m en moyenne) et représentent environ 97% de l'eau sur Terre (UNESCO, 2006). Ils connectent les Hommes, fournissent la nourriture et l'oxygène, régulant notre climat en absorbant une partie du CO₂ produit et abritent une grande diversité d'espèces. La dynamique des milieux marins est aujourd'hui contrainte par des pressions d'origine anthropique qui entraînent des modifications rapides des propriétés physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes. Le risque de bouleversements écologiques dû à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre s'accroît, comme le confirment de nombreux travaux scientifiques récents (Doney, 2010, Hoegh-Guldberh et Bruno, 2010). Pour comprendre les effets présents et futurs du changement climatique sur la biodiversité marine, il est essentiel d'approfondir la connaissance des interactions qu'entretient la vie dans l'océan avec la dynamique de son environnement physicochimique (Kengne Tenkeu, 2021).

Les eaux superficielles sont composées des écosystèmes lentiques et des écosystèmes lotiques. Les écosystèmes lentiques, caractérisés par un écoulement lent et un courant presque inexistant, des éléments ayant tendances à sédimenter (lac, étangs, marais, ...) représentent 1,4% des ressources en eau disponibles sur terre. Ces milieux intègrent des communautés d'organismes vivants qui constituent les biocénoses (Tachet *et al.*, 2010).

Les écosystèmes lotiques ou eaux courantes sont quant à eux collecteurs d'eau naturelle, alimentés par les sources, les nappes phréatiques et les eaux de ruissèlement qui trouvent leur origine dans les précipitations. L'écologie étudie les interactions abiotiques et

biotiques dans les eaux courantes continentales (Angelier, 2003). Les systèmes lotiques prennent des formes diverses allant des ruisselets dont la largeur du lit est inférieure à 1 m, aux fleuves de largeur supérieure à 25 m (Allan, 2004). Ces milieux sont caractérisés principalement par l'écoulement des eaux et révèlent deux aspects : le débit d'écoulement et la vitesse d'écoulement. C'est pourquoi ils sont dans un état de changement physique et chimique continu. Les organismes qui peuplent les cours d'eau sont répartis en fonction de leurs exigences vis-à-vis de certaines conditions hydrologiques et physicochimiques d'une part, et de leur affinité avec les microhabitats présents d'autre part (Moisan et Pelletier, 2008).

En absence de perturbation, la structure des peuplements qui colonisent les cours d'eau répond à un équilibre. Des déséquilibres peuvent naître au sein des hydrosystèmes et dégrader les ressources en eau et en matière vivante (Gleick, 1993). Une modification des facteurs physicochimiques de l'eau provoque un bouleversement de l'édifice biologique, ce qui se traduit d'une part, par une variation de la diversité et de la richesse spécifique et d'autre part, par des successions écologiques, les espèces polluo-sensibles étant les plus affectées. Par conséquent, ces espèces fragiles sont utilisées comme indicateurs de la qualité des eaux et du niveau de contamination de l'environnement (figure 1).

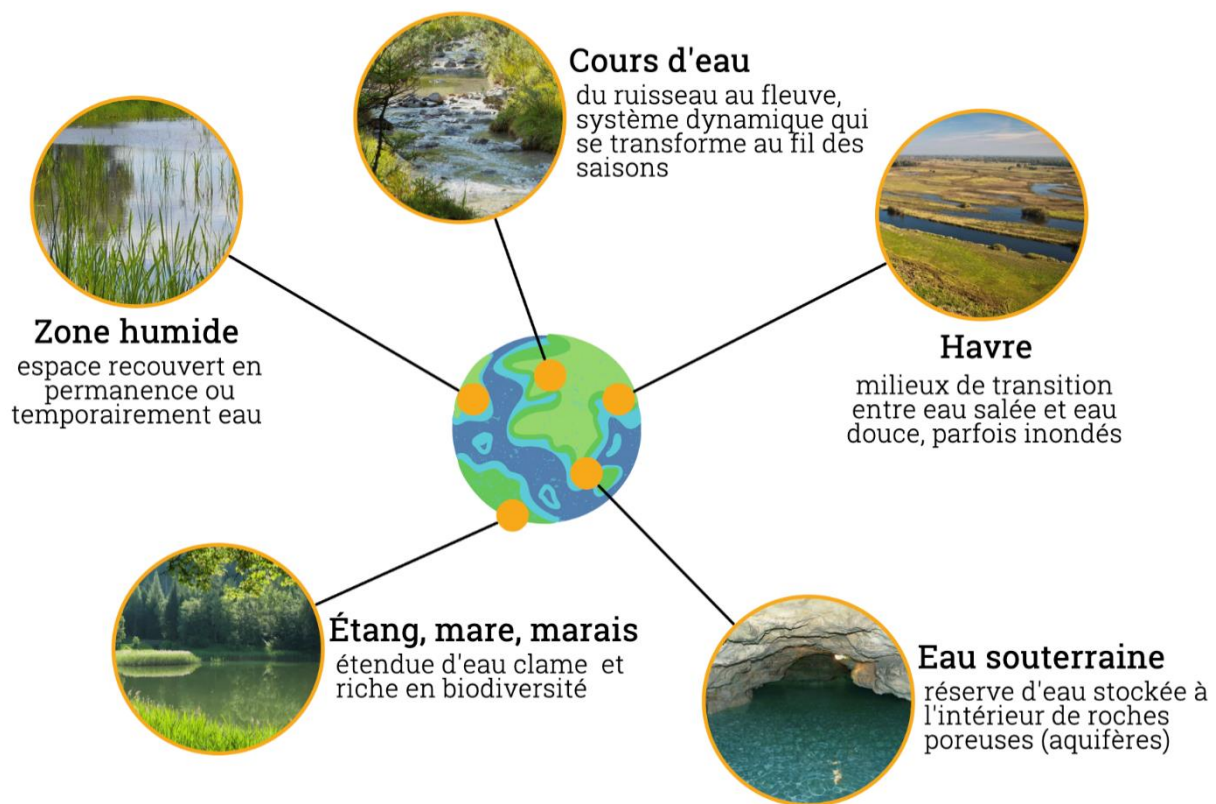


Figure 1 : Différents types de milieux aquatiques dulcicole (SAGE, 2020).

I.2. Paramètres hydrologiques des milieux lotiques

Les paramètres hydrologiques donnent des informations sur le régime général d'un cours d'eau. Ils peuvent être influencés par des facteurs abiotiques tels que la pente, la saison et la structure du sol (PNUD, 2007). A cet effet, plusieurs indicateurs peuvent être utilisés, comme entre autres : le profil en long, la vitesse d'écoulement et le débit de l'eau. Ces paramètres structurent certains facteurs abiotiques tels que la dilution, la dispersion longitudinale, l'adsorption, les échanges gazeux à l'interface air/eau, la sédimentation et la remise en suspension des matières particulières (Shorter *et al.*, 2001).

I.2.1. Profil en long

Le profil en long d'un cours d'eau correspond à l'évolution de la pente depuis sa source jusqu'à son embouchure. Il désigne également la ligne joignant les points les plus bas du talweg d'un cours d'eau de sa source à son embouchure. Son allure générale est toujours hyperbolique plus ou moins régulière (Chuzeville, 1990). L'on peut avoir différents types de profils mais dans tous les cas, des régulations s'opèrent et aboutissent à un équilibre, correspondant au niveau où le cours d'eau cesse de creuser son talweg. Le profil en long fournit des renseignements sur la pente qui est en général plus forte en amont qu'en aval (Chuzeville, 1990).

I.2.2. Vitesse d'écoulement des eaux

Le courant est la caractéristique fondamentale d'un cours d'eau ; il dépend de la pente, de la longueur du cours d'eau, de sa profondeur et de la rugosité du fond (Newbury et Gaboury, 1993). Le courant a une action contre l'eutrophisation en assurant l'oxygénation des eaux ; il permet l'évacuation des déchets, l'homogénéité des paramètres physicochimiques ainsi qu'une action de sélection des 10 organismes selon sa force. La vitesse d'écoulement détermine l'habitat et la répartition des espèces aquatiques. Beaucoup d'invertébrés ont un besoin au niveau du courant ainsi qu'une limite supérieure de tolérance (Hynes, 1970). On classe ainsi ces dernières en espèces rhéophiles parce qu'elles sont capables de vivre en plein courant, espèces lénitophiles qui se développent dans les eaux stagnantes ou à courant très faible, et espèces torrenticoles qui peuvent résister à de forts courants ; elles vivent dans des rapides. Les courants violents provoquent une instabilité du substratum et des communautés benthiques (Angelier, 2003).

I.2.3. Débit

Le débit d'un cours d'eau est la quantité d'eau qui s'écoule en un de ses points par unité de temps. Le débit varie avec la vitesse de l'eau, la section mouillée, la perméabilité du sol, le

climat et le relief du bassin versant. Il a une grande influence sur son fonctionnement morphologique et biologique. En effet, les débits conditionnent le modelage du lit mineur par différenciation des granulométries, les pentes, l'érosion de l'extérieur des méandres et sédimentation à l'intérieur, d'alternance des zones de radier et des zones profondes, de modelage de la berge, d'oxygénation, de profil en long et de température de l'eau. Selon Angelier (2003), l'installation, la répartition et la stabilité des communautés lotiques dépendent du débit. En général, les forts débits entraînent une dérive des organismes jeunes et adultes ou mal adaptés, tandis que les débits très faibles créent des conditions de sous oxygénation et d'envasement des fonds (Jullian *et al.*, 2005).

I.3. Paramètres physicochimiques

Le choix des paramètres physicochimiques à mesurer dépend très souvent des objectifs de l'étude entreprise. Les paramètres physicochimiques ainsi que la présence ou l'absence d'organisme et de microorganismes aquatiques permettent d'apprécier la qualité des eaux superficielles (De Velliers *et al.*, 2005). La nature physicochimique et les caractéristiques mésologiques (étude du milieu) des cours d'eau expliquent la présence ou l'absence de certaines espèces animales et conditionnent leur développement (Tufféry, 1980). Autrement dit, la diversité biologique et structurelle des cours d'eau est étroitement liée à l'intégrité abiotique du milieu (Moisan et Pelletier, 2008). En effet, chaque organisme est sensible à différents facteurs abiotiques de son milieu de vie (température, pH, oxygène dissous, vitesse du courant, qualité du substrat, etc.) et présente en général, des seuils de tolérance minimum et maximum pour chacun de ces facteurs. L'écart entre ce minimum et ce maximum étant appelé valence écologique et représente la capacité d'adaptation de l'organisme à son biotope (Gaujous, 1993 ; Ramade, 2005). Ainsi, bon nombre de variables physicochimiques sont prises en compte dans l'évaluation et le suivi de la qualité des cours d'eau.

I.3.1. Paramètres physiques

Les paramètres physiques de l'eau comprennent entre autres, la température, les Matières en Suspension (MES), la turbidité, la couleur, les Solides Totaux Dissous et la salinité.

I.3.1.1. Température

La température est un facteur clé influençant la biologie et la distribution des espèces lotiques qui sont pour la plupart poïkilothermes (Giller et Malmqvist, 1999). Ainsi, chaque organisme possède son préférendum de température en dessous et au-dessus duquel son activité

se trouve modifiée. Les modifications de la température tout le long d'un cours d'eau dépendent en partie des activités liées à l'homme. La température est considérée comme une variable écologique fondamentale. Ainsi, la dégradation des composés organiques et la cinétique des réactions physicochimiques sont fortement affectées par la température (Rhée et Gothan, 1981). Au cours du temps les amplitudes des variations thermiques en plaine (aval) sont importantes à l'échelle mensuelle mais faibles à l'échelle journalière (inférieures à 1°C). Au contraire, les amplitudes des variations thermiques en montagne (amont) sont faibles à l'échelle mensuelle mais importantes à l'échelle quotidienne (3 à 8° C). Et d'une façon générale, pour un milieu aquatique, la température des eaux superficielles est influencée par la température ambiante, et ceci d'autant plus que la profondeur est faible. Elle dépend de la latitude, de l'altitude, de la saison, de l'heure et du débit (Rodier *et al.*, 1996) (figure 2).

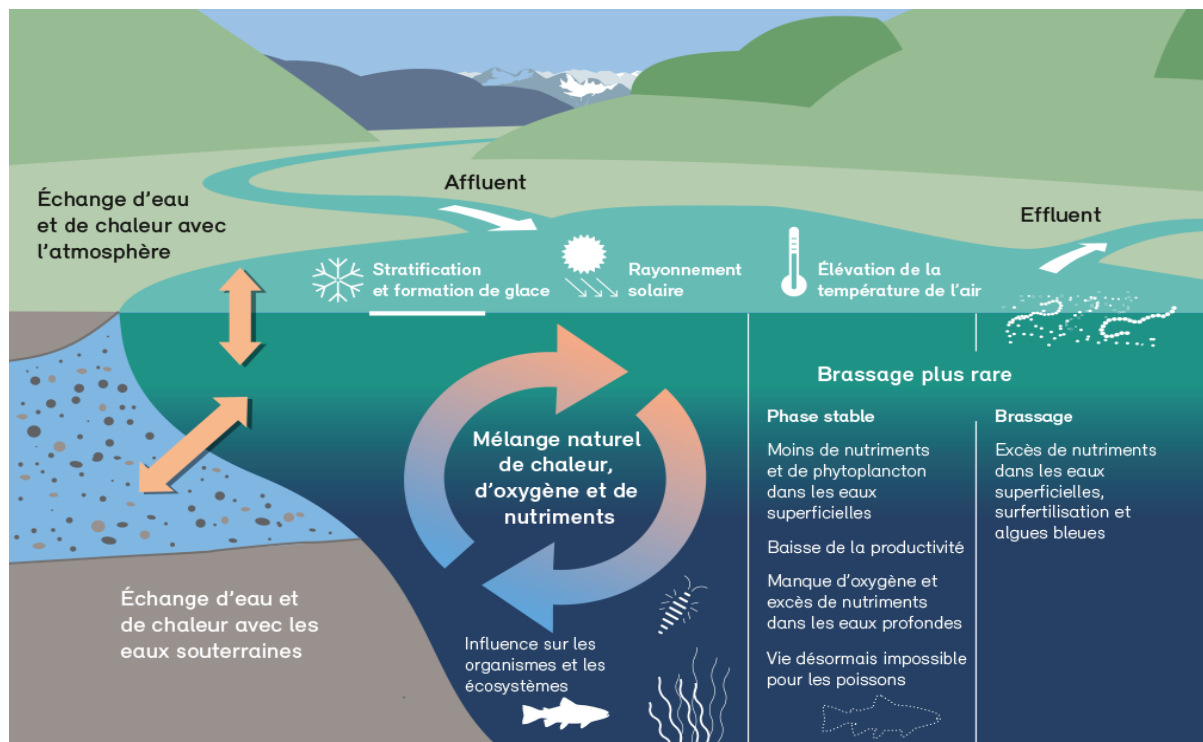


Figure 2 : Influence des températures sur le milieu aquatique (Gaudard, 2017).

I.3.1.2. Matières en Suspension

Les MES représentent les matières non solubles en suspension dans l'eau. Elles sont constituées de toutes les particules minérales et organiques arrachées par l'érosion due aux eaux pluviales (Auby *et al.*, 1994). Leur abondance dans une eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique par l'activité photosynthétique (Cairns *et al.*, 1972) et donc l'autoépuration est freinée. Pour chaque cours d'eau, les teneurs en MES varient avec le type de bassin versant, la nature des terrains traversés, la saison et les apports éventuels des effluents (Rodier *et al.*, 1996). Toutefois, une forte concentration de l'eau en MES présente

des effets néfastes sur la faune aquatique ; elle peut constituer un facteur limitant pour l'installation et le développement de la faune benthique en provoquant sa mort suite au colmatage des organes respiratoires (Camacho, 1992).

I.3.1.3. Turbidité et Couleur

La turbidité d'une eau correspond à son état trouble. Elle est due à la présence dans l'eau des particules en suspension, notamment colloïdales (argiles, limons, grains de silice, matières organiques) (Rodier *et al.*, 1996). Tandis que la couleur quant à elle est due à la minéralisation et à la présence des substances humiques, mais aussi à l'eutrophisation qui engendre un accroissement des algues (Zébazé Togouet, 2008). La turbidité et la couleur augmentent avec les MES ; elles réduisent la quantité de lumière qui pénètre dans la colonne d'eau et par conséquent, diminuent la productivité des végétaux autotrophes phytoplanctoniques (Dajoz, 2000).

I.3.1.4. Solides Totaux Dissous ou Total Dissolved Solids

Les Solides Totaux Dissous, représentent l'ensemble des substances dissoutes dans l'eau et s'expriment en milligramme par litre (mg/L). Ils sont composés de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Ces minéraux peuvent aussi bien être d'origine naturelle qu'humaine. Les eaux de ruissellement agricole et urbaine peuvent provoquer un surplus de minéraux dans les cours d'eau (Méhounou *et al.*, 2016).

I.3.2. Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques renseignent sur la qualité chimique des eaux. Les plus utilisés dans la caractérisation des plans d'eau sont entre autres : le pH, la conductivité électrique, les formes d'azote, les orthophosphates, l'oxygène dissous, le gaz carbonique dissous, alcalinité et l'oxydabilité.

I.3.2.1. Potentiel d'Hydrogène

Le pH est une mesure de la concentration en ions hydrogène (H^+). Il indique le caractère acide ou basique de l'eau. L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin). La valeur médiane 7 correspond à une solution neutre (IBGE, 2005). Le pH des eaux de surface est déterminé en partie par la nature géologique du bassin versant, par les précipitations acides et par l'activité biologique (Painchaud, 1997). Dans les couches superficielles, il peut augmenter à des niveaux plus alcalins lors des activités de photosynthèse dans la colonne d'eau. A l'inverse, il diminue lors des activités de respiration ou lors de la

dégradation de la matière organique par les bactéries. On remarque ce phénomène de dégradation dans les couches profondes où la concentration d'oxygène est déficiente (AFNOR, 2004 ; Rodier *et al.* 1996). Le pH des eaux de surface se situent habituellement dans une plage variant de 6 à 9. Un lac affichant une valeur de pH inférieure à 5,5 sera considéré acide, seuil sous lequel les organismes aquatiques seront affectés (Binesse, 1983).

I.3.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau (Derwich *et al.*, 2010). La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs contrairement aux composés organiques qui sont de mauvais conducteurs. La conductivité varie en fonction de l'origine des eaux, la nature géologique du substrat, les confluences ou les afférences souterraines et la pollution du support aqueux (Camacho, 1992 ; Jullian *et al.*, 2005). La connaissance du contenu en sels dissous dans l'eau d'un cours d'eau est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres concernant ces éléments. En général, les espèces aquatiques ne supportent pas de fortes variations en sels dissous comme celles observées, par exemple, en cas de déversement d'eaux usées. La conductivité électrique d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (IBGE, 2005).

I.3.2.3. Gaz carbonique dissous

Le gaz carbonique occupe une place de choix dans la production primaire, car il est à la base de la synthèse de la matière organique. Il existe dans l'eau à l'état dissous et provient soit de l'air, soit de l'activité respiratoire des organismes aquatiques ou même de la décomposition de l'alcalino-terreux présent dans l'eau. Il peut aussi provenir des eaux de ruissellement et des eaux souterraines. Il se présente dans l'eau naturelle soit sous forme de CO_2 hydraté ou non, encore appelé CO_2 libre, soit sous forme de CO_2 combiné ou lié, tels que les ions hydrogénocarbonates (HCO_3^{2-}) (Angelier, 2003).

I.3.2.4. Oxygène dissous

Dans les milieux aquatiques, l'oxygène est le moteur essentiel de la vie des organismes. Il sert à la respiration des organismes aquatiques et assure l'oxydation de la matière organique en faisant intervenir les différents groupements bactériens, contribuant ainsi à l'autoépuration du milieu. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de

l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (IBGE, 2005). L'augmentation de la température de l'eau entraîne par exemple une baisse de la solubilité de l'oxygène, celle-ci augmentant avec les pressions atmosphériques croissantes (Rodier *et al.*, 1996 ; Arrignon, 1998). Une salinité trop élevée favorise le non dissolution de l'oxygène et l'échappement de celui-ci (Rodier *et al.*, 1996). L'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel et peut être utilisée comme critère de qualité des eaux de surface. Il peut donner une indication de la santé d'un cours d'eau et permettre entre autres, d'évaluer la qualité des habitats pour les organismes aquatiques. Une valeur d'oxygène dissous inférieure à 1 mg d'oxygène par litre indique par exemple un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une valeur de 1 à 2 mg d'oxygène par litre indique une rivière fortement polluée. Une teneur de 4 à 6 mg d'oxygène par litre caractérise une eau de bonne qualité. Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg d'oxygène par litre (IBGE, 2005).

I.3.2.5. Oxydabilité

L'oxydabilité représente la concentration des substances organiques réductrices de la quantité d'oxygène. Il permet d'apprécier la teneur de l'eau en matières organiques biodégradables qui, en milieu naturelle, proviennent essentiellement du lessivage des sols, de la ripisylve et du métabolisme des organismes aquatiques (Lecerf, 2005). Dans les eaux de surface, les valeurs de l'oxydabilité oscillent le plus souvent entre 3 et 8 mg/L d'oxygène (Rodier *et al.*, 2009). Les teneurs élevées de l'oxydabilité traduisent généralement un apport de matières organiques anthropiques dans le cours d'eau (Derwich *et al.*, 2010).

I.3.2.6. Alcalinité ou Titre Alcalimétrique Complet

L'alcalinité d'une eau traduit sa capacité à absorber les protons. Appelé titre alcalimétrique complet (T.A.C), elle correspond à la somme des ions bicarbonates (HCO_3^-), ions carbonates (CO_3^{2-}) et ions hydroxydes (OH^-). Dans les eaux naturelles, l'alcalinité varie de 10 à 350 mg/L, avec des valeurs comprises entre 25 et 50 mg/L pour des cours d'eau situés en région à substrat acide (Rodier *et al.*, 2009). Les variations de cette composante sont à rapprocher de celles des degrés de minéralisation des eaux et d'oxydation des composés organiques, mais aussi de la teneur en anhydride carbonique (Lévêque et Balian, 2005).

I.3.2.7. Salinité

C'est un paramètre très important dans l'évaluation des paramètres environnementaux des eaux marines. Le premier facteur qui détermine la salinité est le bilan évaporation – précipitation, et l'apport des grands fleuves (Amazone, Niger, Congo). Les précipitations abondantes de la région équatoriale font que la salinité soit faible au voisinage de l'équateur. Dans les régions équatoriales, tropicales et subtropicales, on observe un minimum de salinité à une profondeur comprise entre 600 et 1000 m, aux grandes latitudes, la salinité est faible en surface et croît avec la profondeur (Rodier *et al.*, 2009). La salinité comme la température affecte la densité de l'eau, c'est un paramètre essentiel dans l'étude de la circulation océanique et la distinction entre les masses d'eaux d'origines différentes comme par exemple les zones littorales impactées par les apports d'eaux douces. En fait, au niveau des eaux marines et océaniques la salinité est proche de 35‰ alors qu'au niveau des eaux douces la salinité est presque nulle. Par conséquent, au niveau des zones de mélange entre les eaux d'origine marine et ceux d'origine continentale, le gradient de salinité est généralement entre 0 et 35 (Kourradi *et al.*, 2007).

I.3.2.8. Composés azotés

Dans les hydrosystèmes, l'azote se trouve sous formes d'azote organique, d'azote ammoniacal (NH_4^+), de nitrites (NO_2^-), de nitrates (NO_3^-) (CEAEQ, 2007). Les teneurs relatives en ces différentes formes ioniques sont dépendantes des apports exogènes, du degré d'oxygénation de l'eau et de l'activité biologique.

I.3.2.8.1. Azote ammoniacal

La concentration en d'azote ammoniacal d'un plan d'eau fournit à la fois des informations sur la teneur en oxygène dissous de cet écosystème et sur sa pollution (Liechti *et al.*, 2004). Elle renseigne aussi sur le degré de minéralisation de la charge organique de l'eau et partant sur son degré d'épuration (Rodier *et al.*, 2009). La teneur en ions NH_4^+ est très élevée dans les eaux riches en matières organiques lorsque le pourcentage de saturation en oxygène est insuffisant pour assurer son oxydation en nitrates (CEAEQ 2007). De plus, une augmentation excessive de la température transforme l'ion NH_4^+ en NH_3 qui est toxique pour de nombreux organismes. Toutefois, l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement de l'eau en cet élément par apport d'effluents urbains et industriels, rejet d'eaux usées domestiques, lessivage des sols agricoles fortement enrichis en engrais et en pesticides (Jullian *et al.*, 2005 ; Jain, 2012 ; Bhats *et al.*, 2013).

I.3.2.8.2. Nitrates

Les nitrates proviennent naturellement de l'écoulement des eaux sur le sol du bassin versant. L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement par le rejet des eaux usées, les apports d'engrais sur les sols cultivés et par les industries minérales (Jullian *et al.*, 2005). Ils représentent le composé minéral azoté le plus fréquent dans les eaux bien oxygénées. Dans le cas où l'oxygène vient à manquer, les nitrates agissent néanmoins comme des accepteurs d'électrons (oxydants) et forment des composés réduits d'azote (nitrites et ammonium) qui eux, peuvent être toxiques pour le zooplancton (Liechti *et al.*, 2004).

I.3.2.8.3. Nitrites

Les nitrites apparaissent comme des produits intermédiaires dans le phénomène de nitrification, c'est-à-dire dans la transformation biologique de l'ammonium en nitrates. Ils ne se maintiennent dans les eaux courantes que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydé et leur présence durable indique un état de pollution organique (Verneaux, 1973).

I.3.2.8.3. Orthophosphates

Les orthophosphates correspondent à la forme de phosphore directement assimilable par les plantes (Rodier *et al.*, 2009). Ils fournissent des informations sur la pollution des eaux par les activités humaines. En effet, lorsque la concentration en phosphore dans l'eau est faible, la production algale, socle de la chaîne alimentaire, est peu abondante et le milieu demeure oligotrophe. Par contre, lorsque la concentration en phosphore dans l'eau augmente, la production végétale s'accroît, avec pour corollaire une réduction de l'éclairement en profondeur, une diminution de la concentration d'azote nitrique et des périodes d'anoxies nocturnes, auxquelles peuvent s'ajouter de fortes augmentations de pH susceptibles d'engendrer des concentrations d'ammoniaque toxiques pour le règne animal et à long terme l'eutrophisation (Devidal *et al.*, 2007). En outre, une concentration élevée des eaux en cet élément est indicatrice d'une pollution par les eaux vannes et les effluents industriels contenant des phosphates organiques et des détergents synthétiques (INRA, 2000).

I.4. Caractéristiques biologiques des milieux lotiques

Les organismes aquatiques, de par leur diversité de formes et fonctionnelles, leur durée de vie variable et leur large distribution dans l'ensemble des eaux courantes, constituent d'excellents indicateurs de l'état de santé de ces milieux (Friedrich *et al.*, 2001).

1.4.1. Notion de bioindicateur

Les bioindicateurs sont des organismes qui permettent de façon pratique et certaine, de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible, leurs modifications naturelles ou provoqués (Blandin, 1986). Ils permettent d'obtenir un portrait beaucoup plus précis de l'intégrité d'un écosystème par rapport à l'analyse chimique de la colonne d'eau ou de la dimension physique de l'écosystème (Yoder et Rankin, 1995). Un bon bioindicateur doit avoir des exigences écologiques très spécifiques afin qu'on puisse faire un lien direct entre sa présence/absence et une particularité environnementale (Leclercq, 2001). Les outils biologiques de suivi ont la capacité unique d'intégrer, et donc de refléter, les conditions générales qui règnent dans un cours d'eau. Ils représentent ainsi la meilleure approche qui permet d'évaluer l'effet des influences multiples et variées sur l'environnement (Simon, 1999).

Parmi les différents compartiments biologiques, les macroinvertébrés benthiques bénéficient d'une longue histoire en matière d'outils de bioindication. En effet, depuis les premiers essais d'utilisation des invertébrés dans l'identification des pollutions organiques au début du 20ème siècle (méthode des aérobies de Kolkwitz et Marsson, 1908, 1909), ces organismes sont devenus le maillon biologique le plus couramment utilisé pour l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques (Reyjol *et al.*, 2013). Ils occupent une place de choix et sont à la base de nombreux indices biologiques. Leur diversité spécifique, le nombre important d'habitats qu'ils occupent et leur capacité de déplacement relativement réduite par rapport aux poissons, en font d'eux d'excellents témoins de la qualité présente et passée de l'eau et de l'habitat qu'ils occupent (Tachet *et al.*, 2002) (figure 3).

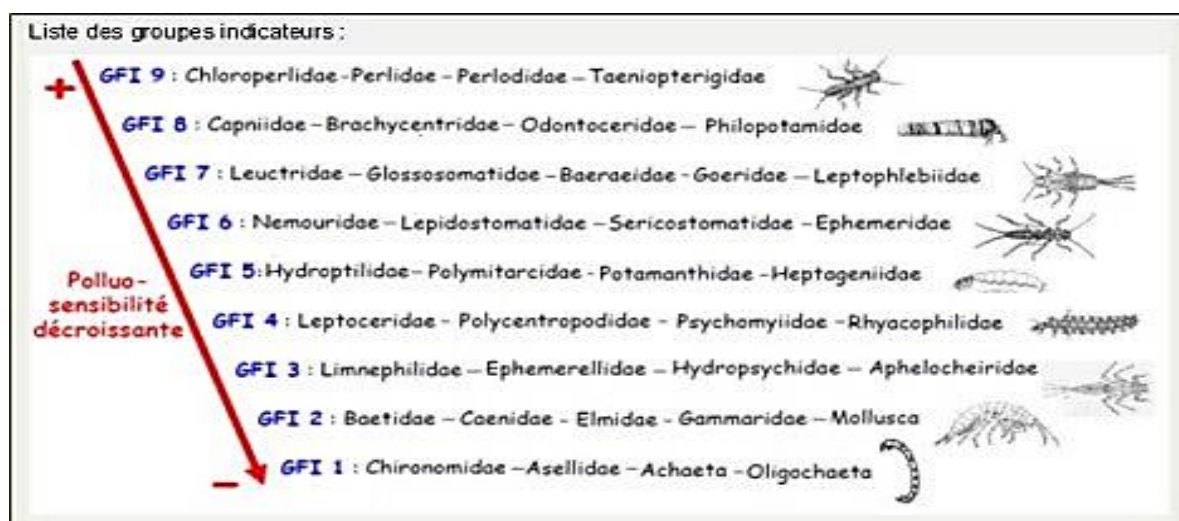


Figure 3 : Liste des groupes indicateurs des macroinvertébrés benthiques De Caceres, 2009.

I.4.2. Evaluation de la pollution des cours d'eau

Le suivi des milieux aquatiques a longtemps été exclusivement orienté sur les prises de mesure des paramètres physicochimiques de l'eau et la caractérisation de leurs différentes menaces. Or, la surveillance physicochimique mesure les agents stressants, c'est à dire la contamination environnementale. Au vu de la diversité des milieux lotiques et la variété des composantes qui leur sont propres, la réalisation d'une méthode de suivi de l'intégrité écologique se base de plus en plus sur une méthodologie d'évaluation qui permet de déterminer les différentes variables (environnementales et biologiques) qui seront aptes à estimer l'état général des écosystèmes ciblés (Chouinard, 2010).

I.5. Evaluation de la qualité des eaux par les sédiments

Un milieu lotique est caractérisé par un écoulement des eaux, ce qui est à l'origine du transport des matériaux granulaires et particulaires qui proviennent des processus érosifs du bassin versant, du lit, ou encore des berges du cours d'eau (Amoros et Petts, 1993). Il transporte également divers matériaux solides non minéraux (troncs d'arbres, etc..). Une masse sédimentaire est constituée par une population de grains de différentes tailles et d'origine géologique variée qui vont réagir différemment au regard des écoulements, une précision étant faite entre les sédiments homométriques et les sédiments hétérométriques (Rodrigues, 2011). Ainsi, plusieurs paramètres caractérisent un sédiment : la taille, la forme, la densité, la porosité (volume des interstices), la cohésion, la composition minérale, la conductivité hydraulique (capacité des sédiments à laisser transiter les flux d'eau). La caractérisation granulométrique des sédiments basée sur le tri des grains est la méthode la plus simple. Le tableau 1 présente les différentes classes granulométriques proposées par Wentworth (1922) et modifiées par Malavoi *et al.* (2011). Les sédiments présentent également une variabilité granulométrique longitudinale. En effet, selon Wasson *et al.* (2002), plus on s'éloigne des zones de montagne ou des têtes de bassin, plus le diamètre des éléments diminue et plus leur tri granulométrique augmente. Cette classification granulométrique est contrôlée par la variation de la capacité de transport du cours d'eau de l'amont vers l'aval, les apports sédimentaires des tributaires, et l'érosion des berges. La « qualité » du sédiment est également un facteur déterminant pour l'épanouissement de la faune benthique et le déroulement des processus biologiques auxquels elle participe (dégradation de la matière organique et cycles biogéochimiques associés). Elle peut être exprimée en termes de porosité et/ou de conductivité hydraulique (Gayraud et Philippe, 2003). Selon Malavoi *et al.* (2011), les sédiments grossiers correspondent aux fractions granulométriques allant des sables moyens aux blocs. La notion de sédiments grossiers

peut être reliée à celle de substrat grossier. Gayraud *et al.* (2003) distinguent les substrats fins relativement fluides, en raison d'une forte teneur en eau, des substrats grossiers plus rigides.

I.5.1. Importance des sédiments dans le fonctionnement des écosystèmes lotiques

Les sédiments, mis à part leur rôle de mémoire des hydrosystèmes lenti-ques et lotiques, participent aux processus d'autoépuration et au maintien de l'équilibre géomorphologique du cours d'eau, ainsi qu'à la diversification des habitats (Malavoi *et al.*, 2011). Les classes granulométriques grossières sont considérées comme primordiales pour les biocénoses aquatiques ainsi que pour le maintien de la géodynamique d'un cours d'eau. En effet, le transport des sédiments grossiers joue un rôle essentiel dans la fonctionnalité hydromorphologique du cours d'eau, ainsi que dans le maintien des communautés biologiques (Braud et Alber, 2012). En ce qui concerne la fraction granulométrique fine, une présence excessive de sédiments fins dans un cours d'eau peut être interprétée comme un dysfonctionnement sédimentaire de ce dernier. Ils sont souvent définis comme des particules organiques ou inorganiques de moins de deux millimètres de diamètre, c'est-à-dire les sables (2000 à 62 μm), limons (62 à 4 μm) et argiles (< 4 μm) (Armitage et Wood, 1997) et sont une composante naturelle et intégrante des écosystèmes aquatiques. Dans les écosystèmes naturels, la concentration des sédiments fins en suspension et les taux de sédimentation sont temporellement variables en fonction des variations saisonnières du débit et spatialement variables en fonction des caractéristiques du bassin versant (Logan, 2004) (figure 4).

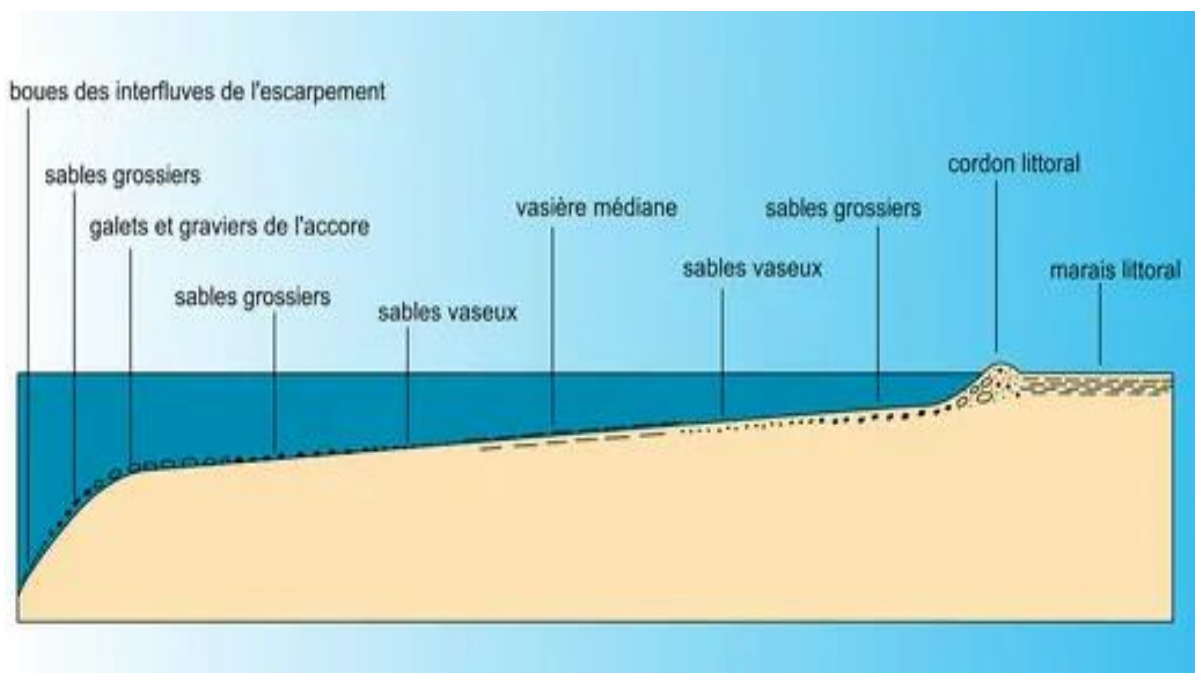


Figure 4 : Répartitions des sédiments dans un cours d'eau (Vaneck, 1997).

I.5.2. Impact des sédiments sur les invertébrés benthiques

Les invertébrés benthiques sont des organismes sédentaires, réalisant dans la plupart du temps tout leur cycle de développement sur un biotope restreint (Tachet *et al.*, 2010). Ainsi, pour les invertébrés benthiques, l'excès de sédiments fins couplé à un taux de dépôt important peuvent provoquer des dommages par abrasion notamment sur les branchies des animaux filtreurs, comme les bivalves (Culp *et al.*, 1986). Les particules fines, en particulier des argiles et les limons, peuvent s'accumuler dans les organes des animaux, colmatant les branchies et les appareils d'alimentation par filtration, rendant ainsi la respiration et l'alimentation difficiles (Jones *et al.*, 2011). Les invertébrés peuvent également être sujets à des problèmes d'enfouissement, et le problème survient lorsque le taux de sédimentation en particules fines est supérieur à la capacité des individus à creuser, ce qui est très dépendant de chaque taxon et de la granulométrie des matériaux déposés (Wood *et al.*, 2005). Le colmatage en surface ou interne entre les sédiments grossiers limite aussi les échanges verticaux et réduit l'oxygénation du substrat, ce qui provoque l'asphyxie des individus (Vaneck, 1997).

De plus, une importante concentration de sédiments fins peut aussi entraîner une réponse comportementale des invertébrés benthiques, qui se traduit par une augmentation du nombre d'animaux entraînant leur dérive (Jones *et al.*, 2011). Aussi, bon nombre d'auteurs s'accordent pour dire que les sédiments fins ont un impact sur la densité, l'abondance et la diversité taxonomique des invertébrés dans les cours d'eau (Harrison *et al.*, 2007 ; Jones *et al.*, 2011). Cette situation étant due au fait que les espèces d'invertébrés benthiques ont des exigences spécifiques vis-à-vis de l'habitat où ils vivent et ont tendance à éviter les patches qui ne satisfont pas à ces exigences (Sarriquet *et al.*, 2007 ; Jones *et al.*, 2011). De plus, le colmatage interstitiel par les sédiments fins peut augmenter la stabilisation des alluvions, ce qui réduit le flux de sédiments grossiers pendant les forts débits du cours d'eau et crée des zones de faible contrainte hydraulique. Ce comblement des interstices entre les éléments grossiers limite la mobilité des invertébrés entre les particules du substrat et diminue le nombre d'abris hydrauliques disponibles, ce qui influe sur leur distribution (McClelland et Brusven, 1980).

I.6. Généralités sur les macroinvertébrés benthiques

I.6.1. Macroinvertébrés benthiques

Parmi les organismes biologiques, la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques est souvent utilisée pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Hellowell, 1986, Barbour *et al.*, 1999 ; WFD, 2003). Les MIB sont des organismes qui vivent

dans le fond des cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu. Ils sont essentiels pour la transformation de la matière organique en ce sens qu'ils assurent le recyclage d'une bonne partie de la matière végétale et/ou animale se trouvant dans les hydrosystèmes (Olivier *et al.*, 2004 ; Lecerf, 2005). On retrouve dans cette catégorie, les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Ephéméroptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Monoury, 2013). La structure des communautés de MIB est souvent utilisée comme indicateur des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes aquatiques et peut fournir une foule d'informations sur la qualité de l'eau et de l'habitat (Woodcock et Huryn, 2007). On peut les utiliser pour identifier plusieurs types de pollution, comme la pollution organique, métallique, de même que pour détecter une acidification du milieu. Ils interviennent également dans le cycle biologique de certains parasites, en leur servant d'hôtes intermédiaires et/ou définitifs (Monoury, 2013).

Les macroinvertébrés sont des organismes qui contribuent fortement à la biodiversité des cours d'eau, différentes espèces s'étant adaptées aux conditions écologiques les plus diverses. Certains taxa dits polluosensibles (larves d'Ephéméroptères, de Plécoptères et de Trichoptères) exigent ainsi des eaux de bonne qualité écologique, tandis que ceux dits pollutotolérants (Chironomidae, Tubificidae, Physidae) supportent très bien de fortes charges en matière organique ou résistent aux polluants (Hilsenhoff, 1988 ; Bode *et al.*, 1996 ; Bode *et al.*, 2002). Certaines espèces affectionnent les zones de fort courant (espèces rhéophiles), tandis que celles dites limnophiles privilégient les eaux calmes. D'autres dites héliophiles préfèrent les zones bien éclairées (certaines larves d'Odonates), contrairement à celles dites sciaphiles (Ephéméroptères, Plécoptères, Planaires) qui trouvent refuge sous les pierres, rochers, herbier, feuilles mortes, ou dans les crevasses (Dajoz, 2000 ; Tachet *et al.*, 2010). D'autres encore sont généralistes (eurytopes) et s'adaptent à différents types de milieux. L'occupation d'une niche dépend donc du métabolisme de base des organismes, des conditions environnementales et des exigences spécifiques des différents taxons (Schuwirth et Reichert, 2012).

Les macroinvertébrés benthiques constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils sont une source de nourriture pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens, et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de

l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) de multiples perturbations physiques (modification de l'habitat), biologique et chimiques dans les cours d'eau (MDDEFP, 2013). Abondants dans la plupart des rivières, ils sont faciles à récolter et leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (Barbour *et al.*, 1999).

On retrouve les macroinvertébrés benthiques essentiellement sous les pierres, dans les sédiments à faible profondeur, dans les débris organiques ou à la surface des macrophytes (Boissonneault, 2006). Il s'agit principalement des Mollusques, des Annélides, des Crustacés et des Insectes (Monique, 1987 ; Tachet *et al.*, 2010 ; Foto Menbohan *et al.*, 2013).

1.6.1. Mollusques Gastéropodes

Les Mollusques sont des métazoaires triploblastiques. Ils se caractérisent par un coelome peu segmenté et sont classés ainsi en marge des coelomates et par une symétrie bilatérale qui peut toutefois disparaître, chez les Gastéropodes adultes, par torsion ou enroulement. Les Mollusques sont, par définition, des organismes à corps mou, généralement entourés d'une coquille de carbonate de calcium sécrétée par le manteau dont le corps comprend 4 principales parties : la tête, le pied, la masse viscérale et le manteau (Villaunueva, 2004). Les Mollusques dulçaquicoles peuvent être divisés en deux classes selon que la coquille est formée de deux valves articulées (Bivalves ou Lamellibranches) ou d'une seule pièce (Gastéropodes) (Lioris et Rhcababo, 1984).

Les Bivalves se distinguent par leur symétrie bilatérale avec valves droite et gauche, une tête peu différenciée, l'absence de tentacules et yeux. Les lamellibranches épibiontes se fixent au substrat par le byssus qui secrète une substance adhérente. Les formes endobiontes sont munies d'un siphon pour la filtration de l'eau. La coquille des Bivalves porte souvent des stries de croissance et des cernes annuels. La reproduction est sexuée (individus mâles et femelles portant des gonades) et la fécondation est libre (pélagique). Le stade larvaire est généralement mobile et pélagique contrairement au stade adulte, le plus souvent sédentaire.

Les Gastéropodes se singularisent par leur asymétrie et la torsion de leur masse viscérale. Ils se distinguent également par la localisation de l'œsophage dans le pied et possèdent une tête distincte, munie d'une bouche, d'une ou deux paires de tentacules et des yeux. Leur pied leur permet la reptation et peut être adapté à la nage. La présence d'un siphon favorise chez plusieurs taxons la respiration sur des substrats boueux. Les Gastéropodes sont particulièrement ubiquistes, en milieu aquatique, ils occupent généralement des eaux peu profondes (Lioris et Rhcababo, 1984). La classe des Gastéropodes se subdivise en deux sous-

classes (Prosobranches et Pulmonés). Chez les Prosobranches, la coquille est toujours spiralée et fermée par un opercule calcaire ou corné lorsque l'animal se retire dans sa coquille. Cette dernière est généralement dextre, rarement senestre et peut être conique ou plus ou moins aplatie. Chez les Pulmonés, il n'y a pas d'opercule, la coquille est soit en forme de « chapeau chinois », soit enroulée dans le plan, soit spiralée conique dextre ou senestre (Tachet *et al.*, 2010). Les Gastéropodes sont bisexués ou hermaphrodites, certaines espèces se caractérisant même par la succession de stades mâle puis femelle. La reproduction des gastéropodes est sexuée et par fertilisation interne (permettant la reproduction à la fois en milieu aquatique et aérien) (figure 5).

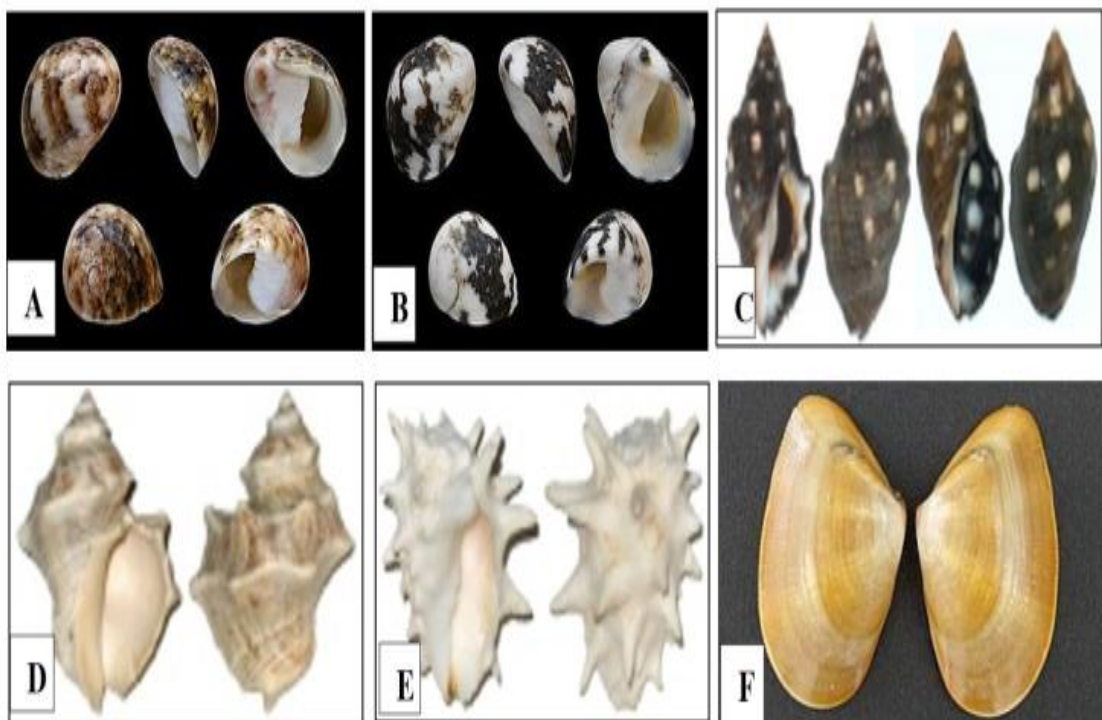


Figure 5 : Photos de quelques coquilles de mollusques. (**Gastéropodes** : A,B = famille des Neritidae ; C,D,E = famille des Thaididae ; **Bivalves** : F = famille des Unionidae). (Bouchet et Roccoi, 2005).

1.6.2. Crustacés Décapodes

Les crustacés comprennent un très grand nombre d'espèces en milieu marin. En eau douce trois sous classes sont connues les Branchiourses, Branchiopodes, Malacostracés (Tachet *et al.*, 2010). La prolifération de crustacés constitue donc un indice de pollution organique. De plus, ils sont sensibles à la pollution par les nitrates et les pesticides, ainsi qu'à l'acidification et à la faible oxygénation des plans d'eau. Les décapodes sont des crustacés Eucarides chez lesquels le corps peut être divisé en trois parties : le céphalon, le thorax et l'abdomen (Tachet *et al.*, 2010). Les trois

premières paires de pattes thoraciques sont transformées en maxillipèdes, les cinq paires suivantes étant à fonction locomotrice (péréiopodes), la paire IV (premier péréiopode) pouvant être transformée en pince (chélipède) bien développée ; elle est dépourvue d'exopodite chez l'adulte. L'exopodite maxillaire (M_{x2}) est bien développé. Les branchies sont thoraciques. L'abdomen joue un rôle locomoteur et porte des pléopodes natatoires chez les groupes primitifs à faciès caridoïde (crevette), il est réduit, ainsi que ses appendices, chez les formes plus évoluées et n'est plus qu'un opercule articulé chez les crabes. Les sexes, en règle générale, sont séparés. Succinctement parlant, un Décapode comprend (Poupin et Juncker, 2010):

- Un céphalothorax parfois prolongé vers l'avant par un rostre plus ou moins développé ;
- deux paires d'appendices préoraux : les antennules et les antennes ;
- trois paires d'appendices oraux : les mandibules, les maxillules et les maxilles ;
- huit paires d'appendices thoraciques dont trois paires de maxillipèdes et cinq paires de péréiopodes (les postérieurs sont locomoteurs mais une ou plusieurs paires peuvent être préhensiles) ;
- un abdomen ou pléon, portant six paires d'appendices ou pléopodes dont la dernière paire constitue chez les Macroures les uropodes, qui forment, avec le telson terminal, un éventail caudal. Les orifices génitaux femelles se trouvent sur le 6^{ème} somite thoracique, ceux des mâles sur le 8^{ème}. Les pléopodes mâles peuvent être modifiés : les Pl_1 et Pl_2 sont, chez les Brachyours (Crabes), transformés en pénis ou gonopodes tandis que, chez les Macroures, l'endopode du Pl_1 peut porter une appendix interna et celle des Pl_2 une appendix masculina et une appendix interna. Ces organes présentent souvent des caractères importants et très utilisés en systématique (celle des Brachyours par exemple, fait appel à la morphologie des gonopodes) (Elouard, 1981).

La figure 6 illustre les segments de quelques spécimens du groupe de Malacostracés Décapodes, qui comprend les langoustes, les crevettes, les bernard l'ermite et les crabes (Poupin et Juncker, 2010). Ce groupe suscite un vif intérêt au niveau des pêcheries avec de nombreuses espèces communes, facilement accessibles et souvent identifiables à l'oeil nu (Tachet *et al.*, 2010). Dans la sous-classe des Malacostracés qui est la plus importante en termes de diversité et de biomasse, le corps peut être divisé en trois segments : le céphalon qui est constitué de la fusion des cinq premiers somites portant chacun une paire d'appendices, le péréion qui a huit segments portant chacun, fondamentalement, une paire de péréiopodes, et le pléon constitué de six segments portant chacun une paire de pléopodes. Cette sous-classe est constituée de trois ordres qui sont : les Décapodes, les

Isopodes et les Amphipodes. Les Décapodes constituent le groupe le plus abondant dans les mangroves.

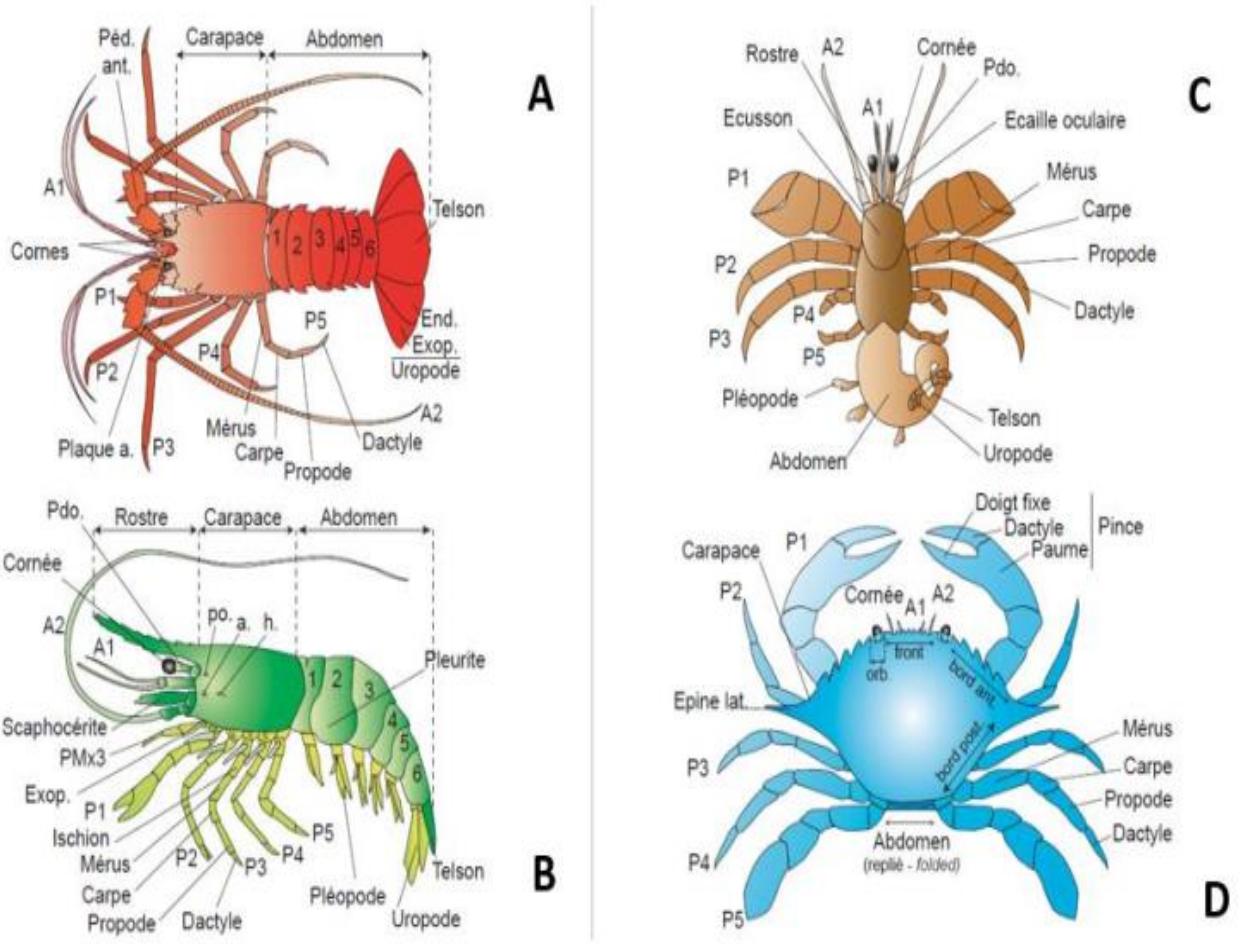


Figure 6 : Schémas des différents Crustacés (Poupin et Juncker, 2010). **A.** 1-6 = Somites abdominaux ; a. = Epine antennaire ; A1 = Antennule ; A2 = Antenne ; bord ant. = bord antérolatéral ; bord post. = bord postéro-latéral ; Cornes = Cornes supra-orbitaires ; Ecusson = Ecusson céphalothoracique ; End. = Endopode ; Epine lat. = Epine latérale ; Exop. = Exopode ; front = Bord frontal ; h. = Epine hépatique ; Orb. = Orbite ; P1-P5 : Périopodes 1-5 ; Pdo. = Pédoncule oculaire ; Péd. ant. = Pédoncule antennaire ; Plaque a. = Plaque antennulaire ; PMx3 = Troisième maxillipède ; po. = Epine post-orbitaire. **A** = Langouste Astacidea ; **B** = Crevette Dendobanchiata ; **C** = Bernad-l'hermite Anomoure ; **D** = Crabe Brachyura.

Les Décapodes sont caractérisés par la présence d'une carapace céphalothoracique qui recouvre complètement les bases des péréiopodes dont les trois premières paires sont transformées en maxillipèdes. Très souvent, le quatrième et/ou le cinquième péréiopode sont transformés en pinces. Les yeux sont toujours pédonculés. La famille des Palaemonidae est caractérisée par leurs deux premières paires de péréiopodes qui sont plus ou moins dissemblables et terminées par des pinces normales. Ces pinces sont situées dans le prolongement du carpe et sans pinces de soies sur les doigts. Les carpes de leurs deuxièmes paires de péréiopodes sont entiers et leurs rostrs sont bien développés et dentés. Cette famille comporte au moins 20 genres (De Grave et Fransen, 2011) (figure 7).

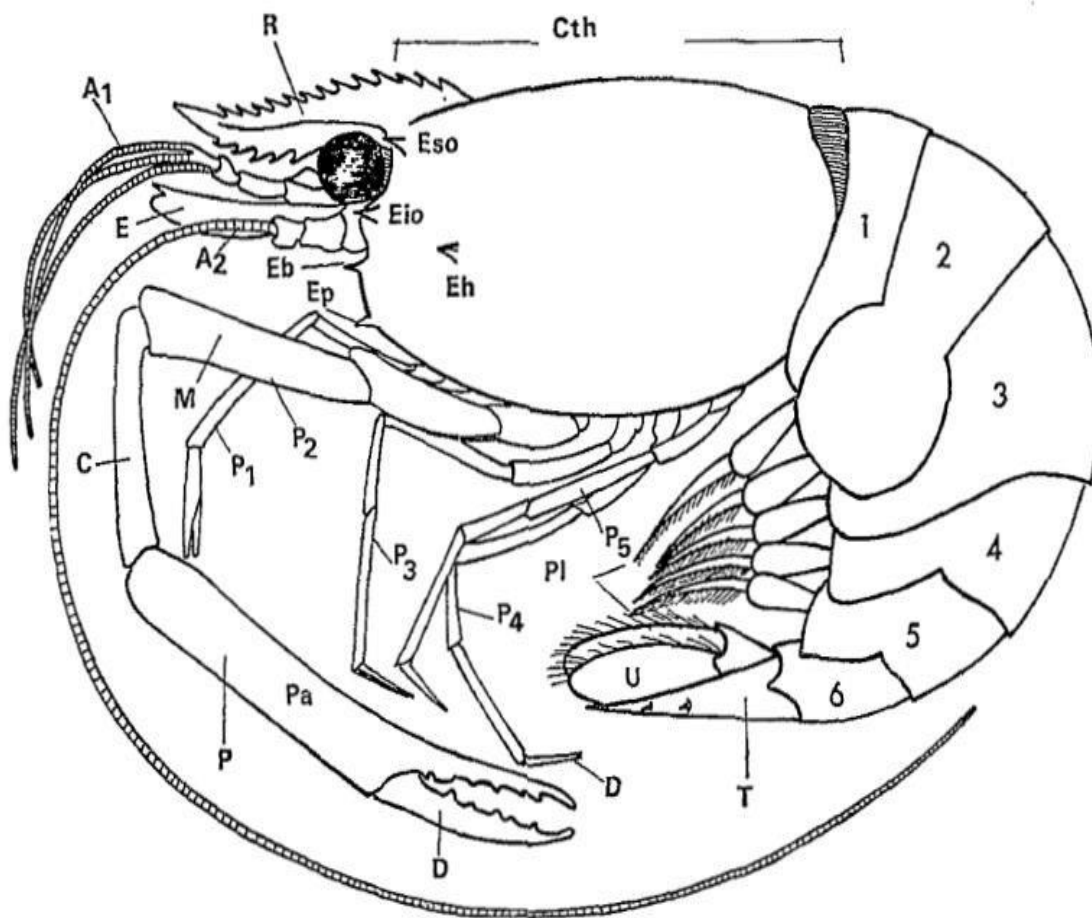


Figure 7 : Schéma annoté d'une crevette (Monod, 1980) ; A : abdomen, A1 : antennule, A2 : antenne, B : basis, C : carpe, Co : coxa, Cth : Céphalothorax, D : Dactyle (à la pince : doigt mobile), E : Ecaille antennaire, Eb : épave branchiostège, Eh : épave hépatique, Eio : épave infra-orbitaire (antennaire), Ep : épave ptérygostomienne, Eso : épave supraorbitaire, I : Ischion, M : Méris, O : Orbite, P : Propode, P1-P5 : péréiopodes, Pa : paume (de la pince), Pl : Pléopodes, R : Rostre, T : Telson, U : Uropodes, 1-6 : segments abdominaux.

1.6.3. Insectes

Les insectes sont des animaux respirant par les trachées et dont le corps enveloppé dans un tégument chitineux est divisé en 3 tagmes : la tête, le thorax et l'abdomen. Ils représentent plus de 70 % des animaux actuellement vivants, et constituent le groupe taxonomique le plus important du règne animal (Hörnig *et al.*, 2014). Ils occupent différents niveaux du réseau trophique et jouent un rôle écologique important dans le fonctionnement des écosystèmes (Weisser et Siemann, 2004). Ils ont été très largement étudiés en raison de leur impact sur la santé humaine et animale, les cultures et l'habitat (Habbachi, 2013) et sont caractérisés par leur abondance, leur diversité et leur étendue géographique. S'ils peuvent être 14 considérés comme nos bienfaiteurs, des abeilles pollinisatrices et productrices de miel aux bombyx fileurs de soie, en passant par les blastophages pollinisateurs des figuiers ou les sphinx des orchidées, les insectes comptent cependant le plus grand nombre d'espèces ravageuses et vectrices de maladies végétales, animales et humaines (Medane Amal, 2013). Dans les milieux aquatiques, les insectes prédominent et présentent une grande diversité traduisant de ce fait, le caractère peu anthropisé des bassins versants et la très bonne qualité écologique de leurs eaux. En effet, la diversité des microhabitats et la faible anthropisation des bassins versants sont en faveur de la prolifération des insectes (Charvet, 1998 ; Tachet *et al.*, 2006). Moisan et Pelletier (2008), soulignent à ce propos que dans les milieux aquatiques, la majorité des insectes aquatiques est très sensible à la pollution et/ou à la modification de l'habitat et sont de ce fait, les premiers à disparaître dans un environnement perturbé.

Les Insectes constituent la principale classe des Arthropodes, caractérisés par un externe rigide et des appendices articulés. Le corps des Insectes est donc squelette une suite de segments divisée en tagmes : la tête, le thorax et l'abdomen (Roth, 1980 ; Brusca et Brusca, 2003). Les Insectes sont fondamentalement des Arthropodes terrestres à respiration aérienne trachéenne et certains sont devenus secondairement aquatiques (3 % des Insectes). Les Insectes constituent la part importante (en termes de diversité) des macroinvertébrés benthiques avec onze ordres présents en eau douce (Merritt, 2008 ; Song *et al.*, 2009) (Figure 8).

Les larves de cinq de ces ordres (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères, Odonates et Mégaloptères) sont strictement aquatiques (Elouard, 1981), alors que certains Coléoptères et Hémiptères adultes y passent la totalité de leur vie (De Moor *et al.*, 2003 ; Tachet *et al.*, 2010). La reproduction chez les insectes est à majorité hétérosexuelle, même si des cas de parthenogénèse existent (Zahradnik et Chvala, 1991). Vecteurs de maladie telle que le Paludisme (certains Diptères) (Yaméogo *et al.*, 2004) et indicateur de pollution (Mary, 1999 ;

Alhou, 2007 ; Tchakonté, 2016), les insectes jouent également un rôle écologique de premier plan dans la chaîne trophique des écosystèmes aquatiques. Les larves et les nymphes sont une source de protéines pour les oiseaux, les batraciens et la faune ichthyque (Gnohossou, 2006) tandis que d'autres tels que les larves des Filtreurs contribuent à la bioépuration du milieu (Lianso *et al.*, 2002).

Avec onze ordres présents en eau douce, la classe des Insectes est la plus diversifiée chez les macroinvertébrés des eaux douces (Merritt, 2008 ; Song *et al.*, 2009). Les Insectes sont des Arthropodes pourvus de trois paires de pattes au stade adulte et chez certaines larves (figure 8A, B et C). Il existe également des larves apodes qui présentent de fausses pattes (pseudopodes, pygopodes) (figure 9A) ou de bourrelets locomoteurs au niveau du thorax et/ou de l'abdomen (Figure 9B). Le corps des insectes est fondamentalement divisé en trois tagmes que sont : la tête, le thorax et l'abdomen.

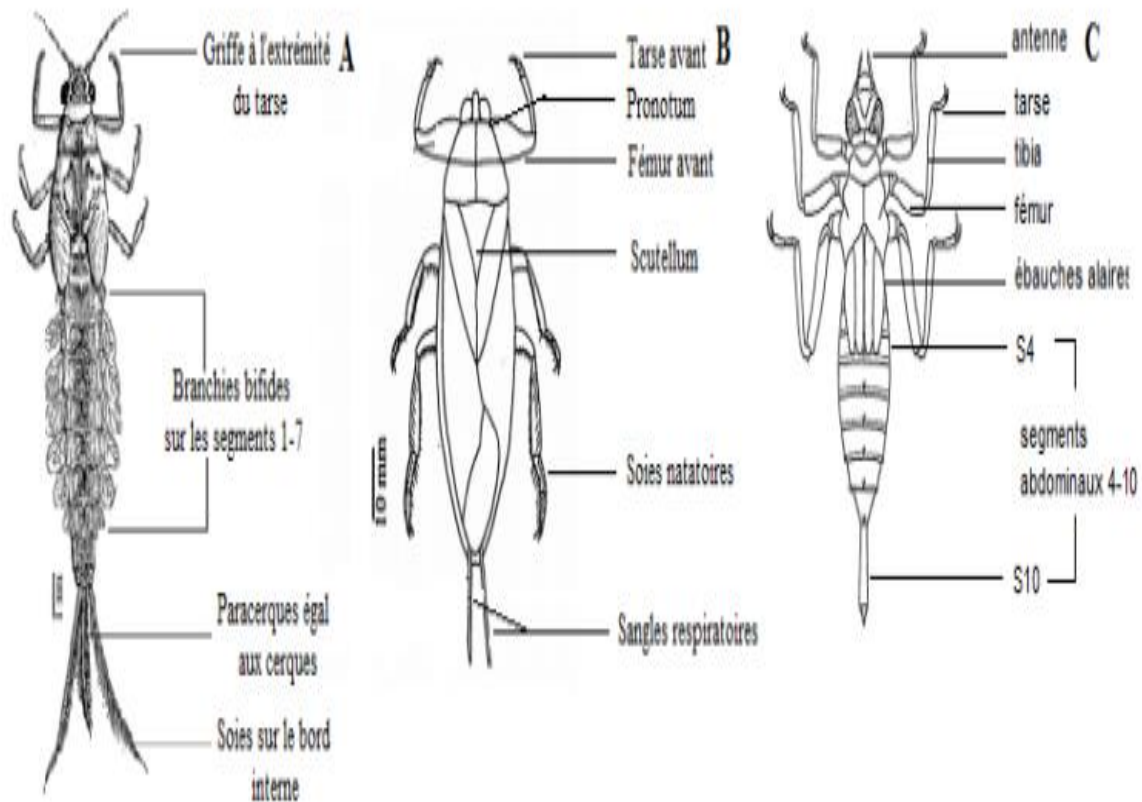


Figure 8 : Quelques larves d'Insectes à trois paires de pattes. A : Ephéméroptères Baetidés (Cleon sp. ; Agnew, 1961), B : Hétéroptères Belostomatidés (Lethocerus sp. ; De Moor *et al.*, 2003b), C : Odonates Gomphidés (Lestinogomphus angustus ; Corbet, 1956).

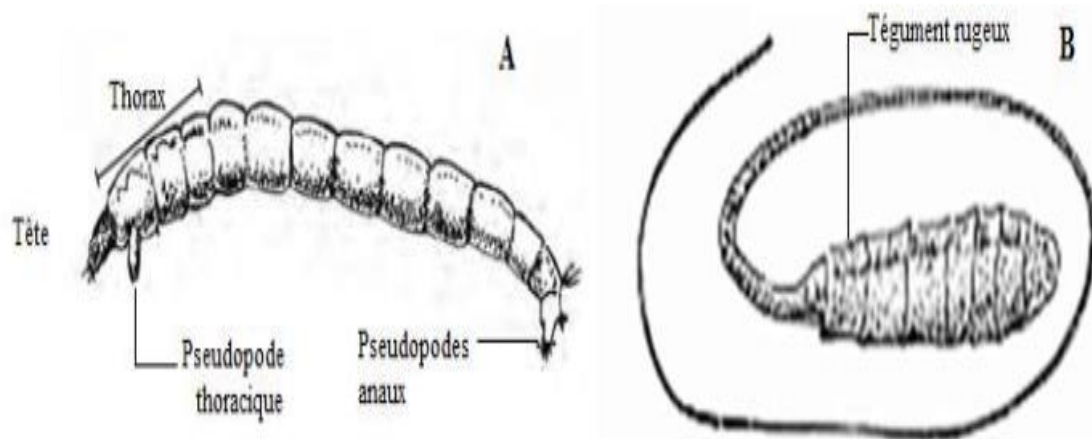


Figure 9 : Quelques larves d'insectes décapodes. A : Diptères Chironomidés *Chironomus* sp., B : Syrphidés *Eristalis* sp. (Observatoire Régional de l'Environnement (Observatoire Régional de l'Environnement (ORE), 1995 et 1999).

1.6.3. Particularités sur les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau du Cameroun

La documentation sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Cameroun est relative aux études récemment menées par les travaux de Foto (2010) conduits dans la zone urbaine de Yaoundé ont portés en partie sur les macroinvertébrés de 11 cours d'eau du réseau hydrographique du Mfoundi et ont permis d'identifier 96 taxons de macroinvertébrés repartis en 5 embranchements (Arthropodes, Mollusques, Annélides, Némathelminthes et Plathelminthes), 7 classes, 18 ordres et 52 familles. Les Crustacés sont absents dans toutes les stations situées en milieu urbain et seules trois espèces de Décapodes Atyidae (*Atyaephyra africana*, *Atyaephyra desmarestii* et *Caridina africana*) ont été répertoriées uniquement dans la partie aval du cours d'eau Byémé, en zone périurbaine. La classe des Insectes prédomine avec 8 ordres, 30 familles et 52 taxa. Dans cette classe, les Diptères Chironomidae, Psychodidae et Syrphidae sont les plus fréquents et abondent dans la quasi-totalité des cours d'eau étudiés. Les Gastéropodes suivent avec 2 ordres, 8 familles et 17 taxons. Au sein des Gastéropodes, le Pulmoné *Physa acuta* (Physidae) et le Prosobranche *Hydrobia accrensis* (Hydrobiidae) sont les plus fréquemment rencontrés dans la quasi-totalité des cours d'eau prospectés. Dans ces cours d'eaux urbains, les Annélides sont essentiellement représentés par les Oligochètes Aeolosomatidae (*Aeolosoma hemprichi*, *Heamopsis sanguisuga*), Tubificidae (*Tubifex tubifex*) et Lumbriculidae (*Lumbriculus* sp.). Les Némathelminthes sont exclusivement représentés par l'espèce *Aphelenchoides microlaimus* (Aphelenchoidae), tandis que les Plathelminthes sont représentés principalement par l'espèce *Dugesia tigrina* (Dugesidae).

Foto *et al.* (2013) ont travaillé dans la zone périurbaine de la périphérie de la ville de Yaoundé, respectivement dans le cours supérieur de la rivière Mefou et dans le cours d'eau Nga (affluent de la Mefou). Ces travaux ont permis d'identifier 4 embranchements, à savoir les Arthropodes (99,25 %), les Mollusques (0,39 %), les Annélides (0,20 %) et les Nématelminthes (0,16 %). Ils sont répartis dans 7 classes, 15 ordres, 74 familles et 117 taxons. La classe des Insectes prédomine avec 63,85 % de l'abondance totale et compte 8 ordres, 66 familles et plus de 111 taxons ; elle est suivie des Crustacés (35,41 %) avec 1 ordre, 2 familles et 2 taxons. Les cinq autres classes (Oligochètes, Achètes, Gastéropodes, Bivalves et Gordiacés) ne représentent que 0,74 % de l'abondance totale. Des 15 ordres répertoriés, 9 ont été présents dans toutes les stations étudiées. Il s'agit des Décapodes (35,41 %), des Coléoptères (21,19 %), des Odonates (14,02 %), des Hémiptères (10,46 %), des Ephéméroptères (9,09 %), des Plécoptères (3,76 %), des Diptères (2,27 %), des Trichoptères (1,87 %) et des Dictyoptères (1,21 %). Les six autres ordres ont été récoltés de façon sporadique et ne représentent que 0,75 % de l'abondance totale. Des 74 familles inventoriées, 13 appartiennent à l'ordre des Ephéméroptères et 11 à celui des Coléoptères. Les ordres d'Odonates et de Diptères totalisent chacun 10 familles ; ceux de Trichoptères et d'Hémiptères en comptent 9 chacun, alors que ceux de Plécoptères et de Décapodes comptent respectivement 3 et 2 familles. Les sept autres ordres (Dictyoptères, Lumbriculidés, Haplotaxidés, Rynchobdellidés, Basommatophores, Eulamellibranches et Gordioidés) ne sont représentés chacun que par une seule famille. Les travaux d'Ajeagah Gideon *et al.* (2014) ont porté sur la morphologie et l'abondance des stades de développement d'un Hétéroptère-Naucoridae, *Ilvocoris cimicoides* Linné 1758, dans l'étang d'Obili.

Mboye (2019) a travaillé dans les cours d'eau du bassin de la Mabounié (Gabon). L'inventaire des macroinvertébrés benthiques du bassin de la Mabounié a permis de recenser 15 ordres, 91 familles et 202 taxons identifiés au rang du genre ou de l'espèce pour un total de 29 444 spécimens récoltés. Ces taxons appartiennent à 4 embranchements (Arthropodes, Plathelminthes, Mollusques et Annélides) et à 6 classes (Insectes, Crustacés, Oligochètes, Achètes, Turbellariés et Gastéropodes). La classe des insectes prédomine avec 87% d'abondance relative suivie des Crustacés (12%) et des autres classes (Turbellariés, Gastéropodes, Oligochètes et Achètes) qui totalisent moins de 1% d'abondance relative réparties en 4 ordres. Ces 1% sont des Triclades, Halotaxida, Gastéropodes et Rynchobdelliformes. De tous les ordres, les Ephéméroptères supplantent avec 49% d'abondance relative.

Biram à Ngon (2018) a travaillé dans le bassin versant de la Mefou (Région du Centre Cameroun). Dans les 11 stations prospectées, 7645 individus récoltés régulièrement avec les Dictyoptères, et qualifiés de taxons compagnes sont inventoriés. Ces individus appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des Insectes et aux ordres des Hémiptères, des Ephéméroptères, des Plécoptères et des Trichoptères. De ces 4 ordres, les Hémiptères sont les plus représentés avec 6 familles dont les Veliidae, les Naucoridae, les Nepidae, les Hydrometridae, les Gerridae et les Pleidae ; et 10 espèces (*Rhagovelia* sp., *Paraphrynovelia* sp., *Naucoris* sp., *Ranatra* sp., *Hydrometra* sp., *Naboaudeus* sp., *Eurymetra* sp., *Limnogonus* sp., *Gerris* sp. et *Plea* sp.) recensés avec un effectif de 4002 individus, suivis de l'ordre des Ephéméroptères qui regroupe 4 familles dont les Ephemeridae, les Ephemerellidae, les Pothamantidae et les Caenidae ; et 4 espèces parmi lesquels *Ephéméra* sp., *Ephémérella* sp., *Pothmanthus* sp. et *Caenis* sp. avec un effectif de 576 individus.

Ngandjui (2022) a travaillé dans les eaux du port de Kribi, département de l'Océan, région du Sud Cameroun. Ces travaux ont permis d'identifier 3470 organismes appartenant à 3 embranchements, 5 classes, 15 ordres, 29 familles et plus de 38 genres ont été récoltés. L'embranchement des Mollusca a été le plus représenté avec 3259 individus, soit 93,91 % d'abondance relative, suivi des Arthropoda avec 132 individus soit 3,80 % d'abondance relative et enfin des Echinodermata avec 79 individus soit 2,27 % d'abondance relative. Les Mollusca regroupent en leur sein 2 classes, 12 ordres, 21 familles et plus de 28 genres. La classe des Gastropoda est la plus représentée avec une abondance relative de 93 %, et comporte 9 ordres, 17 familles et 24 genres. Elle est suivie par la classe des Malacostraca avec une abondance relative de 3,80% comportant 1 ordre, 6 familles et plus de 8 genres. La classe des Echinoidea quant à elle présente une abondance relative de 2,24% comprenant 1 ordre, 1 famille et 1 genre, la classe des Bivalvia représente 1% d'abondance relative comprenant 3 ordres, 4 familles et 4 genres. Enfin, la classe des Asteroidea vient avec une abondance relative de 0,02% comprenant 1 ordre, 1 famille et 1 genre.

Nwaha (2023) a travaillé dans les cours d'eau Métyi, Bengo, Sounou et Lo'o dans le département de la Mvila, région du sud Cameroun. Ces travaux ont permis d'identifier et dénombrer un total de 174 taxons de macroinvertébrés benthiques, repartis en 3 embranchements (Arthropodes, Mollusques et Annélides), 5 classes (Crustacés, Insectes, Gastéropodes, Bivalves et Oligochètes), 11 ordres, et 62 familles. Cette faune macrobenthique est dominée par les insectes qui représentent 63,67 % d'abondance relative, suivis des crustacés avec 33,29 % d'abondance relative et enfin des gastéropodes, des bivalves et des oligochètes.

7828 macroinvertébrés benthiques ont été récoltés donc 1313 individus dans le cours d'eau Métyi (soit 16,77 % d'abondance relative), 1657 individus dans le cours d'eau Bengo (soit 21,17 % d'abondance relative), 3185 individus dans le cours d'eau Sounou (soit 40,69 % d'abondance relative) et 1673 individus dans le cours d'eau Lo'o (soit 21,37 % d'abondance relative).

Boudem (2023) a travaillé dans les cours d'eau Lobo, du Dja et du lac de retenue de Mekin dans le département de Dja et Lobo, région du sud Cameroun. Le peuplement des Macroinvertébrés Benthiques est constitué par les Embranchements des Arthropodes (98,80 %), des Mollusques (1,15 %) et des Annélides (0,05 %). La classe des Insectes représente 97,78 % de l'abondance relative des Macroinvertébrés Benthiques avec une prépondérance des ordres d'Odonates (35,31 %), Hétéroptères (35,05 %), Coléoptères (12,58 %) et Ephéméroptères (10,54 %). Cette étude attribue pour la première fois le statut d'espèces dominantes des hydrosystèmes du bassin versant du Dja aux Belostomatidés *Poissonia* spp.2 (18,22 %), au Libellulidés *Trithemis dorsalis* (12,18 %), aux Notonectidés *Notonecta* spp.1 (7,06 %), aux Polymictarcyidés *Povilla* spp. (6,16 %) et au Corixidés *Micronecta* sp. (5,70 %). Les Ephéméroptères Polymictarcyidés *Povilla* spp. sont signalés pour la première fois au Cameroun. Dans la Lobo et le Dja, les Libellulidés dominent (19,48 % et 30,32 % respectivement) ; le peuplement avec l'espèce *Trithemis dorsalis* : tandis que les Belostomatidés (27,65 %) sont dominants dans le Lac de retenue avec le groupe d'espèces *Poissonia* spp.2.

Gwos (2024) a travaillé dans les cours d'eau du département du Haut Nyong, Région de l'Est. Ces travaux ont permis de dénombrer 12558 individus de macroinvertébrés a été récolté dans l'ensemble des 12 stations d'échantillonnage prospectées dans les 4 cours d'eau pendant la période d'étude. La plus grande abondance relative de cette macrofaune est obtenue dans le cours d'eau CDC où 3404 individus sont dénombrés, soit 27,1 % de l'abondance totale. Le cours d'eau Anzié lui fait site avec 3298 individus récoltés, soit 26,26 % d'abondance relative totale. Le cours d'eau Dienassoume se place en troisième position avec 3067 individus dénombrés, soit 24,42 % de l'abondance totale. Le cours d'eau Séna se place en dernière position avec seulement 2789 individus dénombrés, soit 22,21 % de l'abondance totale.

Messoe (2024), a travaillé dans les eaux de la zone de Niété, région du sud Cameroun. L'inventaire des larves d'Odonates a permis de recenser 18 espèces dans l'ensemble des différentes stations échantillonnées. Ces espèces se répartissent dans 7 familles (Libellulidae, Coenagrionidae, Cordulegastridae, Gomphidae, Aeshnidae, Corduliidae et Platycnemidae) et 17 genres. Le coefficient de similarité de Sørensen révèle une très grande ressemblance dans la

composition et la structure du peuplement récolté dans les cours d'eau comparé à celui inventorié dans les étangs. La richesse du peuplement global récolté était constituée à 53,96% de Libellulidae, 39% Coenagrionidae, 2,64% Cordulegastridae, 2,05% Gomphidae, 1,17% Aeshnidae et 0,59% Platycnemidae et Corduliidae. Les genres *Orthetrum* et de *Nehalennia* étaient réguliers à toutes les autres stations, probablement en raison de la végétation aussi l'ensoleillement de ces plans d'eau. Alors que les genres *Oxygastra* et *Platycnemis* bien qu'ayant été échantillonnés aux stations N1 et M4 respectivement, ont été définis comme taxons rares.

I.7. Intérêt de l'utilisation des méthodes biologiques pour la qualification des milieux aquatiques

Les méthodologies d'évaluation de l'intégrité biologique, définies le plus souvent par le terme de méthodes biologiques, sont reconnues mondialement comme une composante essentielle des programmes de surveillance des eaux de surface. Elles donnent une mesure directe de l'intégrité écologique de l'écosystème (U.S.EPA., 1997). Les méthodes biologiques s'avèrent être plus performantes que les méthodes physicochimiques traditionnellement utilisées pour évaluer l'état des écosystèmes aquatiques car elles intègrent de façon continue les variations des conditions du milieu dans le temps (Barbour *et al.*, 1999). Elles peuvent ainsi renseigner non seulement sur les multiples pollutions chimiques ponctuelles ou diffuses qui ont sévi au cours du temps, mais aussi détecter des influences cachées ou complexes de ces polluants en intégrant les effets synergiques, additifs et antagonistes sur les organismes vivants (U.S.EPA., 1997). De plus, ces méthodes peuvent renseigner sur les influences de perturbations qui ne sont pas d'origine chimique, comme par exemple la dégradation et la fragmentation des habitats ou l'introduction d'espèces exotiques. Les méthodes biologiques reposent sur l'utilisation de bioindicateur (Ramade, 2005). Un bioindicateur (une espèce, une pollution ou une communauté d'organisme) dont la présence, l'absence, l'abondance, le comportement, l'état physiologique ou les altérations morphologiques peuvent révéler des informations sur la qualité de l'environnement. Cette méthode tire parti de la sensibilité des êtres vivants aux modifications de leur milieu pour évaluer l'état de santé d'un écosystème qu'il soit aquatique terrestre ou atmosphérique.

I.8. Biodiversité des milieux aquatiques

Apparu dans les années 1980, le terme de biodiversité est la contraction de "diversité biologique". Son utilisation a été consacrée par la Convention internationale sur la diversité biologique, mise en place au cours du Sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992. La

Convention la définit comme “la diversité du vivant à toutes les échelles”. Elle est généralement décrite à trois niveaux :

- niveau des habitats et des écosystèmes,
- niveau des espèces (flore, faune, champignons, bactéries, etc.),
- niveau des individus d’une même espèce (diversité génétique).

D’autres échelles existent cependant, comme par exemple la variabilité des communautés qui peuplent un même type de milieux de vie. En outre, la biodiversité inclut des éléments dynamiques tels que les relations, interactions et flux entre les organismes et leur environnement. L’espèce est l’unité du vivant la plus utilisée pour mesurer la biodiversité. Elle correspond à un ensemble d’individus aux caractéristiques similaires, capables de se reproduire ensemble, et dont la descendance n’est pas stérile. L’étude des espèces présentes dans un écosystème permet d’en déterminer la richesse spécifique, c’est-à-dire le nombre d’espèces différentes. L’autre paramètre souvent utilisé est le nombre d’individus d’une espèce donnée dans le milieu, qui correspond à l’abondance. La richesse spécifique et l’abondance sont des notions fréquemment employées pour caractériser la biodiversité d’un milieu. Toutefois, ces notions ne sont qu’un aperçu de tout ce que recouvre la biodiversité (Balian *et al.*, 2010).

Les milieux aquatiques abritent des espèces dites “aquatiques” : des micro-organismes, des algues, des champignons, des plantes, de nombreux insectes. Chez les oiseaux, plusieurs espèces sont totalement dépendantes des milieux aquatiques, tel le Cincle plongeur. Quant aux mammifères, certains fréquentent les eaux littorales, comme certains cétacés, alors que d’autres, dits “terrestres”, sont toutefois fortement liés aux milieux aquatiques, en particulier la Loutre d’Europe et le Castor d’Europe. Toutefois, la biodiversité des milieux aquatiques ne se limite pas aux espèces dont la majorité du cycle de vie se déroule dans l’eau. Beaucoup d’autres espèces ont besoin de ces écosystèmes : soit elles les utilisent lors de leur migration, comme dans le cas d’oiseaux migrateurs, soit elles les utilisent pour répondre à certains de leurs besoins essentiels, comme différentes espèces de chauve-souris venant s’alimenter en insectes volants dans les milieux humides (Ramade, 2005).

CHAPITRE II :

ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

Créée par Décret présidentiel n° 2008/376 du 12 Novembre 2008, portant organisation de la République du Cameroun, la région du Sud a hérité de l'ex-province du Sud elle-même créée le 22 Août 1983, par l'éclatement de l'ancienne Province du Centre-Sud. La Région du Sud est limitée au Nord-Ouest par la Région du Littoral, au Nord par la Région du Centre et à l'Est par la Région de l'Est. La partie méridionale de la Région est limitrophe de trois pays : la Guinée Équatoriale, le Gabon et la République du Congo. Cette région possède une façade maritime sur le Golfe de Guinée qui occupe tout son flanc occidental. Avec une superficie d'environ 47 191Km², la Région du Sud est divisée en quatre Départements : la Mvila, le Dja et Lobo, l'Océan et la Vallée du Ntem (INS, 2018).

Le climat se caractérise par quatre saisons dont deux pluvieuses : mi-mars à juin (petite saison de pluies) et fin-août à mi-novembre (grande saison de pluies) ; et deux sèches : fin-novembre à mi-mars (grande saison sèche) et juillet à mi-août (petite saison sèche). Les précipitations sont abondantes et les températures modérées (Suchel, 1987 ; INS, 2018).

Le relief dans la région du Sud est dominé par le plateau sud camerounais avec une altitude variant entre 0 m et 1000 m. On y trouve : un plateau à l'Est qui culmine à 1000 m, une plaine côtière atlantique longue de 150 Km au sud de Kribi, une succession de collines convexes dont l'altitude varie entre 650 m et 900 m et une plaine à l'Est et au Nord-Est.

Dans la région du Sud, on rencontre des sols ferrallitiques jaunes sur Gneiss couvrant la majeure partie du territoire et des sols ferrallitiques rouges et puis une plaine sédimentaire le long de la côte (INS, 2018).

La végétation est marquée par la forêt dense humide à l'intérieur de laquelle on distingue deux (02) grands types : la forêt dense humide à deux variantes (forêt sempervirente congolaise ou du Dja et forêt ombrophile de basse altitude du littoral) et la forêt dense humide à une variante semi-décidue de moyenne altitude (forêt marécageuse) (OMD, 2010).

Deux grands bassins constituent l'essentiel du réseau hydrographique de la région du Sud : le bassin de l'Atlantique avec pour fleuves le So'o qui prend naissance près de Sangmélima ; le Ntem long de 460 km, prenant naissance au Gabon et la Lokoundje qui rejoint l'Océan Atlantique près de l'estuaire du Nyong. Le bassin du Congo est représenté dans la région par le fleuve Dja qui prend sa source au Sud- Est d'Abong-Mbang ; la Lobé et la Kienké qui atteignent l'Océan Atlantique par une série de chutes (OMD, 2010).

La population dans la Région du Sud est constituée de 49,0% de femmes. D'après l'Enquête Complémentaire à la Quatrième Enquête Camerounaise Auprès des Ménages (EC-ECAM4), la structure par âge de la population du Sud en 2016 est marquée par sa jeunesse (0 à 34 ans). Les données par département montrent que les tranches 0-4 ans, 5-14 ans et 15-34 ans cumulés représentent plus de la moitié de la population totale de la Région. Les personnes de plus de 35 ans sont à moins de 30% de la population dans chaque département (INS, 2018).

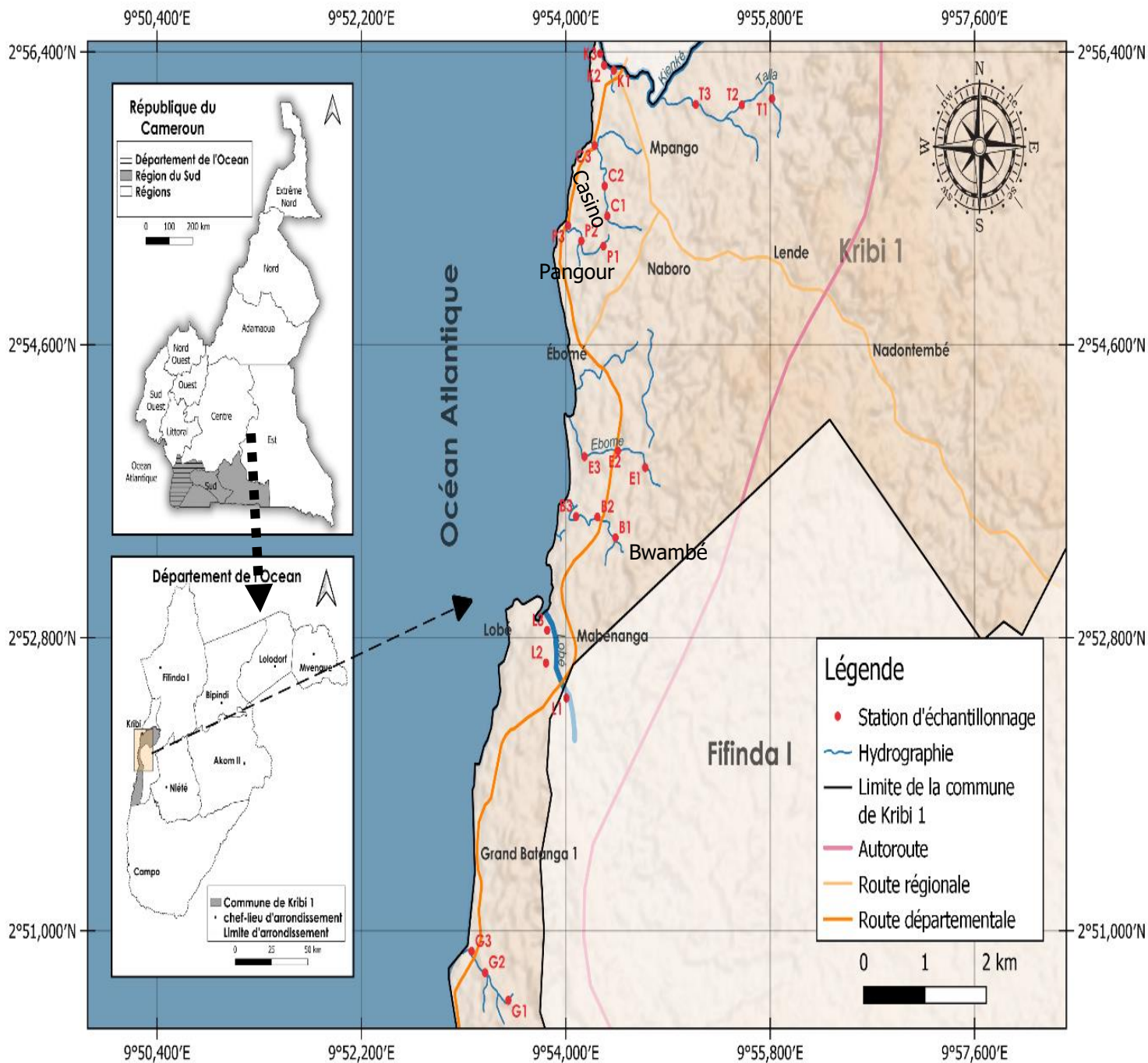
Kribi est une ville du Cameroun située dans la région du Sud et le chef-lieu du département de l'Océan. D'une altitude moyenne de 18, elle se trouve à 2°56'14 de latitude Nord et 9°54'27 de longitude Est. Traversée par la route Nationale 7 et la route provinciale P8 à 170 km à l'Est du chef-lieu régional Ebolowa, elle est localisée à 180 km au Sud de Douala. Peuplée d'environ 60 000 habitants, elle constitue une cité balnéaire et touristique attractive (Ewane, 2005).

A ce titre, compte le village des pêcheurs de Londji , baie au Nord de Kribi de haute valeur écologique par la présence de mangroves et sa proximité aux embouchures du Nyong et de la Lokoundje, le fleuve Lobé et ses chutes , les plages du Grand Batanga , le site écotouristique d'Ebodjé, station connue par ses tortues marines, le parc national de Campo-Ma'an et les environs habités par les peuples pygmées Bagyeli-Bakola le long des routes Bipindi-Lolodorf, notamment la colline de Bidjouka (FONDAF, 2006-2007).

Sur le plan industriel, la ville de Kribi dispose d'un Port en Eau Profonde qui domine sur l'Océan Atlantique dans le Golfe de Guinée autour du point géographique de latitude 02°43'N et de longitude 09°50'E. Situé à 35 km de la ville de Kribi dans la localité de Lolabé ce port est relié au réseau national des transports qui le connecte à un « hinterland » constitué de tous les pays de l'Afrique Centrale et du Nigéria. Inscrit dans un schéma d'aménagement général d'un Complexe Industriolo-portuaire pourvu d'une réserve foncière de 26300 hectares s'étendant en front de mer sur 30 km et une profondeur de 10 km à partir de la ligne de côte. Le Port en Eau Profonde de Kribi est le premier de ce type au Cameroun. Il a pour vocation de devenir le premier port de commerce extérieur du pays et de fluidifier les flux logistiques (INS, 2018).

II.1.1. Description des différents bassins versants des cours d'eau et sites d'échantillonnage

A l'issue de cette prospection, huit (08) cours d'eau et 24 stations ont été choisies sur la base de leur accessibilité, leur représentativité et leur position par rapport à la source de pollution (activités agricoles, extraction de sable ou rejets domestiques) et à l'Océan Atlantique (figure 10).



Fait le : 27-09-2022. SOURCES : OpenStreetMap (OSM) 2022. SCR : EPSG4326 - WGS 84. Conception : Stéphane A. NOAH. Logiciel : QGIS 3.24.0

Figure 10 : Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnages (OSM : 2022).

II.1.2. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de la Kienké

Le bassin versant de la Kienké couvre une superficie d'environ 1 435 km² et se caractérise au Nord par une succession de rapides dans le petit port de Kribi et au centre urbain dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}. Ce bassin s'étend sur plusieurs quartiers de la ville (Mpango, Talla et Mokolo) arrosé par la Kienké qui se jette par la suite dans l'Océan Atlantique. Ce bassin versant a pour coordonnées géographiques 2° 56' 18" N et 9° 54' 26" E (Olivry, 1986). Trois stations codées K1, K2 et K3 ont été respectivement choisies sur la Kienké.

II.1.2.1. Station Kienké 1 (K1)

De coordonnées géographiques 2°56'16.516" de latitude Nord et 9°54'27.753" de longitude Est, et 3 m d'altitude, la station K1 est située à 30 m de la zone d'habitation plus précisément dans le quartier Mokolo où les riverains utilisent ses eaux pour le ménage. Une piste créée par la population permet d'y accéder facilement. On note aux alentours les activités des pêches artisanales. Bordée de grosses pierres, cette station présente un substrat de type sable fin (figure 11).

II.1.2.2. Station Kienké 2 (K2)

De coordonnées géographiques 2°56'19.036" de latitude Nord et 9° 54'20.281" de longitude Est, et 2 m d'altitude, cette station est située à 2 km de la station K1. L'accès y est favorisé par un passage à travers un petit marché créé au niveau du débarcadère constitué d'une série de petits ports de pêche aménagés en bordure de l'océan par les pêcheurs. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et la vente des poissons. Les commerçants déversent les déchets des poissons dans l'eau. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.2.3. Station Kienké 3 (K3)

De coordonnées géographiques 2°56'19.036" de latitude Nord et 9° 54'20.281" de longitude Est, et 1 m d'altitude, la station K3 se trouve à 1 km de la station K2. L'accès à cette station est facilité par une piste secondaire aménagée par les pêcheurs. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et le commerce de poisson frais. Du côté opposé de la station, on observe à une distance de 1 km des bateaux stationnés pour les touristes. On observe au bord de cette station la présence de quelques pierres qui s'étalent dans l'eau. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.3. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de la Lobé

La Lobé est un fleuve côtier qui prend sa source dans le massif du Ntem au centre du Parc National de Campo Ma'an. Ses chutes sont localisées à 8 km au Sud de Kribi en direction de Campo. C'est un phénomène unique au monde que de voir une ligne des cascades qui s'étend sur près de 100 m de large et dégringole dans l'Océan Atlantique. La Lobé traverse plusieurs communautés qui vivent en étroite relation avec l'eau, que ce soit le fleuve ou la mer. De ce fait, il y a en amont, les Bulus et les Pygmées, en aval les Mabis qu'on trouve jusqu'au niveau du pont sur la Lobé, et enfin les Batangas qui sont à l'embouchure et sur la côte. Les chutes de la Lobé représentent pour ces peuples un symbole fort de croyance, et sont généralement associées aux divers rites naturels et culturels que comptent ces peuples côtiers. De même, les chutes de la Lobé sont une étape importante dans le rituel d'intronisation du chef des Batangas. Il y séjourne pendant une durée déterminée et reçoit ainsi les bénédictions des esprits et des ancêtres. Il est à noter également le phénomène du « jingou » ou « Mami Water » ou encore « mari/femme - esprit de l'eau ». Sur le plan de la faune sous-marine, on trouve dans les eaux de la Lobé et uniquement dans ses affluents, une espèce d'écrevisses spécifiques, aussi bien par leur aspect que par le site des chutes de la Lobé qui représentent, à bien des égards une valeur universelle exceptionnelle. Trois stations codées L 1, L 2 et L 3 ont été choisies respectivement dans la Lobé.

II.1.3.1. Station Lobé (L1)

De coordonnées géographiques 2°52'25.782" de latitude Nord et 9° 54'0.339" de longitude Est et 11 m d'altitude. On note une absence d'habitation dans cette station et l'accès à cette station est facilité par des pistes aménagées par les populations riveraines pour pratiquer la pêche. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale pratiquée par les riverains. On observe au bord de cette station la présence des quelques plantes. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.3.2. Station Lobé (L2)

De coordonnées géographiques 2°52'38.667" de latitude Nord et 9° 53'49.570" de longitude Est et 1m d'altitude, la station L2 est située au milieu à environ 600 m de la station L1 et près de 900 m de la grande route qui mène vers le port de Kribi. L'accès à cette station est facilité par une piste aménagée par les pêcheurs. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et l'extraction des sables pratiqué par les riverains. Le substrat est de type sable Grossier (figure 11).

II.1.3.3. Station Lobé (L3)

De coordonnées géographiques 2°52'50.747" de latitude Nord et 9° 53'50.200" de longitude Est et 13 m d'altitude, cette station est située juste au bord du pont de la Lobé à côté du village Mahenanga. L'accès à cette station est facilité par une entrée secondaire aménagée par les pêcheurs. On pratique aux environs de cette station l'extraction de sable et la pêche artisanale. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.4. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de Grand Batanga

Le bassin versant Grand Batanga est situé à 2 km de la Lobé et à 12 Km du port de Kribi. Il est accessible par la route provinciale P8. Du fait de leur relatif éloignement des zones touristiques de Kribi et Lobé, il est plus protégé et donc plus agréable et quasi déserte pour la plupart. Le sable est fin gris clair et la plage descend lentement, ce qui facilite la baignade avec peu de vagues hautes. Le village Grand Batanga dispose d'une plage dont les bords, sont parsemés de cocotiers, ce qui ajoute un charme à ce des lieux. Située face Ouest, elle vous donne le privilège d'assister au coucher de soleil, parfois spectaculaire. Trois stations codées G 1, G 2 et G 3 ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Grand Batanga.

II.1.4.1. Station Grand Batanga (G1)

Située à 1 km de la source, la station G1, de coordonnées géographiques 2°50'34.282" de latitude Nord et 9° 53'29.624" de longitude Est de longitude et 4 m d'altitude se trouve en aval du lycée de Batanga. L'accès à cette station est favorisé une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport de produits agricoles. Les activités anthropiques sont marquées par l'agriculture de subsistance et la pêche au barrage. Selon le témoignage du chef de village Batanga, les populations riveraines boivent les eaux et l'utilisent également pour les travaux ménagers. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Le substrat est de type sable Grossier (figure 11).

II.1.4.2. Station Grand Batanga (G2)

De coordonnées géographiques 2°50'44.498" de latitude Nord et 9° 53'17.399" de longitude Est et 11 m de l'altitude, est située à 300 m de la station L1 et proche des habitations. L'accès à cette station est favorisé par une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport de produits agricoles. Les activités anthropiques sont marquées par l'agriculture de subsistance. Les riverains s'y baignent, boivent, l'utilisent ses eaux pour les travaux ménagers (témoignage du chef du village Batanga). La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Elle présente un substrat de type sable Grossier (figure 11).

II.1.4.3. Station Grand Batanga (G3)

La station G3, de coordonnées géographiques 2°50'52.361" de latitude Nord et 9°53'10.235" de longitude Est et 1 m de l'altitude, est située à 400 m de la station L2 et à 1 m de la grande route qui mène vers le port de Kribi. L'accès à cette station est facilité par une piste secondaire aménagée par les exploitants des carrières de sable qui font dans les fabrications des parpaings juste à 10 m de cette station. Les activités anthropiques sont marquées par de grandes exploitations agricoles, la modification de certaines portions de lit du cours d'eau et la pêche artisanale. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées et elle se jette directement dans l'Océan Atlantique. La nature du substrat est de type sable fins (figure 11).

II.1.5. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de Bwambé

Le bassin versant de Bwambé s'étend de l'entrée, Maetur à l'entrée des chutes de la Lobe avec 2 km de longueur et de la bordure de la mer jusqu'à l'autoroute avec 2 km de largeur, soit une superficie de 4 km². Bwambé est situé à 7 km de la ville de Kribi et à 23 km du port autonome de Kribi. Il est limité au nord par le village Ebomé, au Sud par le village Lobe (entrée des chutes), à l'Est par la plantation de la Société Camerounaise de Palmeraies, Socapalm (après l'autoroute) et à l'Ouest par la bordure de la mer (à la plage). Le peuple de Bwambé se nourrit de poisson, de manioc et ses dérivés, de plantain et des fruits. Leur principale activité économique est la pêche artisanale et la cueillette. Le meilleur met traditionnel est l'Ebanga ou « poisson pimenté ». Trois stations codées B1, B2 et B3 (figure 11) ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Bwambé. Le substrat est de type sable fin.

II.1.5.1. Station Bwambé (B1)

Située à 2 km de la source, la station B1, de coordonnées géographiques 2°53'24.829" de latitude Nord et 9° 54'26.216" de longitude Est et 16 m d'altitude, se trouve à 20 m des maisons d'habitation. Sur les rives, s'étalent de petits champs où se développe une agriculture de subsistance. L'accessibilité à ce site est facilitée par des sentiers frayés par les populations riveraines pour accéder à leur domicile. Les riverains s'y baignent, boivent, utilisent les eaux pour les travaux ménagers (témoignage du chef du village Batanga). Les activités anthropiques sont marquées par l'agriculture de subsistance. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Le sol présente un substrat de type sable fin (figure 11).

II.1.5.2. Station Bwambé (B2)

Située à 400 m de la source, la station B2, de coordonnées géographiques 2°53'32.497" de latitude Nord et 9°54'16.715" de longitude Est et 11 m d'altitude. L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport de produits agricoles. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et l'agriculture de subsistance. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.5.3. Station Bwambé (B3)

De coordonnées géographiques 2°3'32.696" de latitude Nord et 9°54'5.480" de longitude Est et 12m de l'altitude, est localisée à 400 m de la station B2, juste à côté du pont qui limite les deux quartiers Bwambé et Ebomé. Une piste créée par les populations riveraines permet d'y accéder facilement. Les populations riveraines s'y baignent et y font de la lessive. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale. La végétation est dominée par quelques plantes herbacées. Le substrat est de type sable fin. (figure 11).

II.1.6. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant d'Ebomé

Localisé dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}, le bassin versant d'Ebomé s'étale sur une superficie de 4,98 km². Ebomé est située à proximité de Nangadjango, et au nord de Bwambé et à 3 km de la chute de la Lobé (INC, 1980). Il est essentiellement occupé par une végétation de type forêt tropicale altérée, constituée de hauts arbres assez éparses et présentant par endroits des arbustes et des hautes herbes (sous-bois) qui alternent avec des exploitations agricoles traditionnelles de type familial. Trois stations codées E 1, E 2 et E 3 (figure 11) ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Ebomé.

II.1.6.1. Station d'Ebomé (E1)

De coordonnées géographiques 2°53'50.707" de latitude Nord et 9° 54'41.994" de longitude Est et 5 m d'altitude. La station E1 est localisée dans le cours supérieur à 1km environ de la source. L'accès à ce site est facilité par une route secondaire tracée par les exploitants forestiers pour le transport des planches et de produits vivriers (ananas). On observe une absence d'activités anthropiques. Les riverains utilisent ses eaux pour les travaux champêtres. La végétation est dense par endroits avec une prédominance des arbres qui forment un véritable ombrage maintenant par la station dans un état de fraîcheur permanente. Le substrat de nature est de type sable grossier (figure 11).

II.1.6.2. Station d'Ebomé (E2)

De coordonnées géographiques 2°53'56.884" de latitude Nord et 9° 54'27.559" de longitude Est et 5 m d'altitude. La station E1 est localisée dans le cours supérieur à 1 km environ de la source. Cette station est située sur le cours moyen au lieu-dit deuxième pont d'Ebomé, à environ 400 m de la station E1. L'accès à cette station est facilité par une petite route secondaire aménagée par les autorités. Au niveau de cette station, les riverains s'y baignent et les eaux sont utilisées pour le lavage des motos. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable grossier (figure 11).

II.1.6.3. Station d'Ebomé (E3)

De coordonnées géographiques 2°53'54.741" de latitude Nord et 9° 54'9.972" de longitude Est et 4m d'altitude. La station E 3 est située dans la partie inférieure du cours d'eau, à environ 1200 m de la station E2. De sa proximité avec la route qui mène au port de Kribi, l'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.7. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de Pangour

Le bassin versant de pangour, situé à quelques mètres du centre-ville, au nord par le quartier talla et au sud par le quartier landé, localisé dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}, s'étale sur une superficie de 155 km². Il est essentiellement occupé par une végétation de type forêt tropicale altérée, constituée de hauts arbres assez éparés et présentant par endroits des arbustes et des hautes herbes. Le cours d'eau prend sa source à côté de la station OLA et se jette directement dans l'Océan Atlantique. En marge de la canopée, l'activité anthropique est marquée par l'aménagement d'un pont au lieu-dit pont pangour. La pêche au barrage est une des activités pratiquées par les populations riveraines. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées P1, P2 et P3 (figure 11) ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Pangour.

II.1.7.1. Station Pangour (P1)

De coordonnées géographiques 2°55'12.373" de latitude Nord et 9°54' 19.901" de longitude Est et 2 m d'altitude. La station P1 est localisée dans le cours supérieur à 900 m environ de la source. L'accès à cette station est facilité par des pistes aménagées par les populations riveraines pour le transport de produits agricoles. L'action anthropique est marquée par des exploitations agricoles et les activités la pêche artisanale. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.7.2. Station Pangour (P2)

De coordonnées géographiques 2°55'14.280" de latitude Nord et 9°54' 8.236" de longitude Est et 4 m d'altitude. Cette station est située sur le cours moyen au lieu-dit pont Pangour, à environ 500 m de la station P1. L'accès à cette station est facilité par une route secondaire aménagée par les autorités qui relie l'autoroute Kribi-Lolabé. L'action anthropique est marquée par les activités de pêche artisanale. Les riverains s'y baignent et les eaux sont utilisées pour le lavage des motos. On note aux alentours de cette station quelques petites roches. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.7.3. Station Pangour (P3)

De coordonnées géographiques 9° 54' 1.264" de longitude Est et 5 m d'altitude. Cette station est située sur le cours inférieur au lieu-dit le gong bleu, à environ 1300 m de la station P2 juste au niveau du pont Mboangadoué à 4 km du centre-ville de Kribi. L'accès à cette station est facilité par une route secondaire aménagée par les autorités. L'action anthropique est marquée par l'extraction de sables. Au niveau de cette station, la végétation riveraine est très abondante et dominée par des arbres et arbustes. On observe aussi la présence de la canopée qui maintient la station dans un état d'humidité permanente et de légère obscurité. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.8. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de Casino

Le bassin versant de Casino est situé à 3 km du centre-ville, au nord par la chute de la Lobé, au sud par le village batanga. Elle est localisée dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}. Il s'étale sur une superficie de 177 km² qui traverse le quartier Mpango. Il présente une forte urbanisation anarchique avec, des habitats spontanés bâtis en matériaux durs, semi-durs et majoritairement provisoires, souffrant des problèmes d'assainissement et particulièrement vulnérables aux inondations et aux maladies hydriques. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées Casino 1 (C1), Casino 2 (C2) et Casino 3 (C3) ont été retenues (Figure 11).

II.1.8.1. Station Casino (C1)

De coordonnées géographiques 2°55'23.431" de latitude Nord et 9° 54'21.945" de longitude Est et 4 m d'altitude, la station Casino1 est située à 1210 m de la source et à 749,626 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est facilité par des pistes et des ponts aménagés par les populations riveraines pour le transport des produits agricoles. L'action anthropique y est marquée par des exploitations de sable et la pêche artisanale. Les riverains

utilisent ses eaux pour la consommation et des travaux domestiques. On note aux alentours de cette station les petites roches. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.8.2. Station Casino (C2)

De coordonnées géographiques 2°55'34.479" de latitude Nord et 9° 54'20.594" de longitude Est et 4 m d'altitude, la station Casino2 est située à 359,06 m de l'Océan Atlantique. L'accès à ce site est facilité par une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits vivriers (ananas et bananes). On observe l'absence d'activités anthropiques. On note aux alentours de cette station une prédominance des arbres qui forment un véritable ombrage maintenant par conséquent la station dans un état de fraîcheur permanente. Les riverains utilisent des eaux pour les travaux champêtres. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.8.3. Station Casino (C3)

De coordonnées géographiques 2°55'49.461" de latitude Nord et 9° 54'15.348" de longitude Est et 3 m d'altitude, la station Casino 3 est située à 108,457 m de l'Océan atlantique, juste au niveau du pont lagon bleu à quelques mètres de la ville. L'accès à cette station est facilité par des pistes aménagées par les guides touristiques pour accéder à la plage. L'activité anthropique est marquée par l'extraction de sables. Cette station déverse ses eaux dans l'océan atlantique où il y a échange entre les eaux d'origine continentale et océanique. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.9. Présentation des stations d'étude sur le Bassin Versant de Talla

Le bassin versant de Talla est situé à 6 km du centre-ville en direction de la rivière Kienké. Il est situé au nord par le village Dombé et au sud par le village Eboundja avec une superficie de 115 km². Les activités anthropiques sont principalement la lessive, la baignade et la pêche. Dans l'ensemble, les habitations sont regroupées en petits blocs le long de la route et l'effectif de la population y est faible. Les activités anthropiques sont moins intenses car ce dernier se trouve en milieu rural. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées Talla 1 (T1), Talla 2 (T2) et Talla 3 (T3) ont été retenues (figure 11).

II.1.9.1. Station Talla (T1)

De coordonnées géographiques 2°56'6.696" de latitude Nord et 9° 55' 49.032" de longitude Est et 6m d'altitude la station Talla1 est située à 677 m de la source et à 2345,314 de la rivière Kienké. L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits agricoles. L'agriculture de subsistance, la pêche au barrage et l'extraction de sable sont des activités pratiquées par les populations

riveraines. Selon le témoignage de certains riverains, les populations boivent les eaux et les utilisent également pour les travaux ménagers. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.9.2. Station Talla (T2)

De coordonnées géographiques 2°56'4.397" de latitude Nord et 9°55' 33.058" de longitude Est et 4m d'altitude, la station Talla 2 est située à 797,033 m de la rivière Kienké. L'accès à cette station est facilité par des sentiers frayés par les populations. On observe quelques activités anthropiques, notamment la lessive, la vaisselle et la baignade. La végétation est dominée par quelques plantes herbacée. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

II.1.9.3. Station Talla (T3)

De coordonnées géographiques 2°56'4.606" de latitude Nord et 9°55' 8.694" de longitude Est et 5 m d'altitude, la station Talla 3 est située à 344 m de la rivière Kienké. L'accès à cette station est favorisé par une route secondaire aménagée par les autorités locales. Les riverains s'y baignent et les eaux sont également utilisées pour le lavage des motos. L'activité anthropique est marquée par la pêche artisanale et l'extraction de sables. On note aux alentours de cette station les petites roches. Le substrat est de type sable fin (figure 11).

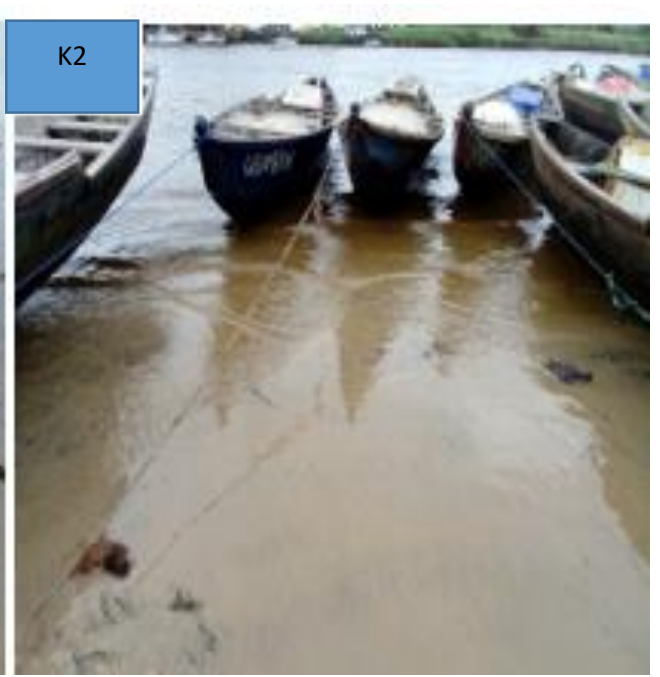
Figure 11 : vues partielles des stations d'échantillonnage, K1, K2,K3 ; L1,L2,L3 ; G1,G2,G3 ; B1,B2,B3 ; E1,E2,E3 ; P1,P2,P3 ; C1,C2,C3 et T1,T2,T3.



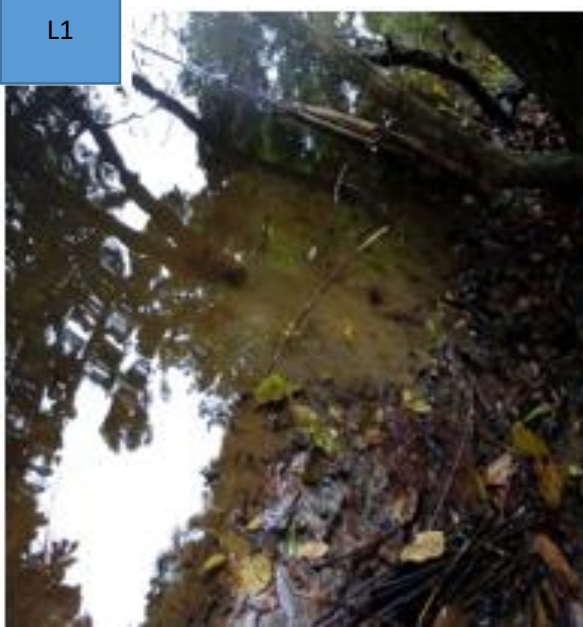
K1



K2



K2



L1



L2



L3



G1



G2



G3



B1



B2



B3



Figure 11 : vues partielles des stations d'échantillonnage, K1, K2,K3 ; L1,L2,L3 ; G1,G2,G3 ; B1,B2,B3 ; E1,E2,E3 ; P1,P2,P3 ; C1,C2,C3 et T1,T2,T3.

II.2. Matériel et Méthodes

L'étude s'est déroulée en deux phases : la première, allant de janvier à février 2022 a consisté en la prospection du site en vue d'une meilleure connaissance du bassin versant, et au choix des stations d'échantillonnage. La seconde phase s'est déroulée de février 2022 à février 2023 et a été consacrée à l'échantillonnage pour la collecte des données hydrologiques, physicochimiques et biologiques suivant une fréquence mensuelle. Les mesures des paramètres granulométriques ont été faites suivant une fréquence annuelle.

II.2.1. Mesure des paramètres hydrologiques, granulométriques, physicochimiques et biologiques

II.2.1.1. Variables hydrologiques

Dans le cadre de cette étude, les paramètres hydrologiques considérés sont la vitesse d'écoulement des eaux, la largeur de la section mouillée et la profondeur de l'eau. Pour chacun de ces paramètres, une série de mesure a été effectuées in situ dans chaque station au mois de Novembre 2022.

La vitesse d'écoulement de l'eau (V) a été déterminée dans chaque station, par la méthode indirecte, qui consiste à la détermination du temps mis par un colorant neutre pour parcourir une distance connue. Elle est calculée par la formule :

$$V = \frac{d}{t}$$

Où V (exprimée en m/s) représente la vitesse d'écoulement de l'eau, d (exprimée en m) la distance parcourue et t (exprimé en s) le temps mis.

La largeur de la section mouillée exprimée en mètres a été mesurée en tendant une ficelle graduée d'une berge à l'autre, nette à la limite de l'eau.

Pour effectuer les mesures des hauteurs de l'eau et du substrat meuble (exprimées en m), une règle en bois de 2 m de long, graduée en millimètres a été plongée verticalement dans la colonne d'eau et les mesures effectuées suivant un pas régulier de 30 cm chacun d'une berge à l'autre.

II.2.1.2. Caractérisation granulométrique des sédiments

La caractérisation du substrat a été réalisée suivant les recommandations d'Intès et Le Loeuff (1986). Les prises ont été effectuées dans les sédiments entre 2 à 5 cm de profondeur en utilisant dans chaque station les tubes en PCV de 10 cm de long et 5 cm de diamètre. Les échantillons obtenus sont ensuite introduits dans les sacs en plastique zip, ramenés au Laboratoire de Géologie et stockés à température ambiante.

Deux méthodes ont été utilisées pour faire cette analyse en fonction de la nature du substrat : la méthode granulométrique par tamisage et la méthode granulométrique par sédimentométrie.

II.2.1.2.1. Méthode granulométrique par tamisage

L'analyse granulométrique permet de déterminer les différentes proportions des fractions granulométriques obtenues après tamisage des échantillons pesés. Les masses obtenues nous ont permis de calculer les pourcentages simples et les pourcentages cumulés des refus.

La caractérisation du substrat a été réalisée une seule fois, en saison sèche telle que recommandé par Intès et Le Loeuff (1986). Les prises ont été effectuées dans les sédiments entre 2 à 5 cm de profondeur en utilisant une boîte métallique de 30 cl. Dans chaque station, 1 kg de sédiment a été collecté et conservés dans des sacs zip et ramenés au Laboratoire de Géologie du département des Sciences de la terre pour analyse. Les échantillons ont été préalablement séchés avant d'être analysés. Le substrat a été caractérisé selon l'échelle granulométrique de Wentworth (1922) modifiée par Malavoi et Souchon (2002) (tableau I), analysé par granulométrie, dans dix tamis métalliques de mailles décroissantes (8mm, 4mm, 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm, 125mm, 0,063mm, 0,050mm, <0,050mm). Elle a permis de séparer les cailloux fins (CF), des graviers grossiers (GG), des graviers fins (GF), des sables grossiers (SG) et des sables fins (SF).

Tableau I : Echelle granulométrique utilisée (Wentworth, 1922) et gabarit pour l'évaluation granulométrique visuelle modifiée par Malavoi et Souchon (2002).

Classe granulométrique	Classe de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code	Nom utilisé
Rochers	> 1024	R	Rochers
Blocs	256-1024	B	Blocs de pierre
Pierres Grossières	128-256	PG	Galets
Pierres Fines	64-128	PF	
Cailloux Grossiers	32-64	CG	
Cailloux Fins	16-32	CF	Granulats
Graviers Grossiers	8-16	GG	
Graviers Fins	2-8	GF	
Sables Grossiers	0,5-2	SG	Sables grossiers
Sables Fins	0,0039-0,0625	SF	Sables Fins
Limons	0,0039-0,0625	L	Limons
Argiles	<0,0039	A	Argiles

II.2.1.2.2 : Méthode granulométrique par sédimentométrie

La granulométrie a été déterminée selon la méthode internationale à la pipette de Robinson-Kohn Brasington *et al.* (2012). Ce protocole débute par le prélèvement et le séchage de 20 g d'échantillon au soleil, qui sont ensuite placés dans un bécher. On y ajoute 10 mL d'eau de Javel pour détruire les matières organiques, les oxydes de fer et d'aluminium, puis 20 mL d'hexametaphosphate de sodium sont incorporés pour disperser les constituants minéraux, suivi d'une agitation sur un agitateur rotatif pendant 2 heures. La solution est ensuite versée dans une « allonge » et complétée avec de l'eau jusqu'à un volume total de 1000 mL. À l'aide d'une pipette de Robinson de 10 mL, des prélèvements sont effectués en trois phases distinctes : le premier, 46 secondes après la première agitation, permettent d'obtenir la masse des argiles et des limons (grossiers et fins) ; le deuxième, 4 minutes 48 secondes après la deuxième agitation, donne la masse des argiles et des limons fins ; et le troisième, 8 heures après la troisième agitation, fournissent la masse des argiles. La solution restante est utilisée pour le lavage du sable, qui est ensuite rincé jusqu'à ce que l'eau devienne claire. Après séchage à l'étuve, le sable est tamisé avec un tamis de 200 µm pour séparer les sables grossiers des sables fins. Les solutions recueillies après prélèvement sont séchées à l'étuve à 40°C. Enfin, la pesée est effectuée, connaissant le poids préalable de chaque assiette contenant l'échantillon, permettant ainsi de déterminer le pourcentage de chaque fraction granulométrique.

II.2.1.3. Variables physicochimiques

Les mesures des paramètres physicochimiques se sont déroulées à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations Rodier *et al.* (2009). Pour les analyses effectuées au laboratoire, les échantillons d'eau ont été prélevés à chaque campagne et à chaque station à l'aide des flacons en polyéthylène à double bouchage de 250 et 1000 mL puis conservés en enceinte réfrigérée jusqu'au laboratoire. Les mesures et les prélèvements d'eau ont été réalisés avant l'échantillonnage des organismes benthiques pour éviter toute perturbation du milieu susceptible de biaiser les résultats.

II.2.1.3.1. Paramètres physiques

II.2.1.3.1.1. Température de l'eau

La température (T°) de l'eau a été mesurée «*in situ*» à l'aide d'un multimètre de marque HANNA HI 98130 à chaque station d'échantillonnage et exprimée en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

II.2.1.3.1.2. Matières en Suspension, Turbidité et Couleur

Les MES, la Turbidité et la Couleur de l'eau ont été mesurées au laboratoire par colorimétrie au spectrophotomètre de marque WAHTECH, respectivement aux longueurs d'onde 384, 386, et 204 nm. Les valeurs ont été exprimées respectivement en mg/L, FTU (Formazine turbidity unit) et Pt-Co (Platinum-Cobalt).

II.2.1.3.1.3. Solides Totaux Dissous

Les TDS ont été mesurés «*in situ*» à l'aide d'un multimètre de marque HANNA HI 98130 et les valeurs exprimées en mg/L.

II.2.1.3.2. Paramètres chimiques

II.2.1.3.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) et Conductivité électrique

Les mesures du pH et de la conductivité électrique ont été faites «*in situ*» à l'aide d'un multimètre de marque HANNA HI 98130 et les valeurs exprimées en unités conventionnelles (UC) et en $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement.

II.2.1.3.2.2. Dioxyde de carbone

La détermination du gaz carbonique s'est faite en deux temps :

Sur le terrain, le dioxyde de carbone dissous (CO_2) a été fixé en introduisant l'échantillon d'eau brute dans une fiole jaugée de 200ml, contenant préalablement 20 mL d'hydroxyde de sodium (NaOH) N/20 et 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) jusqu'au trait de jauge. Le mélange obtenu de coloration rose a été conservé dans un flacon à double bouchage en polyéthylène de 250 mL étiqueté et ramené au laboratoire.

Au laboratoire, 50 mL de cette solution a été titré avec de l'acide chlorhydrique (HCl) N/10 jusqu'à décoloration complète. Les résultats exprimés en mg/L ont été déterminés par la formule ci-dessous :

$$\text{(CO}_2\text{) (mg/L) = (descente de burette du témoin – descente de burette de l'échantillon) x 17,6}$$

II.2.1.3.2.3. Alcalinité

L'alcalinité a été mesurée par volumétrie en titrant 50 ml d'échantillon d'eau avec de l'acide sulfurique (H₂SO₄) N/50, en présence du rouge vert de méthyl bromocrésol. La réaction s'achève lorsque la solution vire du bleu au gris. Les résultats exprimés en mg/L de HCO₃⁻ ont été obtenus par calcul à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Alcalinité (mg/l de HCO}_3\text{)} = \text{Descente de burette} \times 20.$$

II.2.1.3.2.4. Oxydabilité

L'oxydabilité a été mesurée par volumétrie. Dans un erlenmeyer de 500ml, contenant 200 ml de l'échantillon d'eau, on a ajouté 2 ml de carbonate monosodique et l'ensemble porté à ébullition. Dès le début de l'ébullition, 20mL de KMnO₄ N/80 y ont été introduits 10min après le début de l'ébullition et l'erlenmeyer refroidi à l'eau courante. Puis, 5 ml de H₂SO₄ 25% et 20 ml de sel de Mohr ont été ajoutés simultanément. Après décoloration de l'échantillon, celui-ci a été titré au KMnO₄ N/80 jusqu'à l'obtention de la couleur rose persistante. L'oxydabilité exprimée en mg/L de O₂ a été obtenue par la formule suivante :

$$\text{Oxydabilité (mg/L KMnO}_4\text{)} = \frac{q-q_0}{2} \times 3,95$$

q = descente de burette de l'échantillon, q₀ = descente de burette du témoin.

II.2.1.3.2.5. Oxygène dissous (O₂)

Les teneurs en oxygène dissous, exprimées en pourcentage de saturation en oxygène, ont été déterminées *in situ* à l'aide d'un multimètre de marque HANNA HI 9147.

II.2.1.3.2.6. Orthophosphates et composés azotés

La teneur de l'eau en orthophosphates et en composés azotés a été mesurée par colorimétrie au spectrophotomètre. L'azote ammoniacal (mg/L) a été mesuré à la longueur d'onde 60 nm.

Les orthophosphates (mg/L), nitrates (mg/L) et nitrites (mg/L) ont été mesurés au spectrophotomètre, respectivement aux longueurs d'onde 320 nm, 260 nm, et 270 nm.

II.2.1.3.2.7. Calcul de l'Indice de Pollution Organique (IPO)

L'Indice de Pollution Organique (Leclercq, 2001) a été calculé pour rendre compte de manière synthétique du degré de pollution organique des eaux dans les différentes stations. Plus la valeur de l'IPO est élevée, plus le niveau de pollution organique est faible. Le calcul de cet indice est basé sur trois paramètres (NH_4^+ , NO_2^- et PO_4^{3-}) résultant généralement des pollutions organiques. Le principe étant de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes, puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque ion mesuré avant de calculer la moyenne (tableau II).

Tableau II: Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique d'après Leclercq (2001).

Classes \ Paramètres	NH_4^+ (mg/L)	PO_4^{3-} ($\mu\text{g/L}$)	NO_2^- ($\mu\text{g/L}$)
5	< 0,1	≤ 15	≤ 5
4	0,1 - 0,9	16 - 75	6 - 10
3	1 - 2,4	76 - 250	11 - 50
2	2,5 - 6	251 - 900	51 - 150
1	> 6	> 900	> 150

Suite à l'analyse des échantillons, on a déterminé à quelle classe appartient chacun des ions mesurés. La moyenne a été calculée et la valeur correspondante reportée dans le tableau d'interprétation (tableau III) pour déterminer ensuite le niveau de pollution. L'IPO présente l'avantage d'être facile à réaliser, et détermine aisément l'ampleur de la pollution organique.

Tableau III : Interprétation de la moyenne des classes de l'Indice de Pollution Organique d'après Leclercq (2001).

Moyennes des classes	Niveau de pollution organique
5,0 - 4,6	Nulle
4,5 - 4,0	Faible
3,9 - 3,0	Modérée
2,9 - 2,0	Forte
1,9 - 1,0	Très forte

II.2.1.4. Paramètres Biologiques

II.2.1.4.1. Echantillonnage des macroinvertébrés benthiques

L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques a été réalisé suivant une fréquence mensuelle, suivant l'approche multihabitat proposée par Stark *et al.* (2001), et de Barbour *et al.* (1999), qui consiste à effectuer dans chaque station, un total de 20 coups de filet dans différents micro-habitats caractérisés par le couple substrat/vitesse. Le matériel utilisé pour le prélèvement du macrofaune benthique est un échantillonneur de type troubleau, constitué d'un cadre métallique de 30 cm de côté, monté sur un acier de 150 cm de long et muni d'un filet cône de 400 µm d'ouverture de maille et 50 cm de profondeur dans le sens opposé au courant. Ainsi, à chaque station, une vingtaine de traits d'épuisette a été effectuée sur une surface d'environ 3 m² au total dans une station d'environ 100 m de long. La charge retenue par le filet est transférée sur un tissu blanc où s'effectue la collecte des organismes à l'aide d'une paire de pinces fines, ces derniers étant ensuite introduits dans des piluliers contenant du formol 10 %.

II.2.1.4.2. Identification et dénombrement

Au laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1, le contenu des flacons, ramené du terrain, a été transvasé dans un tamis. Les organismes ont ensuite été collectés à l'aide d'une pince fine, regroupés dans des boîtes de Pétri sur la base de leurs caractères morphologiques, puis identifiés, dénombrés et conservés dans des piluliers étiquetés contenant de l'alcool à 70° (Rodier, 2009). Les spécimens ont été regroupés suivant leur taille et leur morphologie et identifiés par la suite jusqu'au rang du genre ou de l'espèce sous une loupe binoculaire de marque WILD M3B. À cet effet, les clés d'identification proposées par Durand et Lévêque (1981), Mouthon (2001), Tachet *et al.* (2009 et 2010), Moisan (2008), Samé Ekobo (1984), Martin et Aït Boughrous, (2012) ont été utilisées.

II.2.1.5. Analyse du peuplement des macroinvertébrés benthiques

L'analyse des données est basée sur le calcul des indices biologiques. Ces indices renseignent sur la dynamique des peuplements et permettent d'évaluer la qualité biologique des milieux aquatiques.

Les logiciels et tableurs EXCEL, XL-STAT 2010, EstimateS, et SPSS 20.0 ont été utilisés au cours de cette étude. Ils ont permis de mettre en place des tableaux, schémas, courbes, graphiques et diagrammes nécessaires aux interprétations des résultats.

II.2.1.5.1. Richesse taxonomique et abondance

La richesse taxonomique (S) est le nombre de taxons distincts présents dans un échantillon. Elle reflète la diversité de cet échantillon (Resh, 1995). Par contre, l'abondance (N) indique le nombre d'individus d'une espèce ou d'un groupe taxonomique dans un prélèvement donné.

II.2.1.5.2. Fréquence d'occurrence des taxons

La fréquence d'occurrence des taxons (F) exprimée en pourcentage, renseigne sur la constance d'une espèce ou d'un taxon dans un habitat donné sans aucune indication sur son importance quantitative (Dajoz, 2000). L'analyse des résultats permet de distinguer :

- les espèces omniprésentes qui apparaissent dans tous les relevés ($F = 100 \%$) ;
- les espèces régulières, présentes dans $75 \leq F < 100 \%$ de relevés ;
- les espèces constantes, présentes dans $50 \leq F < 75 \%$ de relevés ;
- les espèces accessoires présentes dans $25 \leq F < 50 \%$ de relevés ;
- les espèces rares présentes dans $0 < F < 25 \%$ de relevés (Dufrêne et Legendre, 1997).

Cet indice est basé sur la matrice de présence/absence et se calcule à partir de la relation ci-dessous :

$$F = \frac{P_i \times 100}{P_t}$$

Où P_t est le nombre total de prélèvement

P_i le nombre de prélèvements où l'espèce ou taxon i est présente.

II.2.1.5.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver, indice d'équitabilité de Piélou et Simpson

L'indice de diversité (H') de Shannon-Weaver (1949) permet de mesurer le degré d'organisation du peuplement (Dajoz, 2000). Selon Ramade (2005), cet indice convient à l'étude comparative du peuplement parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon. Cet indice a été utilisé pour mettre en évidence la diversité globale du peuplement et s'exprime en unités d'information par individu ou bits par individu (bits/ind.).

H' est compris entre 0 et $\log_2 S$. La diversité est grande lorsque H' tend vers $\log_2 S$ (Lévêque & Balian, 2005).

Cet indice est obtenu par la formule : $H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \log_2 p_i)$

Avec p_i l'abondance relative du taxon i et

n le nombre total de taxons dans l'échantillon.

L'indice de Simpson (D) rend compte du biais induit par l'abondance de certaines espèces. Il est calculé par la relation :

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

P_i = Fréquence relative des individus de l'espèce i . Son inverse $1/D$ exprime la diversité et varie de 1 à la diversité spécifique S .

L'indice d'équitabilité (E) de Pielou (1996) permet d'étudier la régularité de la distribution des espèces. Cet indice varie entre 0 et 1 et traduit la qualité d'organisation d'un peuplement (Dajoz, 2000). Il est proche de 1 quand toutes les espèces tendent à avoir une même abondance et proche de 0 quand une ou quelques espèces dominent le peuplement. Il se calcule selon l'équation :

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

où H' est l'indice de diversité de Shannon-Weaver et S le nombre d'espèces.

II.2.2. Analyse des données

II.2.2.1. Analyses univariées

Le coefficient de corrélation de rang de Spearman a été calculé pour mesurer les degrés de liaison entre les variables abiotiques d'une part, et entre les variables abiotiques et biologiques d'autre part. Ce coefficient se calcule selon la formule ci-dessous :

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

Avec n = nombre total d'observations ; d_i = différence entre les rangs des deux séries de mesures considérées.

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (test H) a été utilisé pour vérifier sur le plan spatio-temporel, la signification des différences (ou similarités) entre les valeurs des paramètres abiotiques, de la richesse taxonomique et de l'indice de diversité de Shannon et Weaver, relatifs à la distribution des organismes benthiques. Dans ce cas, deux hypothèses sont émises : une hypothèse nulle selon laquelle les médianes des échantillons à comparer ne diffèrent pas significativement, et une hypothèse alternative selon laquelle il existe une différence significative entre les médianes des échantillons à comparer. Si cette valeur est inférieure à 0,05 ($p < 0,05$), l'hypothèse nulle est rejetée. Dans le cas contraire ($p \geq 0,05$), elle est vérifiée. Les variables étant quantitatives, ce test de rang est mesuré avec au moins une échelle ordinale (rangs). Le test se fonde sur l'hypothèse que les différents échantillons à comparer suivent la même distribution ou qu'ils ont des distributions avec la même médiane. Chaque fois que le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative, le test U de Mann-Whitney a été utilisé pour les comparaisons deux à deux.

II.2.2.2. Analyses multivariées

Les méthodes d'analyse multivariée sont des méthodes de la statistique descriptive (ou exploratoire) permettant de traiter simultanément un nombre quelconque de variables (il s'agit d'aller au-delà de l'étude d'une seule ou de deux variables). Ces méthodes sont purement descriptives, c'est-à-dire qu'elles ne supposent, à priori, aucun modèle sous-jacent, de type probabiliste. Ces méthodes statistiques multivariées permettent de répondre à des problématiques variées dont les plus couramment utilisées sont les méthodes d'ordination et les méthodes de classification. Les méthodes d'ordination constituent un groupe de méthodes multivariées qui résume l'information contenue dans la matrice de données en minimisant la déperdition. L'ordination est appropriée pour résumer les données multivariées pour les rendre plus gérables en décrivant autant de variations que possible sur quelques axes montrés dans un diagramme d'ordination (Krzanowski, 1988). Par contre, les méthodes de classification ont pour objectif de constituer des groupes d'individus aussi similaires que possible. La classification est une méthode de regroupement des individus selon leurs ressemblances (Glèlè Kakai *et al.*, 2016).

II.2.2.2.1. Analyse de Classification Hiérarchique (ACH)

L'ACH est une des méthodes de classification qui consiste à rassembler des objets dans des classes de plus en plus larges, sur la base de certaines mesures de similarité ou de dissimilarité (la distance euclidienne) (Glèlè Kakai *et al.*, 2016). Les résultats de ce type de classification sont habituellement représentés sous la forme d'un dendrogramme. Cette méthode se distingue de toutes les autres par le fait qu'elle utilise une analyse de la variance approchée afin d'évaluer les distances entre les classes (Tchakonté, 2016).

L'ACH a été utilisée pour regrouper les échantillons par campagne en fonction d'une part, de leurs similarités abiotiques, et d'autre part, de la similarité des taxons de Macroinvertébrés benthiques sur la base des abondances moyennes des taxons en utilisant le logiciel XLSTAT 2007. La similarité a été employée dans cette analyse de classification ascendante (Williams, 1999), le principe étant de regrouper les individus selon leurs ressemblances et les représenter sous la forme d'un arbre de classification. Le nombre de groupes n'est pas connu à priori. L'élaboration de cet arbre est ascendante, par regroupement successif des individus. L'arbre de classification relie un individu à un autre ou à un sous-groupe d'individus issus eux-mêmes de regroupements antérieurs. Lorsque l'on coupe l'arbre au niveau du dernier regroupement, on obtient deux groupes d'individus. Si la division est effectuée au niveau de l'avant-dernier regroupement, on obtient trois groupes (McGeoch, 1998).

L'application de l'ACH est également possible à une classification numérique pour regrouper des variables plutôt que des individus. On obtient ainsi des groupes de variables dont les valeurs se ressemblent. Le nombre de groupes est faible, moindre et la quantité d'information retenue. En général, le nombre de groupes à retenir est choisi de sorte qu'au moins 50 % d'informations du tableau de départ soient présent en compte (Glèlè Kakai *et al.*, 2016).

II.2.2.2.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'ACP est une méthode multivariée d'ordination dont le but est de décrire les relations existantes entre les colonnes d'un tableau à plusieurs variables et s'applique à un ensemble de variables numériques. L'ACP est très pratique lorsque l'on travaille sur un ensemble d'observations ayant des valeurs quantitatives (Glèlè Kakai *et al.*, 2016). Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante appelées composantes principales. Cette méthode permet de visualiser les ressemblances entre les observations et les liaisons entre les variables. Elle est couramment utilisée pour le traitement de données physicochimiques (Feuillade, 1972 ; Carrel *et al.*, 1986 ; Dolédec et Chessel, 1994).

L'ACP a été utilisé pour établir la typologie abiotique et biotique des échantillons sur la base de l'ensemble des paramètres environnementaux mesurés et des taxons des macroinvertébrés benthiques identifiés à chaque station d'échantillonnage tout au long de l'étude. Cette méthode de statistique factorielle descriptive a pour objectif de présenter sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données de taille importante (Philippeau, 1992). La matrice de données est composée des échantillons « n » en ligne sur lesquels sont mesurés des variables quantitatives « p » disposées en colonnes. Ces analyses ont été réalisées à l'aide de logiciel XLSTAT 2007.

II.2.2.2.3. L'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM)

L'analyse factrielle des correspondances multiples (AFCM) ou analyse des correspondances multiples (ACM) est une méthode qui permet d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives. Elle permet d'aboutir à des cartes de représentation sur lesquelles on peut visuellement observer les proximités entre les catégories des variables qualitatives et quantitatives (Hardle *et al.*, 2007). Elle résume l'informamtion contenue dans un grand nombre de variables afin de faliciter l'interpretation des correlations existantes entre ces differentes variables. L'idée générale est de voir si l'ensemble des individus peut etre représenté dans un espace à plusieurs dimensions (Bach *et al.*, 2006). Ces analyses ont été réalisées à l'aide de logiciel RStudio 2023.

II.2.2.2.5- Réseau de Neurones Artificiels : cartes auto-organisatrices

L'extension Self-Organizing Maps (SOM) ou cartes auto-organisatrices du modèle de Réseau de Neurones Artificiels (RNA) développé par Kohonen (2001) a été utilisée pour établir la biotypologie des différentes stations sur la base de la matrice d'abondance des taxa. Cette analyse permet d'effectuer une classification non linéaire capable de montrer des patrons simplifiés et d'identifier des groupes semblables à partir des bases de données complexes (Kohonen, 1982, 2001). Cette méthode a déjà prouvé son efficacité dans les analyses écologiques, y compris celles des invertébrés (Song *et al.*, 2009). Elle a, en outre, l'avantage de représenter visuellement des relations non linéaires (Lek *et al.*, 2000 ; Park *et al.*, 2003) et de traiter aussi facilement les données très hétérogènes (grande abondance ou, au contraire, extrême rareté) souvent contenues dans les bases de données écologiques (Brosse *et al.*, 2001).

La SOM se compose habituellement de deux couches de neurones (entrée et sortie). La couche d'entrée est la matrice d'abondance des taxa. Elle est directement reliée à une couche bidimensionnelle de sortie dite carte de Kohonen, composée de neurones artificiels de sortie ou nœuds (figure 12). La SOM estime les intensités de connexion (ou poids synaptiques) entre les couches d'entrée et de sortie en utilisant un procédé concurrentiel non supervisé décrit par Kohonen (2001). Celui-ci recherche itérativement des similarités parmi les données observées et les représente dans la carte de sortie. La SOM peut « apprendre » en utilisant divers nombres de neurones de sortie pour trouver une taille appropriée, facile à interpréter et avec une erreur faible d'«apprentissage». Le nombre de nœuds est choisi en minimisant l'erreur dite de quantification (QE, Quantization Error) et l'erreur de topographie (TE, Topographic Error). L'erreur de quantification mesure la résolution de la carte tandis que l'erreur de topographie est utilisée pour mesurer la préservation de la typologie (Kiviluoto, 1996). A la fin du processus d'apprentissage, une carte de plusieurs hexagones est obtenue, il y a dans chaque hexagone un échantillon virtuel pour lequel la composition spécifique est calculée. Ainsi, cette carte peut être utilisée de plusieurs façons, en affichant les échantillons réels ou la distribution des espèces ou encore en combinant les deux représentations (Giraudel et Lek, 2001). Une fois la carte de Kohonen obtenue, il peut être difficile de distinguer les frontières entre différents sous-ensembles. Un algorithme d'analyse de classification hiérarchique basée sur la méthode de Ward et la distance Euclidienne permet ensuite de mettre en évidence les assemblages des échantillons réels sur la carte (Park *et al.*, 2003). Enfin, la SOM produit une matrice de sortie avec les valeurs finales des poids, où les neurones de sortie se trouvent en lignes et les espèces en colonnes. L'interface SOM Toolbox (version 6.1) pour Matlab a été utilisée pour la réalisation de la SOM.

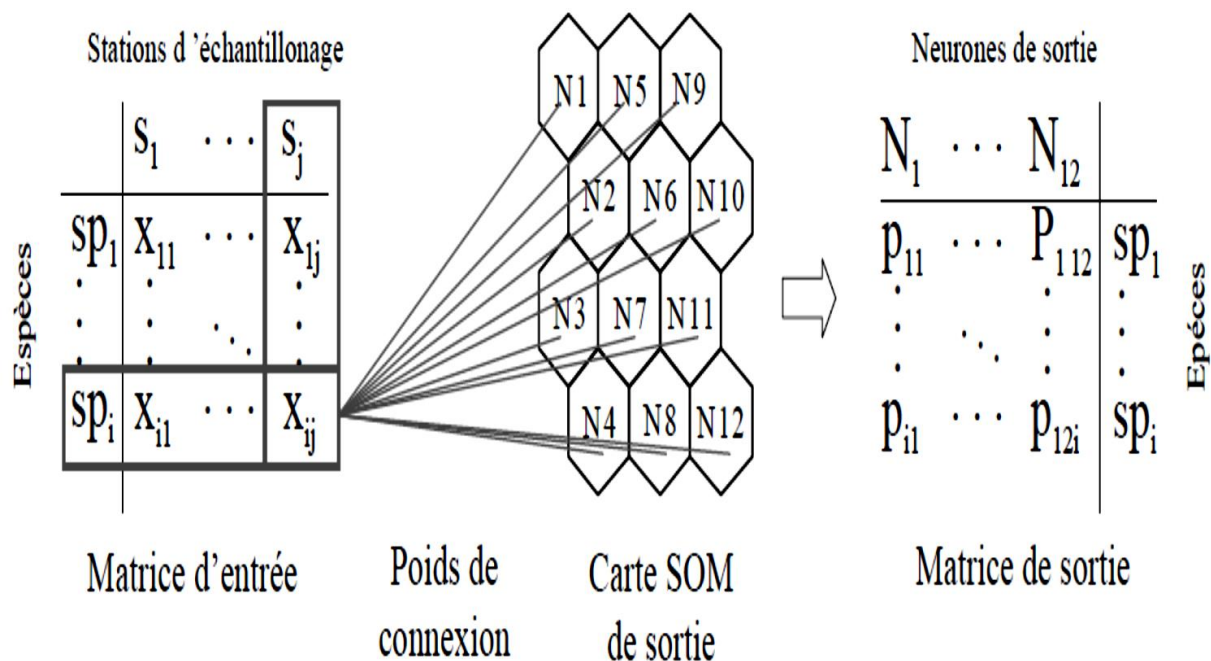


Figure 12 : Schéma simplifié de la Carte Auto-Organisatrice (SOM). La matrice ou couche d'entrée contient les données d'abondance (X_{ij}) pour chaque station d'échantillonnage (S_j). Une fois que la SOM a trouvé les poids de connexion (P_{ij}) en erreur minimale d'apprentissage, on obtient la carte et la matrice de sortie (d'après Aguilar Ibarra *et al.*, 2005).

II.2.2.2.6- Valeur indicatrice (IndVal)

La méthode Valeur Indicatrice ou "Indicator Value" (IndVal) a été utilisée pour la détermination des espèces caractéristiques des groupes formés suite à l'analyse SOM du peuplement de macroinvertébrés benthiques. Cette méthode repose sur la définition du caractère indicateur d'une espèce (Dufrene & Legendre, 1997). Elle révèle particulièrement bien si une espèce est liée à un type d'habitat. Elle combine la fidélité des espèces (proportion de sites d'un groupe où l'espèce est présente) et leur spécificité (à quel point une espèce ne se trouve que dans le groupe considéré). Elle permet non seulement de caractériser les espèces une à une, indépendamment les unes des autres, mais aussi de tester l'existence d'espèces spécialistes (présentes dans une gamme restreinte de sites) et d'espèces dites « ubiquistes », ou « généralistes » (présentes dans tous les milieux avec une forte abondance et une fréquence d'occurrence élevée).

La première étape de cette analyse qui consiste en la définition des typologies des sites s'est faite en s'appuyant sur les résultats de la SOM appliquée à la matrice d'abondance des taxa de macroinvertébrés benthiques. La seconde étape de l'analyse revient à identifier les espèces (ou taxa) indicatrices correspondant aux divers groupes. Les espèces indicatrices se

définissent comme les espèces les plus caractéristiques de chaque groupe, trouvées la plupart du temps dans un seul groupe de la typologie et présentes dans la majorité des sites appartenant à ce groupe. Ainsi, pour chaque espèce i dans chaque groupe de relevés j , la valeur indicatrice se détermine selon la formule (13) dans laquelle $IndVal_{ij}$ est la valeur indicatrice de l'espèce i dans le groupe de relevé j . A_{ij} est la moyenne des abondances de l'espèce i dans les sites du groupe de relevés j par rapport à tous les groupes, et mesure la spécificité de l'espèce pour un groupe. B_{ij} est la fréquence relative d'occurrence de l'espèce i dans les sites du groupe j et exprime la fidélité de cette espèce à l'intérieur de ce groupe.

$$IndVal_{ij} = A_{ij} \times B_{ij} \times 100 \quad (13)$$

Pour un niveau de classification des relevés en différents groupes, la valeur indicatrice de l'espèce est la plus grande valeur d' $IndVal$ observée pour un des groupes. La valeur indicatrice d'une espèce est optimale lorsque la spécificité et la fidélité sont maximales. La spécificité est maximale (100%) lorsque l'espèce n'est rencontrée que dans un seul groupe. Quant à la fidélité, elle est plus élevée (100%) lorsque l'espèce est présente dans tous les relevés d'un groupe. A cette valeur indicatrice est associé un test statistique (test- t de permutation) qui permet de vérifier si la préférence d'une espèce pour un type d'habitat est significativement plus élevée que ne laisse supposer une distribution aléatoire. Ce test est surtout utile pour les espèces qui ont une faible fidélité (Dufrêne et Legendre, 1997). Pour une espèce donnée, l'indice $IndVal$ varie entre 0 % (aucune affinité) et 100 % (forte affinité, i.e. les individus d'une espèce sont observés dans tous les sites d'un seul groupe). Une espèce est retenue comme indicatrice si la valeur $IndVal$ est supérieure ou égale à 25% (Dufrêne et Legendre, 1997) ou si le test- t de permutation est significatif (Nahmani et Rossi, 2003). Pour les espèces dites généralistes, la valeur indicatrice est maximale quand la totalité (ou la quasi-totalité) des relevés sont rassemblés en un seul groupe d'un niveau de typologie bas. Cette valeur diminue au fur et à mesure que l'on subdivise ce groupe en 2, puis en plusieurs groupes (Figure 20a). Une espèce est dite spécialiste lorsque les plus fortes valeurs indicatrices sont observées pour les niveaux de groupements élevés (figure 13b). De telles espèces caractérisent écologiquement bien les groupes. Pour les espèces typiques des niveaux intermédiaires, on note une augmentation de la valeur indicatrice suivie d'une diminution (figure 13c et d). L'interface $IndVal$ version 2.0 pour Windows a été utilisée pour cette analyse. Cette interface est disponible sur le site : <http://biodiversite.wallonie.be/outils/indval/>.

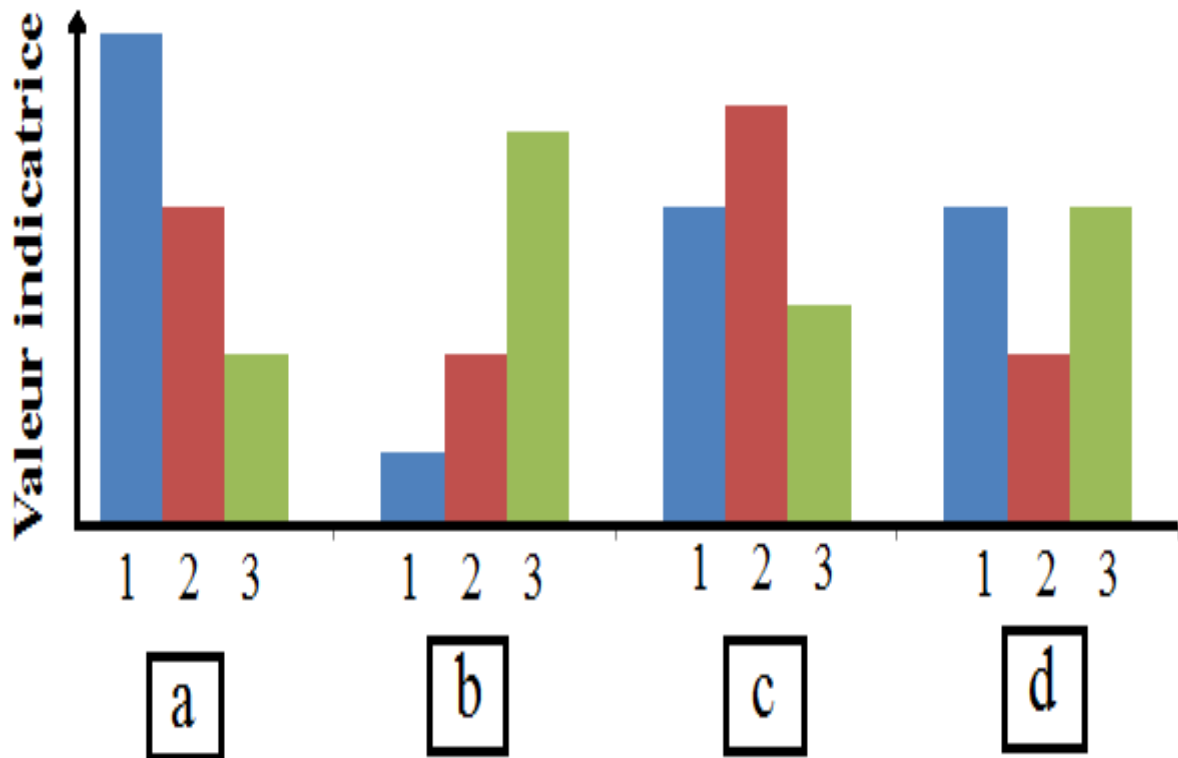


Figure 13 : Histogrammes indiquant les différentes situations pour les valeurs indicatrices dans un cas avec 3 niveaux de regroupement. a : espèce généraliste ; b : espèce spécialiste ; c et d : espèces intermédiaires. Les chiffres 1, 2, 3 indiquent le niveau de regroupement pour chaque cas.

II.2.3. Photographie et représentation des organismes

Selon Lauffer (2019), la photographie d'un spécimen biologique a été réalisée par un microscope de marque OPTIKA et débuté par la sélection et la préparation de l'échantillon. Ensuite, le système d'imagerie a été configuré en installant un appareil photo muni d'une objective macro adaptée à la capture des détails, et l'éclairage a été ajusté pour une illumination adéquate. L'organisme a ensuite été cadré de manière à obtenir une composition à la fois esthétique et informative. La mise au point a été précisément ajustée pour garantir une image nette et détaillée. L'acquisition de l'image a été réalisée en actionnant le déclencheur de l'appareil photo, et plusieurs clichés ont été pris afin de permettre la sélection du meilleur résultat. Enfin, l'image choisie a été enregistrée et sauvegardée sur l'appareil photo ou sur un support de stockage externe.

CHAPITRE III
RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. RESULTATS

III.1.1. Variables hydrologiques

Les variations spatiales de la vitesse d'écoulement des eaux de la largeur du lit et de la profondeur de l'eau obtenues pendant la période d'étude sont contenues dans le tableau IV. Dans l'ensemble, le cours d'eau Kienké (K) s'illustre avec des valeurs des variables hydrologiques élevées. Ainsi, la valeur la plus élevée de la largeur du lit (39 m) est obtenue à la station K1, la valeur la plus petite (1,7 m) étant enregistrée à la station B2 du cours d'eau Bwambé. Il en est de même de la profondeur qui présente des valeurs élevées dans le cours d'eau Kienké, à la station K2 où la profondeur atteint 175 cm, la valeur la plus petite (10 cm) étant enregistrée à la station B3 du cours d'eau Bwambé. Pour ce qui est de la vitesse d'écoulement des eaux, la station K1 s'est illustrée avec la valeur la plus élevée (1,86 m/s), la plus faible valeur étant enregistrée aux stations B1 et G3 des cours d'eau Bwambé et Grand batanga respectivement (0,5 et 0,66 et m/s).

Tableau IV : Quelques variables hydrologiques mesurées dans les différentes stations pendant la période d'étude.

Stations	Code	Largeur du lit(cm)	Profondeur de l'eau(cm)	Vitesse d'écoulement (cm/s)
Bwambé	B1	230	23	0,5
Bwambé	B2	170	12,5	1,29
Bwambé	B3	230	10	0,66
Casino	C1	450	13	1,01
Casino	C2	365	20	1,29
Casino	C3	525	29	1,81
Ebomé	E1	250	33	0,73
Ebomé	E2	210	34	0,60
Ebomé	E3	270	22	0,76
Grand Batanga	G1	250	44	0,71
Grand Batanga	G2	200	47	0,68
Grand Batanga	G3	300	55	0,66
Kienké	K1	300	170	0,86
Kienké	K2	280	175	0,71
Kienké	K3	260	98	0,69
Lobé	L1	290	490	0,83
Lobé	L2	270	483	0,73
Lobé	L3	260	410	0,62
Pangour	P1	330	135	1,51
Pangour	P2	300	35	1,11
Pangour	P3	320	23	1,28
Talla	T1	230	47	1,72
Talla	T2	240	37	1,11
Talla	T3	240	48	0,70

III.1.2. Variables granulométriques

Les résultats des analyses granulométriques sont donnés dans le tableau V et l'annexe 2. L'examen de ces données montre que la nature du substrat varie d'une station à l'autre. Cinq classes de substrats prédominent nos stations : graviers fins, sables grossiers, sables fins, limon et argile. Pour ce qui est de la nature des substrats, le substrat de nature sable fin, sable grossiers et gravier fin.

Tableau V : Abondances relatives (%) de différents matériaux constituant les sédiments dans chaque station pendant la période d'étude.

Stations	Code	Graviers F	Sables G	Sables F	Limons	Argiles	Nature dominant
Bwambé	B1	4,95	9,43	81,91	3,5	0,21	Sable Fin
Bwambé	B2	2,51	14,53	88,13	2,72	0,1	Sable Fin
Bwambé	B3	12,66	7,44	77,53	2,29	0,09	Sable Fin
Casino	C1	19,09	14,8	48,19	17,58	0,34	Sable Fin
Casino	C2	31,14	11,16	54,83	2,8	0,06	Sable Fin
Casino	C3	31,63	9,47	57,7	1,19	0,02	Sable Fin
Ebomé	E1	0	9,45	61,93	6,90	21,71	Sable Fin
Ebomé	E2	32,98	39,79	25,43	1,77	0,02	Sable Grossier
Ebomé	E3	26,23	12,26	56,41	5	0,1	Sable Fin
Grand Batanga	G1	0	71,63	21,58	2,99	3,81	Sable Grossier
Grand Batanga	G2	0	65,16	23,34	8,51	2,99	Sable Grossier
Grand Batanga	G3	47,51	20,91	27,85	3,62	0,12	Gravier Fin
Kienké	K1	0,4	0,54	98,35	0,72	0,01	Sable Fin
Kienké	K2	0	0,03	98,9	1,06	0,01	Sable Fin
Kienké	K3	0	0,19	98,29	1,5	0,02	Sable Fin
Lobé	L1	0	50,62	9,39	18,34	21,65	Sable Grossier
Lobé	L2	0	49,99	34,50	8,81	6,70	Sable Grossier
Lobé	L3	0	10,15	39,83	27,76	22,27	Sable Fin
Pangour	P1	23,34	17,61	56,39	2,5	0,18	Sable Fin
Pangour	P2	32,94	13,08	50,05	3,73	0,19	Sable Fin
Pangour	P3	0,12	0,13	99,27	0,47	0,01	Sable Fin
Talla	T1	11,52	34,87	53,23	0,38	0	Sable Fin
Talla	T2	18,77	27,11	43,14	0,97	0,02	Sable Fin
Talla	T3	22,34	19,26	56,4	1,91	0,11	Sable Fin

III.1.3. Caractérisation physicochimique des eaux des cours d'eau étudiés pendant la période d'étude.

Le tableau récapitulatif des valeurs minimales, maximales, moyennes annuelles et écart-types des paramètres physicochimiques mesurés pendant la période d'étude est présenté par station d'échantillonnage dans l'annexe 1. Les variations spatio-temporelles des différentes variables physicochimiques sont présentées ci-dessous.

III.1.3.1. Température

Dans le cours d'eau Bwambé (B), la température oscille entre 23,6°C au mois de mars et 28,1°C au mois d'avril pour une moyenne de $27,53 \pm 0,97^\circ\text{C}$. La plus faible température a été enregistrée à la station B3 et la forte valeur à la station B1 (figure 14A). Sur le plan saisonnier elle varie en moyenne de $23,51 \pm 25,3^\circ\text{C}$ en GSS (B3) à $27,61 \pm 0,82^\circ\text{C}$ en GSS (B1) (figure 14AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station et d'un mois au d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), la température varie de 24°C au mois de février 2022 à 29°C au mois d'avril pour une moyenne de $26,64 \pm 1,14^\circ\text{C}$. La plus faible température moyenne a été enregistrée à la station C3 et la forte valeur à la station C1 (figure 14B). Les variations saisonnières se situent en moyenne entre $24,83 \pm 25,3^\circ\text{C}$ en GSS et $28,43 \pm 0,96^\circ\text{C}$ en PSP (figure 14BB). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station et d'un mois à l'autre, puis d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), elle a varié de 24°C au mois de février 2022 à 30,5°C au mois d'avril, pour une moyenne de $26,30 \pm 1,56^\circ\text{C}$. La plus faible température a été enregistrée à la station E3 et la forte valeur à la station E2 (figure 14C). Les variations saisonnières vont en moyenne de $24,53 \pm 25,13^\circ\text{C}$ en GSS à $28 \pm 2,71^\circ\text{C}$ en PSP (figure 14CC). Le test H de Kruskal Wallis relève des différences significatives entre les mois ($p < 0,05$) de mars-avril et avril-mai. Par contre ne présente aucune différence significative n'a été observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), elle varie de 23,7°C au mois de mars à 28°C au mois d'avril, pour une moyenne de $26,27 \pm 0,95^\circ\text{C}$. La plus faible température moyenne a été enregistrée à la station G2 et la forte valeur à la station G1 (figure 14D). Les valeurs saisonnières vont en moyenne de $28,5 \pm 25,33^\circ\text{C}$ à $27^\circ\text{C} \pm 0,93^\circ\text{C}$, respectivement en GSS et PSP (figure 14DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative des d'une station et d'un mois ou d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

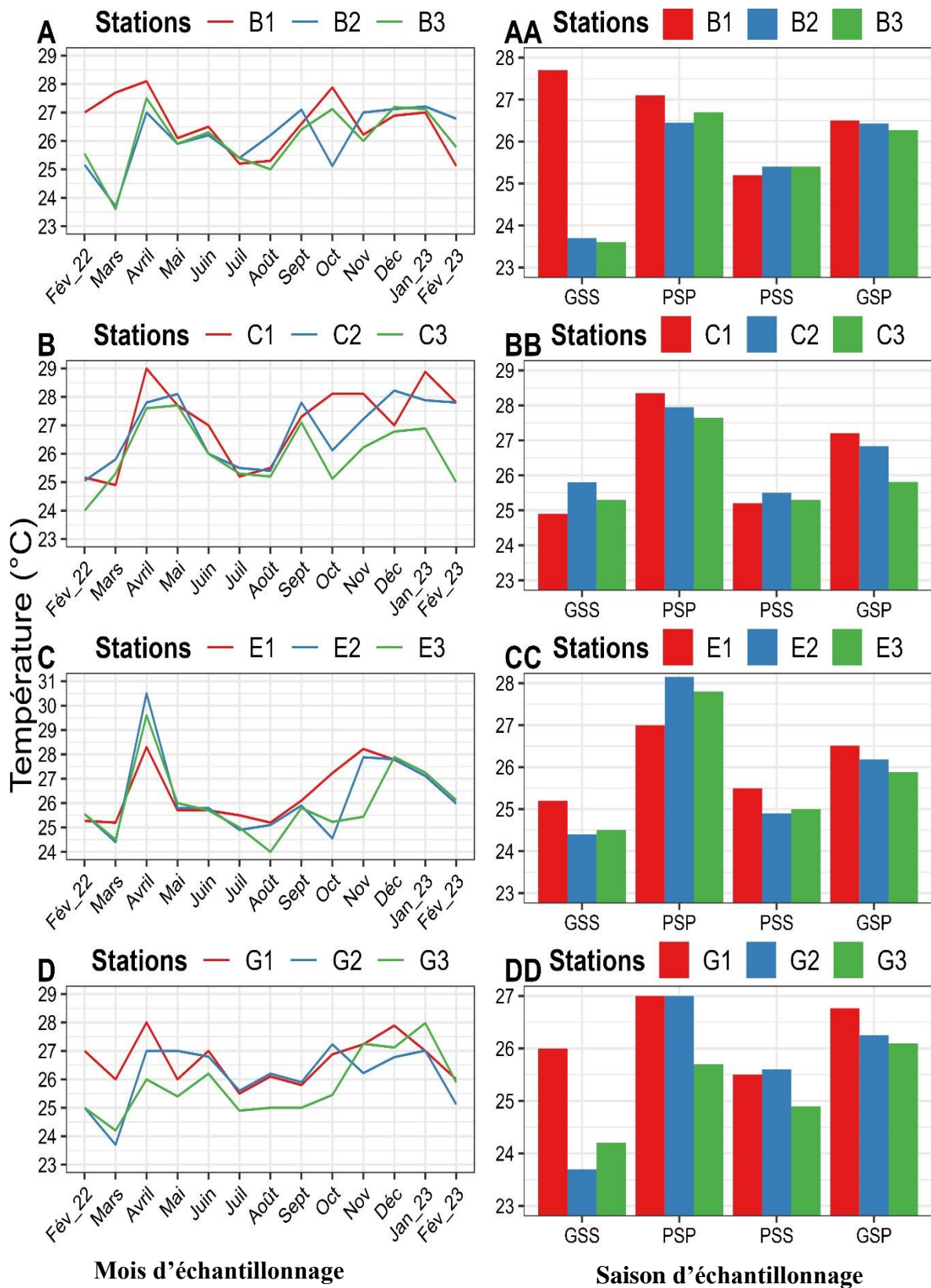


Figure 14 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la température des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand Batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kenkié (K), la température oscille entre 25° C au mois de février 2023 et 28°C au mois de février 2022 pour une moyenne vibrant autour de $26,67^{\circ}\text{C} \pm 0,75^{\circ}\text{C}$. La plus faible température a été enregistrées à la station K2 et la forte valeur à la station K1 (figure 15A). Sur le plan saisonnier, la température varie en moyenne de $26 \pm 0,68^{\circ}\text{C}$ en GSS à $27,50 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$ en PSS (figure 15AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station et d'un mois ou d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), la température s'échelonne entre 24,1°C au mois de septembre et 27,89°C au mois d'octobre pour une moyenne se situant autour de $26,17 \pm 0,71^{\circ}\text{C}$. La plus faible température moyenne a été enregistrée à la station L1 et la forte valeur à la station L2 (figure 15B). Les valeurs saisonnières s'intercalent en moyenne entre $24,8 \pm 1,47^{\circ}\text{C}$ en PSP et $27^{\circ}\text{C} \pm 0,76^{\circ}\text{C}$ en GSS (figure 15BB). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station et d'un mois ou d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), la valeur de température varie de 20,3°C au mois de février 2022 à 31,3° C au mois d'avril, pour une moyenne de $26,58 \pm 2,21^{\circ}\text{C}$. Les plus faibles et fortes valeurs ont été enregistrés dans les mêmes stations P3 (figure 15C). Les variations saisonnières se situent en moyenne entre $25 \pm 1,09^{\circ}\text{C}$ en PSS et $28,30 \pm 2,47^{\circ}\text{C}$ en PSP (figure 15CC). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station et d'un mois ou d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Le cours d'eau Talla (T), présente des valeurs de température allant de 23,98°C au mois décembre à 31,3°C au mois d'avril pour une moyenne de $26,36 \pm 1,62^{\circ}\text{C}$. La plus faible température moyenne a été enregistrée à la station T3 et la forte valeur à la station T2 (figure 15D). Les variations saisonnières vont en moyenne de $24,50 \pm 25,60^{\circ}\text{C}$ en GSS et $30 \pm 2,88^{\circ}\text{C}$ en PSP (figure 15DD). Sur le plan temporel, le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai et août-septembre, présente aucune différence significative des valeurs des températures d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

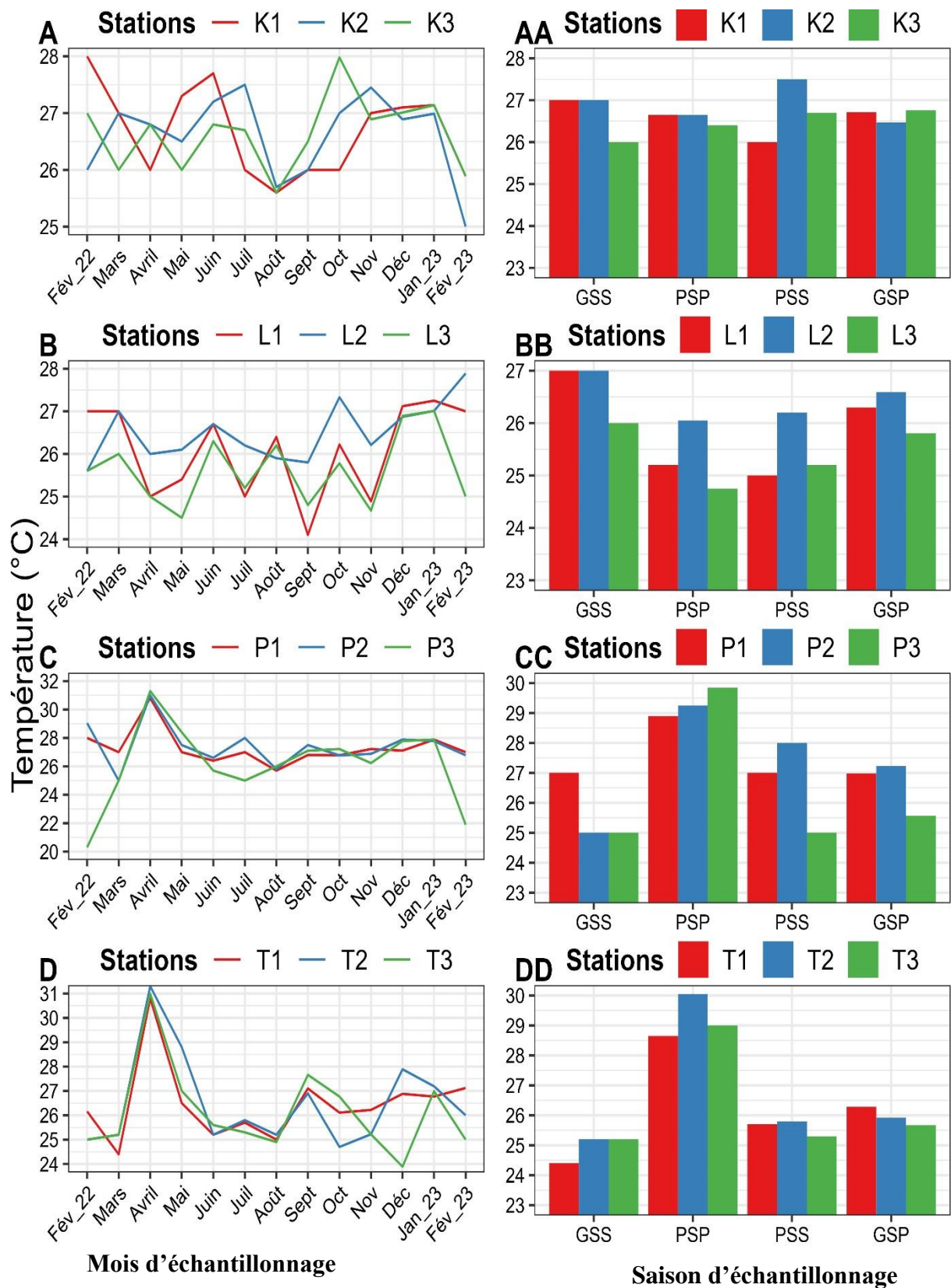


Figure 15 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la température des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.2. pH

Dans le cours d'eau Bwambé (B), le potentiel d'Hydrogène varie de 6,05UC à la station B1 en avril à 8,12 UC à la même station en août pour une moyenne de $6,89 \pm 0,48$ UC (figure 16A). Sur le plan saisonnier, il varie en moyenne de $6,30 \pm 0,43$ UC en GSS à $7,62 \pm 0,00$ UC en PSS (figure 16AA). Le test H de Kruskal Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, mai-juin et août-septembre et ne montre aucune différence significative d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), le pH varie de 6,2UC à la station C3 en avril à 9,8 UC en juin à la station C1 pour une moyenne de $7,38 \pm 0,85$ UC (figure 16B). Sur le plan saisonnier, il varie en moyenne de $7,54$ UC $\pm 0,19$ UC en GSS à $7,71$ UC $\pm 1,62$ UC en PSS (figure 16BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, juin-juillet, juillet-août et août-septembre et entre les stations C1 et C3.

Dans le cours d'eau Ebomé (E), le pH varie de 6,13 UC à la station E2 en janvier à 8,44 UC à la station E3 en février 2022 avec une moyenne de $6,98$ UC $\pm 0,62$ UC (figure 16C). Sur le plan saisonnier, il varie en moyenne de $6,63 \pm 0,41$ UC en PSP à $7,52$ UC $\pm 7,42$ UC en PSS (figure 16CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet et ne montre aucune différence significative entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), le pH varie de 6,34 UC à la station G3 en janvier à 7,91UC à la station G1 en février 2023 avec une moyenne de $6,91 \pm 0,28$ UC (figure 16D). Sur le plan saisonnier, il varie en moyenne de $6,69$ UC $\pm 0,04$ UC en PSP à $7,87$ UC $\pm 0,21$ UC en GSS (figure 16DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, mai-juin, juin-juillet, août-septembre et septembre-octobre et ne montre aucune différence significative entre les stations ($p > 0,05$).

Dans l'ensemble des ses quatre cours d'eau, Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

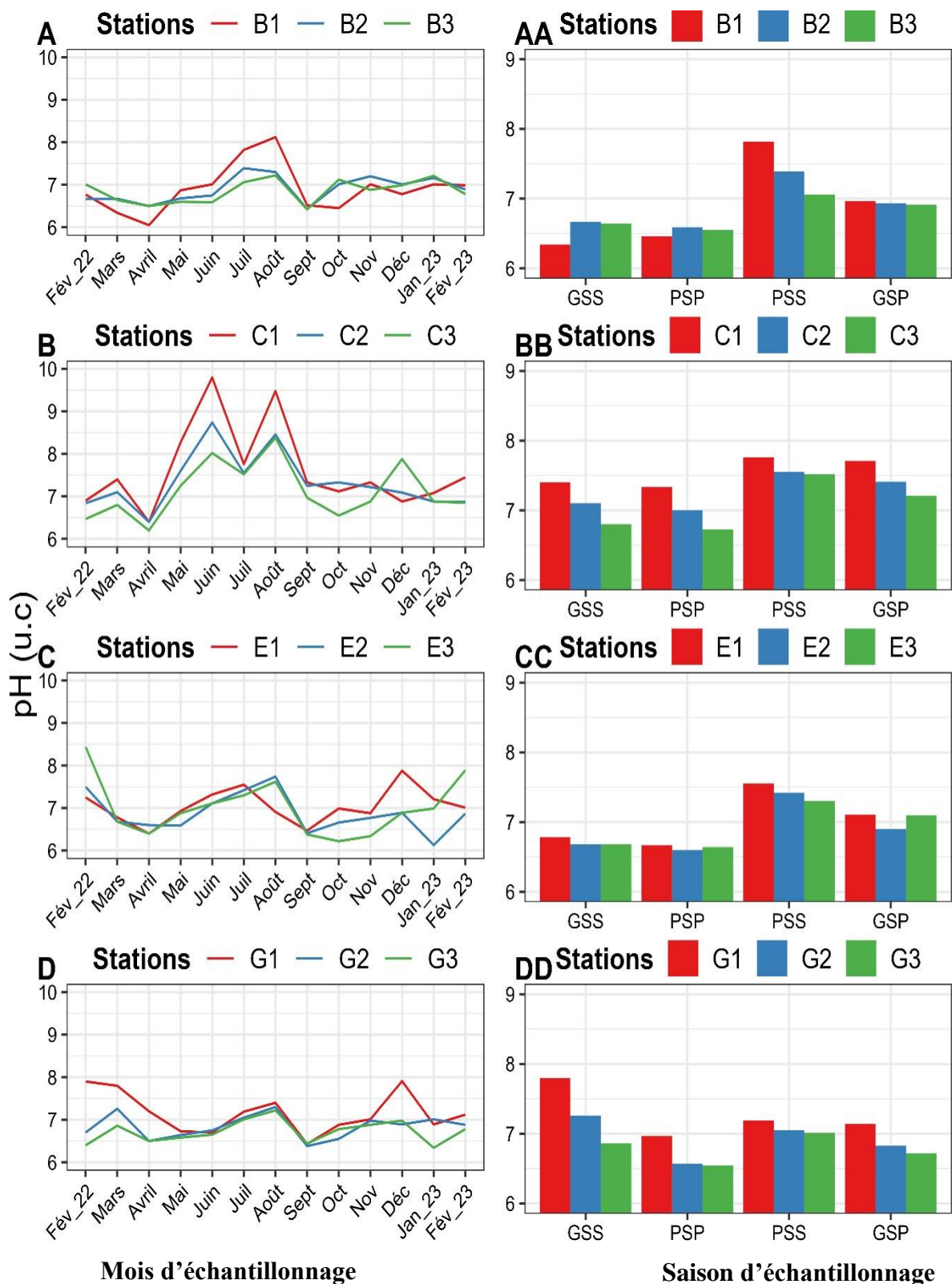


Figure 16: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) du potentiel d'Hydrogène des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans la rivière Kienké (K), le pH varie de 9 UC à la station K1 en juillet à 6,02UC à la même station en février 2022 pour une moyenne de $6,70 \pm 0,49$ UC (figure 17A). Sur le plan saisonnier, le pH varie en moyenne de $6,31 \pm 0,13$ UC en GSS à $8 \text{UC} \pm 8 \text{UC}$ en PSS (figure 17AA). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le fleuve Lobé (L), le pH varie de 5,76 UC à la station L1 en septembre à 7,88UC à la même station en février 2023 pour une moyenne de $6,67 \text{UC} \pm 0,33 \text{UC}$ (figure 17B). Sur le plan saisonnier, le pH varie en moyenne de $6,25 \text{UC} \pm 0,44 \text{UC}$ en GSS à $6,78 \text{UC} \pm 0,37 \text{UC}$ en GSS (figure 17BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août, août-septembre et septembre-octobre et ne montre aucune différence significative entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), le pH varie de 6 UC à la station P3 en avril et juillet à 7,4UC à la station août pour une moyenne de $6,78 \pm 0,25$ UC (figure 17C). Sur le plan saisonnier, le pH varie en moyenne de $6,17 \pm 0,41$ UC en PSS à $7,02 \pm 7,02$ UC en PSS (figure 17CC). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), le pH varie de 6UC à la station T2 en août à 8,52UC à la station T1 en avril pour une moyenne de $7,02 \pm 0,53$ UC (figure 17D). Sur le plan saisonnier, le pH varie en moyenne de $6,53 \text{UC} \pm 0,24 \text{UC}$ en PSP à $7,61 \pm 7,61$ en PSS (figure 17DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, juin-juillet et août-septembre et ne montre aucune différence significative entre les stations ($p > 0,05$). Dans tous ses cours d'eau, le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

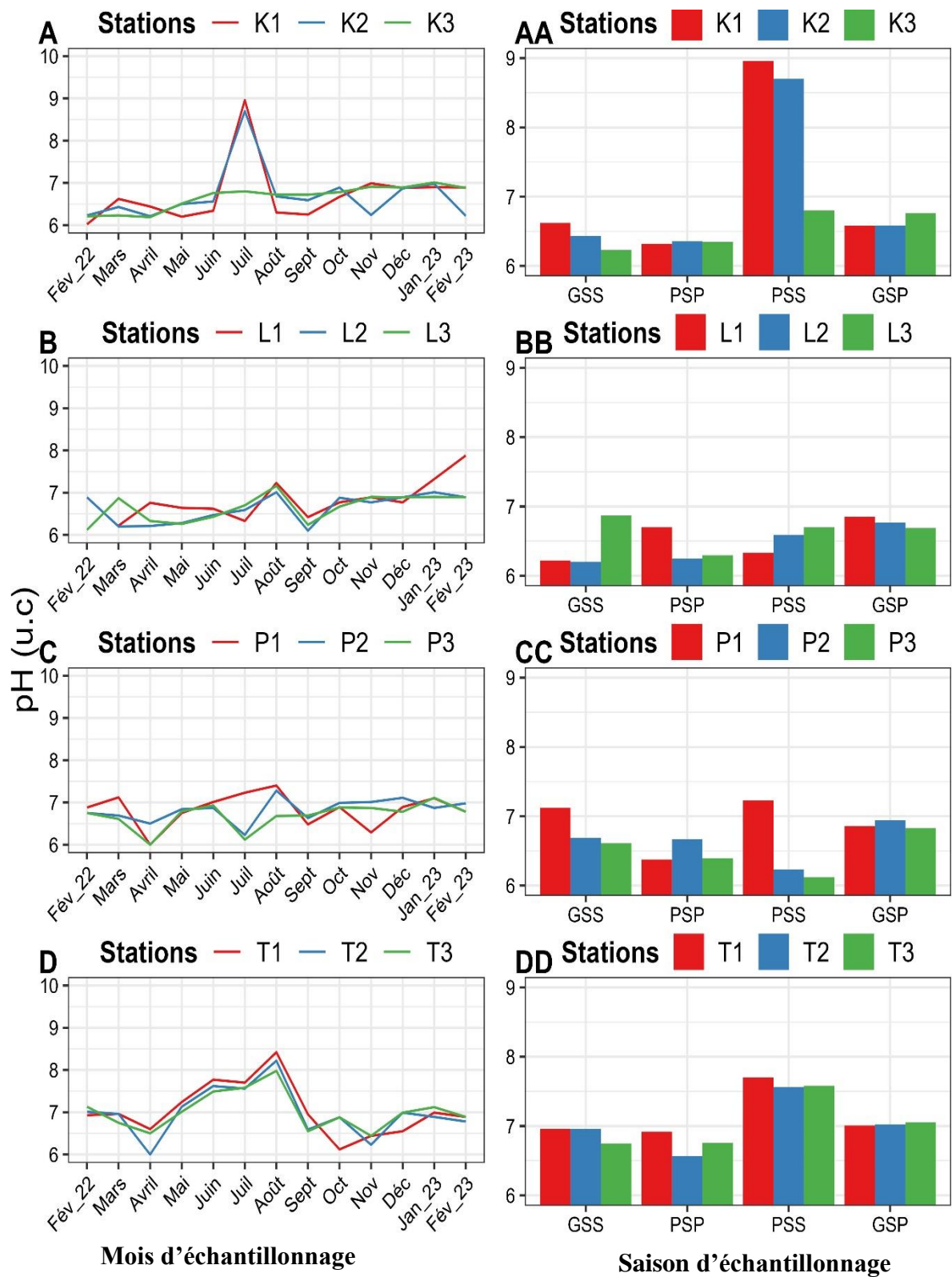


Figure 17 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) du potentiel d'Hydrogène des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.3. Matières en suspension (MES)

Dans le cours d'eau Bwambé (B), les teneurs en MES varient dans toutes les stations de 0 mg/L en février 2022, mars et avril à 45mg/L aux stations B1 et B2 en août et novembre pour une moyenne de $17,44 \pm 12,79$ mg/L (figure 18A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $5,89 \pm 0,05$ mg/L en PSP à $27,06 \pm 16,99$ mg/L en GSS (figure 18AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin et septembre-octobre. Puis entre la GSP et la GSS ($p = 0,007$) ; la PSP et la PSS ($p = 0,004$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en MES varient de 0 mg/L dans toutes les stations en février 2022, mars, avril et mai à 33 mg/L à la station C3 en novembre pour une moyenne de $8,44 \text{ mg/L} \pm 6,32 \text{ mg/L}$ (figure 18B). Sur le plan saisonnier, elles varient de 0 mg/L en GSS à $19 \pm 4,68$ mg/L en GSP (figure 18BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin et juin-juillet, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,02$) ; la PSS et la GSS ($P = 0,01$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Ebomé, les teneurs en MES varient de 0 mg/L dans l'ensemble des stations en mars, avril et mai à 44 mg/L à la station E1 en juillet pour une moyenne de $14,72 \pm 11,48$ mg/L (figure 18C). Sur le plan saisonnier, elles varient de 0 mg/L en GSS à $44,33 \pm 14,68$ mg/L en PSS (figure 18CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet et octobre-novembre puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,03$) ; la GSS et la PSP ($P = 0,02$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Grand batanga, les teneurs en MES varient de 0 mg/L dans l'ensemble des stations en avril et mai à 50 mg/L aux stations G1 et G2 en novembre pour une moyenne de $17,44 \text{ mg/L} \pm 12,79 \text{ mg/L}$ (figure 18D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $4,56 \pm 6,50$ mg/L en GSS à $35 \pm 4,06$ mg/L en PSS (figure 18DD). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative à l'autre ($p > 0,05$) mais plutôt entre la PSP et la GSP ($p = 0,002$) ; la PSS et la PSP ($P = 0,004$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

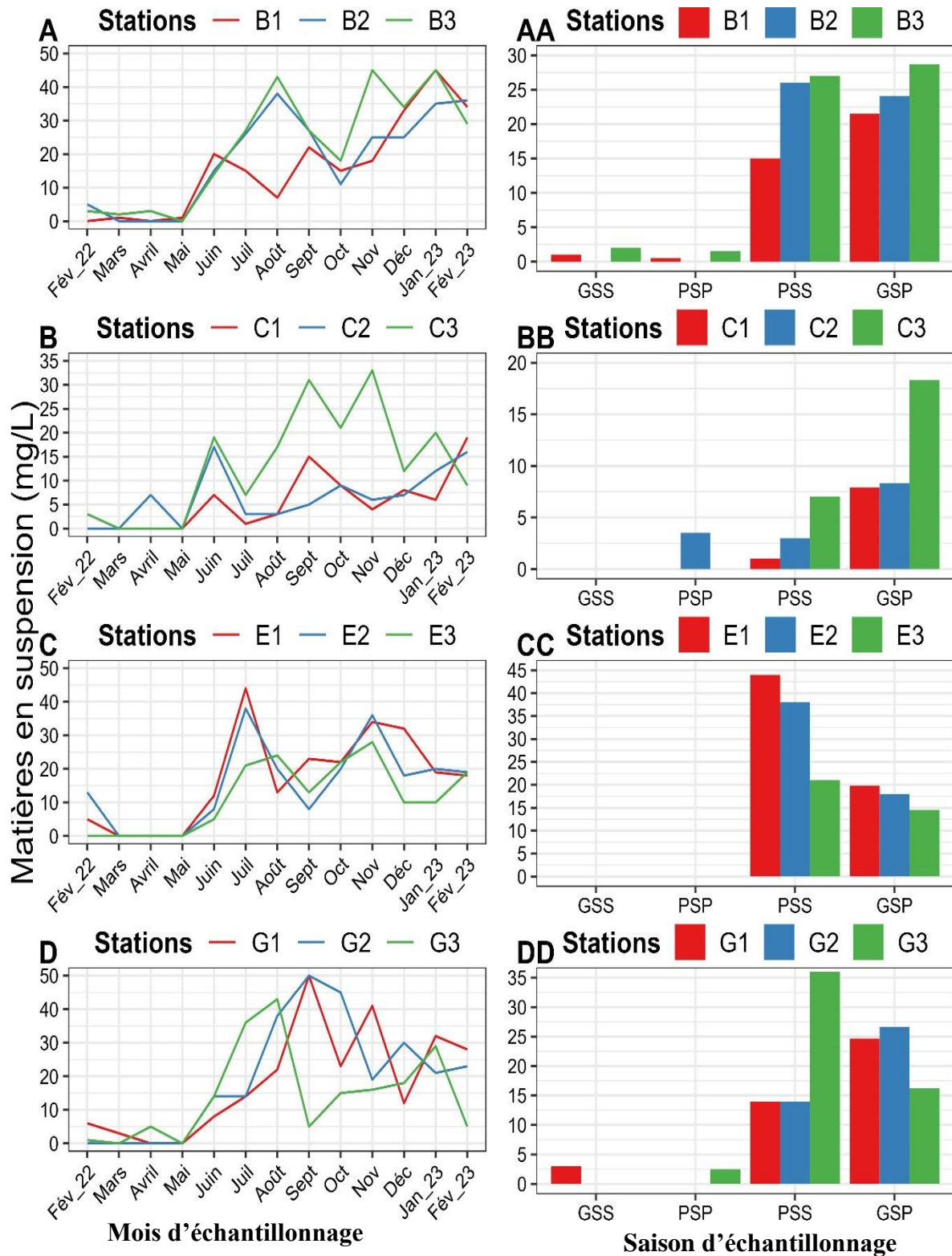


Figure 18 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la matière en suspension des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en matières en suspension varient de 0 mg/L à la station K2 en mai, à 76 mg/L à la station K1 en octobre avec une moyenne de $25,08 \pm 10,68$ mg/L (figure 19A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $10,01 \pm 1,02$ mg/L en PSP à $40 \pm 12,04$ mg/L en GSP (figure 19AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin et juin-juillet, n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs matières en suspension varient de 0 mg/L à la station L2 en mai, à 45 mg/L à la même station en juin avec une moyenne de $19,84 \pm 8,03$ mg/L (figure 19B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $10 \pm 3,67$ mg/L en PSP à $34 \pm 4,24$ mg/L en GSS (figure 19BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin puis entre la PSP et la GSS ($p = 0,04$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en matières en suspension varient de 0 mg/L dans toutes les stations en février 2022, mars, avril à mai à 137 mg/L à la station P2 pour une moyenne de $17,92 \pm 18,52$ mg/L (figure 19C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $4 \pm 0,18$ mg/L en PSP à $33,56 \pm 7,32$ mg/L en PSS (figure 19CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juillet-août et août-septembre, entre la PSP et la GSP ($p = 0,004$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en matières en suspension varient de 0 mg/L dans toutes les stations en février 2022, mars et avril à 56 mg/L aux stations T2 et T3 en août pour une moyenne de $13,33 \pm 9,41$ mg/L (figure 19D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $3,33 \pm 6,67$ mg/L en GSS à $25 \pm 10,99$ mg/L en PSP (figure 19DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

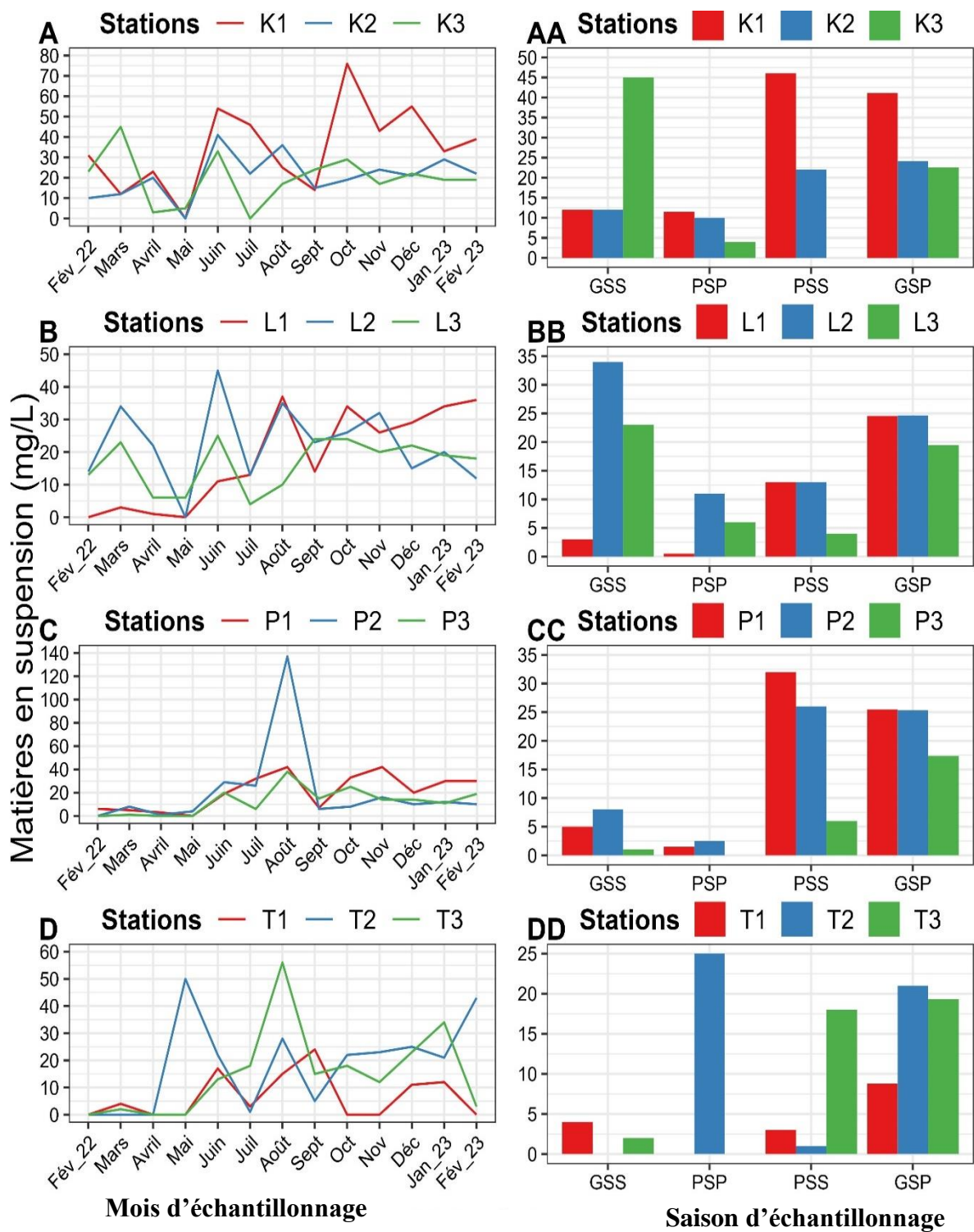


Figure 19 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la matière en suspension des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.4. Turbidité

Dans le cours d'eau Bwambé (B), la turbidité varie de 0 FTU aux stations B2 et B3 en mars, avril et mai, à 45 FTU à la station B1 en janvier 2023 pour une moyenne de $12 \text{ FTU} \pm 8,44 \text{ FTU}$ (figure 20A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $1,89 \pm 7,24 \text{ FTU}$ en PSP à $18 \pm 8,27 \text{ FTU}$ en GSP (figure 20AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août et août-septembre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), la turbidité varie de 0 FTU à toutes les stations en février 2022, mars, avril et mai, à 33 FTU à la station C3 en août avec une moyenne de $7,21 \text{ FTU} \pm 6,30 \text{ FTU}$ (figure 20B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $1,08 \pm 0,06 \text{ FTU}$ en PSP à $10,56 \pm 9,33 \text{ FTU}$ en GSP (figure 20BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août et août-septembre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), la turbidité varie de 0 FTU à toutes les stations en février 2022, mars et avril à 174 FTU à la station E2 en août pour une moyenne de $14,64 \pm 18,13 \text{ FTU}$ (figure 20C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 0 FTU en GSS à $42,22 \pm 1,01 \text{ FTU}$ en PSS (figure 20CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juillet-août puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,009$).

Dans le cours d'eau Grand Batanga (G), la turbidité varie entre 0 FTU à toutes les stations en mars, avril, mai et juin à 41 FTU aux stations G1 et G2 en octobre et novembre pour une moyenne de $12,03 \pm 9,05 \text{ FTU}$ (figure 20D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $2,67 \pm 0,06 \text{ FTU}$ en PSP à $25 \pm 1,11 \text{ FTU}$ en PSS (figure 20DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août, août-septembre et septembre-octobre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

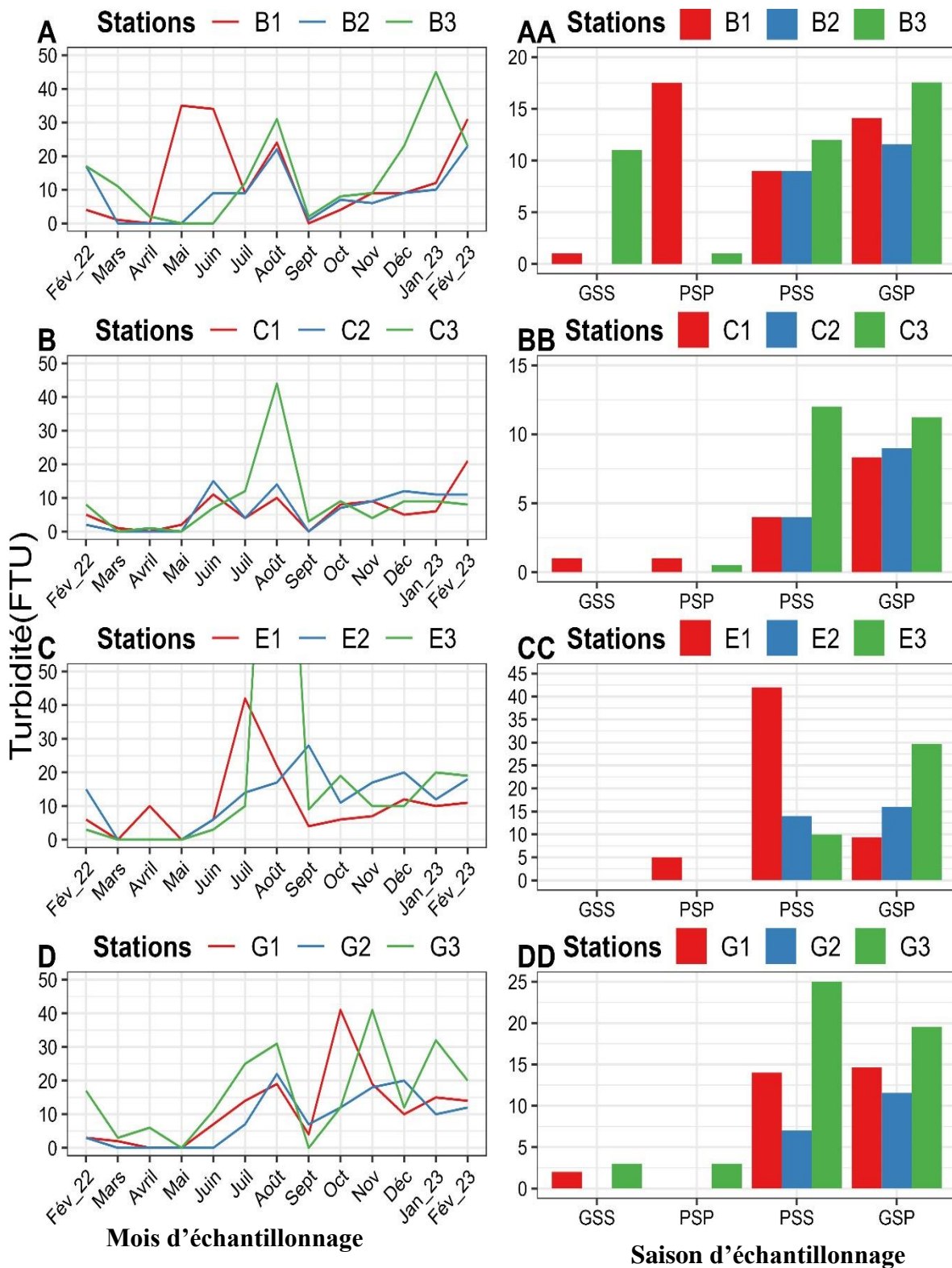


Figure 20 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la turbidité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), la turbidité varie de 0 FTU aux stations K1 et K2 en avril et mai, à 79 FTU à la station K1 en juillet pour une moyenne de $26,54 \pm 51,18$ FTU (Figure 21A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $4,33 \pm 0,50$ FTU en PSP à 79 ± 79 FTU en PSS (Figure 21AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet et octobre-novembre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (K), la turbidité varie de 0 FTU à toutes les stations en mars, avril et mai à 36 FTU à la station L2 en août avec une moyenne de $11,03 \pm 0,23$ FTU (figure 21B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $3,11 \pm 0,19$ FTU en PSP à $18 \pm 10,64$ FTU en GSP (figure 21BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), la turbidité varie de 0 FTU aux stations P1 et P3 en février 2022, mars, avril et mai à 38 FTU à la station P2 en août avec une moyenne de $11,54 \pm 0,16$ FTU (figure 21C). Les variations saisonnières moyennes se callent entre $10 \pm 0,17$ FTU en PSP et $20 \pm 0,18$ FTU en PSS (figure 21CC). Le test de Kruskal-Wallis ou de Mann-Witthney ne présente aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), la turbidité varie de 0 FTU en au mois de février 2022, mars, septembre, novembre, décembre et janvier 2023 (T1, T2, T3) à 43 FTU en mai (T2 et T3) avec une moyenne de $11,05 \pm 9,67$ FTU (figure 21D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $3,50 \pm 5,48$ FTU en GSS à $27 \pm 12,22$ FTU en PSP (figure 21DD). Le test H de Kruskal-Wallis des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août et août septembre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison et d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

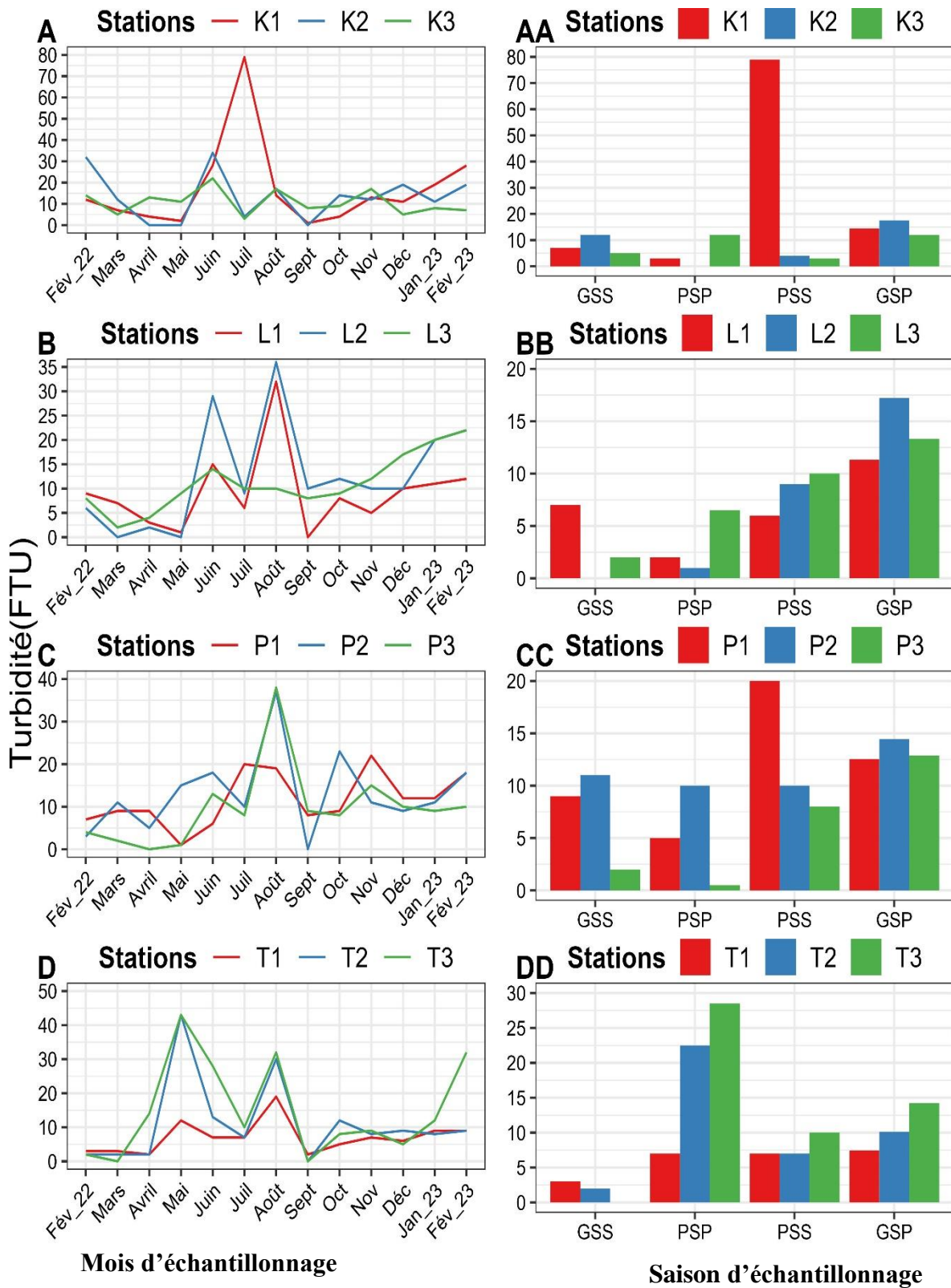


Figure 21 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la turbidité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.5. Couleur

Dans le cours d'eau Bwambé (B), la couleur varie de 0 Pt-Co à toutes les stations en avril, à 435 Pt-Co à la station B1 en juin avec une moyenne de $150,18 \pm 95,46$ Pt-Co (figure 22A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $50 \pm 11,77$ Pt-Co en PSP à $400 \pm 42,44$ en GSS (figure 22AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Casino (C), la couleur varie de 0 Pt-Co à la station C2 en juillet, à 488 Pt-Co à cette même station en avril pour une moyenne de $124,94 \pm 105,48$ Pt-Co (figure 22B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $41,33 \pm 33,29$ Pt-Co en PSS à $337,56 \pm 138,68$ Pt-Co en PSP (figure 22BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, mai-juin et août-septembre, puis entre la PSP et PSS ($p = 0,03$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Ebomé (E), la couleur oscillent de 0 Pt-Co à toutes les stations en avril, décembre et janvier 2023 à 448 Pt-Co à la station E1 en juillet pour une moyenne de $150,67 \pm 62,45$ Pt-Co (figure 22C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $22 \pm 83,15$ Pt-Co en PSP à $430 \pm 42,17$ Pt-Co en PSS (figure 22CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, septembre-octobre et octobre-novembre, puis entre la PSP et GSP ($p = 0,02$) et entre PSS et GSS ($p = 0,01$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), la couleur varie de 0 Pt-Co aux stations G1 et G2 en février 2022, mars, avril et novembre à 435 Pt-Co à la station G3 en janvier 2023 pour une moyenne de $139,15 \pm 63,99$ Pt-Co (figure 22D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $65,89 \pm 60,86$ Pt-Co en GSP à 175 ± 175 Pt-Co en PSS (figure 22DD). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois de mai-juin puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,002$), entre la PSS et la GSS ($p = 0,003$), entre la PSS et la GSS ($p = 0,008$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

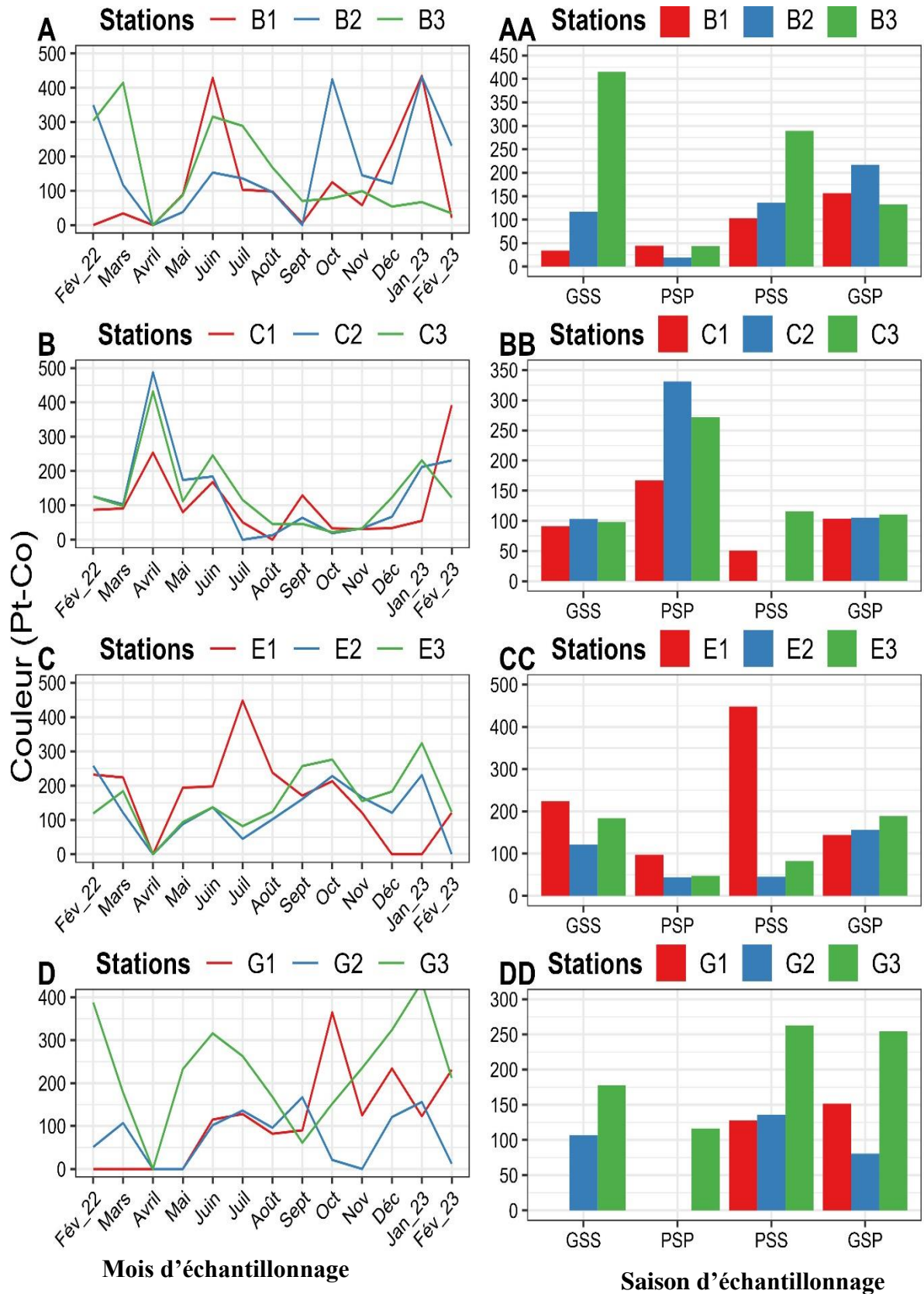


Figure 22: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la couleur des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké, la couleur varie de 0 Pt-Co à la station K1 en juillet à 876 Pt-Co à la même station en octobre pour une moyenne de $271,13 \pm 121,66$ Pt-Co (figure 23A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $39,33 \pm 39,33$ Pt-Co en PSS à $322,56 \pm 174,21$ Pt-Co en GSP (figure 23AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet et juillet-août, puis entre la PSS et la GSS ($p = 0,03$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé, la couleur varie de 0 Pt-Co à la station L3 en juillet à 467 Pt-Co à la station L1 en janvier 2023 pour une moyenne de $245,77 \pm 54,44$ Pt-Co (figure 23B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $138,33 \pm 8,33$ Pt-Co en PSP à $350,63 \pm 83,30$ en PSS (figure 23BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, puis entre la GSS et PSS ($p = 0,04$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Pangour, la couleur varie de 0 Pt-Co aux stations P1, P2 et P3 en février 2022, avril, juillet, décembre, janvier et février 2023 à 353,67 Pt-Co en juillet à la station P3 en juillet pour moyenne de $168,64 \pm 91,73$ Pt-Co (figure 23C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $91,33 \pm 91,33$ Pt-Co en PSS à $269 \pm 54,39$ Pt-Co en GSP (figure 23CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, mars- avril, juin-juillet, décembre-janvier 2023, janvier 2023-février 2023 puis entre la GSP et PSS ($p = 0,01$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Talla, la couleur oscillent de 0 Pt-Co aux stations T2 et T3 en mois avril et février 2023 à 455 (Pt-Co) à la station T2 en mai pour une moyenne de $179,15 \pm 64,68$ Pt-Co (figure 23D). Sur le plan saisonnier, elle varie pour une moyenne de $72,33 \pm 43,34$ Pt-Co en PSS à $394,33 \pm 40,17$ Pt-Co en PSP (figure 23DD). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois d'avril-mai et janvier-février 2023, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

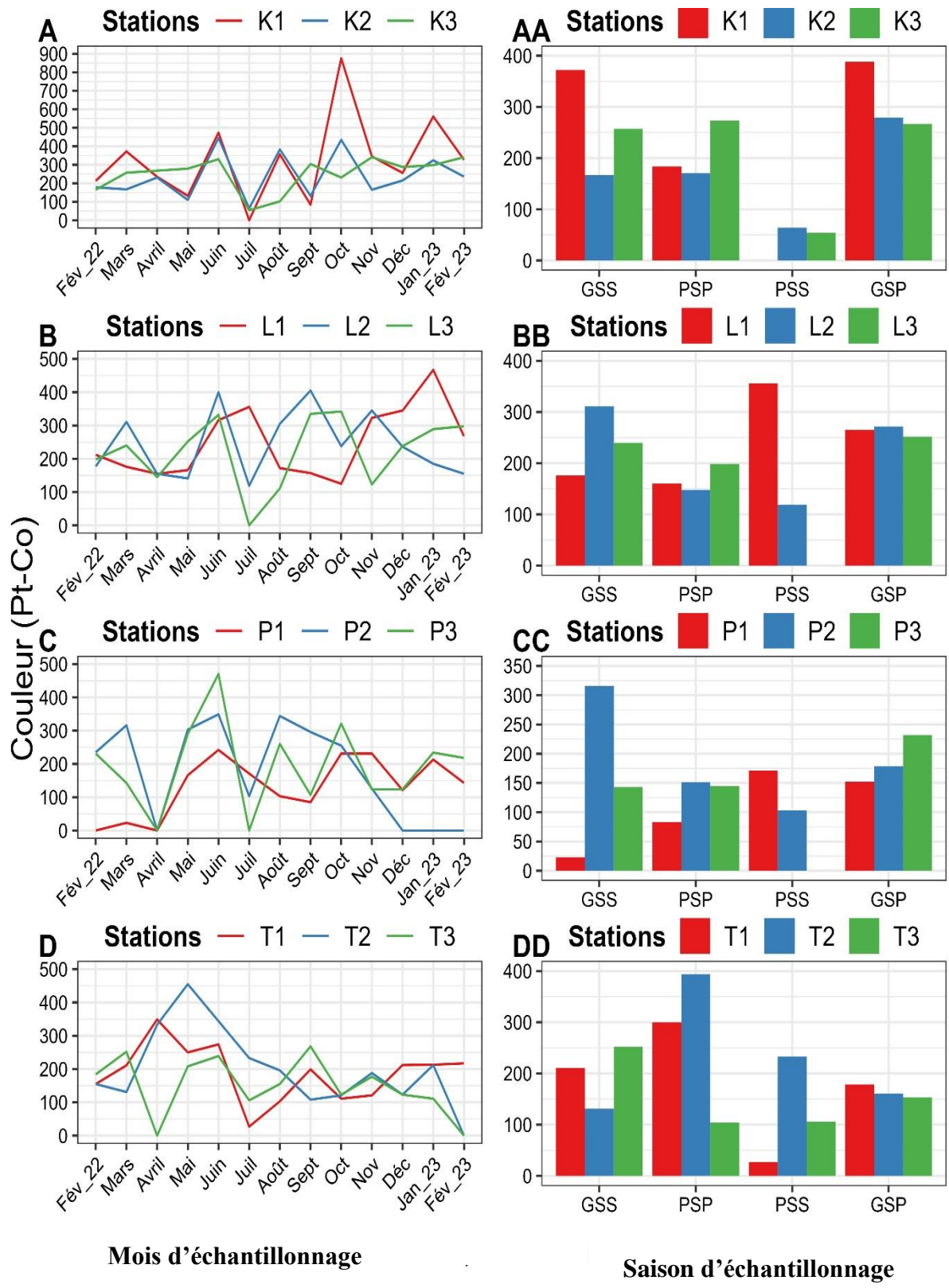


Figure 23 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la couleur des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.6. Solides Totaux Dissous (TDS)

Dans le cours d'eau Bwambé (B), les teneurs en TDS varient de 13,7 mg/L à la station B2 en mai à 34,89 mg/L à la station B3 en décembre pour une moyenne de $21,89 \text{ mg/L} \pm 4,17 \text{ mg/L}$ (figure 24A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $15,67 \pm 2,98 \text{ mg/L}$ en GSP à $32,26 \pm 2,98 \text{ mg/L}$ en PSS (figure 24AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'un mois à l'autre, d'une station à l'autre ainsi que d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en TDS vont de 11,99 mg/L à la station C3 en octobre à 350 mg/L à la même station B3 en février 2022 pour une moyenne de $48,17 \pm 36,54 \text{ mg/L}$ (figure 24B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $20 \pm 2,61 \text{ mg/L}$ en PSP à $110 \pm 48,28 \text{ mg/L}$ en GSP (figure 24BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois février 2022-mars, juillet-août et décembre-janvier 2023, aucune différence significative n'étant observée entre les saisons ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en TDS varient de 12,22mg/L à la station E2 en mai à 45mg/L à la station E3 en février 2022 pour une moyenne de $25,56 \pm 10,65 \text{ mg/L}$ (figure 24C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $13,41 \pm 3,76 \text{ mg/L}$ en PSP et $30 \pm 10,40 \text{ mg/L}$ en GSP (figure 24CC). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une station, d'un mois et que d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en TDS varient de 10mg/L à la station G3 en mai à 149mg/L à la station G2 en septembre pour une moyenne de $24,20 \pm 11,99 \text{ mg/L}$ (figure 24D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $12,70 \pm 3,76 \text{ mg/L}$ en PSP à $37,57 \pm 10,40 \text{ mg/L}$ en GSP (figure 24DD). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'août-septembre et septembre-octobre, aucune différence significative n'étant observée entre les saisons ($p > 0,05$) et stations.

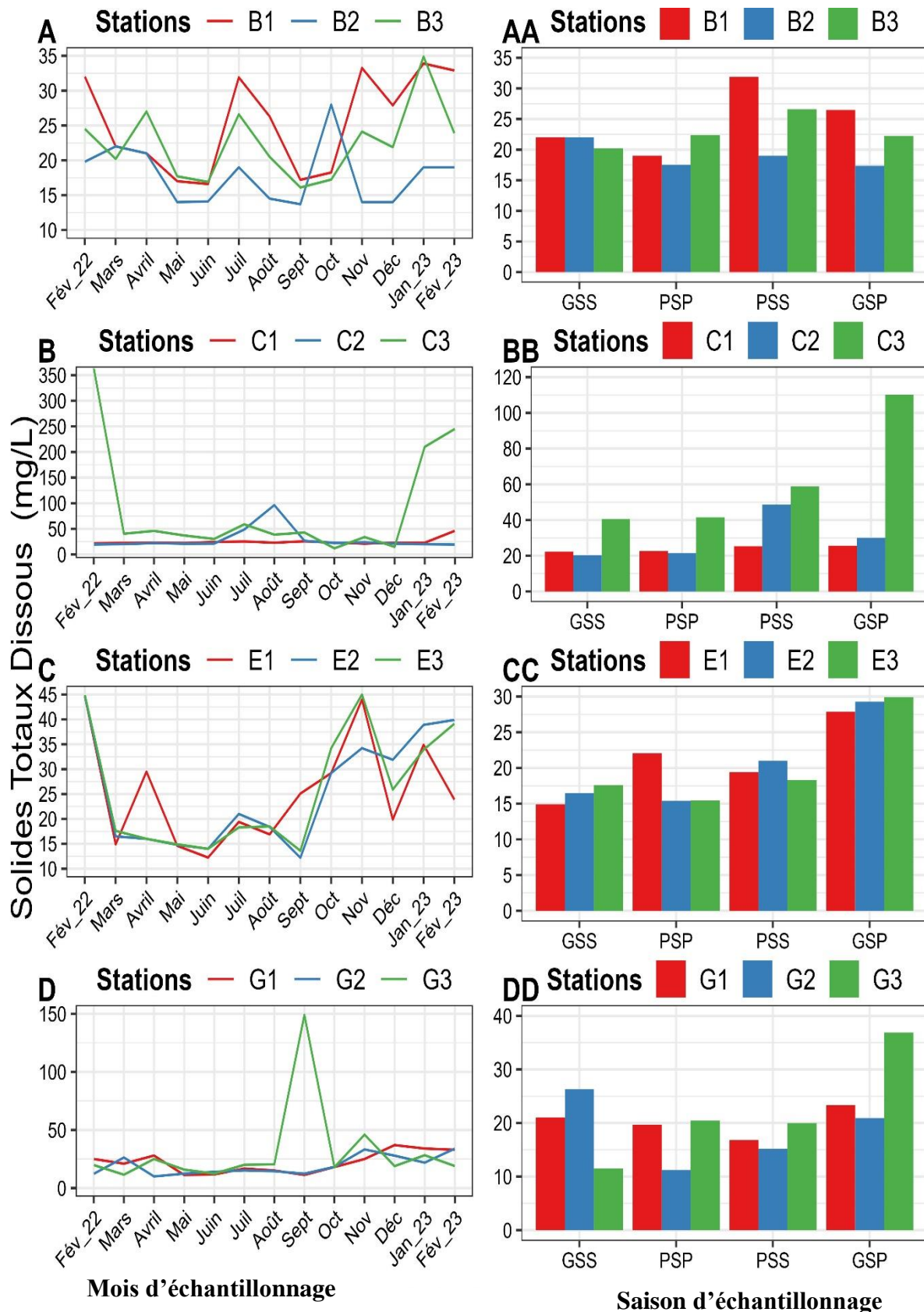


Figure 24: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des Solides Totaux Dissous des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en TDS varient de 2,01 mg/L dans toutes les stations en août à 666,6 mg/L à la station K3 en juin pour une moyenne de $197,59 \pm 123,15$ mg/L (figure 25A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $32,80 \pm 32,80$ mg/L en PSS à $458,33 \pm 90,05$ mg/L en PSP (figure 25AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet, juillet-août, août-septembre, septembre-octobre et octobre-novembre puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,003$) ; entre la PSS et la GSS ($p = 0,001$) et entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en TDS varient de 3,46 mg/L dans toutes les stations en mai à 44,67 mg/L à la station L2 en février 2022 pour une moyenne de $17,93 \pm 6,19$ mg/L (figure 25B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $8,85 \pm 8,85$ mg/L en PSS et $33 \pm 5,32$ mg/L en GSS (figure 25BB). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une station d'un mois, ainsi que d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en TDS varient de 4,92 mg/L à la station P3 en juin à 953 mg/L à la station même station en août pour une moyenne de $94,04 \pm 90,91$ mg/L (figure 25C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $78,57 \text{ mg/L} \pm 23,66$ mg/L en PSS à $650 \pm 164,06$ mg/L en PSP (figure 25CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mai-juin, juin-juillet, août-septembre puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,01$) ; et entre la PSS et la GSS ($p = 0,02$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en TDS varient de 8 mg/L dans toutes les stations en mai à 39 mg/L à la station T2 en avril pour une moyenne de $18,02 \pm 5,98$ mg/L (figure 25D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $13,53 \pm 2,94$ mg/L en GSS à $26,11 \pm 13,01$ mg/L en PSP (figure 25DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

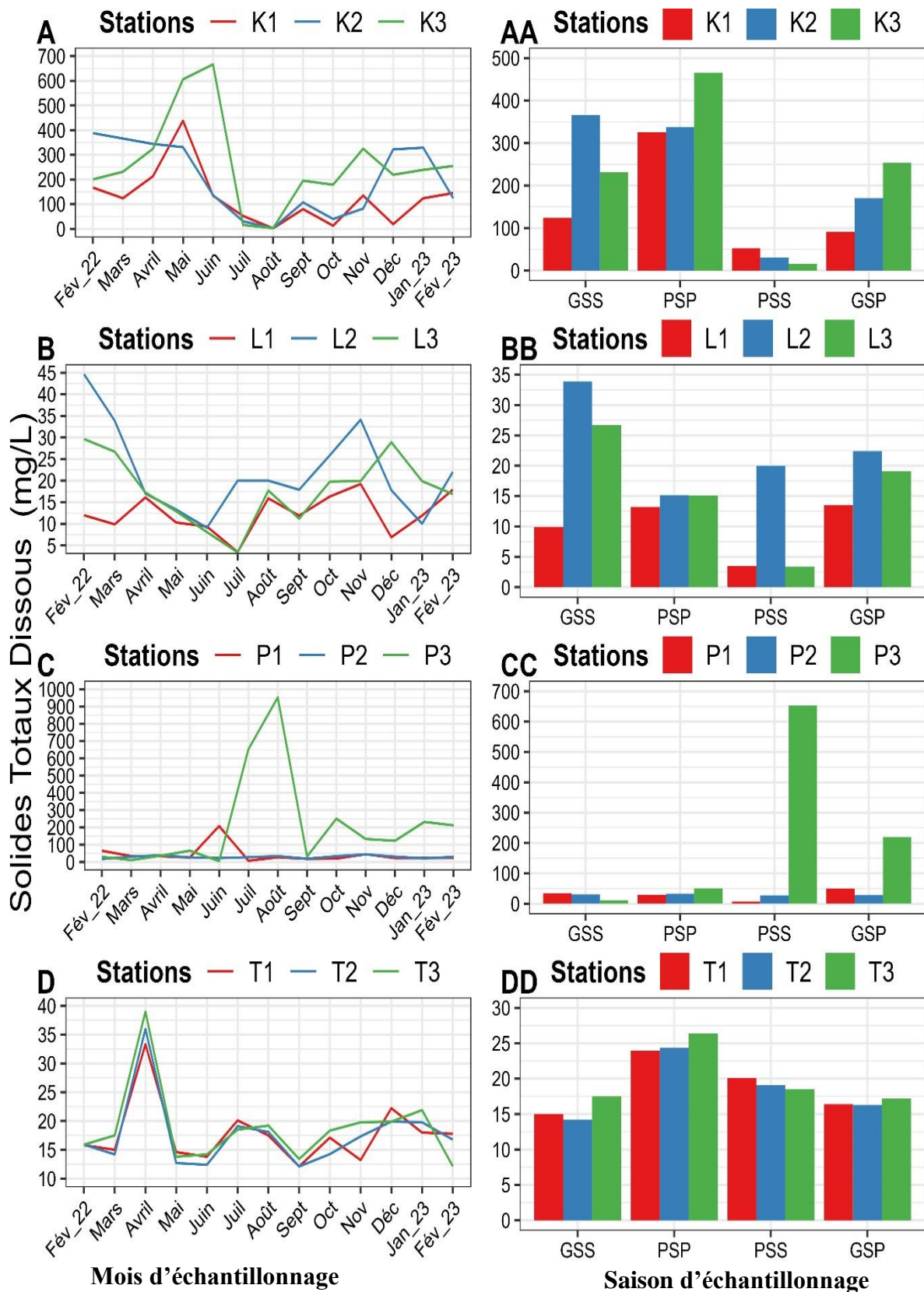


Figure 25 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des Solides Totaux Dissous des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.7. Oxygène dissous

Dans le cours d'eau Bwambé (B), les teneurs en oxygène dissous varient de 32,3% à la station B1 juin à 97% à la station B3 en novembre pour une moyenne de $67,54 \pm 12,27\%$. (figure 26A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $60 \pm 9,59\%$ en PSP à $80 \pm 14,66\%$ en GSS (figure 26AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois avril-mai, mai-juin, juin-juillet, décembre-janvier 2023, janvier-2023-février 2023 puis entre la PSP et la GSS ($p = 0,003$) et entre la PSS et la GSP ($p = 0,002$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en oxygène dissous varient de 27% à la station C1 en février 2023 à 94,5% à la même station en avril pour une moyenne de $71,15 \pm 9,80\%$ (figure 26B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyennes de $56,41 \pm 9,54\%$ en GSS à $70,2 \pm 5,25\%$ en GSP (figure 26BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois de février 2022-mars, mars-avril, avril-mai et août-septembre, aucune différence significative n'étant observée entre les saisons et stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en oxygène dissous varient de 10,9% à la station E2 en février 2022 à 87,7% à la station E1 en avril pour une moyenne de $61,77 \pm 7,59\%$ (Figure 26C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $50,39 \pm 6,41\%$ en GSS et $75,73 \pm 5,35\%$ en PSP (figure 26CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars et avril-mai, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'étant observée d'une saison à une autre.

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en oxygène dissous vont de 23,1% à la station G3 en février 2022 à 88,89% à la même station en janvier 2023 pour une moyenne de $71,48 \pm 7,42\%$ (figure 26D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $59,19 \pm 8,06\%$ en PSP à $80,73 \pm 2,73\%$ en GSS (figure 26DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022 et mars, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'étant observée d'une saison à l'autre.

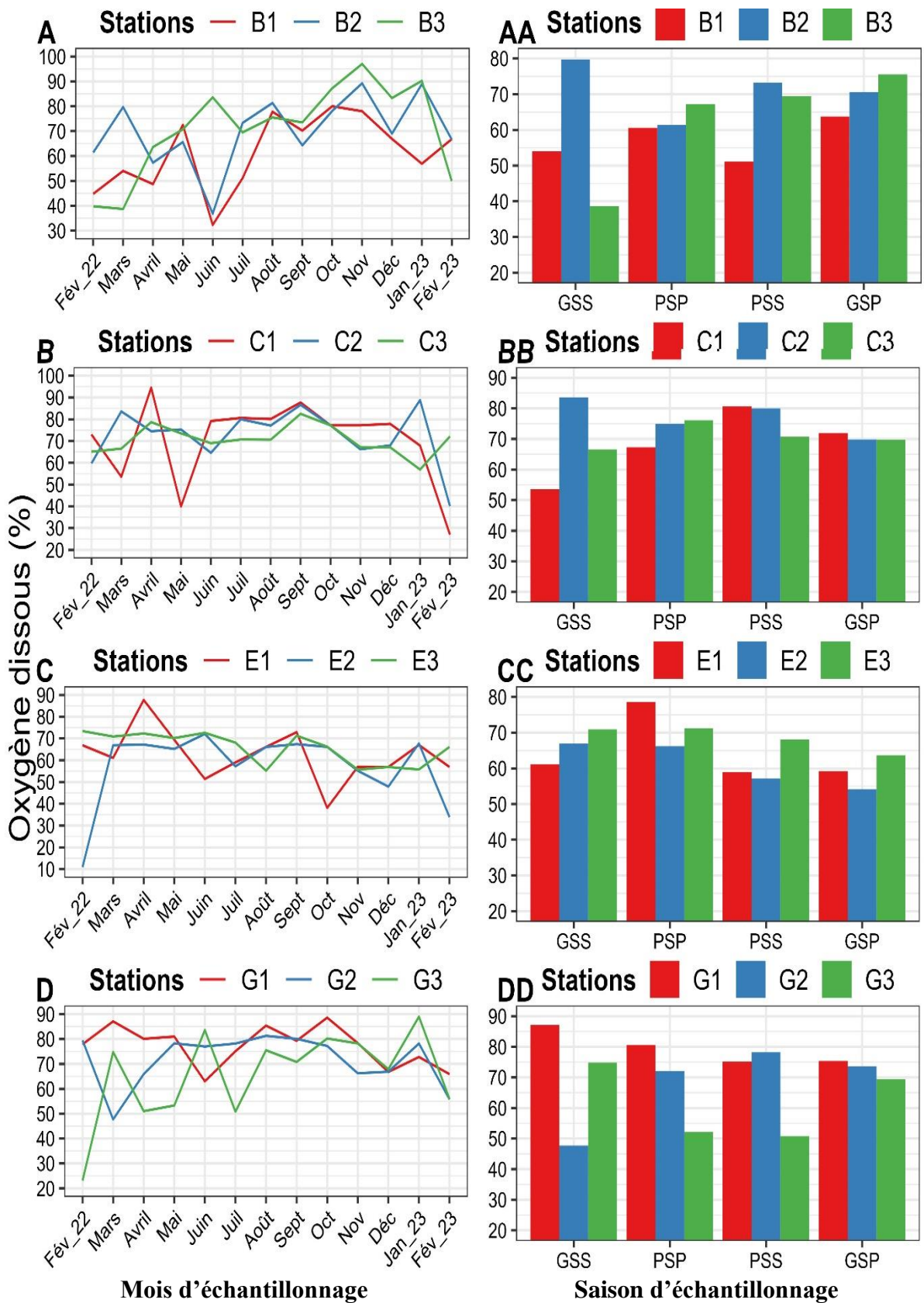


Figure 26: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'oxygène dissous des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en oxygène dissous vont de 19,78% à la station K3 en avril à 92,7% à la même station en août pour une moyenne de $61,76 \pm 18,61\%$ (figure 27A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne $30 \pm 17,85\%$ en PSP à $82,13 \pm 0\%$ en PSS (figure 27AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois février-mars, août-septembre, septembre-octobre et octobre novembre, puis entre la PSP et la PSS ($p = 0,001$) ; et entre la GSP et la GSS ($p = 0,003$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en oxygène dissous varient de 23% à la station L2 en juillet à 90% à la station L3 même mois pour une moyenne de $56,11 \pm 7,74\%$ (figure 27B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $47,62 \pm 6,01\%$ en GSS et $90 \pm 8,61\%$ en PSS (figure 27BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet et juillet-août, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,01$) et entre la PSS et la GSS ($p = 0,02$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en oxygène dissous varient de 47,3% à la station P3 en juillet à 89,7% à la station P2 en mars pour une moyenne de $72,20 \pm 6,89\%$ (figure 27C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyennes de $47,62 \pm 6,01\%$ en PSS à $85,17 \pm 8,61\%$ en GSS (figure 27CC). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois, et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs oxygène dissous vont de 33% à la station T3 en février 2022 à 79,9% à la station T2 au même mois pour une moyenne de $67,22 \pm 6,67\%$ (figure 27D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $60 \pm 4,76\%$ en GSS à $75,40 \pm 6,23\%$ en PSP (figure 27DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois, et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

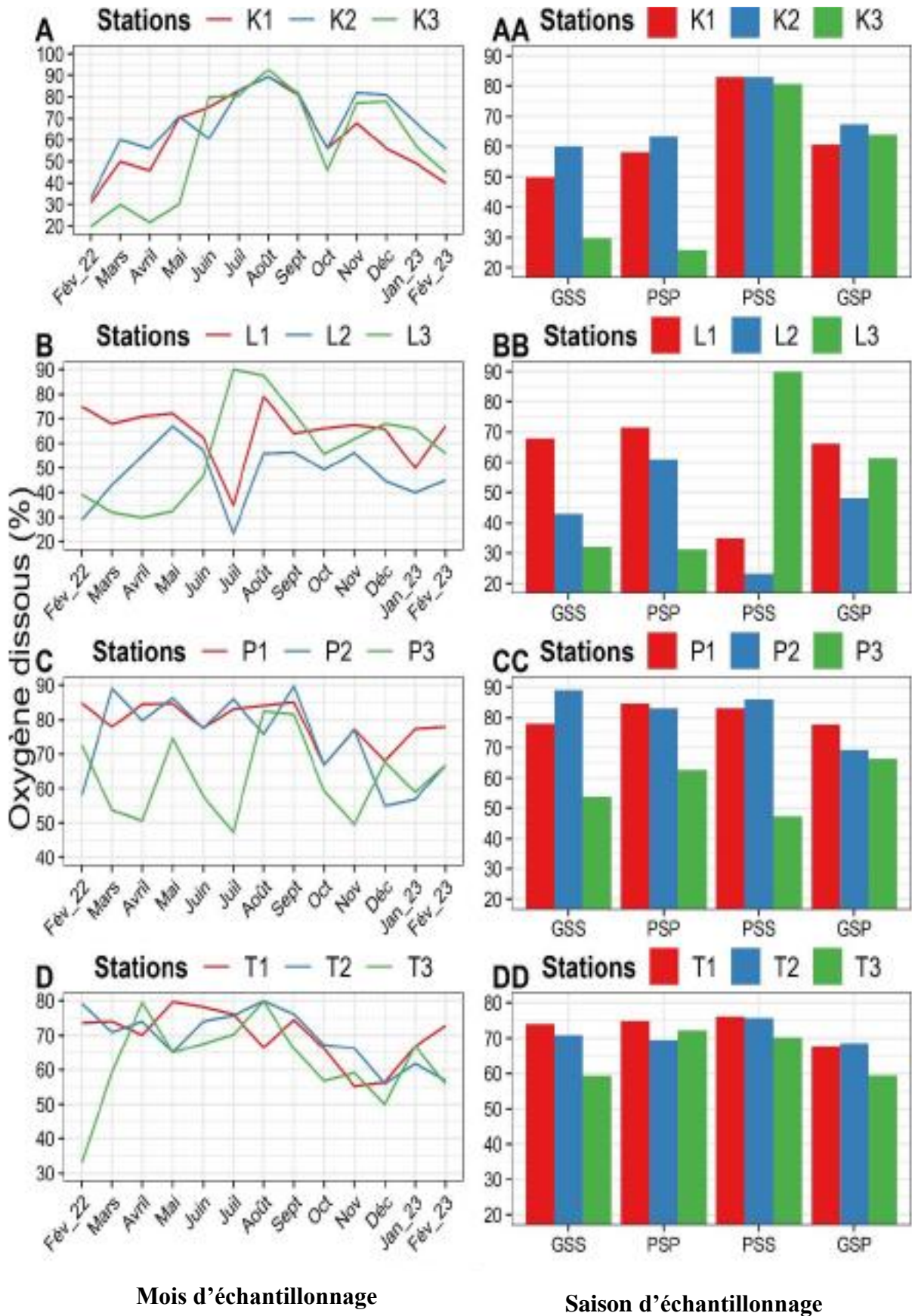


Figure 27: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'oxygène dissous des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.8. Dioxyde de Carbone (CO₂)

Dans le cours d'eau Bwambé (B), les teneurs en CO₂ dissous varient de 1,04 mg/L à la station B2 en mars à 9,23 mg/L à la station B3 en novembre pour une moyenne de $3,73 \pm 1,40$ mg/L (figure 28A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $1,98 \pm 0,86$ mg/L en GSS à $7,31 \pm 1,53$ mg/L en PSP (figure 28AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en CO₂ dissous varient de 1,77 mg/L à la station C2 en septembre à 88 mg/L à la station C1 en avril pour une moyenne de $12,85 \pm 7,28$ mg/L (figure 28B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $7,51 \pm 2,42$ mg/L en GSP à $54 \pm 13,85$ mg/L en PSP (figure 28BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai et août-septembre, puis entre la PSP et la GSS ($p = 0,003$) ; et entre la PSS et la GSP ($p = 0,002$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en CO₂ dissous varient de 10,9 mg/L à la station E2 en février 2022 à 26,4 mg/L à la station E3 en juin pour une moyenne de $5,09 \pm 2,72$ mg/L (figure 28C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $2,3 \pm 0,75$ mg/L en GSS et $10 \pm 3,21$ mg/L en PSS (figure 28CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, mars-avril, avril-mai et août-septembre, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,02$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en CO₂ dissous vont de 1,04 mg/L à la station G2 en février 2022 à 9,98 mg/L à la station G3 en janvier 2023 pour une moyenne de $4,35 \pm 1,58$ mg/L (figure 28D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $2 \pm 0,62$ mg/L en GSP à $7,33 \pm 1,44$ mg/L en PSS (figure 28DD). Le test H de Kruskal-Wallis et Mann Whitney ne montre aucune différence significative entre les mois ($p > 0,05$), mais plutôt entre la GSP et la PSS ($p = 0,01$).

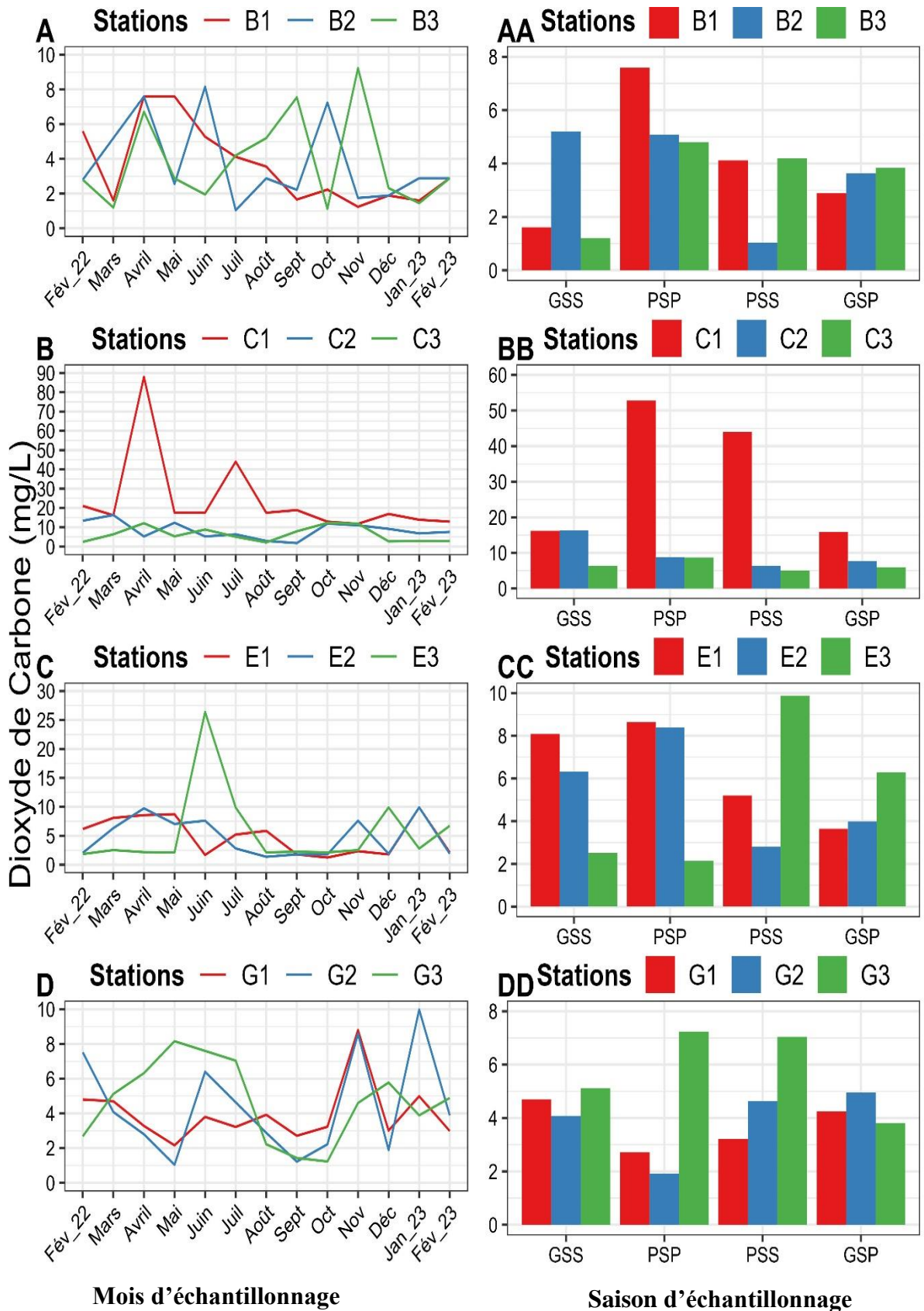


Figure 28 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en CO_2 des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en CO₂ dissous varient de 6,9 mg/L à la station K2 en décembre à 39,87 mg/L à la station K3 en février 2022 pour une moyenne de $17,80 \pm 5,38$ mg/L (figure 29A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $14,19 \pm 0,89$ mg/L en GSP à $31 \pm 6,89$ mg/L en PSS (figure 29AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars et octobre-novembre, puis entre la PSP et la GSS ($p = 0,001$) et ne relève pas des différences significatives ($p > 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en CO₂ dissous varient de 1,68 mg/L à la station L2 en janvier 2023 à 29,92 mg/L à la station L3 en août pour une moyenne de $11,39 \pm 2,96$ mg/L (figure 29B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 6,99 mg/L en PSS à $25 \pm 4,14$ mg/L en PSP (figure 29BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, novembre-décembre, décembre-janvier 2023 et janvier 2023-février 2023 et entre la PSP et la GSP ($p = 0,017$), la PSS et la GSS ($P = 0,041$) et entre la PSS et la GSP ($P = 0,021$) et ne relève pas des différences significatives ($p > 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en CO₂ dissous varient de 2,12 mg/L à la station P1 en décembre à 22,88 mg/L à la station P3 en août pour une moyenne de $7,46 \pm 2,27$ mg/L (figure 29C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 4,40 mg/L en PSS et $13,09 \pm 3,02$ mg/L en PSP (figure 29CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, juillet-août et novembre-décembre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre et d'une station ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en CO₂ dissous varient de 1,22 mg/L à la station T2 en février 2022 à 11,89 mg/L à la station T3 en décembre pour une moyenne de $5,26 \pm 2,16$ mg/L (figure 29D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 2 mg/L en PSS à $8,51 \pm 1,91$ mg/L en GSS (figure 29DD). Le test H de Kruskal Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, avril-mai, octobre-novembre, novembre-décembre et décembre-janvier 2023, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre et d'une station ($p > 0,05$).

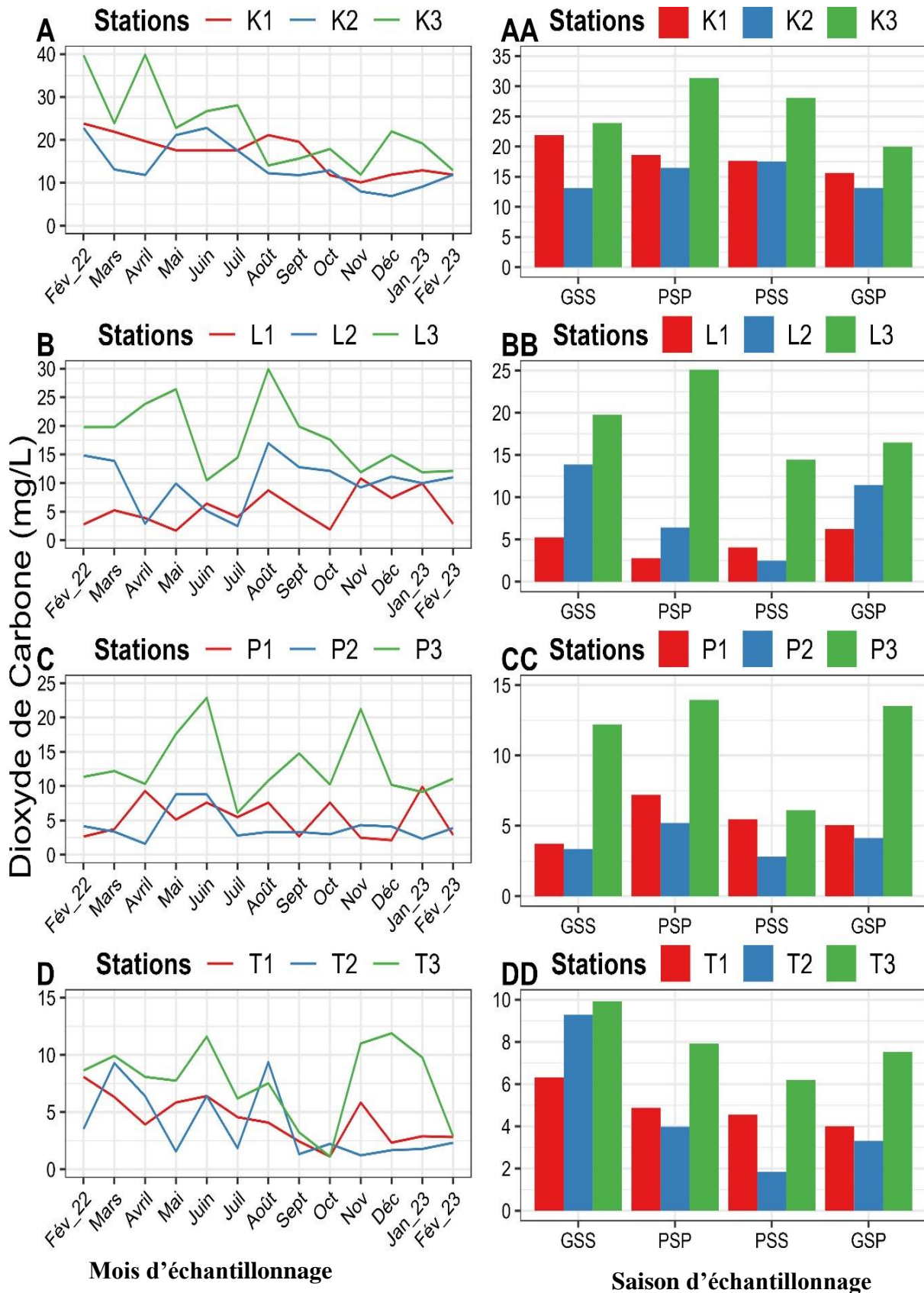


Figure 29 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en CO₂ des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.9. Conductivité

Dans le cours d'eau Bwambé (B), la conductivité varie de 12,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station B1 en octobre à 64 mg/L à la station B2 en juillet pour une moyenne de $36,05 \pm 11,54 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $22 \pm 13,68 \mu\text{S}/\text{cm}$ en GSS à $63,43 \mu\text{S}/\text{cm}$ en PSS (figure 30AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), la conductivité varie de 10,11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station C1 en décembre à 279,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station C3 en janvier 2023 pour une moyenne de $53,80 \pm 37,44 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $40 \pm 18,38 \mu\text{S}/\text{cm}$ en GSP à $110 \mu\text{S}/\text{cm}$ en PSS (figure 30BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, août-septembre et janvier 2023-février 2023, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Ebomé (E), la conductivité varie de 11,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station E1 en janvier 2023 à 90,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station E3 en février 2022 pour une moyenne de $31,61 \pm 14,46 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $27,25 \pm 1,75 \mu\text{S}/\text{cm}$ en PSP à $41,22 \pm 3,21 \mu\text{S}/\text{cm}$ en PSS (figure 30CC). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station d'un mois et une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand Batanga (G), la conductivité varie de 11 mg/L à la station G3 en octobre à 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la même station en avril pour une moyenne de $26,75 \pm 5,38 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $20 \pm 1,62 \mu\text{S}/\text{cm}$ en GSP à $51,12 \pm 1,44 \mu\text{S}/\text{cm}$ en GSS (figure 30DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

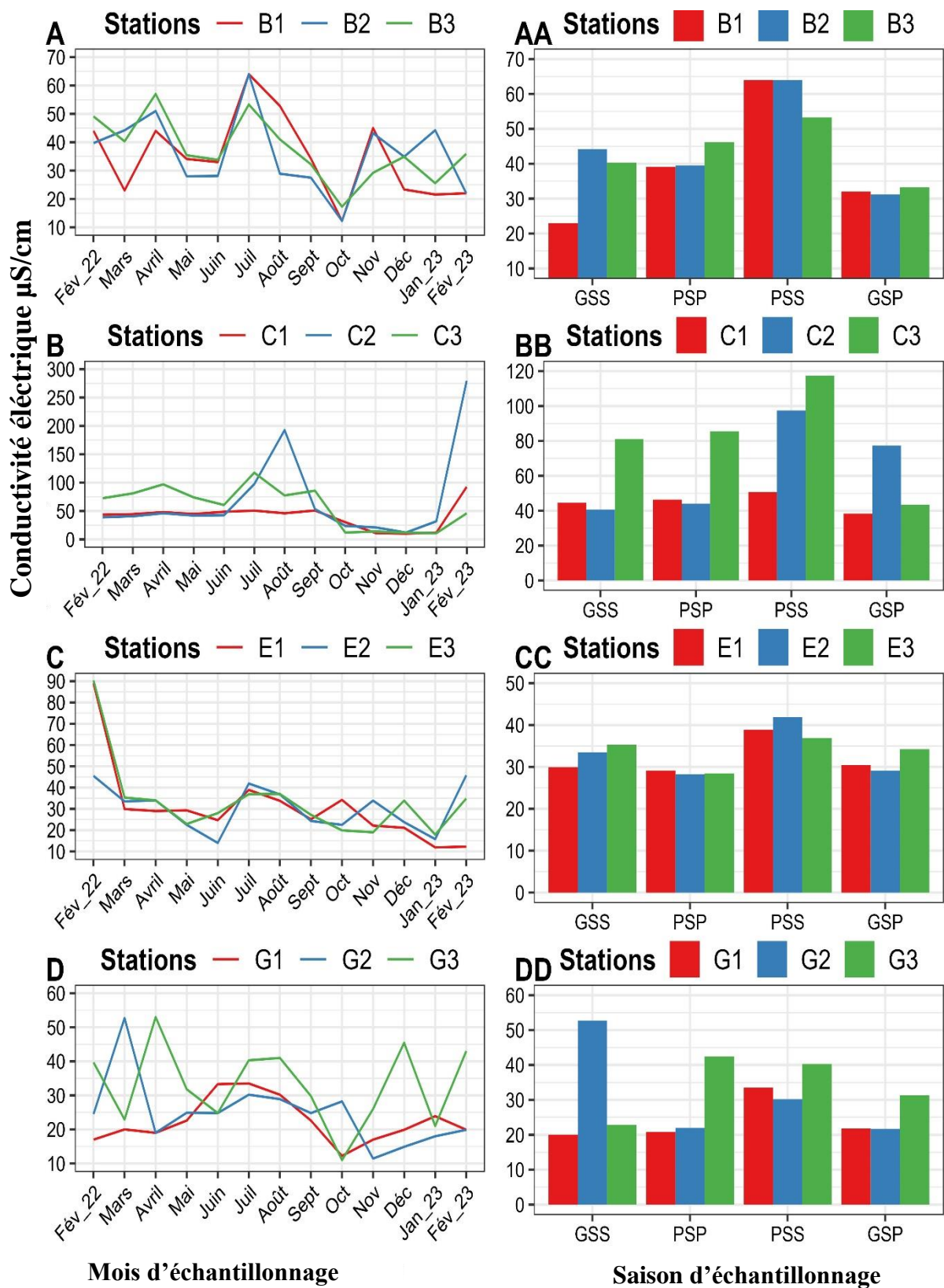


Figure 30 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la conductivité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand Batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), la conductivité varie de 0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station K1 en août à 873 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la même station en mai pour une de $229,39 \pm 133,22$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $20,22 \pm 0,99$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PSS à $550 \pm 17,69$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PSP (figure 30AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, mai-juin et août-septembre puis entre la PSP et la PSS ($p = 0,006$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), la conductivité varie de 3,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station L2 en février 2023 à 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station L3 en octobre pour une moyenne de $27,32 \pm 12,74$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 6,99 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en PSS à $40 \pm 4,14$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ en GSP (figure 30BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de septembre-octobre et octobre-novembre, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,002$) ; la PSS et la GSS ($P = 0,004$) et entre la PSS et la GSP ($P = 0,005$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Pangour (P), la conductivité varie de 11,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station P2 en décembre à 190,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station P3 en août pour une moyenne de $59,27 \pm 24,15$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en GSS à $120 \pm 8,02$ mg/L en PSS (figure 30CC). Le test H de Kruskal-Wallis des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de septembre-octobre et octobre-novembre, puis entre la PSP et la PSS ($p = 0,007$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Talla (T), la conductivité varie de 10,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station T3 en décembre à 82 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station T2 en avril pour une moyenne de $29,29 \pm 16,08$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 30D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $20 \pm 2,96$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ en GSP à $54,44 \pm 1,56$ mg/L en PSP (figure 30DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de septembre-octobre et octobre-novembre entre la PSP et la PSS ($p = 0,007$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

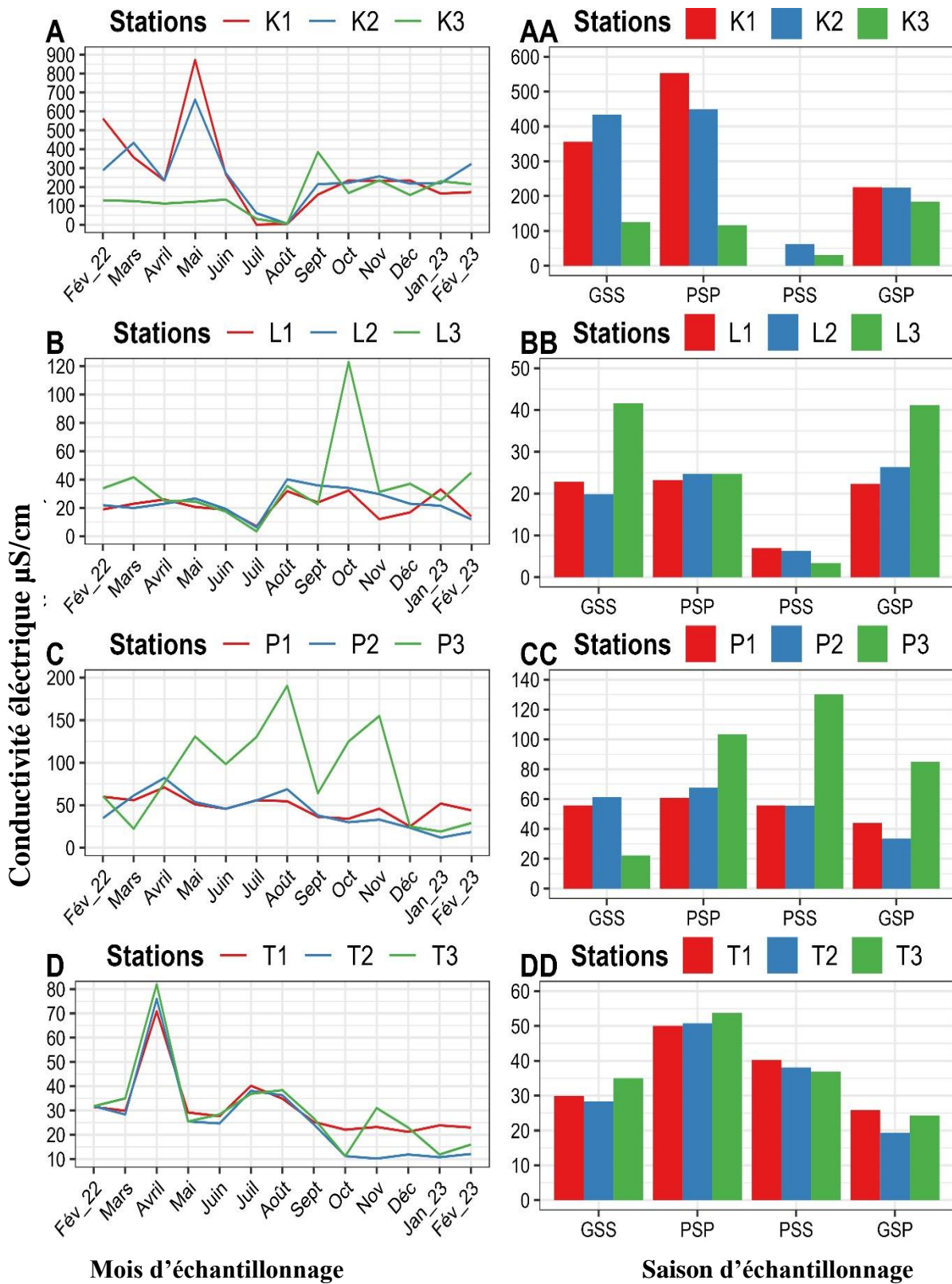


Figure 30: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la conductivité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.10. Oxydabilité

Dans le cours d'eau Bwambé (B), oxydabilité varie de 1,07 mg/L à la station B1 en avril à 7,3 mg/L KMnO_4 à la même station en juillet pour une moyenne de $3,60 \pm 0,70$ mg/L KMnO_4 (figure 31A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $3,04 \pm 0,62$ mg/L KMnO_4 en GSP à 7,2 mg/L KMnO_4 en PSS (figure 31AA). Le test H de Kruskal-Wallis présente des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai, juin-juillet et septembre-octobre puis, entre la PSS et la GSP ($p = 0,003$) ; la PSS et la GSS ($P = 0,001$) et entre la PSS et la GSP ($P = 0,009$) et aucune différence n'étant observée entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), l'oxydabilité varie de 0,86 mg/L à la station C3 en août à 9,11 mg/L KMnO_4 à la station C1 en janvier 2023 pour une moyenne de $4,22 \pm 0,85$ mg/L KMnO_4 (figure 31B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $2,92 \pm 1$ mg/L KMnO_4 en GSS à $6,90 \pm 0,66$ mg/L KMnO_4 en PSP (figure 31BB). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, juillet-août, août-septembre et décembre-janvier 2023 puis, aucune différence significative n'étant observée d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Ebomé (E), l'oxydabilité va de 0,91 mg/L à la station E1 en août à 6,51 mg/L KMnO_4 à la station E2 en janvier 2023 pour une moyenne de $4,22 \pm 0,99$ mg/L KMnO_4 (figure 31C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $2 \pm 0,60$ mg/L KMnO_4 en GSP à $6,30 \pm 0,73$ mg/L KMnO_4 en GSS (figure 31CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, mai-juin, juin-juillet, juillet-août, novembre-décembre, décembre-janvier 2023 et janvier-février 2023 puis, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), l'oxydabilité va de 2,22 mg/L à la station G1 en août à 7,9 mg/L KMnO_4 à la station G2 en juillet pour une moyenne de $4,26 \pm 1,26$ mg/L KMnO_4 (figure 31D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $2,78 \pm 1,20$ mg/L KMnO_4 en GSS à 8,70 mg/L KMnO_4 en PSS (figure 31DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, juillet-août et août-septembre puis, aucune différence significative d'une station et saison à l'autre ($p > 0,05$).

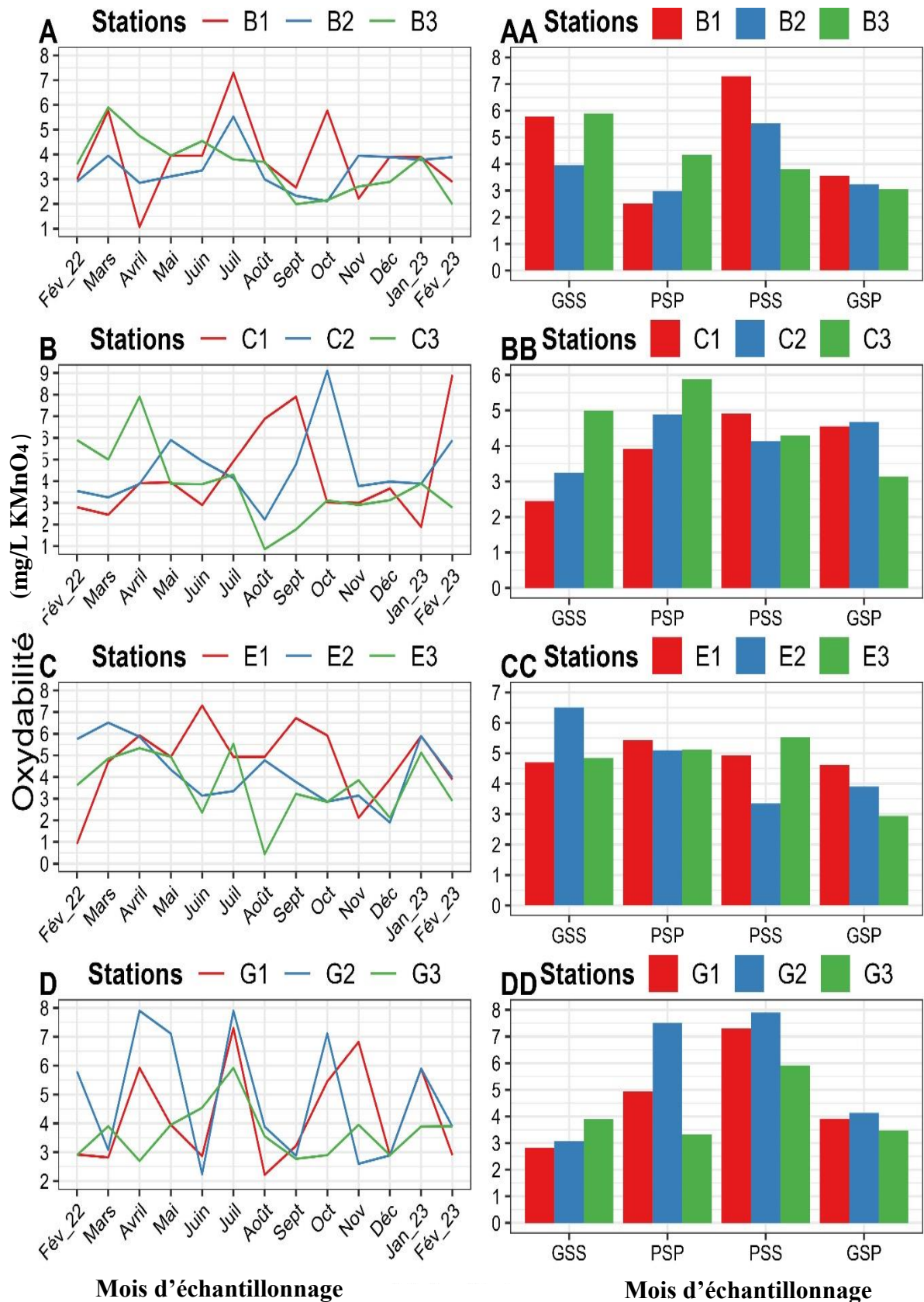


Figure 31 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'oxydabilité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), l'oxydabilité varie de 1,97 mg/L à la station K1 en juillet à 17,8 mg/L KMnO_4 à la station K3 en novembre pour une moyenne de $9,07 \pm 1,54$ mg/L KMnO_4 (figure 32A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 2 mg/L en PSS à $10,11 \pm 1,30$ mg/L KMnO_4 en GSS (figure 32AA). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois ($p < 0,05$) et le test U de Mann Whitney montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août ; octobre-novembre. Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), l'oxydabilité va de 1,97 mg/L KMnO_4 à la station L1 en juillet à 9,89 mg/L KMnO_4 à la station L3 en août pour une moyenne de $5,35 \pm 1$ mg/L KMnO_4 (figure 32B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 2 mg/L KMnO_4 en PSS à $7,5 \pm 0,36$ mg/L KMnO_4 en GSP (figure 32BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), l'oxydabilité va de 1,97 mg/L KMnO_4 à la station P2 en décembre à 9,78 mg/L KMnO_4 à la même station en septembre pour une moyenne de $5,01 \pm 1,26$ mg/L KMnO_4 (figure 32C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $3 \pm 0,33$ mg/L KMnO_4 en PSS à $8,90 \pm 0,32$ mg/L KMnO_4 en PSS (figure 32CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de septembre-octobre, octobre-novembre et novembre-décembre, aucune différence significative n'étant observée d'une station et saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), l'oxydabilité varie de 2,07 mg/L KMnO_4 à la station T2 en juin à 6,91 mg/L KMnO_4 à la station T3 en novembre pour une moyenne de $3,81 \pm 0,79$ mg/L KMnO_4 (figure 32D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 2,40 mg/L KMnO_4 en GSP à $4,63 \pm 0,63$ mg/L KMnO_4 en PSP (figure 32DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'octobre-novembre et novembre-décembre, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

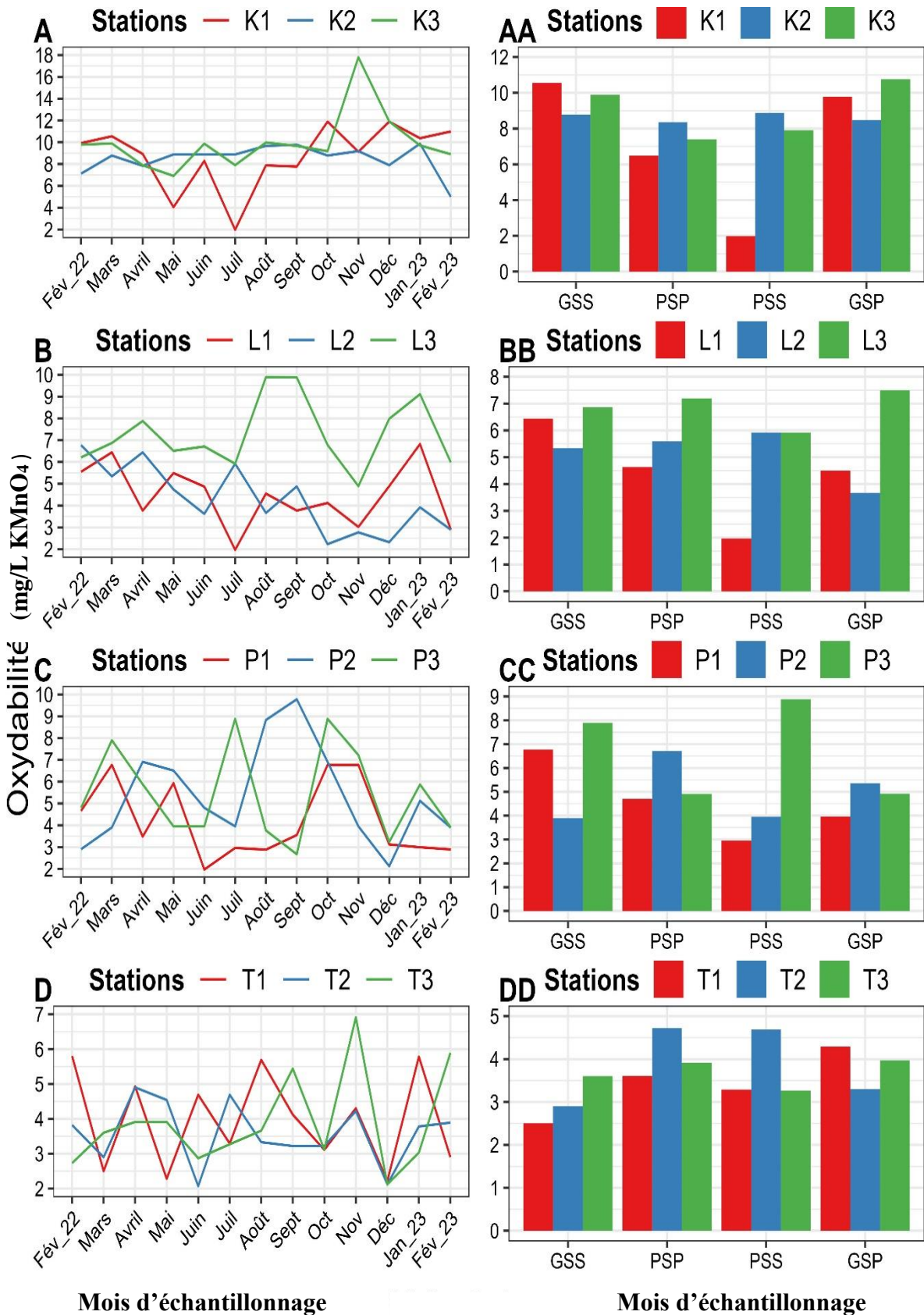


Figure 32 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'oxydabilité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.11. Alcalinité

Dans le cours d'eau Bwambé (B), l'alcalinité varie de 4 mg/L à la station B1 en juillet à 45 mg/L à la station B2 en février 2023 pour une moyenne de $23,98 \pm 7,11$ mg/L (figure 33A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 4,94 mg/L en PSS à $44 \pm 5,20$ mg/L en GSS (figure 33AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août, août-septembre, septembre-octobre, octobre-novembre, novembre-décembre, décembre-janvier 2023 et janvier-février 2023 puis, entre la PSS et la GSS ($p = 0,009$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Casino (C), l'alcalinité varie de 4 mg/L aux stations C2 et C3 en juillet à 32 mg/L à la station C1 en avril pour une moyenne de $13,23 \pm 4,29$ mg/L (figure 33B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de $5 \pm 2,81$ mg/L en PSS à $26 \pm 2,68$ mg/L en PSP (figure 33BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'avril-mai, mai-juin et juin-juillet puis, entre la PSS et la GSP ($p = 0,04$) ; la GSS et la PSS ($P = 0,03$) et entre les stations.

Dans le cours d'eau Ebomé (E), l'alcalinité varie de 2 mg/L à la station E3 en juillet à 40 mg/L à la station E1 en août pour une moyenne de $17,97 \pm 6,10$ mg/L (figure 33C) Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 3,33 mg/L en PSS à $25 \pm 5,51$ mg/L en PSP (figure 33CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juillet-août puis, entre la PSS et la PSP ($p = 0,02$) et les stations.

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), l'alcalinité varie de 4 mg/L à la station E3 en juillet à 50 mg/L à la station E1 en mai pour une moyenne de $24,65 \pm 10,01$ mg/L (figure 33D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 3,33 mg/L en PSS à $47 \pm 7,62$ mg/L en PSP (figure 33DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois mai-juin, juin-juillet et juillet-août puis, entre la PSP et PSS ($p = 0,03$) et entre les stations.

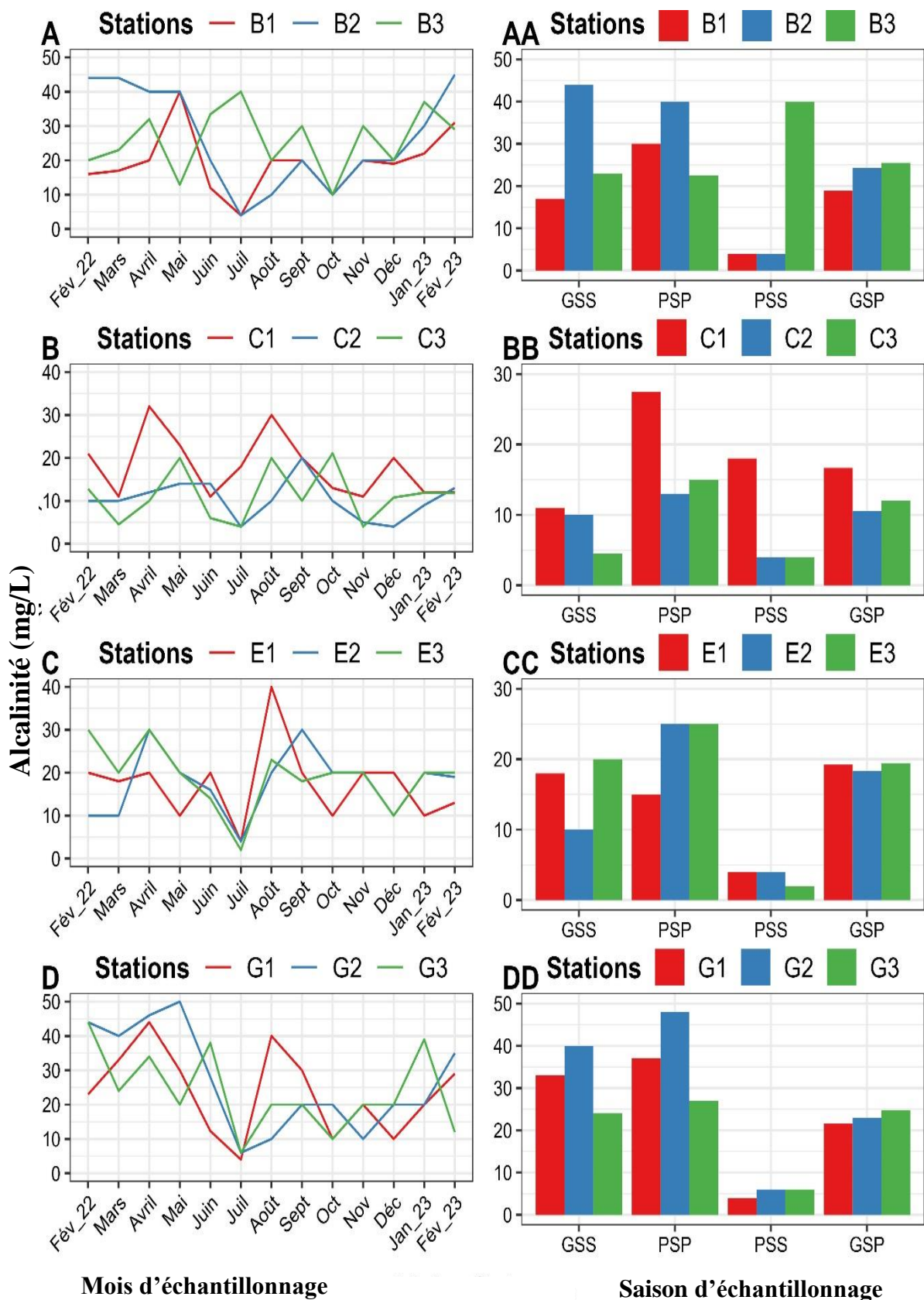


Figure 33 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'alcalinité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), l'alcalinité varie de 8 mg/L à la station K1 en juillet à 60 mg/L à la station K2 en février 2022 et août pour une moyenne de $30,72 \pm 11,59$ mg/L (figure 34A). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 6,33 mg/L en PSS à $40 \pm 15,27$ mg/L en GSS (figure 34AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois février 2022-mars, mars-avril, mai-juin, juin-juillet et juillet-août puis, entre la PSP et GSS ($p = 0,03$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Lobé (L), l'alcalinité varie de 3,39 mg/L à la station L3 en juillet à 40 mg/L à la station L1 en juin et août pour une moyenne de $21,49 \pm 7,02$ mg/L (figure 34B). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 5 mg/L en PSS à $30 \pm 0,19$ mg/L en GSS (figure 34BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet, juillet-août et août-septembre puis, entre la GSS et la PSS ($p = 0,04$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Pangour (P), l'alcalinité varie de 6 mg/L à la station P2 en juillet à 66 mg/L à la station P3 en avril pour une moyenne de $21,56 \pm 8,68$ mg/L (figure 34C). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 7 mg/L en PSS à $37,89 \pm 10,46$ mg/L en PSP (figure 34CC). Le test H de Kruskal-Wallis relève montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet et juillet-août puis, entre la PSP et la GSS ($p = 0,003$) ; la PSS et la GSP ($p = 0,007$) et relève des différences significatives ($p < 0,05$) entre les stations.

Dans le cours d'eau Talla (T), l'alcalinité varie de 2,65 mg/L à la station T1 en juillet à 24 mg/L à la station T3 en février 2023 pour une moyenne de $14,52 \pm 3,88$ mg/L (figure 34D). Sur le plan saisonnier, elle varie en moyenne de 4 mg/L en PSS à $21 \pm 3,89$ mg/L en PSP (figure 34DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet, octobre-novembre, novembre-décembre, décembre-janvier et janvier-février 2023 puis, entre la PSP et PSS ($p = 0,009$) et entre les stations.

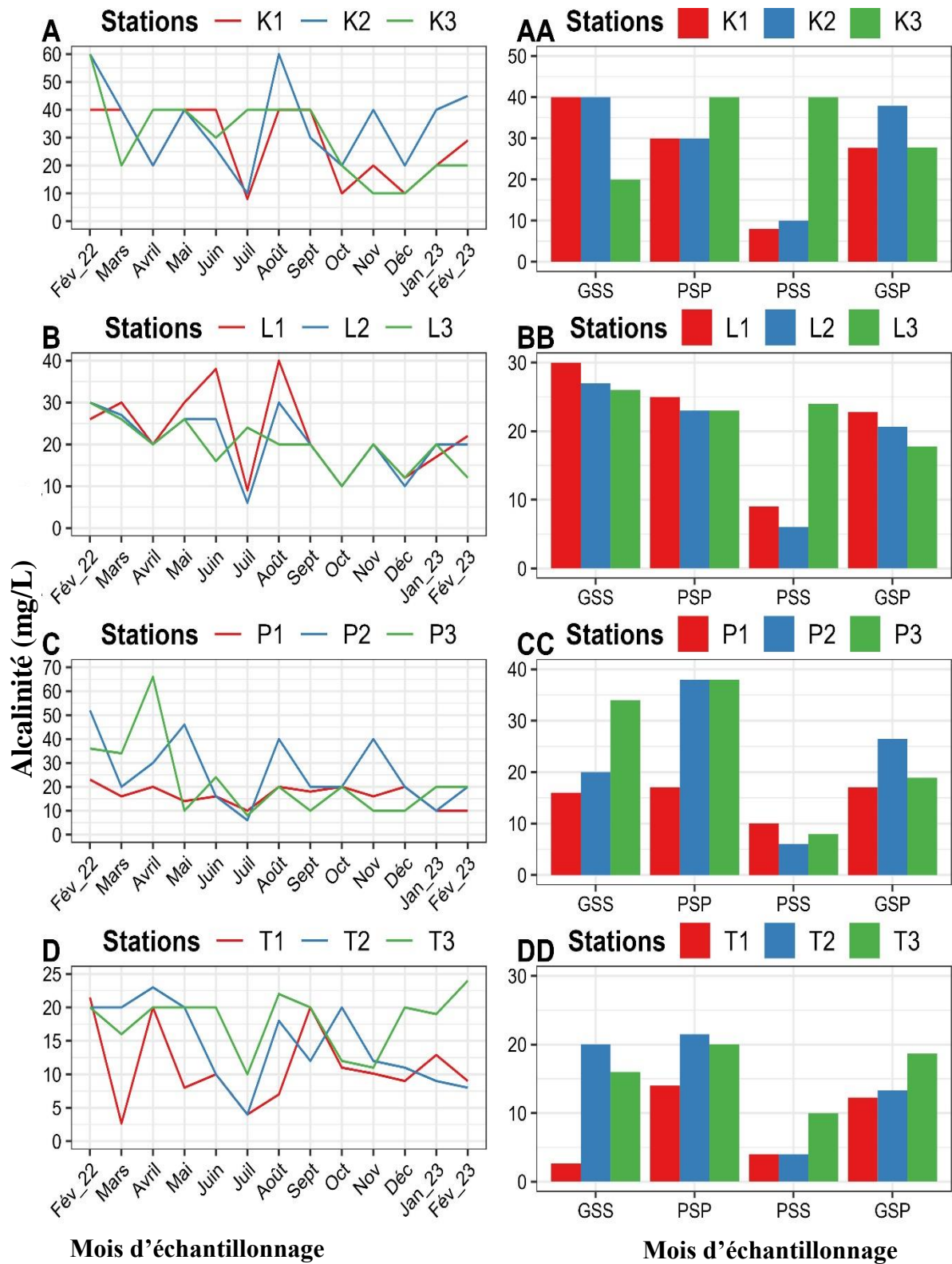


Figure 34 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de l'alcalinité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.12. Nitrates

Dans le cours d'eau Bwambé (B), les teneurs en nitrates varient de 0 mg/L à la station B2 en décembre à 0,7 mg/L à la même station en avril pour une moyenne de $0,19 \pm 0,14$ mg/L (figure 35A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,12 \pm 0,08$ mg/L en GSS à 0,07 mg/L en PSS (figure 35AA). Le test H de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative entre les mois ($p > 0,05$) et entre les stations, mais plutôt entre la GSS et la PSS ($p = 0,004$) ($p < 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en nitrates varient de 0 mg/L à toutes les stations en février 2022, mai, novembre et février 2023 à 0,94 mg/L à la même station en janvier 2023 pour une moyenne de $0,35 \pm 0,25$ mg/L (figure 35B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,26 \pm 0,23$ mg/L en PSS à 0,73 mg/L en PSS (figure 35BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril et mai-juin, puis entre la PSP et la PSS ($p = 0,001$) et entre la GSP et la GSS ($p = 0,003$) et aucune différence significative n'étant observée entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en nitrates varient de 0 mg/L à toutes les stations en février 2022, mai, juin, novembre et décembre à 0,87 mg/L à la station E2 en septembre pour une moyenne de $0,16 \pm 0,15$ mg/L (figure 35C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,06 \pm 0,05$ mg/L en PSP à $0,55 \pm 0,11$ mg/L en PSS (figure 35CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'avril-mai, mai-juin ; juin-juillet, juillet-août et novembre-décembre puis, entre la PSP et PSS ($p = 0,004$) et aucune différence significative n'étant observée entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en nitrates vont de 0 mg/L à toutes les stations en février 2022, mars, octobre, novembre et décembre à 0,88 mg/L à la station G1 en juillet pour une moyenne de $0,18 \pm 0,17$ mg/L (figure 35D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,05 \pm 0,04$ mg/L en GSS à 0,64 mg/L en PSS (figure 35DD). Le test H de Kruskal-Wallis relève des différences significatives entre les mois ($p < 0,05$) et le test U de Mann Whitney montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'avril-mai, mai-juin et juin-juillet puis, entre la PSP et la PSS ($p = 0,001$) et entre GSP et GSS ($p = 0,004$) et aucune différence significative n'étant observée entre les stations ($p > 0,05$).

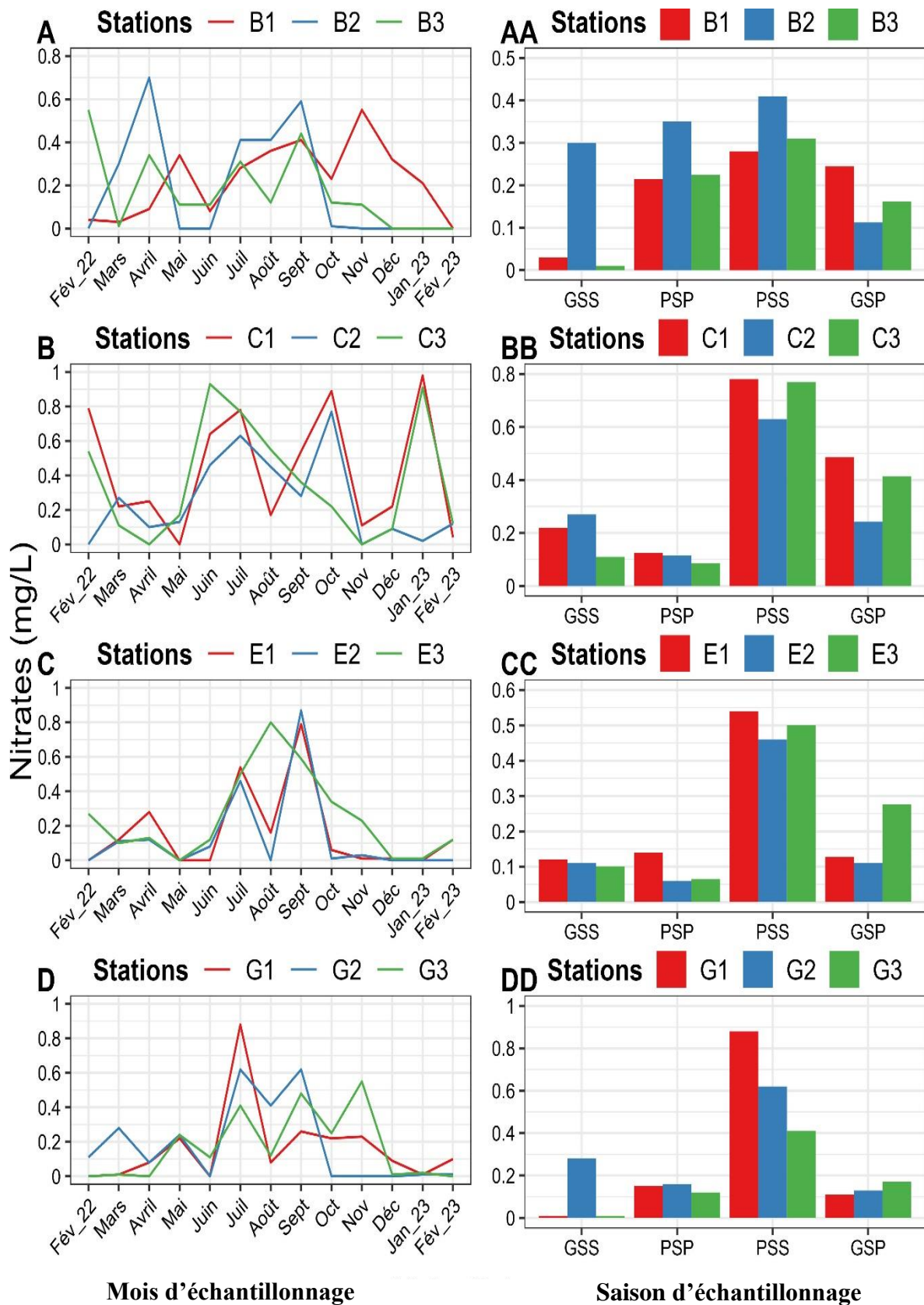


Figure 35 : ariations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en nitrates des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, (E) Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs nitrates vont de 0 mg/L à la station K1 en février 2022, avril, mai et août à 1,09 mg/L à la même station en février 2023 pour une moyenne de $0,39 \pm 0,17$ mg/L (figure 36A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $0,69 \pm 0,32$ mg/L en PSS (figure 36AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juillet-août et août-septembre et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en nitrates vont de 0 mg/L à la station L2 en août à 0,99 mg/L à la station L1 en septembre pour une moyenne de $0,40 \pm 0,24$ mg/L (figure 36B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,02 \pm 0,001$ mg/L et 0,76 mg/L en GSS (figure 36BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet et juillet-août puis entre la GSS et la PSS ($p = 0,04$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en nitrates vont de 0 mg/L à toutes les stations en février 2022, mai, juin, octobre, novembre, décembre, janvier 2023 et février 2023 à 0,9 mg/L à la station P3 en septembre pour une moyenne de $0,18 \pm 0,17$ mg/L (figure 36C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,04 \pm 0,01$ mg/L en PSP et 0,6 mg/L en PSS (figure 36CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois avril-mai, juin-juillet et août-septembre puis, entre la PSP et la GSP ($p = 0,04$) et entre la PSS et la GSS ($p = 0,03$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en nitrates vont de 0 mg/L à toutes les stations en février 2022, mai, août, octobre, novembre, décembre, janvier 2023 et février 2023 à 0,87 mg/L à la station T1 en septembre pour une moyenne de $0,20 \pm 0,18$ mg/L (figure 36D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,09 \pm 0,001$ mg/L en PSP à 0,7 mg/L en PSS (figure 36DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois mars-avril, août-septembre et septembre-octobre puis d'une saison à une autre entre la PSP et PSS ($p = 0,03$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

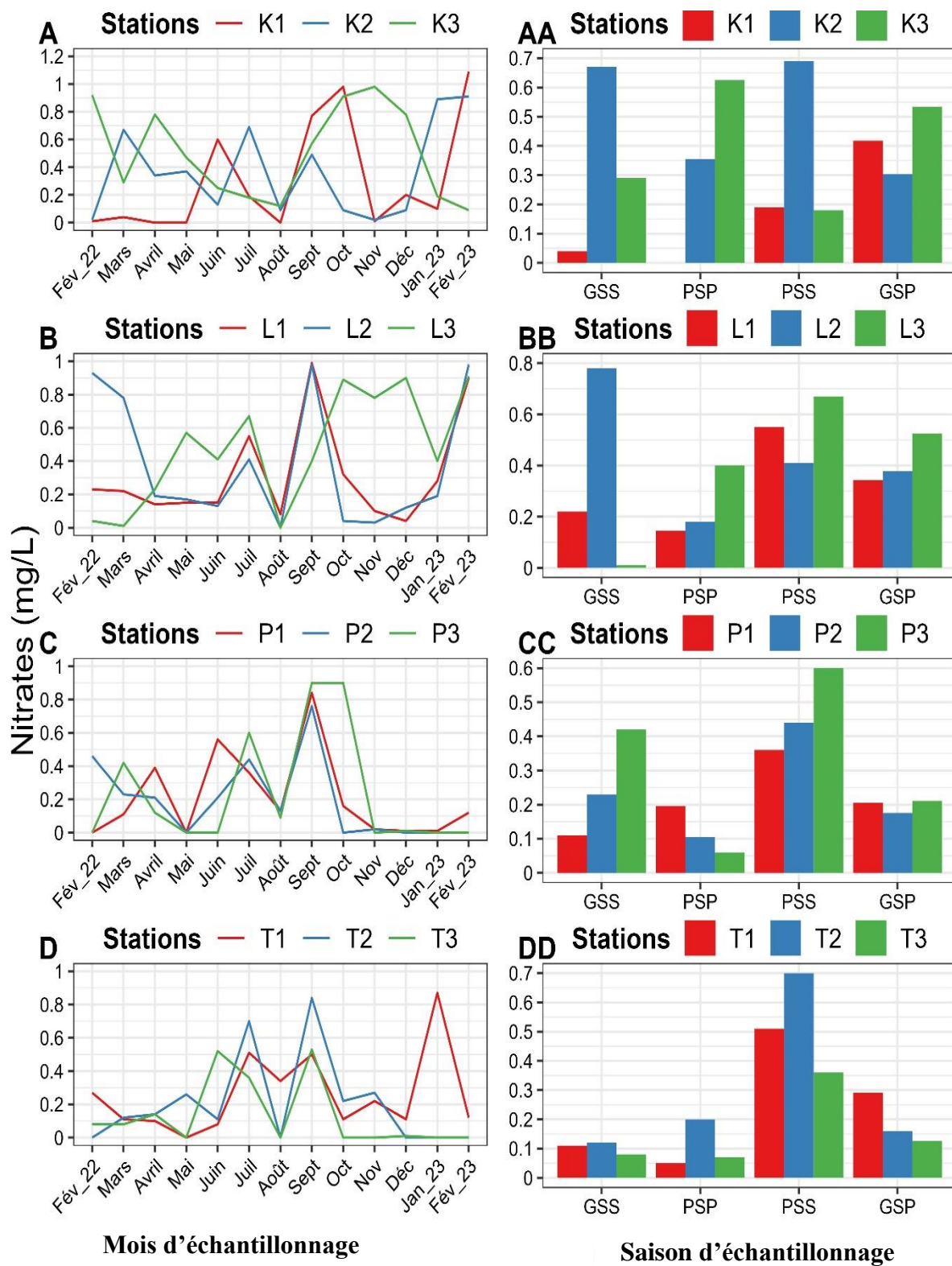


Figure 36: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en nitrates des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.13. Nitrites

Dans le cours d'eau Bwanbé (B), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L à toutes les stations et tous les mois sauf en mars, avril, juillet à 0,09 mg/L à la station B1 en février 2022 pour une moyenne de $0,01 \pm 0,001$ mg/L (figure 37A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,01 \pm 0$ mg/L en GSP à $0,07 \pm 0$ mg/L en GSS (figure 37AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative des valeurs des stations, d'un mois à l'autre, ainsi que d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L aux stations C1 et C2 tous les mois sauf en août, octobre, décembre et janvier 2023 à 0,94 mg/L à la station C1 pour une moyenne de $0,14 \pm 0,01$ mg/L (figure 37B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,01 \pm 0$ mg/L en PSS à $0,33 \pm 0,12$ mg/L en GSP (figure 37BB). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L aux stations E1 et E2 tous les mois à 0,21 mg/L à la station E3 pour une moyenne de $0,03 \pm 0,001$ mg/L (figure 37C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0, mg/L en PSP à 0,07 mg/L en PSS (figure 37CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois février 2022-mars et septembre-octobre, aucune différence significative n'étant observée d'une saison et d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L aux stations G1 et G2 tous les mois à 0,12 mg/L à la station G3 pour une moyenne de $0,01 \pm 0,00$ mg/L (figure 37D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en GSP et 0,03 mg/L en GSS (figure 37DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois février 2022-mars et septembre-octobre, ne montre aucune différence significative n'étant relevée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

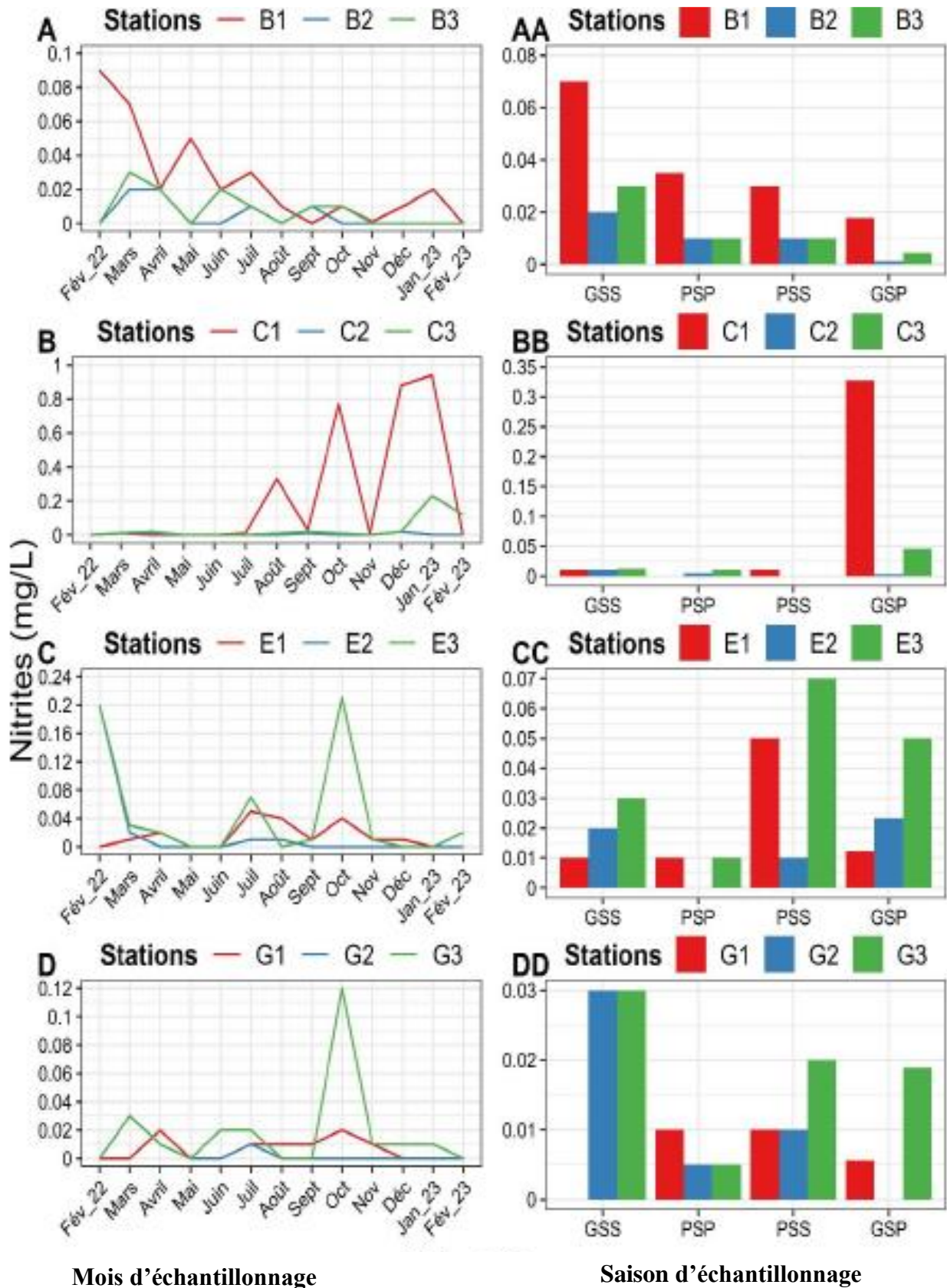


Figure 37: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en nitrites des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L à toutes les stations en mars, avril, mai, juillet et novembre à 0,34mg/L à la station K2 en février 2022 pour une moyenne de $0,05 \pm 0,001$ mg/L (figure 38A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $0,12 \pm 0,03$ mg/L en GSS (figure 38AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'août-septembre, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L à toutes les stations tous les mois à 0,09 mg/L à la station L1 en janvier 2023 pour une moyenne de $0,01 \pm 0,00$ mg/L (figure 38B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $0,02 \pm 0,01$ mg/L en GSP (figure 38BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de décembre-janvier et janvier- février 2023, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L à la station P1 en avril, mai, juin, juillet à 0,99 mg/L à la station P3 en octobre pour une moyenne de $0,07 \pm 0,01$ mg/L (figure 38C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $0,15 \pm 0,01$ mg/L en GSP (figure 38CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, mars-avril, juillet-août et août-septembre, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en nitrites vont de 0 mg/L aux stations T2 et T3 tous les mois à 0,78 mg/L à la station T1 pour une moyenne de $0,03 \pm 0,001$ mg/L (figure 38D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSS à $0,01 \pm 0,001$ mg/L en GSP (figure 38DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de février 2022-mars, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

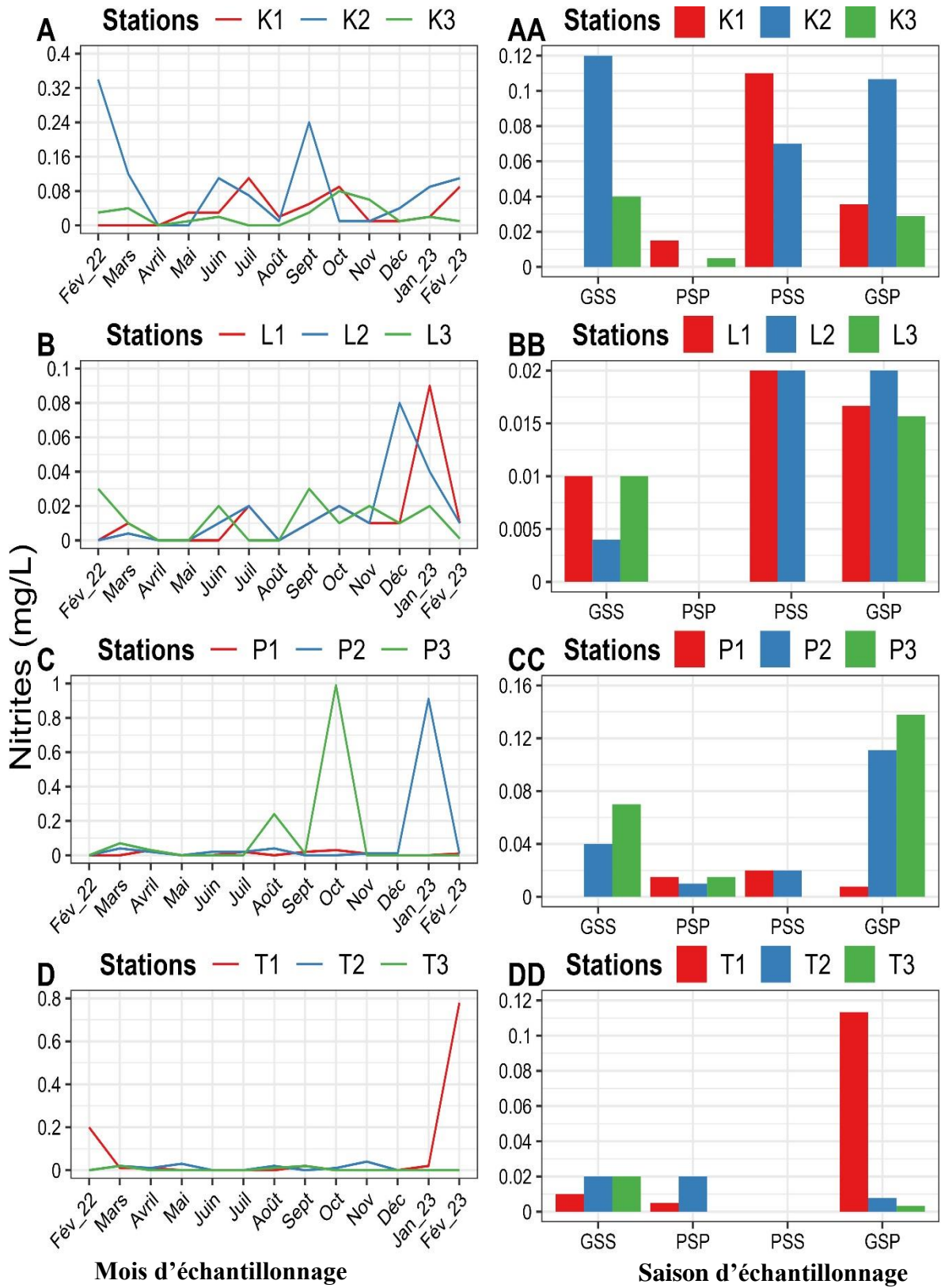


Figure 38 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en nitrites des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.14. Azote ammoniacal

Dans le cours d'eau Bwambé (W), les teneurs en azote ammoniacal varient de 0 mg/L aux stations B1 et B3 en mars, avril, mai, novembre, décembre, janvier et février 2023 à 0,86 mg/L à la station B2 en juillet pour une moyenne de $0,18 \pm 0,11$ mg/L (figure 39A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,02 \pm 0,02$ mg/L en GSS, GSS à $0,84 \pm 0,01$ mg/L en PSS (figure 39AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet, août-septembre et septembre-octobre, entre la PSS et la GSS ($p = 0,003$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs en azote ammoniacal varient de 0 mg/L aux stations C1 et C2 en février 2022, mars, avril, mai, juin, novembre décembre et janvier 2023 à 1,9 mg/L à la station C3 en février 2023 pour une moyenne de $0,24 \pm 0,22$ mg/L (figure 39B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP et $0,5 \pm 0,26$ mg/L en GSP (figure 39BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, juillet-août et septembre-octobre, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,007$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en azote ammoniacal varient de 0 mg/L aux stations B1 et B2 aux mois de mars, avril, mai, octobre, novembre, décembre, janvier et février 2023 à 0,99 mg/L à la station E3 en novembre pour une moyenne de $0,21 \pm 0,04$ mg/L (figure 39C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en GSS, PSS à $0,57 \pm 0,00$ mg/L en PSS (figure 39CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juin-juillet, juillet-août et septembre-octobre, entre la PSP et la GSS ($p = 0,04$) et entre la PSS et la GSP ($p = 0,001$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en azote ammoniacal varient de 0 mg/L aux stations G2 et G3 en février, avril, mai, décembre, janvier et février 2023 à 0,88 mg/L à la station G1 en octobre pour une moyenne de $0,21 \pm 0,01$ mg/L (figure 39D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP et $0,6 \pm 0,30$ mg/L en PSS (figure 39DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'août-septembre et septembre-octobre, puis entre la PSP et la GSP ($p = 0,03$) et entre la PSP et la PSS ($p = 0,02$) et aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

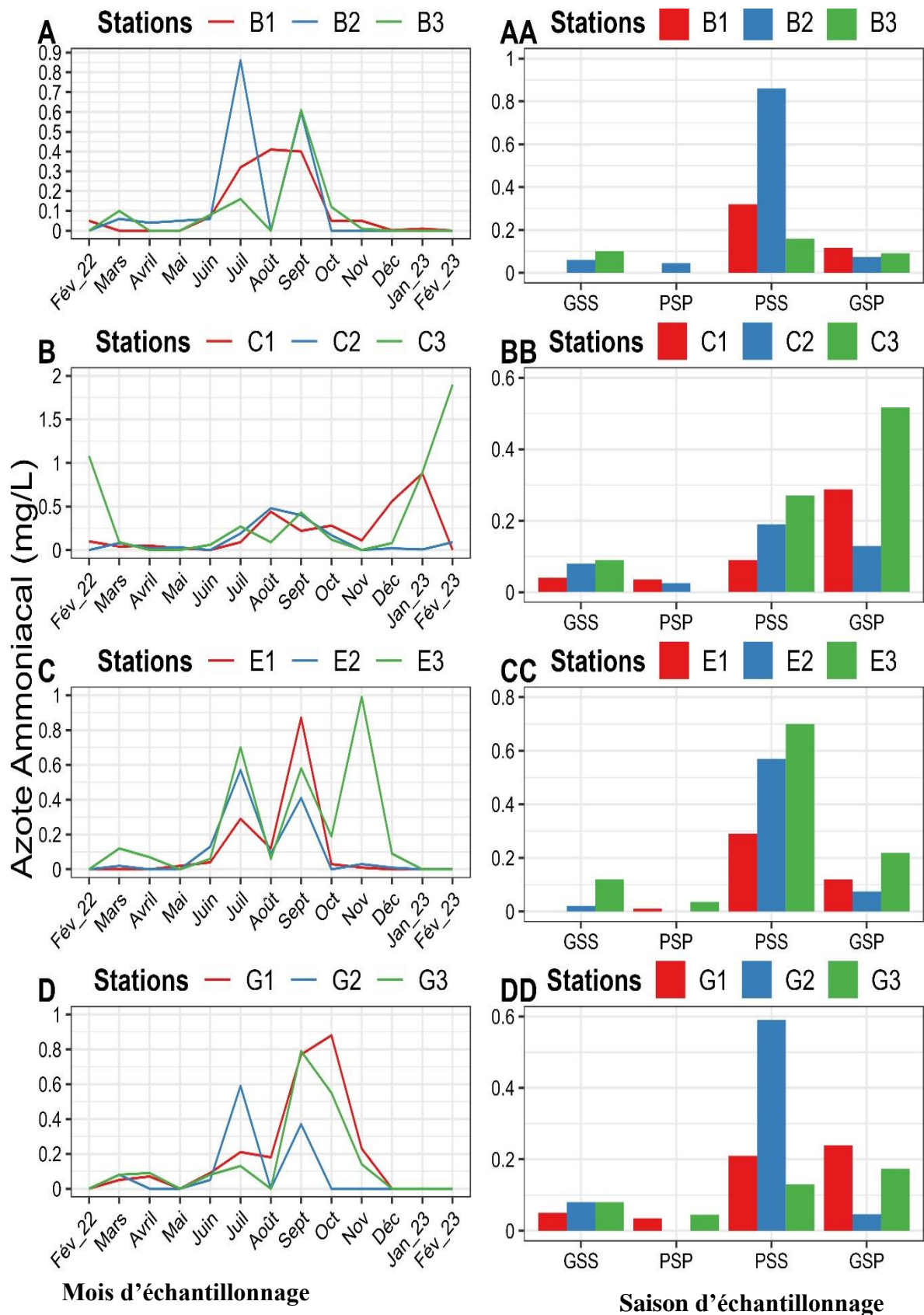


Figure 39: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en azote ammoniacal des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en azote ammoniacal vont de 0 mg/L à la station K3 en février 2022, janvier et février 2023 à 0,91 mg/L à la station K2 en décembre pour une moyenne de $0,22 \pm 0,16$ mg/L (figure 40A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en GSS à $0,8 \pm 0,47$ mg/L en PSS (figure 40AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en azote ammoniacal vont de 0 mg/L la station L1 en avril, mai et août à 0,98 mg/L à la station L2 en novembre pour une moyenne de $0,23 \pm 0,23$ mg/L (figure 40B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $0,46 \pm 0,17$ mg/L en GSP (figure 40BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août et août-septembre puis, aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en azote ammoniacal vont de 0 mg/L à la station P2 en avril, mai, décembre, janvier 2023 et février 2023 à 0,77 mg/L à la station P3 en octobre pour une moyenne de $0,15 \pm 0,15$ mg/L (figure 40C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,09 \pm 0,01$ mg/L en PSP à $0,5 \pm 0,11$ mg/L en PSS (figure 40CC). Le test H de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative entre les stations, les mois ($p > 0,05$), mais plutôt entre la PSP et la PSS ($p = 0,04$) ($p < 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en azote ammoniacal vont de 0 mg/L à la station T2 en avril, mai, décembre, janvier 2023 et février 2023 à 0,77 mg/L à la station T1 en octobre pour une moyenne de $0,16 \pm 0,01$ mg/L (figure 40D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en PSP à $1,2 \pm 0,01$ mg/L en PSP (figure 40DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'août-septembre et septembre-octobre puis, entre la PSP et la GSS ($p = 0,03$) aucune différence significative n'étant observée d'une station à l'autre ($p > 0,05$).

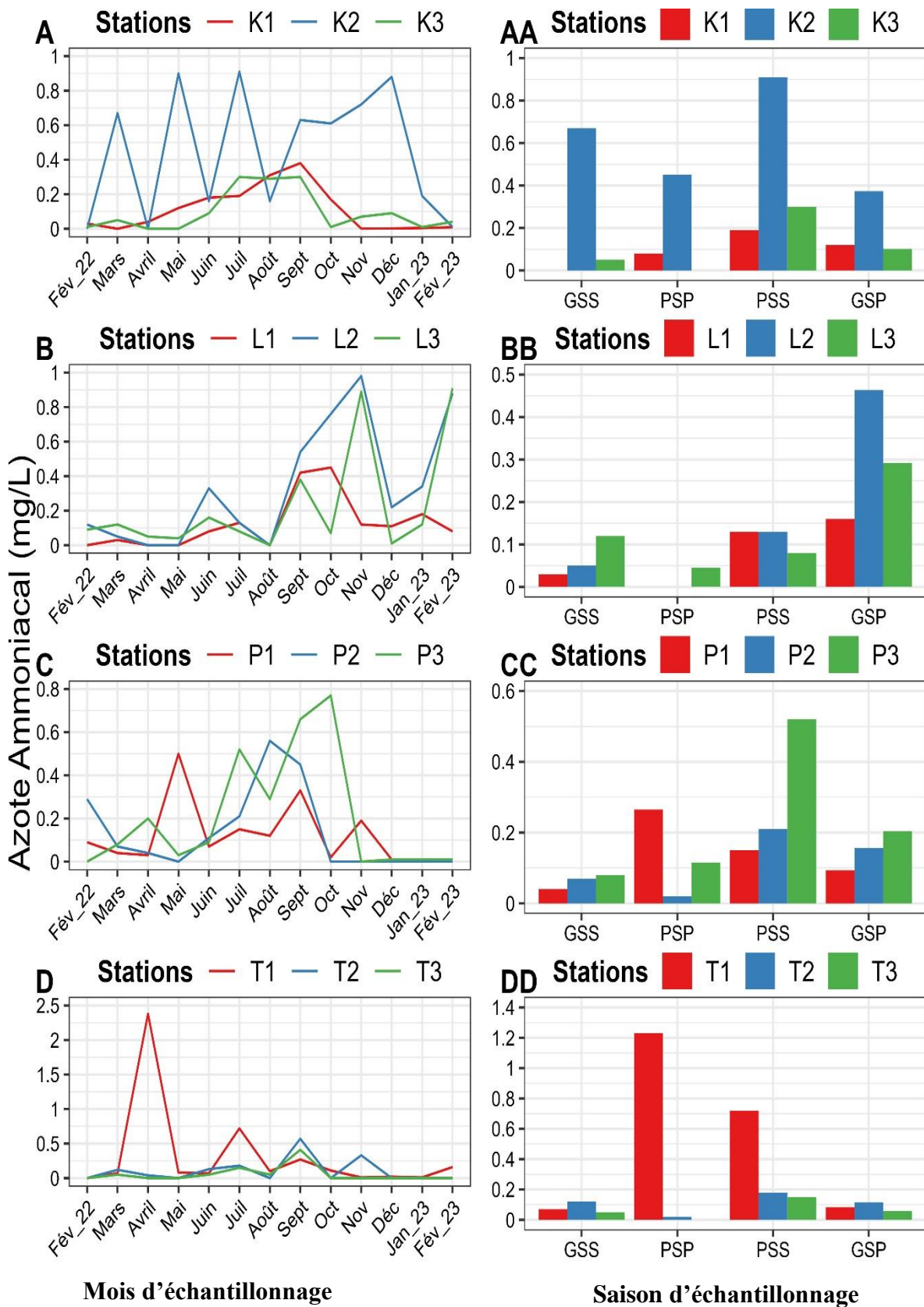


Figure 40 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en azote ammoniacal des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.15. Orthophosphates

Dans le cours d'eau Bwambé (W), les teneurs en orthophosphate varient de 0 mg/L aux stations B1 et B2 en février 2022, décembre, janvier et février 2023 à 1,84 mg/L à la station B3 en mars pour une moyenne de $0,18 \pm 0,11$ mg/L (figure 41A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,29 \pm 0,11$ mg/L en GSS à $1,75 \pm 0,31$ mg/L en GSS (figure 41AA). Le test de Kruskal-Wallis ne présente aucune différence significative d'une station, d'un mois, et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Casino (C), les teneurs orthophosphate varient de 0 mg/L aux stations C1 et C2 en février 2022, juin, juillet, novembre, janvier et février 2023 à 2,48 mg/L à la station C3 en mai pour une moyenne de $0,24 \pm 0,22$ mg/L (figure 41B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,18 \pm 0,18$ mg/L en PSS à $1,7 \pm 1,00$ mg/L en PSP (figure 41BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'avril-mai, et mai-juin, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Ebomé (E), les teneurs en orthophosphate varient de 0 mg/L aux stations E1 et E2 en février 2022, avril, juin, octobre, janvier et février 2023 à 1,88 mg/L à la station E3 en novembre pour une moyenne de $0,21 \pm 0,04$ mg/L (figure 41C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,36 \pm 0,09$ mg/L en GSP à $0,90 \pm 0,16$ mg/L en GSS (figure 41CC). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois d'avril-mai, et mai-juin, aucune différence significative d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Grand batanga (G), les teneurs en orthophosphate varient de 0 mg/L à la station G2 en février 2022, mai, juillet, octobre, novembre, décembre et janvier 2023 à 2,98 mg/L à la station G3 en avril pour une moyenne de $0,21 \pm 0,01$ mg/L (figure 41D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,18 \pm 0,18$ mg/L en PSS à $1,46 \pm 0,01$ mg/L en PSP (figure 49DD). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois à l'autre, ainsi que d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

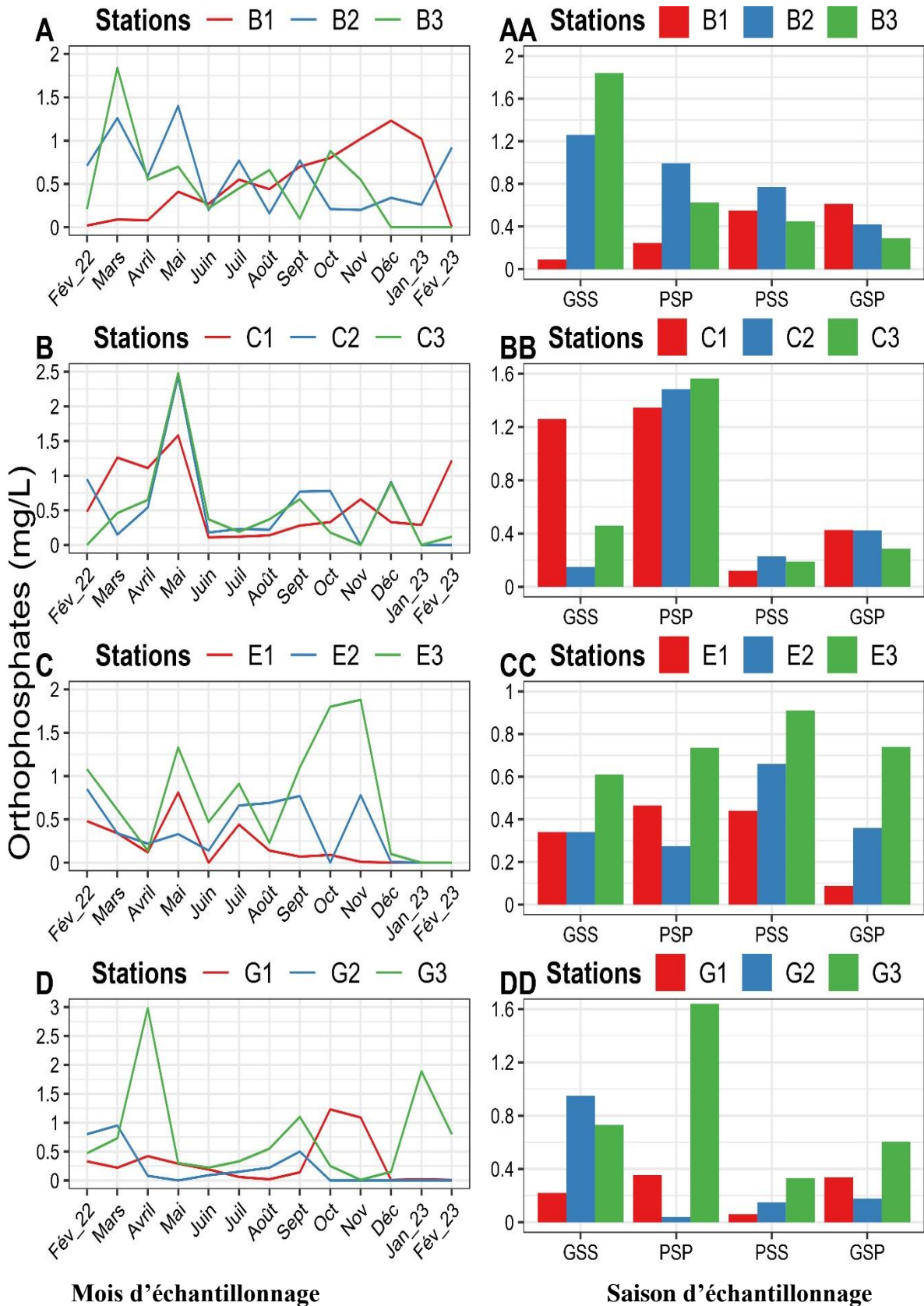


Figure 41: Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en orthophosphates des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), les teneurs en orthophosphates varient de 0 mg/L à la station K1 en février 2022, mars, juillet et août à 1,98 mg/L à la station K2 en octobre pour une moyenne de $1,13 \pm 0,51$ mg/L (figure 41A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 mg/L en GSS à $1,69 \pm 0,60$ mg/L en PSS (figure 41AA). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), les teneurs en orthophosphates varient de 0 mg/L à la station L1 en avril et août à 12,89 mg/L à la station K2 en février 2023 pour une moyenne de $1,30 \pm 0,42$ mg/L (figure 41B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,10 \pm 0,70$ mg/L en GSS à $2,51 \pm 0,17$ mg/L en GSP (figure 41BB). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), les teneurs en orthophosphate varient de 0 mg/L à la station P1 en avril, juillet, octobre, novembre et décembre à 12 mg/L à la station P2 en février 2023 pour une moyenne de $1,05 \pm 0,01$ mg/L (figure 41C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,42 \pm 0,28$ mg/L en PSP à $1,84 \pm 2,59$ mg/L en GSS (figure 41CC). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Talla (T), les teneurs en orthophosphates varient de 0 mg/L à la station T2 en mars, juin, juillet, août, octobre et novembre à 3 mg/L à la station T1 en mai pour une moyenne de $0,16 \pm 0,01$ mg/L (figure 41D). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,16 \pm 0,16$ mg/L en PSS à $2,7 \pm 0,25$ mg/L en PSP (figure 41DD). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de mars-avril, avril-mai et mai-juin, aucune différence significative n'étant observée d'une station et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

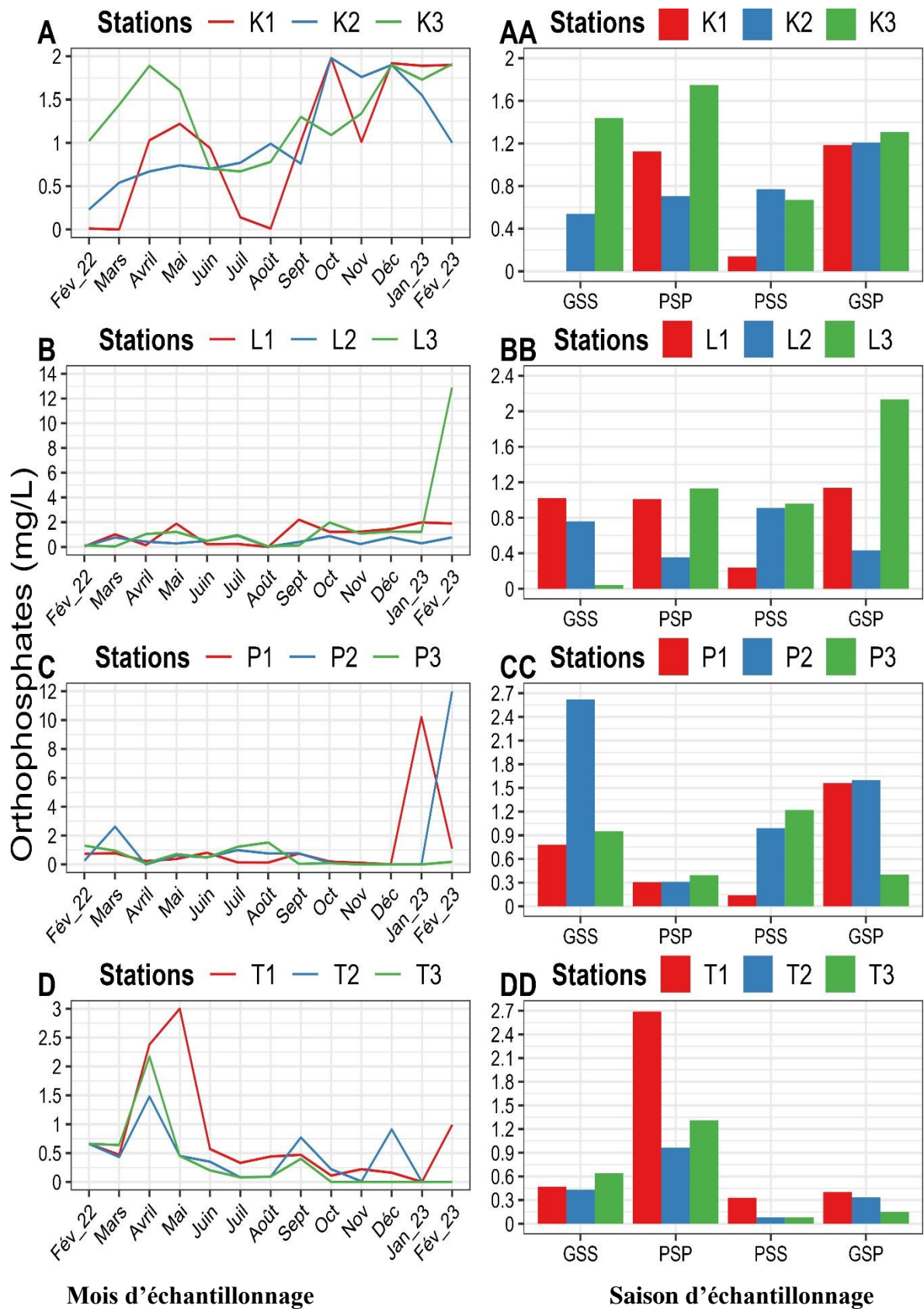


Figure 41 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) des teneurs en orthophosphates des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.3.16. Salinité

Dans les cours d'eau Bwambé (B) et Ebomé (E) la salinité ou le taux de sel est nulle tant sur le plan temporel que spatial. Par contre dans le cours d'eau Grand Batanga (G) la salinité varie de 0 PSU aux stations G2 et G3 dans tous les mois à 1 ppt à la station G1 en moyenne de $0,3 \pm 0,00$ PSU. Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de $0,00 \pm 0,00$ PSU en GSS à PSP et $0,036 \pm 0,001$ PSU en GSP dans le cours d'eau Casino. Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$) (figure 42).

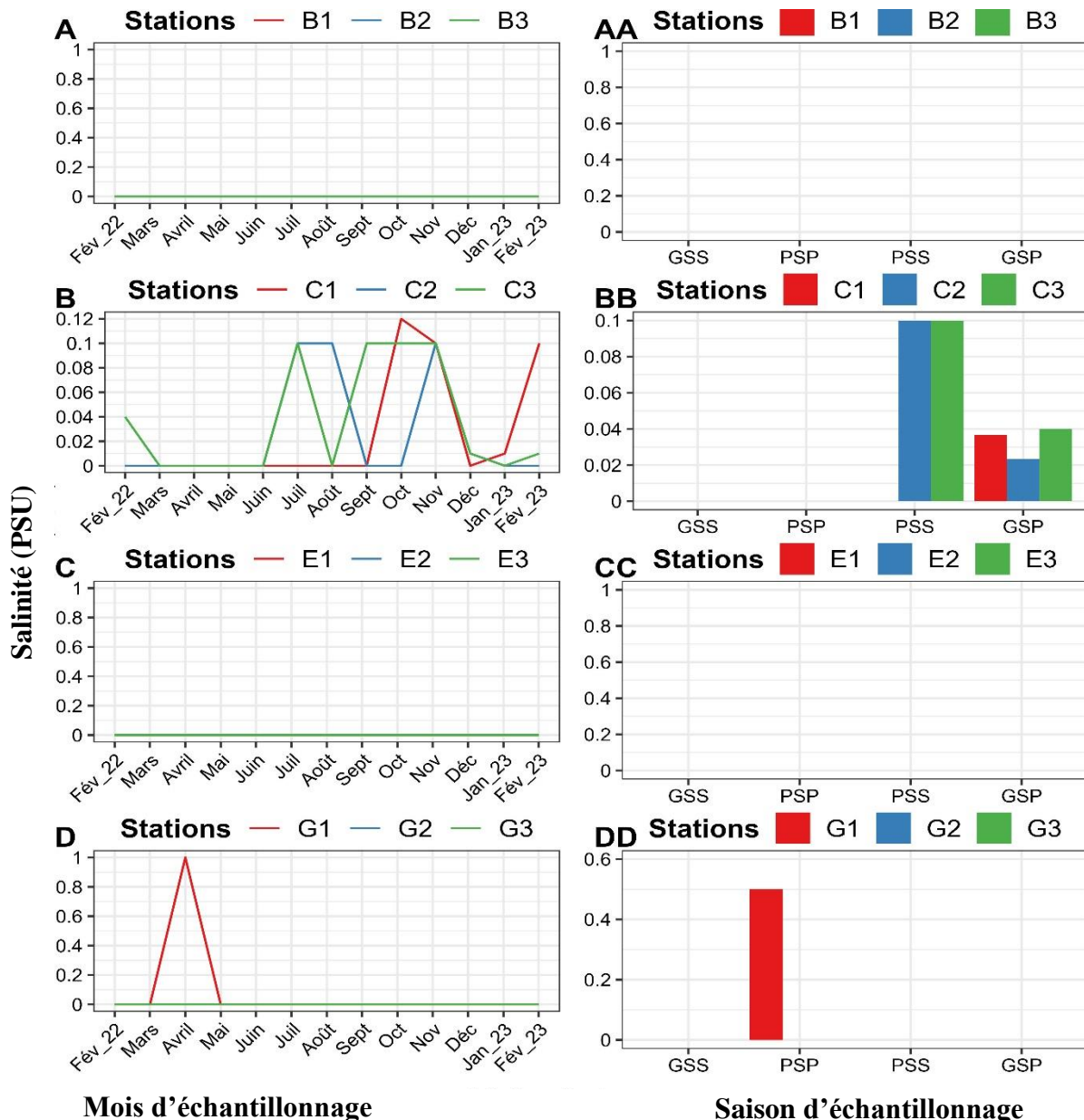


Figure 42 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la salinité des eaux des cours d'eau respectivement Bwambé, Casino, Ebomé et Grand batanga pendant la période d'étude.

Dans le cours d'eau Kienké (K), la salinité varie de 0 US à la station K1 et K2 en mars, avril, mai, juin et juillet à 6 PUS à la station K3 en février 2023 pour une moyenne de $1,19 \pm 0,12$ PSU (figure 42A). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 ppt en PSS à $2 \pm 1,46$ PSU en GSP (figure 42AA). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois de juillet-août, août-septembre, décembre-janvier 2023 et janvier-février 2023 puis, entre la PSS et la GSP ($p = 0,02$).

Dans le cours d'eau Lobé (L), la salinité varie de 0 mg/L aux stations L1 et L2 en février 2022, mars, avril et mai à 3,9 PSU à la station L3 en février 2023 pour une moyenne de $1,04 \pm 0,02$ PSU (figure 42B). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 PSU en PSP et $3,60 \pm 0,01$ PSU en PSS (figure 42BB). Le test H de Kruskal-Wallis montre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mois juin-juillet, septembre-octobre et octobre-novembre puis, entre la PSP et la PSS ($p = 0,04$) et aucune différence n'étant observée entre les stations ($p > 0,05$).

Dans le cours d'eau Pangour (P), la salinité varie de 0 PSU aux stations P1 et P2 en octobre, novembre, décembre et janvier 2023 à 29 PSU à la station P3 en avril pour une moyenne de $1,40 \pm 0,1$ PSU (figure 42C). Sur le plan saisonnier, elles varient en moyenne de 0 PSU en PSS à $14 \pm 0,12$ PSU en GSS (figure 42CC). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative d'une station, d'un mois et d'une saison à l'autre ($p > 0,05$).

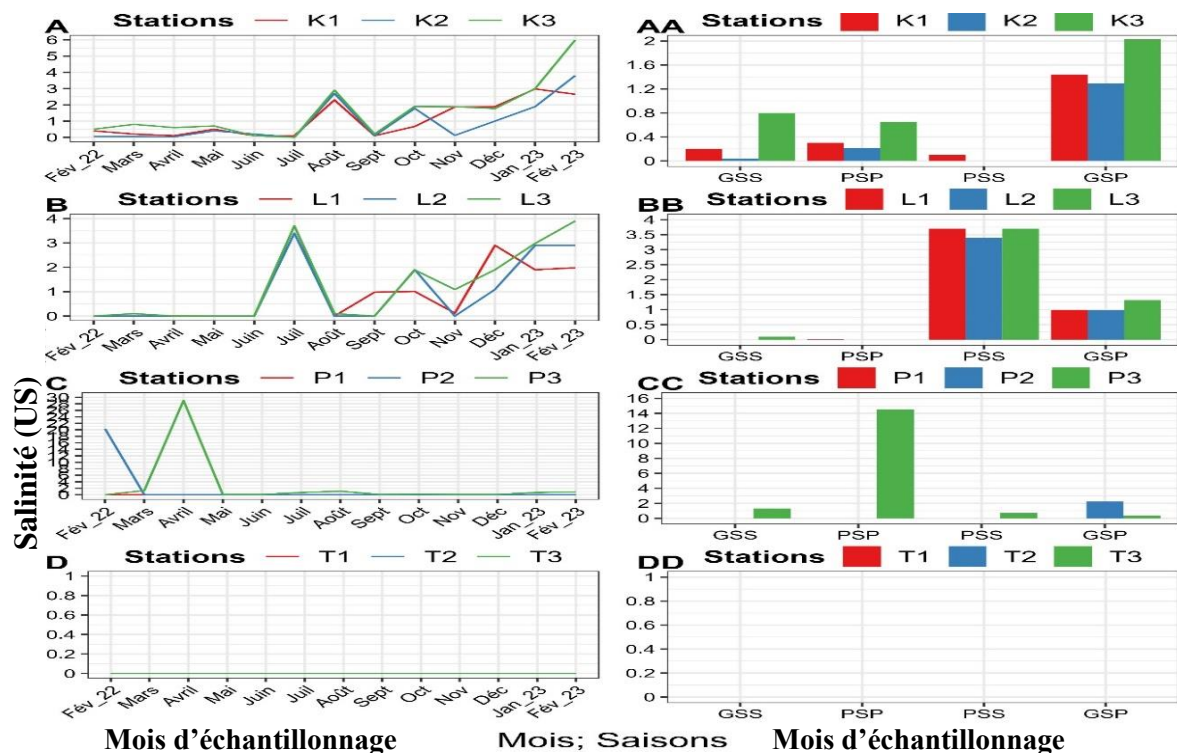


Figure 42 : Variations temporelles (A, B, C, D) et saisonnière (AA, BB, CC, DD) de la salinité des eaux des cours d'eau respectivement Kienké, Lobé, Pangour et Talla pendant la période d'étude.

III.1.4. Indice de pollution Organique (IPO)

L'indice de pollution organique calculé à partir des concentrations en orthophosphates (PO_4^{3-}), azote ammoniacal (NH_4^+) et nitrite (NO_2^-) est représenté à la figure 53. Sur le plan temporel, cet indice a varié de 3 en octobre à 3,75 en juin pour une moyenne de $3,43 \pm 0,34$. Ces valeurs traduisent une pollution modérée (figure 43A). Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative entre les mois ($p > 0,05$).

Sur le plan spatial, la station K2 a présenté la plus faible valeur moyenne de l'IPO ($2,3 \pm 0,11$), suivi des stations P3 et T1 avec respectivement $2,7 \pm 0,20$ et $2,7 \pm 0,30$. Les stations T3 et G2 ont enregistré les plus fortes valeurs moyennes de l'indice de pollution organique soit $4 \pm 0,04$ et $4,3 \pm 0,08$ respectivement. Ces valeurs traduisent une pollution modérée à forte. Le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative entre les stations ($p > 0,05$) (figure 43B).

Dans le cours d'eau Bwambé, l'indice de pollution organique a varié de 3 en juillet à 4,00 en décembre, pour une moyenne de $3,54 \pm 0,3$. Dans le cours d'eau Casino, l'IPO a oscillé de 3 en février 2023 à 4,33 en juin avec une moyenne de $3,36 \pm 0,66$. Dans le cours d'eau Ebomé, les valeurs de l'IPO vont de 3 en juillet à 5 en janvier 2023 pour une moyenne de $3,74 \pm 0,68$. Dans le cours d'eau Grand batanga, l'IPO varie de 3 en Avril à 4,67 en décembre avec une moyenne de $3,74 \pm 0,49$. Dans le cours d'eau Kiénké, l'IPO a oscillé de 2,7 en mars à 3,67 en d'avril pour une moyenne de $2,79 \pm 0,36$. Dans le cours d'eau Lobé, les valeurs de l'IPO vont de 2,67 en janvier 2023 à 4,67 en août pour une moyenne de $3,28 \pm 0,60$. Dans le cours d'eau Talla, les valeurs de l'IPO s'étalent de 2,67 en février 2023 à 4 en décembre pour une moyenne de $3,59 \pm 0,59$.

Ces valeurs traduisent une pollution organique modérée dans l'ensemble des cours d'eau à forte dans la kienké.

De manière générale, le cours d'eau Kienké présente la plus forte pollution organique et le cours d'eau Ebomé la plus faible (figure 43C). Cet indice traduit donc dans l'ensemble des cours d'eau étudié, un niveau d'altération du milieu allant de forte à modérée.

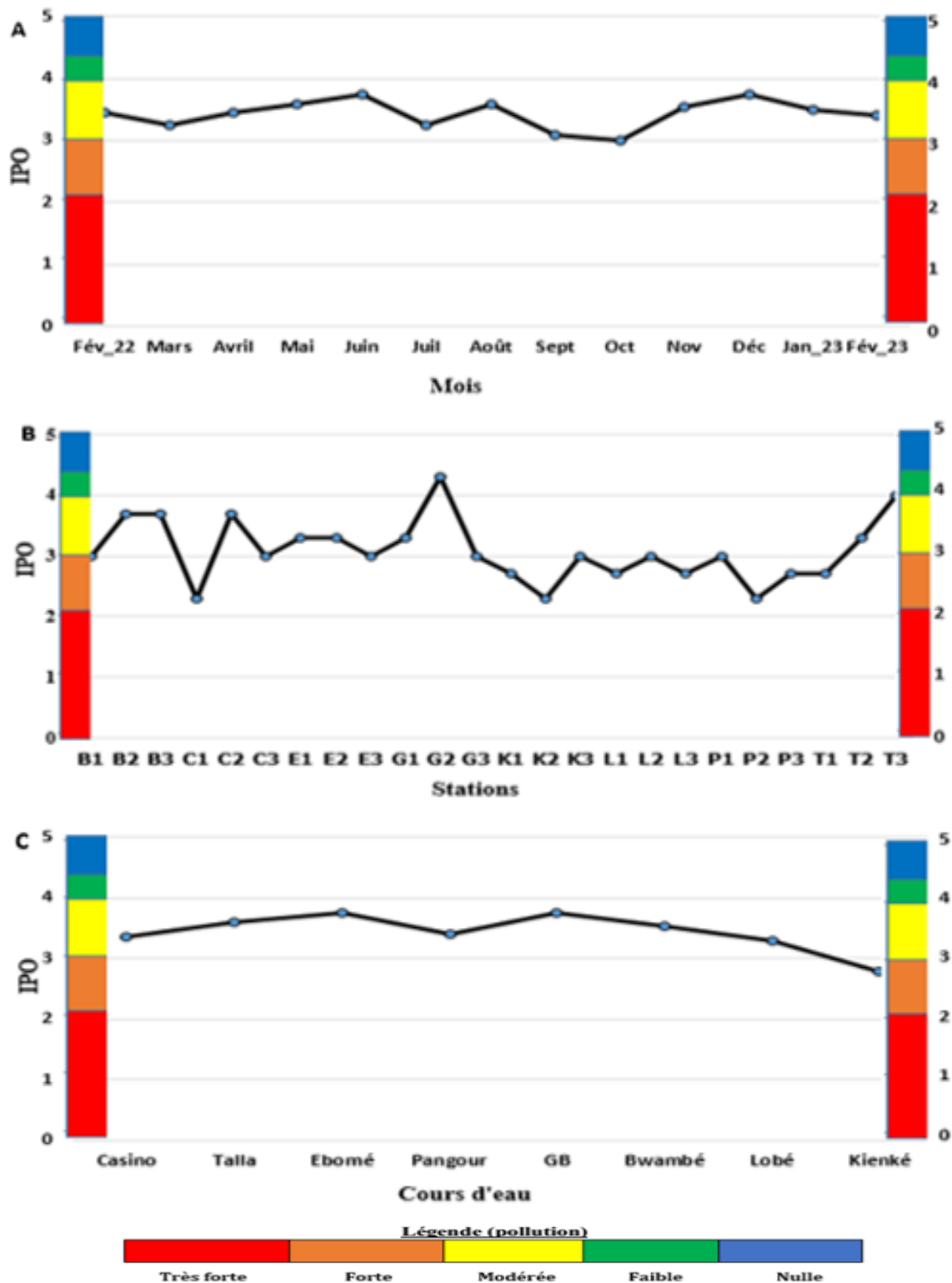


Figure 43 : Variation des valeurs de l'indice de pollution Organique sur le plan temporel (A), spatial (B) et dans les différents cours d'eau durant la période d'étude.

III.1.5. Typologie abiotique des cours d'eau

III.1.5.1- Analyse en Composantes Principales (ACP)

La carte factorielle obtenue présente les deux premières dimensions qui cumulent 57,95% d'informations soit en Dimension 1 (35,01%) et en Dimension 2 (22,94%) (figure 44). L'ACP a permis de regrouper les différentes stations en trois grands noyaux (I, II et III). Le noyau I situé dans la partie positive de la dimension D2 et qui englobe les stations situées au milieu, qui ne montrent une faible affinité pour les paramètres physicochimiques. Par contre, le noyau II, situé dans la partie négative de la dimension D1 et positive de la dimension D2, comprend les stations situées en aval qui montrent des affinités pour la turbidité, les matières en suspension, l'alcalinité, la couleur, la salinité, l'oxydabilité, les solides totaux dissous, le dioxyde de carbone, la conductivité, les teneurs en orthophosphates, nitrate, nitrite et azote ammoniacal. Le noyau III situé dans la partie négative de la dimension D2 et qui comprend les stations situées en amont qui présentent uniquement des affinités pour l'oxygène dissous et le potentiel d'hydrogène.

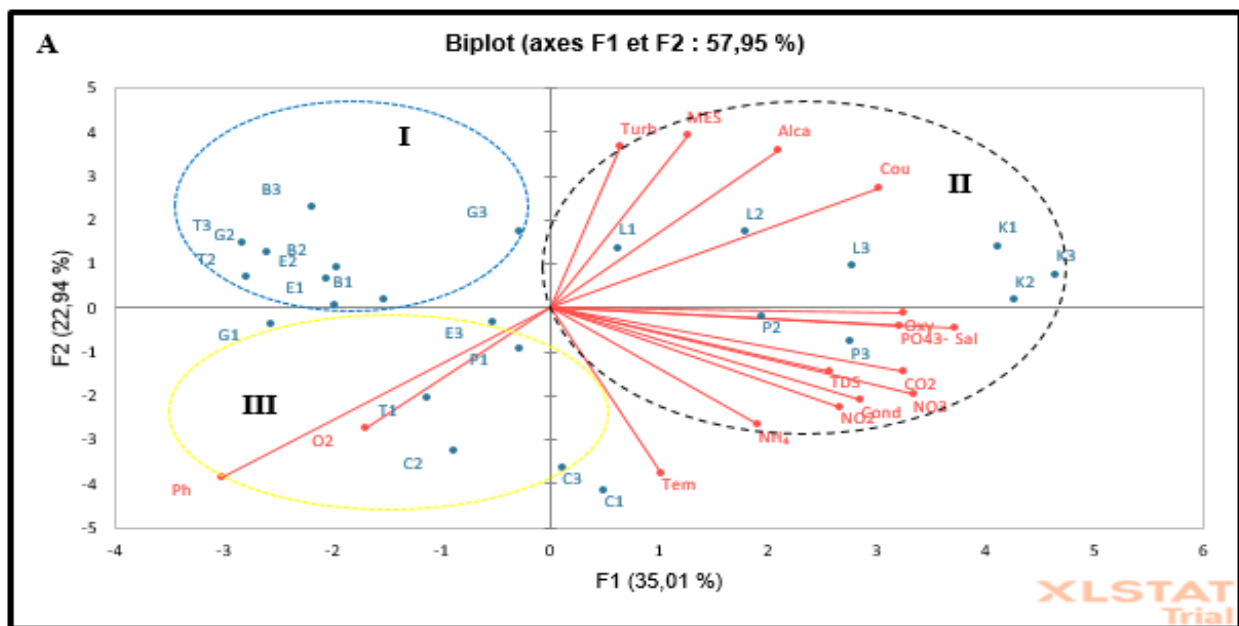


Figure 44 : Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée à partir des stations et paramètres physicochimiques de l'ensemble des cours d'eau durant la période d'étude. Les stations : C1, C2, C3 = Casino ; T1, T2, T3= Talla ; E1, E2, E3= Ebomé ; P1, P2, P3= Pangour ; G1, G2, G3= Grand batanga ; B1, B2, B3= Bwambé, L1, L2, L3=Lobé et K1, K2, K3= Kienké. Turb= Turbidité, MES=Matières en Suspension, Alca=Alcalinité, Cou=Couleur, Oxy=Oxydabilité, TDS= Solides totaux dissous, CO₂= dioxyde de carbone, Sal=Salinité, Cond=Conductivité, Tem=Température, PO₄³⁻=Orthophosphate ; NO₃=Nitrate, NO₂= Nitrite, NH₄=Azote ammoniacal, O₂=oxygène dissous, pH=potentiel d'Hydrogène.

III.1.6- Macroinvertébrés benthiques

III.1.6.1- Richesse taxonomique et abondance des macroinvertébrés benthiques

Au cours de cette étude, un total de 116 taxons a été identifié au rang des genres et/ou espèces, réparti en 2 embranchements (Arthropodes et Mollusques), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 19 ordres et 59 familles.

L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 9 ordres (Décapodes, Hémiptères, Trichoptère, Plécoptères, Coleoptères, Ephéméroptères, Dictyoptères, Diptères et Odonates) 40 familles et 69 genres et/ou espèces. Il est suivi des Mollusques avec 1 classe (Gastéropodes), 10 ordres (Basommatophora, Pholadomyoïda, Aricida, Trochida, Myoïda, Litorinimorpha, Neotaenioglossa, Coenogasteropodes, Neogasteropoda, Caenogastropoda), 19 familles et 47 genres et/ou espèces (annexe 4).

La classe des Gastéropodes est la plus abondante avec 7593 individus soit 44,52% d'abondance relative. Cette classe regroupe 10 ordres (Basommatophora, Pholadomyoïda, Aricida, Trochida, Myoïda, Litorinimorpha, Neotaenioglossa, Mesogasteropoda, Neogasteropoda, Caenogastropoda), 19 familles et 47 genres et/ou espèces. Elle est suivie par la classe des Crustacés qui totalise 7139 individus soit 41,86% d'abondance relative, 1 ordre (Décapodes), 11 familles et 29 genres et/ou espèces. Enfin, vient la classe des Insectes qui compte 2323 individus pour 13,62 % d'abondance relative, avec 8 ordres (Hémiptères, Trichoptère, Plécoptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Dictyoptères, Diptères et Odonates), 29 familles et 40 genres et/ou espèces (figure 45).

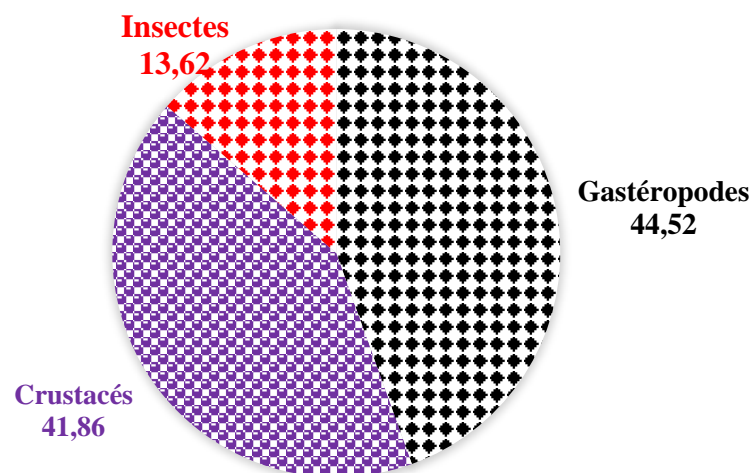


Figure 45: Abondance relative des Classes de MIB récoltées dans les cours d'eau pendant la période d'étude.

Des 19 ordres dénombrés, les Décapodes sont les plus représentés avec 7139 individus soit 41,86 % d'abondance relative, appartenant à 11 familles, suivis des Mésogastéropodes avec 5173 individus, soit 30,33 % d'abondance relative répartis dans 2 familles. Puis viennent les Hémiptères avec 1708 individus, soit 10,01 % d'abondance relative et 6 familles, les Basommatophores avec 1626 individus soit 9,53% d'abondance relative et 6 familles, les Odonates avec 394 individus soit 2,31% d'abondance relative et 6 familles, les Coenogastéropodes avec 350 individus soit 2,05% d'abondance relative et 2 familles. Les ordres suivants sont moins représentatifs notamment les Coléoptères avec 138 individus soit 0,81% d'abondance relative et 7 familles, Les Néotaenioglossades avec 134 individus soit 0,79% d'abondance relative et 2 familles. On dénombre ensuite les Pholadomyoides avec 110 individus, soit 0,6% d'abondance relative et 1 famille. Les ordres des Néogastéropodes avec 65 individus soit 0,38% d'abondance relative et 2 familles, les Trochides avec 48 individus, soit 0,28% d'abondance relative et 1 famille, les Diptères et les Aricides avec chacun 43 individus soit 0,25% d'abondance relative. Les ordres des Myoïdes avec 27 individus, soit 0,16% d'abondance relative et 1 famille, les Trichoptères 79 individus soit 0,11% d'abondance relative et 2 familles et enfin, les Littorinimorphes, Plécoptères, Ephéméroptères et Dytyoptères avec respectivement 17 individus (0,10% d'abondance relative, 1 famille), 13 individus (0,08% d'abondance relative, 2 familles), 7 individus (0,04% d'abondance relative, 2 familles), 1 individu (0,01% d'abondance relative et 1 famille (figure 46).

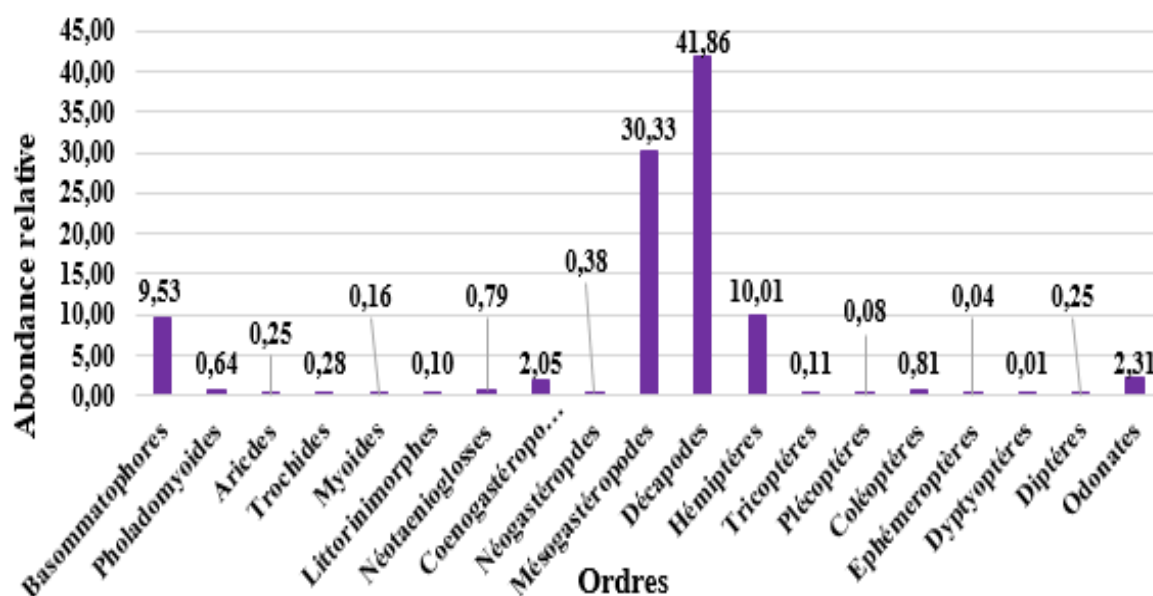


Figure 46 : Abondance relative des Ordres de MIB dans les cours d'eau pendant la période d'étude.

III.1.6.2- Variation saisonnière de la richesse taxonomique et l'abondance relative globale des macroinvertébrés benthiques

La plus grande abondance des MIB est observée en GSS avec 8549 individus, soit 50,13% d'abondance relative, le mois de février venant en tête avec 2543 individus, soit 13,62% d'abondance relative, suivi des mois de novembre avec 1864 individus, soit 10,93% d'abondance relative, décembre avec 1825 individus soit 10,70% d'abondance relative, de janvier avec 1447 individus, soit 8,48% d'abondance relative et mars avec 1088 individus, soit 6,38% d'abondance relative. Ensuite, vient la Grande Saison de Pluie (GSP) avec 4064 macroinvertébrés benthiques soit 23,83% d'abondance relative, le mois d'octobre venant en tête avec 1699 individus, soit 9,96% d'abondance relative, suivi des mois de septembre et d'août avec 1549 et 816 soit respectivement soit 9,08% et 4,78% d'abondances relatives. La Petite Saison de Pluie (PSP) soit avec 3401 macroinvertébrés benthiques, soit 19,94% d'abondance relative, le mois juin venant en tête avec 1521 individus, soit 8,92 % d'abondance relative représentatif suivi des mois d'avril et mai avec 958 et 922 individus soit respectivement 5,62% d'abondance et 5,41% d'abondances relatives. Enfin, vient la Petite Saison Sèche (PSS) avec 1043 individus, soit 6,12% d'abondance relative le seul mois de juillet étant représentatif avec 1043 individus, soit 6,12% d'abondance relative (figure 47A).

Pendant la GSS, les Décapodes sont prédominants avec 4233 individus, soit 49,51% d'abondance relative, suivis des Mésogastéropodes avec 2082 individus soit 24,35% d'abondance relative, des Basommatophores avec 781 individus, soit 9,13%, d'abondance relative des Hémiptères avec 737 individus, soit 8,62% d'abondance relative, des Odonates avec 208 individus, soit 2,43% d'abondance relative, des Coenogastéropodes avec 131 individus, soit 1,53% d'abondance relative. Les Phalodomyiodes, Néotaenioglosses, Néogastéropodes, Coléoptères, Aricides, Trochides, Diptères, Myoïdes, Litorinimorphes, Trichoptères et Plécoptères comptent respectivement 83 individus (0,97% d'abondance relative), 81 individus (0,94% d'abondance relative), 75 individus (0,87% d'abondance relative), 65 individus (0,76% d'abondance relative), 27 individus (0,13% d'abondance relative), 15 individus (0,17% d'abondance relative), 9 individus (0,10% d'abondance relative), 7 individus (0,08% d'abondance relative), 6 individus (0,07% d'abondance relative), 5 individus (0,05% d'abondance relative) et 4 individus (0,04% d'abondance relative) (figure 47B).

Pendant la GSP, les Mésogastéropodes prédominent avec 1570 individus, soit 38,63% d'abondance relative, suivis des Décapodes avec 1462 individus, soit 35,97% d'abondance relative, des Basommatophores avec 377 individus soit 9,27%, les Hémiptères avec 319

individus soit 7,84% d'abondance relative. Viennent ensuite les Odonates avec 72 individus soit 1,77% d'abondance relative, les Coléoptères avec 31 individus, soit 0,76% d'abondance relative, les Néotaenioglosses avec 28 individus, soit 0,68% d'abondance relative et les Phalodomyiodes avec 25 individus, soit 0,61% d'abondance relative. Les Trochides avec 16 individus, soit 0,39% d'abondance relative, les Plécoptères avec 7 individus (0,17% d'abondance relative), les Litorinimorphes avec 5 individus (0,12% d'abondance relative) et les Trichoptères avec 3 individus (0,07% d'abondance relative) sont les moins abondants (figure 47B).

Durant la PSP, des Décapodes sont prépondérants avec 1266 individus, soit 37,22% d'abondance relative, suivis des Mésogastéropodes avec 917 individus, soit 26,96% d'abondance relative, des Hémiptères avec 571 individus soit 16,78% d'abondance relative, des Basommatophores avec 349 individus soit 10,26% d'abondance relative. Viennent ensuite, les Odonates avec 109 individus soit 3,20% d'abondance relative, les Coléoptères avec 42 individus, soit 1,23% d'abondance relative, les Diptères avec 33 individus, soit 0,97% d'abondance relative, les Coenogastéropodes avec 14 individus soit 0,41% d'abondance relative. Les Myoïdes et les Trichoptères avec chacun 10 individus, soit 0,29% d'abondance relative. Les Ephéméroptères, Litorinimorphes, Phaladomyoïdes et Néotaenioglosses comptent respectivement 6 individus (0,17% d'abondance relative), 4 individus (0,11% d'abondance relative) et 2 individus (soit 0,05% d'abondance relative). Enfin viennent les ordres des Aricides et les Plécoptères avec 1 individu chacun soit 0,02% d'abondance relative (figure 47B).

Pendant la PSS, les Mésogastéropodes supplantent avec 610 individus, soit 58,59% d'abondance relative, suivis des Décapodes avec 178 individus, soit 17,09% d'abondance relative, des Basommatophores avec 119 individus soit 11,43% d'abondance relative, des Hémiptères avec 81 individus, soit 7,78% d'abondance relative. Ensuite viennent, les Néotaeniglosses avec 23 individus, soit 2,20% d'abondance relative, les Trochides avec 7 individus, soit 0,67% d'abondance relative, les Coléoptères avec 7 individus, soit 0,67% d'abondance relative, les odonates avec 4 individus, soit 0,38% d'abondance relative. Les Aricides et les Myoïdes avec 3 individus chacun, soit 0,28% d'abondance relative, les Litorinimorphes avec 2 individus, soit 0,19% d'abondance relative, les Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères et Diptères avec chacun 1 individu, soit 0,09% d'abondance relative (figure 47B).

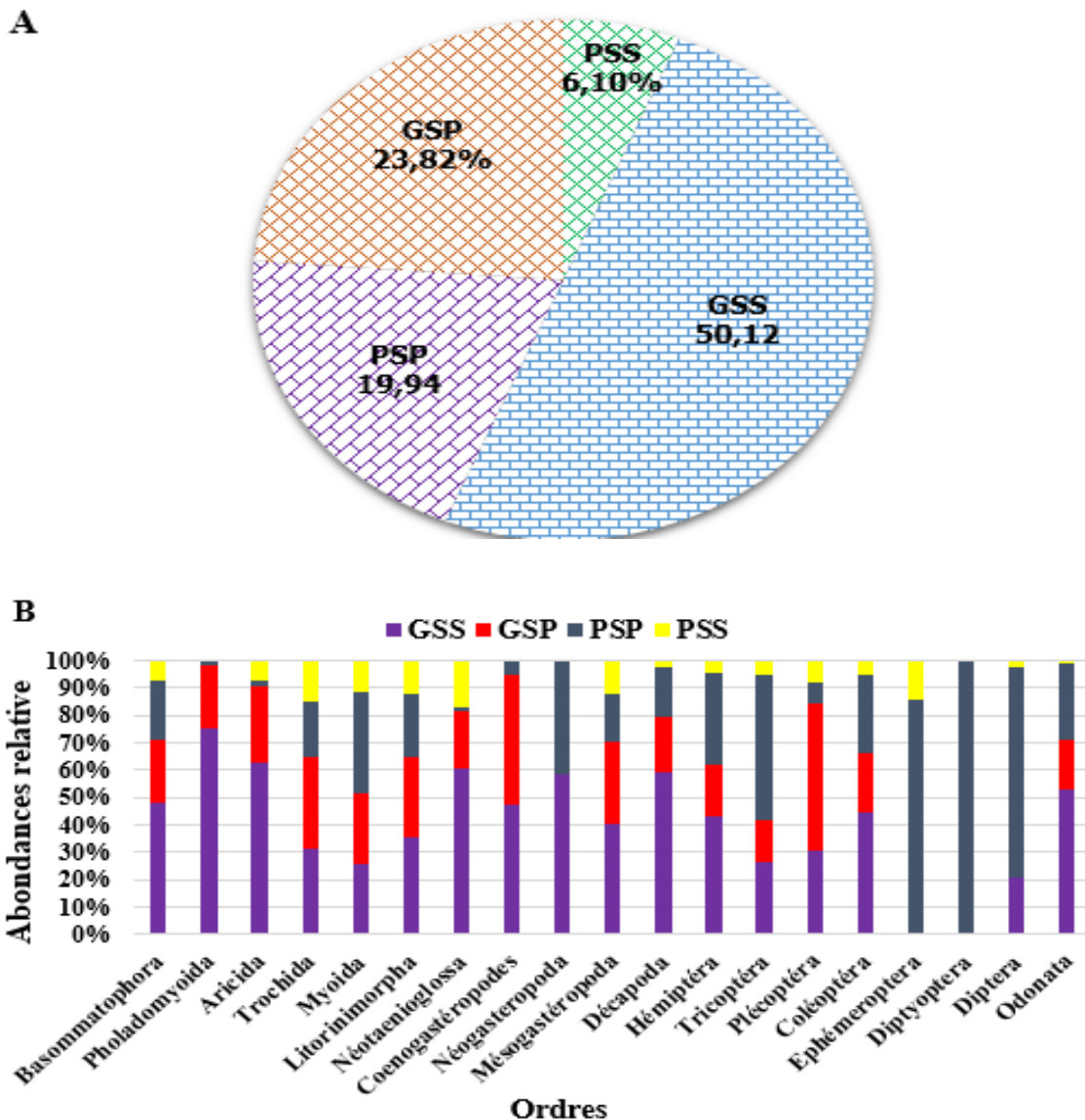


Figure 47 : Abondance relative globale des MIB (A) et abondance relative des ordres de MIB (B) récoltés à chaque saison dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.

III.1.6.3- Variation spatiale de l'abondance relative des MIB et des Ordres des MIB

Des 17055 macroinvertébrés benthiques récoltés tout au long de cette étude, 6137 individus ont été collectés dans le cours d'eau Casino, soit 35,98% d'abondance relative, 3282 dans le cours d'eau Talla, soit 19,24% d'abondance relative. 2687 dans le cours d'eau Ebomé, soit 15,75% d'abondance relative, 1510 dans le cours Kienké, soit 8,85% d'abondance relative, 1261 dans le cours d'eau Pangour, soit 7,38% d'abondance relative. 942 dans le cours d'eau Grand batanga, soit 5,52% d'abondance relative, 645 dans le cours d'eau Lobé soit 3,78% d'abondance relative et enfin, 591 dans le cours d'eau Bwambé soit 3,41% d'abondance relative (figure 48A).

Pour ce qui est des Ordres de MIB, dans le cours d'eau Bwambé, on note la prédominance des Décapodes avec 300 individus, soit 50,76% d'abondance relative, suivis des

Basommatophores avec 95 individus, soit 16,07% d'abondance relative, des Hémiptères avec 78 individus, soit 13,19% d'abondance relative. Viennent ensuite les Coléoptères avec 65 individus soit 10,99% d'abondance relative, les Odonates avec 45 individus, soit 7,61% d'abondance relative et enfin les Ephemeroptères avec 8 individus soit 1,35% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Casino, les Décapodes avec 2435 individus (39,67% d'abondance relative) constituent le groupe prédominant, suivis des Mésogastéropodes avec 1362 individus soit 22,19% d'abondance relative, des Hémiptères avec 950 individus (15,47% d'abondance relative), des Basommatophores avec 881 individus (14,35% d'abondance relative), les Coenogastéropodes avec 301 individus (4,90% d'abondance relative). Ensuite viennent les odonates avec 121 individus soit 1,97% d'abondance relative, les diptères avec 54 individus soit 0,87% d'abondance relative. Enfin, les ordres des Coléoptères, Plécoptères enregistrent respectivement 26 et 7 individus soit 0,42 et 0,11% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Ebomé, les Décapodes dominent avec 1569 individus, soit 58,28% d'abondance relative, suivis des Hémiptères avec 517 individus, soit 19,20% d'abondance relative. Viennent ensuite les Basommatophores avec 281 individus (10,43% d'abondance relative), les Odonates avec 165 individus (6,12% d'abondance relative), les Diptères avec 44 individus (1,63% d'abondance relative) et les Coléoptères avec 29 individus (1,07% d'abondance relative). Enfin les ordres les Mésogastéropodes, Dyctyoptères et les Plécoptères comptent respectivement 27, 13 et 3 individus soit 1%, 0,48% et 0,11% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Grand Batanga, les Décapodes sont également prédominants avec 423 individus, soit 44,95% d'abondance relative, suivis des Hémiptères avec 352 individus, soit 37,40% d'abondance relative, des odonates avec 46 individus, soit 4,88% d'abondance relative, des Basommatophores avec 28 individus, soit 2,97% d'abondance relative et des diptères avec 24 individus soit 2,55% d'abondance relative. Ensuite viennent les Mésogastéropodes avec 22 individus, soit 2,33% d'abondance relative et les Dyctyoptères avec 11 individus soit 1,16% d'abondance relative. Enfin, les Ordres des Coléoptères et Ephemeroptères sont les moins dominants avec respectivement 10 et 3 individus, soit 1,06% et 0,31% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Kienké, les Décapodes dominent avec 426 individus, soit 28,28% d'abondance relative, suivis des Néogastéropodes avec 283 individus, soit 18,79% d'abondance relative, les Mésogastéropodes avec 151 individus soit 10,02% d'abondance relative, des Néotaenioglasses avec 131 individus, soit 8,69% d'abondance relative et les Basommatophores

avec 109 individus, soit 7,23% d'abondance relative. Ensuite viennent les Phaladomyoides avec 107 individus, soit 7,10% d'abondance relative, les Litorinimophes avec 83 individus soit 5,51% d'abondance relative et les Aricides avec 67 individus, soit 4,44% d'abondance relative. Enfin, les Ordres des Coenogastéropodes, Myoïdes, Odonates, Trochides, Coléoptères sont les moins abondants avec respectivement 51, 41, 34 et 17 soit 3,38%, 2,72%, 2,25% et 1,12% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Lobé, les Hémiptères sont les plus dominants avec 256 individus, soit 39,68% d'abondance relative, suivis des Décapodes avec 131 individus, soit 20,31% d'abondance relative, des Odonates avec 95 individus soit 14,72% d'abondance relative, les Coléoptères avec 73 individus, soit 11,31% d'abondance relative et les Basommatophores avec 27 individus, soit 4,18% d'abondance relative. Viennent ensuite viennent les Coenogastéropodes avec 26 individus, soit 4,03% d'abondance relative, les Ephéméroptères avec 13 individus, soit 2,01% d'abondance relative et les Diptères avec 9 individus, soit 1,39% d'abondance relative et enfin, les Phaladomyoides avec 5 individus, soit 0,77% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Pangour, les Mésogastéropodes sont prépondérants avec 637 individus, soit 50,51% d'abondance relative, suivis des Décapodes avec 380 individus, soit 30,13% d'abondance relative et les Hémiptères avec 147 individus soit 11,65% d'abondance relative. Ensuite viennent les Basommatophores avec 33 individus, soit 2,61% d'abondance relative et les Diptères avec 5 individus soit 2,53% d'abondance relative et enfin, des Odonates avec 24 individus soit 1,90% d'abondance relative (figure 48B).

Dans le cours d'eau Talla, les Décapodes sont prédominants avec 2071 individus, soit 39,67% d'abondance relative, suivis des Hémiptères avec 607 individus soit 18,49% d'abondance relative, des Basommatophores avec 354 individus, soit 10,78% d'abondance relative, des Odonates avec 86 individus, soit 2,62% d'abondance relative et des Mésogastéropodes avec 50 individus, soit 1,52% d'abondance relative. Ensuite viennent les Coléoptères avec 35 individus, soit 1,06% d'abondance relative et les Ephéméroptères avec 33 individus, soit 1% d'abondance relative. Les Plécoptères et les Trichoptères sont les moins abondants avec respectivement 15 et 13 individus, soit 0,45% et 0,33% d'abondance relative (figure 48B).

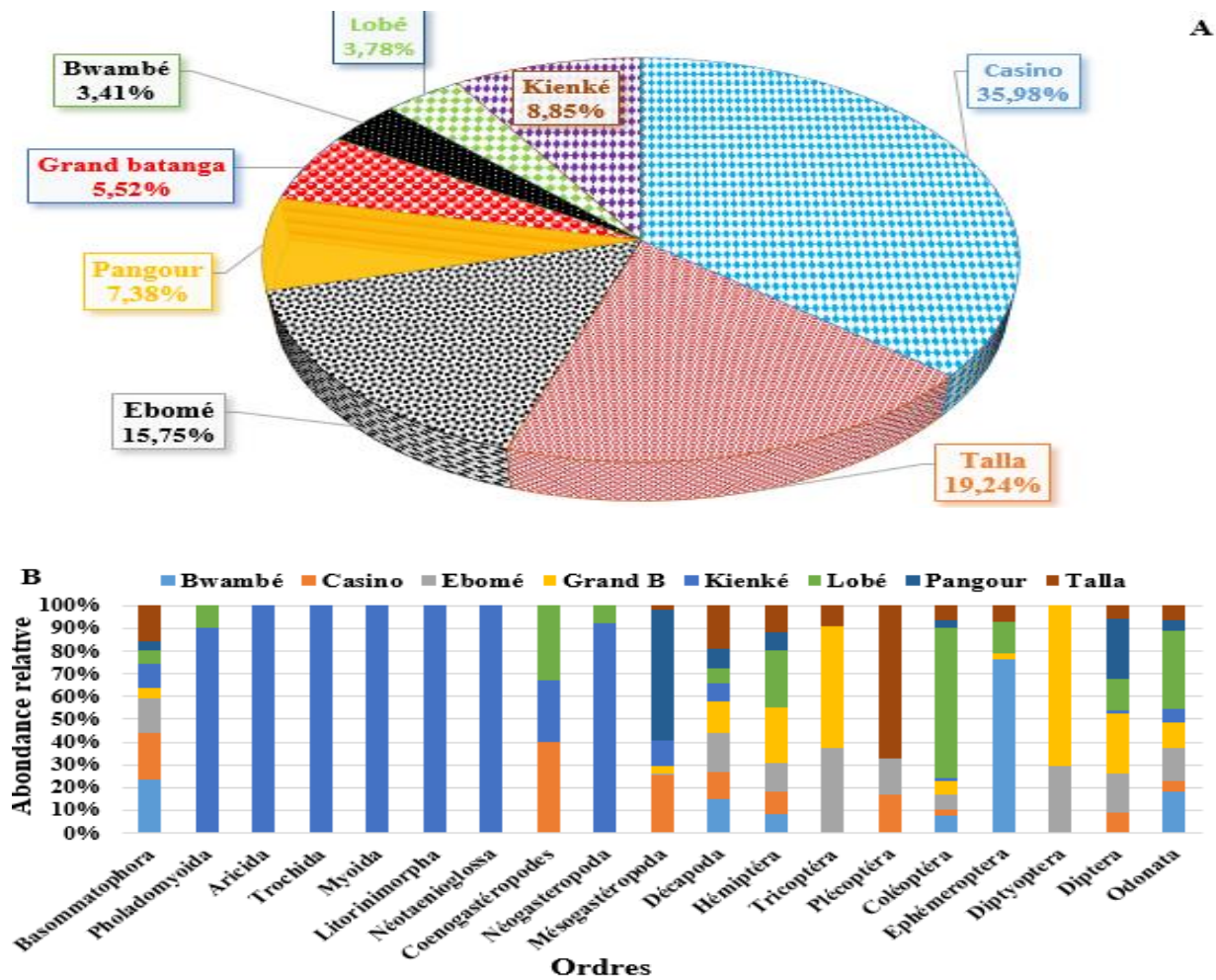


Figure 48 : Abondance relative des MIB (A) et des Ordres de MIB (B) dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.

III.1.6.4- Richesse taxonomique et occurrence des MIB dans les différents cours d'eau

III.1.6.4.1- Cours d'eau Bwambé

Dans le cours d'eau Bwambé, un total de 18 taxons à été identifié au rang du genre et / ou espèce (tableau 11) appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 6 ordres, et 33 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 5 ordres (Décapodes, Hémiptères, Ephéméroptères, Coléoptères et Odonates) 17 familles et 28 genres et/ou espèces, suivi des Mollusques avec 1 classe (Gastéropodes), 1 ordre (Basommatophores), 1 famille et 5 genres/ espèces.

La classe des Crustacés est la plus abondante avec 300 individus, soit 50,76 % d'abondance relative réparti en 1 ordre (Décapodes), 6 familles et 13 genres et/ou espèces, suivie par des Insectes avec 196 individus soit 33,16 % d'abondance relative comprenant 4

ordres (Hémiptères, Ephéméroptères, Coléoptères et Odonates), 11 familles et 15 genres et/ou espèces et les Gastéropodes avec 95 individus, soit 16,07% d'abondance relative comportant 1 ordre (Basommatophores) 1 famille et 5 genres et espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté avec 300 individus, soit 50,76 % d'abondance relative, comprenant 6 familles et 13 genres et/ou espèces, suivi des Basommatophores avec 95 individus, soit 16,07% d'abondance relative répartis en 1 famille et 5 genres et/ou espèces. Ensuite, viennent des Hémiptères avec 78 individus soit 13,20 % d'abondance relative comprenant 3 familles et 4 genres et/ou espèces, les Coléoptères avec 65 individus, soit 11% d'abondance relative, comprenant 5 familles et 5 genres/espèces, les Odonates avec 45 individus, soit 7,61% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 5 genres/espèces. Enfin, les Ephéméroptères clôturant avec 8 individus, soit 1,35% d'abondance relative, comprenant en 1 famille et 1 genre/espèces (figure 49 et 50A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée au mois d'avril avec 7 familles, suivie du mois de mai avec 6 familles, de février 2022 et juin avec 4 familles chacun, les mois de novembre, janvier 2023 et février 2023 dénombrent chacune 3 familles. Enfin, le mois de mars, juin, août, septembre, octobre et décembre enregistrant 2 familles chacune (figure 50B).

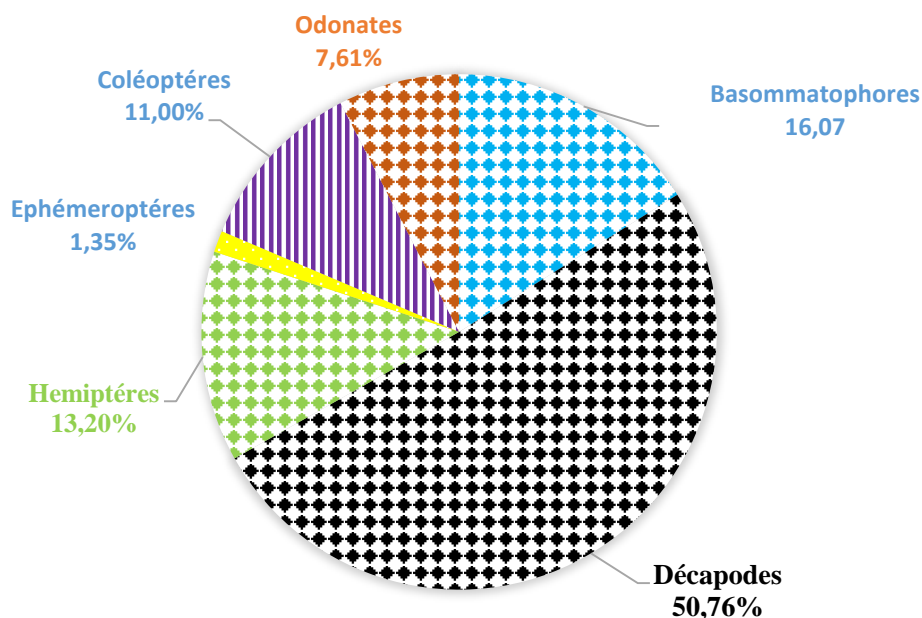


Figure 49 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.

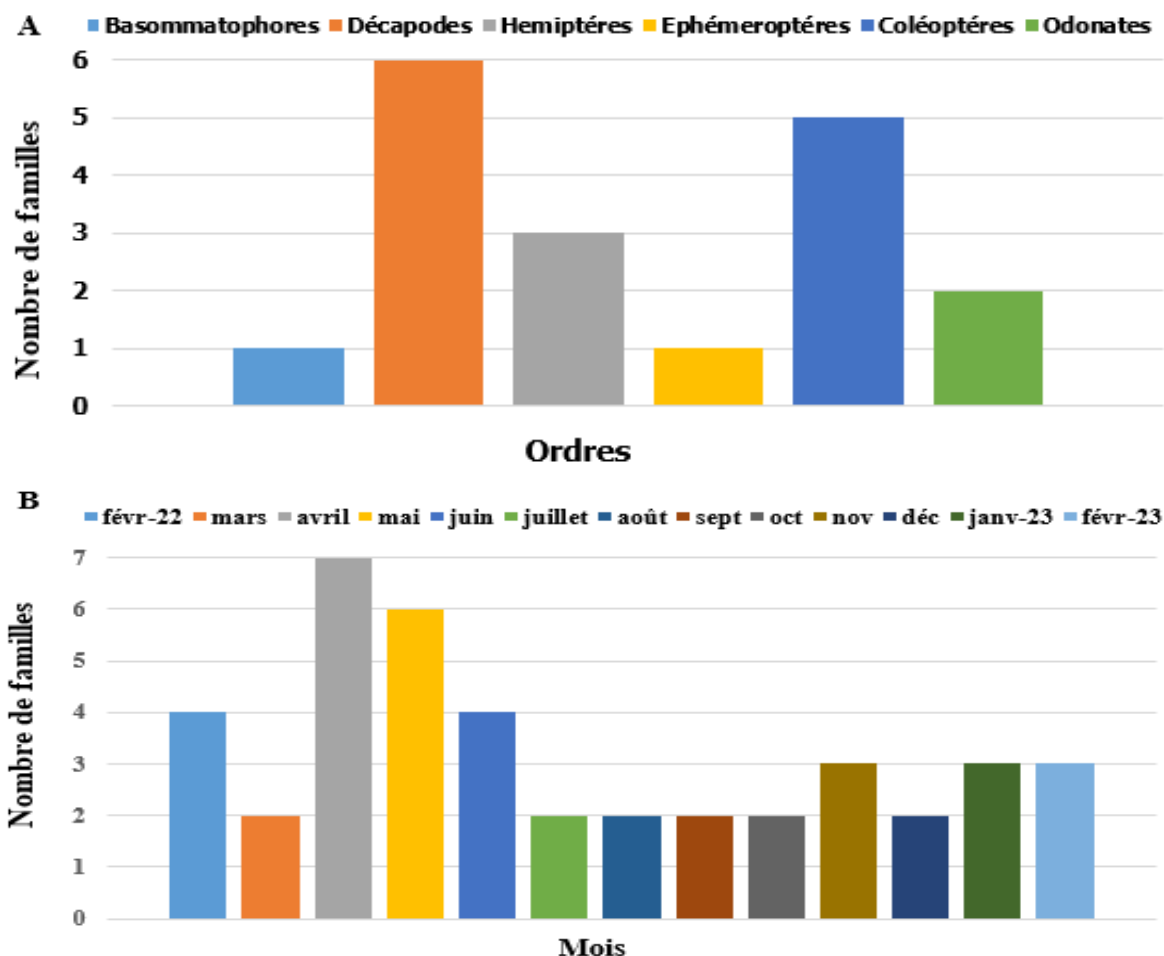


Figure 50 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB récoltés dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant le 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Bwambé montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 75,31%, suivies par les espèces accessoires (17,53%), les espèces constantes (3,19 %) et les espèces régulières (1,96 %). Aucune espèce omniprésente n'a été enregistrée durant la période d'étude (figure 51A).

Dans toutes les stations, les taxons rares sont prédominants avec des fréquences d'occurrence variant de 70% à la station B3 à 80% à la station B2. Ils comprennent : *Pila ovata*, *Macrobrachium felicinum*, *Macrobrachium macrobrachion*, *Portunus* sp., *Dromia* sp., *Pagurus hirsutiusculus*, *Atya africana*, *Gerris* sp., *Velia* sp., *Hydroscapha* sp., *Gomphus* sp., et *Pyrhosoma nympha*. Viennent ensuite les taxons accessoires dont la fréquence d'occurrence varie de 6,67% à la station B2 à 11,11% à la station B1 (*Microvelia* sp., *Mesovelia* sp. et *Macrobrachium macrobrachion*) et les taxons constants dont la fréquence d'occurrence varie de 6,67% à la station B2 (*Caridina africana*) à 11,11% à la station B1. Seule la station B2 abrite les taxons réguliers avec une fréquence de 6,67% essentiellement constituée de crustacé

(*Macrobrachium niloticus*) (figure 51B). La plupart des espèces rares, accessoires, constantes et régulières appartiennent à la classe des Crustacés (tableau VI).

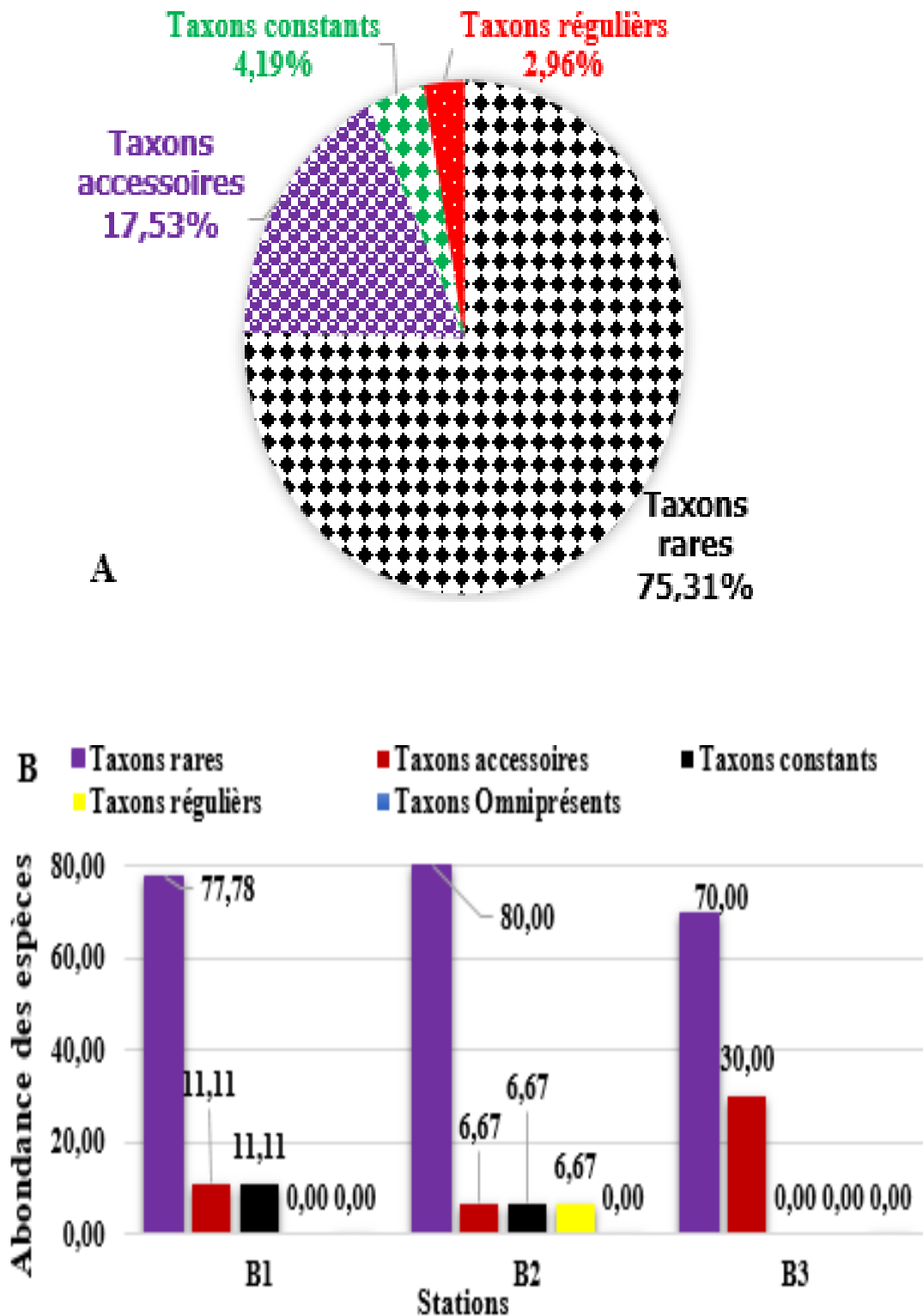


Figure 51 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours Bwambé (A) et Stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau VI : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Bwambé pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	B1	B2	B3	Ab.ab		
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Pilidae	<i>Lanistes libycus</i>	*			11		
				<i>Lanistes carinatus</i>	*			33		
				<i>Pila occidentalis</i>	*			23		
				<i>Pila africana</i>	*			20		
				<i>Pila ovata</i>		*		8		
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Paleamonidae	<i>Macrobrachium felicinum</i>		*		4		
				<i>Macrobrachium niloticus</i>	**	****	**	41		
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	***	*	**	24		
				<i>Macrobrachium paridenus</i>	*			16		
			Portunidae	<i>Portunus pelagicus</i>			*	3		
				<i>Portunus sp.</i>			*	2		
			Dromiidae	<i>Dromia sp.</i>	*	*		8		
			Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	*			3		
				<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	*	*	*	11		
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	**	**	**	100		
		<i>Atya africana</i>		*	*	*	7			
		<i>Caridina africana</i>		*	***	*	30			
		Potamonautidae	<i>Potamonautes nucidae</i>	*			51			
		Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelina sp.</i>	***			50	
					Gerridae	<i>Gerris sp.</i>	**	*	*	20
						Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	***		
				<i>Velia sp.</i>	*		*		2	
	Ephéméroptères			Baetidae	<i>Baetopus tenellus</i>	*			8	
	Coléoptères			Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>			*	2	
				Hydrophilidae	<i>Hydrophilus sp.</i>	*			4	
			Chysomelidae	<i>Hydroscapha sp.</i>	*	*		22		
			Elmidae	<i>Hydrochara sp.</i>	*			14		
			Dystiscidae	<i>Cybister sp.</i>	*			23		
			Odonates	Gomphidae	<i>Gomphus sp.</i>	*	*	*	10	
				Libellulidae	<i>Libellula sp.</i>	*			4	
	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>					*		4		
	<i>Orthetrum sp.</i>				*			20		
<i>Sympetrum sp.</i>	*						7			
Total	3		6	18	33	212	187	192	591	

Taxons rares (*) ; Taxons accessoires (**) ; Taxons constants (***) ; Taxons réguliers (****) ;

Taxons omniprésents (*****), Abondance absolue (Ab.ab).

III.1.6.4.2- Cours d'eau Casino

Dans le cours Casino, un total de 83 taxons a été identifié au rang du genre et / ou espèce et 2 au rang de famille (tableau VII) appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 14 ordres, et 39 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 8 ordres (Décapodes, Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères, Coléoptères, Diptères, et Odonates) 25 familles et 50 genres et/ou espèces. Suivi des Mollusques compte 1 classe (Gastéropodes), 6 ordres (Basommatophores, Pholadomyoides, Aricides, Néotaenioglosses, Coenogastéropodes et Mésogastéropodes), 14 familles et 35 genres/ espèces.

La classe des Gastéropodes est la plus abondante avec 2544 individus soit 41,45 % d'abondance relative et compte 6 ordres (Basommatophores, Pholadomyoides, Aricides, Néotaenioglosses, Coenogastéropodes et Mésogastéropodes), 14 familles et 35 genres et/ou espèces, des Crustacés avec 2435 individus, soit 39,67 % d'abondance relative comprenant en 1 ordre (Décapodes), 6 familles et 23 genres et/ou espèces. Vient enfin la classe des Insectes 1158 individus, soit 18,86% d'abondance relative reparti en 7 ordres (Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères, Coléoptères, Diptères, et Odonates) 19 familles et 27 genres et espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté dans ce cours d'eau avec 2435 individus soit 39,68% d'abondance relative, comprenant en 6 familles et 23 genres et/ou espèces, suivi des Mésogastéropodes avec 1342 individus soit 21,87%% d'abondance relative répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces. Viennent ensuite des Hémiptères avec 944 individus soit 15,38% d'abondance relative, les Basommatophores avec 879 individus soit 14,32% d'abondance relative comprenant 6 familles et 13 genres et/ou espèces, les Coenogastéropodes avec 296 individus soit 4,82% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 5 genres/espèces puis les Odonates avec 121 individus soit 1,97% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 8 genres/espèces, les Diptères suivent avec 54 individus, soit 0,88% d'abondance relative répartis en 2 familles et 2 espèces/ou genres, Les Coléoptères et les Néotaenioglasses avec respectivement 25 et 15 individus, soit 0,41% et 0,24% d'abondance relative et répartis chacun en 4 familles et 4 espèces et/ou genres, 2 familles et 2 espèces/ou genres. Enfin, les Trichoptères, Plécoptères, Ephéméroptères, Phaladomyoides et Aricides moins représentés clôturent avec un total de 25 individus, soit 0,44% d'abondance relative, répartis tous en 1 famille et genre/espèces (figure 52 et 53A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée aux mois de mai et juin avec 21 et 20 familles, suivis des mois de juillet, décembre, janvier 2023 et février 2023 chacun 19 familles. Ensuite viennent les mois de septembre (16 familles), octobre et novembre avec 18 familles chacun, les mois d'août et avril suivant avec 11 familles. Enfin, les mois de février 2022 et mars comptent respectivement 6 et 10 familles sont les moins diversifiés (figure 53B).

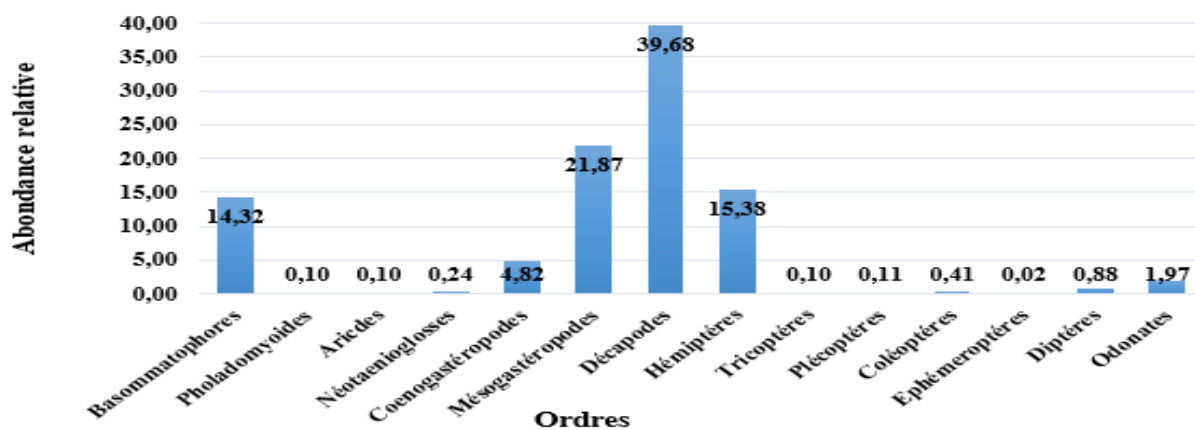


Figure 52 : Abondance des ordres de MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.

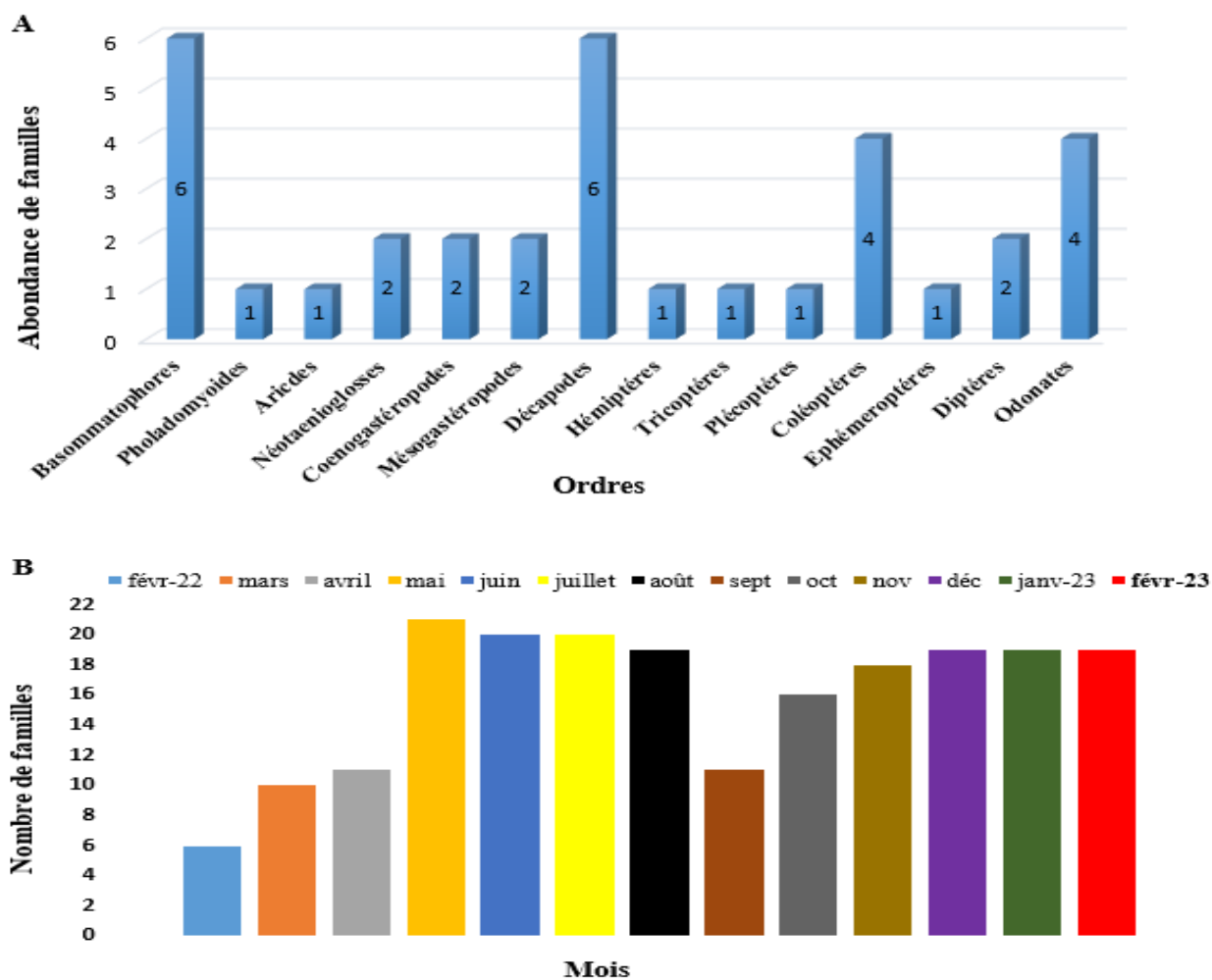


Figure 53 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Casino montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 40,57%, suivies par les espèces constantes (28,14%), les espèces accessoires (19,49%), les espèces régulières (10,02%) et enfin les espèces omniprésentes (1,77%) (figure 54A).

Les taxons rares dominent dans toutes les stations avec des fréquences d'occurrences variant de 32,69% à la station C3 à 47,83% à la station C1. Ils comptent entre autres les espèces *Potamonautes nucidae*, *Globonautes macropus* et *Bracymetra* sp. Ils sont suivis par les taxons accessoires avec des fréquences d'occurrence allant de 9,80% à la station C2 à 26,92% à la station C3 et comprenant les espèces *Potamon* sp., *Melanoides victoria* et *Hydrobiidae accrensis*. Viennent ensuite les taxons constants avec des fréquences d'occurrence variant de 20,29% à la station C1 à 35,29% à la station C2. Ils comprennent entre autres les espèces *Cassidaria thyrrehena*, *Lentigo lentiginosus*, *Hydrobiidae accrensis*, *Hydrobia lineta*, *Neritina pulligera*, *Neritina gagates*, *Palaemon viphias*, *Pachymelania fusca*, *Macrobrachium felicinum*, *Macrobrachium vollenhovenii*, *Mesovelgia* sp. et *Libellula* sp.. Les taxons omniprésents se trouvent également à toutes les stations, mais à des fréquences d'occurrence différentes allant de 1,45% à la station C1 à 1,96% à la station C2. Ils sont présentés par les espèces *Macrobrachium macrobrachion* et *Macrobrachium niloticus*, toutes appartenant à la famille des Paleamonidae (Figure 68B). Les taxons réguliers se répartissent le long du cours d'eau suivant les fréquences d'occurrence variant de 8,70% à la station C1 à 11,76% à la station C2 et comprennent *Aplexe hypnorum*, *Littorina scabra*, *Macrobrachium macrobrachion*, *Sudonomautes aubryi*, *Pachymelania fusca*, *Macrobrachium niloticus*, *Atya* sp. et *Atya africana* (figure 54B).



Figure 54 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Casino (A) et Stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau VII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Casino pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	C1	C2	C3	Totaux		
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Lymneidae	<i>Stagnicola sp.</i>	****			11		
			Physidae	<i>Aplexe hypnorum</i>	****	****	****	76		
			Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>	****	****	****	100		
			Ellobiidae	<i>Auriculodes gaziensis</i>	*	*		20		
			Planorbidae	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	*			1		
				<i>Occidentalis sp.</i>	*			6		
				<i>Lanistes libycus</i>	****	***	***	60		
				<i>Lanistes carinatus</i>	***			15		
				<i>Pila occidentalis</i>	**			62		
				<i>Pila wernei</i>	*			11		
				<i>Pila africana</i>	***	***	***	466		
				<i>Laniste varicus</i>	*			11		
			<i>Pila ovata</i>	****		**	30			
			Pholadomyoides	Periplomatidae	<i>Cochlodesma praetenuae</i>	**		**	6	
		Aricides	Aricidae	<i>Barbatia barbata</i>			*	6		
		Néotaenioglosses	Cassidae	<i>Cassidaria thyrrehana</i>	***	***	***	8		
			Strombidae	<i>Lentigo lentiginosus</i>	**	***	***	7		
		Coenogastéropodes	Hydrobiidae	<i>Hydrobiidae accrensis</i>	**	***	**	100		
				<i>Hydrobia lineta</i>	***	***	**	65		
			Neritidae	<i>Neritina pulligera</i>	**	***	***	99		
				<i>Neritina gagates</i>		***	**	20		
				<i>Neritina natalensis</i>	*		*	5		
		Mésogastéropodes	Paludomidae	<i>Spekia zonata</i>			***	3		
			Thiaridae	<i>Thiara scabra</i>			*	1		
				<i>Lotadoma libereinsis</i>	*			8		
				<i>Melanoides victoria</i>	**		**	3		
				<i>Melanoides kinshassansis</i>	*			3		
				<i>Melanoides tiberculata</i>	*		*	2		
				<i>Melanoides polymorpha</i>	*		**	10		
				<i>Melanoides nyassana</i>	*	*		11		
				<i>Melanoides liebrechtsi</i>	*	*	**	20		
				<i>Melanoides dupuisi</i>	**	*		10		
				<i>Melanoides taveta</i>	*		***	5		
				<i>Melanoides angolensis</i>	*	*		7		
				<i>Pachymelania fusca</i>	***	***	****	1276		
		Athropodes	Crustacés	Décapodes	Palaemonidae	<i>Palaemon viphias</i>	***	***	***	44
						<i>Macrobrachium felicinum</i>	**	***	**	78
						<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>	**	***		15
						<i>Macrobrachium niloticus</i>	****	*****	*****	246
						<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	*****	****	****	538
<i>Macrobrachium paridenus</i>	***					*	*	39		
<i>Macrobrachium rardiens</i>	***					*		15		
Pinnotheroidae	<i>Asthenognathus sp.</i>				**			5		
Portunidae	<i>Portunus pelagicus</i>					*		5		
Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>				***	***	*	55		
	<i>Pagurus hirsutiusculus</i>				**	***	**	50		
Atyidae	<i>Atya sp.</i>				***	****	***	312		
	<i>Atya africana</i>				***	****	***	172		
	<i>Caridina africana</i>				***	**	***	93		
	<i>Liberonautes lactydactylus</i>			***	***	*	23			
	<i>Caridina nilotica</i>			*	*	***	22			
Potamonautidae	<i>Potamon sp.</i>			*	**	**	82			
	<i>Sudonomautes aubryi</i>			**	*	****	51			
	<i>Sudonomautes africanus</i>			*	**	*	45			
	<i>Potamonautes didieri</i>			**	**	***	11			
	<i>Potamonautes ecrossei</i>			*	*	***	44			
	<i>Potamonautes nucidae</i>			*	*	*	480			
	<i>Globonautes macropus</i>			*	*	*	10			
Insectes	Hémiptères			Mesovelidae	<i>Mesovelia sp.</i>	*	***	**	690	
				Notonectidae	<i>Notonecta sp.</i>		*		3	
				Gerridae	<i>Gerris sp.</i>	*	*		63	
					<i>Gerrisella settembrinoi</i>		*		44	
				Hydrometridae	<i>Hydrometra sp.</i>		*		11	
				Nepidae	<i>Bracymetra sp.</i>	*	*	*	13	
				Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	***	****	**	50	
		<i>Velia sp.</i>	**		**	*	70			
		Tricoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	*			6		
		Plécoptères	Nemouridae	<i>Protonemura sp.</i>	*			7		
		Coléoptères	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>	*			4		
			Hydrophilidae	<i>Hydrophilus sp.</i>	*			8		
			Chrysomelidae	<i>Macrolea sp.</i>	*			3		
				<i>Potamophilus sp.</i>	*			2		
	Dystiscidae		<i>Dystiscus sp.</i>	*			6			
			<i>Cybister sp.</i>	*		*	2			
	Ephéméroptères		Baetidae	<i>Baetopus tenellus</i>	*			1		
	Diptères	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	*			3			
		Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>		*	*	51			
	Odonates	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster sp.</i>	*			10			
		Corduliidae	<i>Cordulia sp.</i>	*			2			
		Coenagrionidae	<i>Coenagrion prop parte</i>	**			2			
			<i>Nehalennia speciosa</i>	*			23			
		Libellulidae	<i>Libellula sp.</i>		***	*	4			
			<i>Pyrrhosoma nymphula</i>		*	*	7			
			<i>Orthetrum sp.</i>		***	**	70			
<i>Sympetrum sp.</i>			*	*	3					
Total	3	14	39	85	2277	1137	2723	6137		

Taxons rares (*) ; Taxons accessoires (**) ; Taxons constants (***) ; Taxons réguliers (****) ; Taxons omniprésents (*****), Abondance absolue (Ab.ab).

III.1.6.4.3- Cours d'eau Ebomé

Dans le cours Ebomé, un total de 49 taxons a été identifié au rang du genre et/ou espèce et 2 au rang de famille (tableau VIII, appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 10 ordres, et 25 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 8 ordres (Décapodes, Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères, Diptères, et Odonates) 20 familles et 39 genres et/ou espèces, suivi des Mollusques avec 1 classe (Gastéropodes), 2 ordres (Basommatophores et Néogastéropodes), 5 familles et 12 genres/ espèces.

La classe des Insectes est la plus abondante dans ce cours d'eau. La classe des Crustacés est la plus abondante avec 1569 individus soit 58,39% d'abondance relative reparti en 1 ordres (Décapodes), 4 familles et 20 genres et espèces. Elle est suivie par la classe des insectes avec 810 individus soit 30,15% d'abondance relative comptant 7 ordres (Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères, Diptères, et Odonates), 16 familles et 19 genres et/ou espèces. Enfin la classe des Gastéropodes qui compte 308 individus soit 11,46% d'abondance relative répartis en 2 ordres (Basommatophores et Néogastéropodes), 5 familles et 12 genres et/ou espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté avec 1569 individus soit 58,39% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 19 genres et/ou espèces, suivi des Hémiptères qui avec 511 individus, soit 19,02% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 5 genres et/ou espèces. Viennent ensuite les Basommatophores avec 281 individus soit 10,46% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 11 genres et/ou espèces, les odonates avec 165 individus, 6,14% d'abondance relative, répartis en 5 familles et 7 genres et/ou espèces. Les ordres des Trichoptères et Diptères enregistrent respectivement 44 et 45 individus soit 1,64% et 1,67% d'abondance relative. Enfin, les ordres des Coléoptères comptent 29 individus (1,08% d'abondance relative), 2 familles et 2 genres et/ou espèces), les Mésogastéropodes soient 27 individus (1% d'abondance relative, 1 famille et 1 genre et/ou espèce), les Dyctyoptères soient 13 individus (0,48% d'abondance relative), 1 famille et 1 genre et/ou espèce) et les Plécoptères 3 individus (0,11% d'abondance relative), 1 famille et 1 genre et/ou espèce) (figure 55 et 56A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée au mois de janvier 2023 avec 14 familles, suivi des mois d'octobre, novembre, décembre et février 2023 avec chacun 13 familles. Ensuite, viennent les mois d'avril (10 familles), février, juin, et juillet avec 9

familles chacun. Les mois de mars et avril comptent 8 familles. Enfin puis les mois de juillet et mai respectivement 7 et 6 familles (figure 56B).

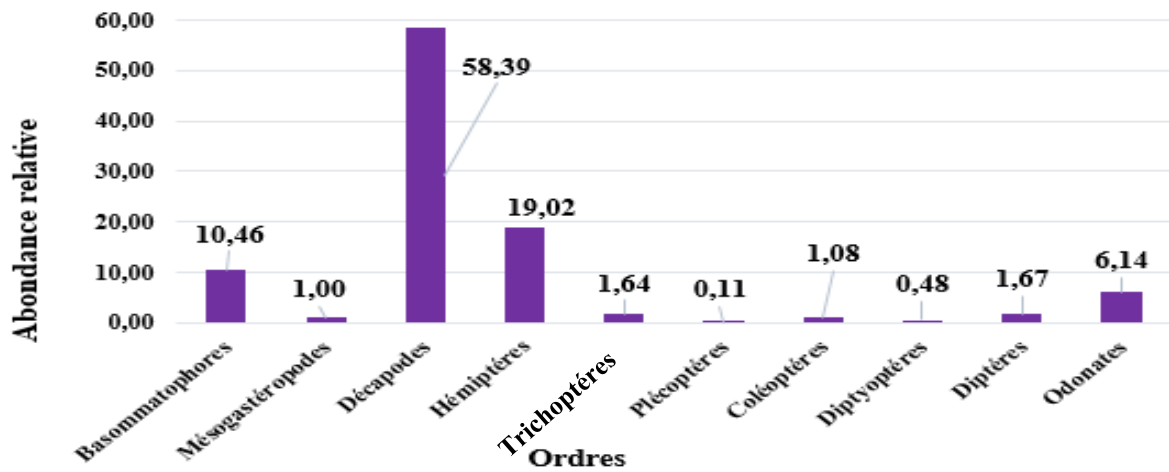


Figure 55 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Ebomé pendant la d'étude.

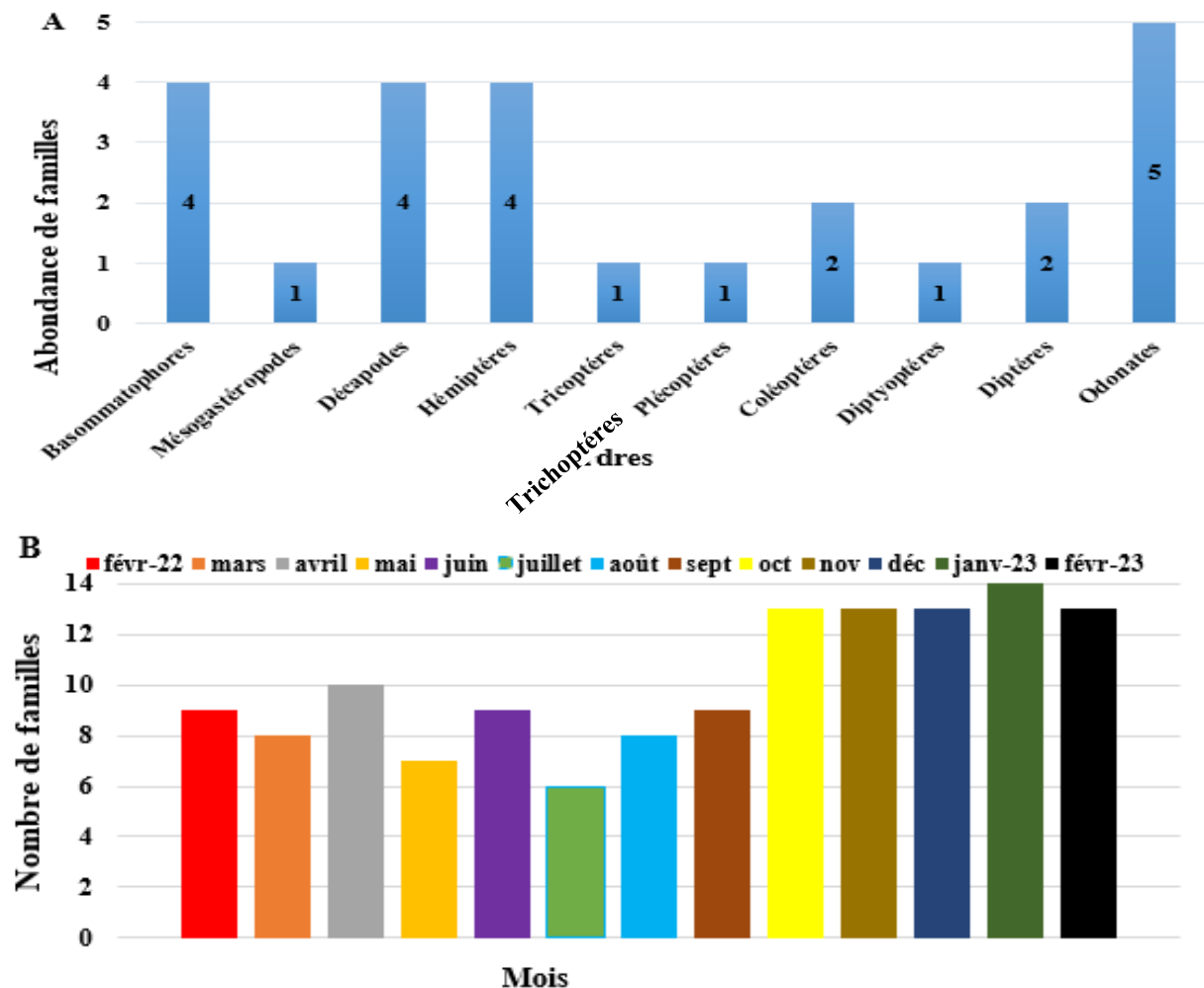


Figure 56 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB récoltés dans le cours d'eau Ebomé pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Ebomé montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 57,78%. Elles sont suivies par les espèces accessoires (24,01%), les espèces constantes (10,71 %), les espèces régulières (5,43%) et enfin les espèces omniprésentes (2,07%) (figure 57A).

Les taxons rares sont prépondérants dans toutes les stations avec des fréquences d'occurrences variant de 54,76% à la station E1 à 60,87% à la station E3. Ils comptent entre autres les espèces *Pila africana*, *Occidentalis* sp., *Atya africana*., *Potamonautes didieri*, *Potamonautes ecrossei* et *Mesovelgia* sp. Les accessoires suivent avec des fréquences d'occurrence variant de 15,38% à la station E2 à 30,43% à la station E3 et sont représentés par les espèces *Occidentalis* sp., *Pila wernei* et *Caridina africana*. Les taxons constants sont répartis suivants des fréquence d'occurrence variant de 8,70% à la station E3 à 11,90% à la station E1 et sont représentés par les espèces *Aplexe hypnorum*, *Lanistes libycus*, *Pila occidentalis*, *Ictinogomphus* sp., *Orthetrum* sp. et *Velia* sp. Les taxons réguliers se révèlent uniquement dans les stations E1 et E2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 4,76% et 11,54%. Ils sont toutefois représentés par les espèces *Macrobrachium niloticus*, *Gerris* sp., et *Hydropsyche* sp. Les taxons omniprésents s'observent également dans les stations E1 et E2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 2,38% et 3,85%. Ils sont représentés par les espèces *Macrobrachium macrobrachion* (figure 57B).

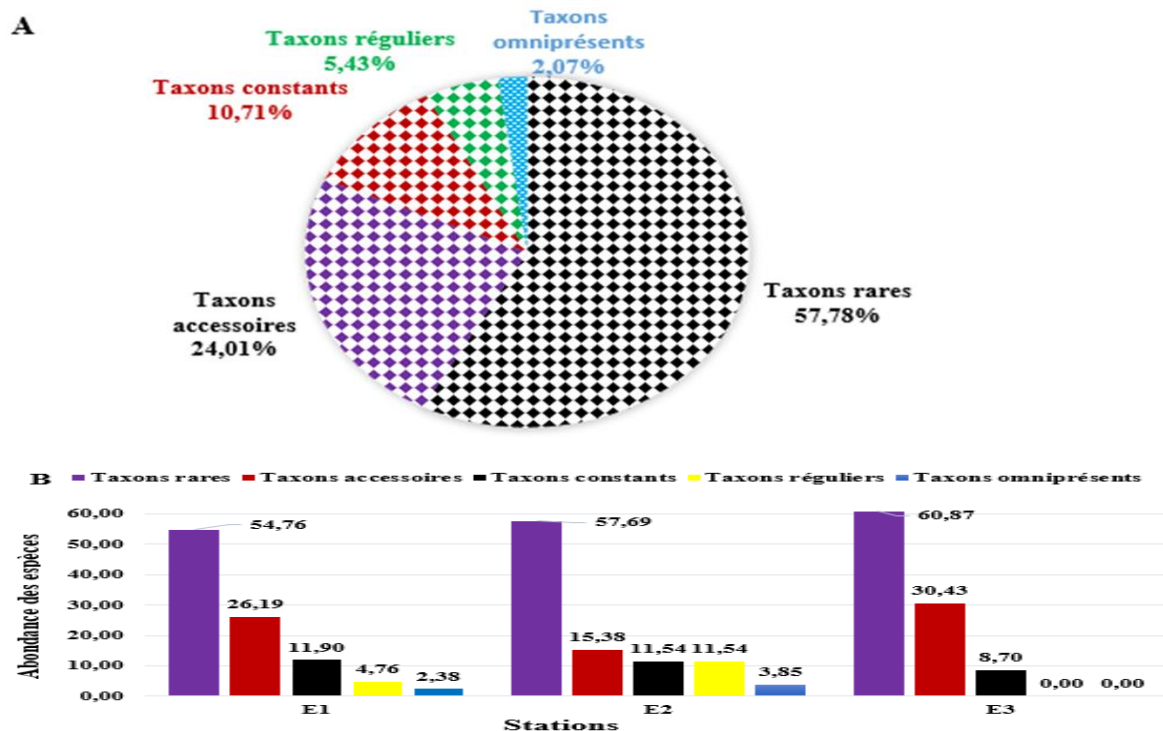


Figure 57 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Ebomé (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau VIII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Ebomé pendant la période d'étude

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	E1	E2	E3	Total	
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Physidae	<i>Aplexe hypnorum</i>	***	***	***	46	
			Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>	**			14	
			Ellobiidae	<i>Auriculodes gaziensis</i>	*			12	
			Pilidae	<i>Occidentalis sp.</i>	*	*	**	36	
				<i>Lanistes libycus</i>	***			3	
				<i>Lanistes carinatus</i>	**	**		10	
				<i>Pila occidentalis</i>	*	***		33	
				<i>Pila wernei</i>			**	33	
				<i>Pila africana</i>	*	*		80	
		<i>Laniste varicus</i>		*		2			
		<i>Pila ovata</i>	*		*	12			
Néogastéropodes	Thiaridae	<i>Thiara scabra</i>	**			27			
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Palaemonidae	<i>Palaemon viphias</i>			*	4	
				<i>Macrobrachium felicinum</i>			*	5	
				<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>			*	32	
				<i>Macrobrachium niloticus</i>	****	****	*	95	
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	*****	*****	**	100	
				<i>Macrobrachium raridiens</i>		**		41	
			Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	**		*	29	
				<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	**			23	
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	**	***	***	53	
				<i>Atya africana</i>	**	*	*	25	
				<i>Caridina africana</i>	**	**	**	275	
				<i>Caridina nilotica</i>	**		**	166	
			Potamonautidae	<i>Potamon sp.</i>	*		**	108	
				<i>Sudonomautes aubryi</i>	*	*		90	
				<i>Liberonautes lactydactylus</i>	**		**	122	
				<i>Sudonomautes africanus</i>	*			13	
				<i>Potamonautes didieri</i>	*	*		333	
				<i>Potamonautes ecrossei</i>	*	*		4	
		<i>Potamonautes nucidae</i>		*			50		
		<i>Globonautes macropus</i>		*			1		
		Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelina sp.</i>	*	*	*	42
				Gerridae	<i>Gerris sp.</i>	****	****	*	86
				Hydrometridae	<i>Hydrometra sp.</i>	*			16
					Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	**	*	*
				<i>Velia sp.</i>	***	*	*	270	
			Tricoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>	*	****		44
			Plécoptères	Perlodidae	<i>Perlodes sp.</i>		*		3
			Coléoptères	Hydroscaphidae	<i>Dinocras eoperla</i>	*			6
				Dystiscidae	<i>Cybister sp.</i>	*			23
			Diptères	Blaberidae	<i>Baetis sp.</i>	*	*		13
				Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>	*			11
			Odonates	Chironomidae	<i>Bezzia sp.</i>	*	*		34
					Gomphidae	<i>Ictinogomphus sp.</i>	***		
<i>Gomphus sp.</i>	*					12			
Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster sp.</i>					*	25		
Corduliidae	<i>Cordulia sp.</i>			*			13		
Coenagrionidae	<i>Coenagrion prop parte</i>			*	*		33		
Libellulidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>				*	*	44		
	<i>Orthetrum sp.</i>		***	**	*	16			
Totaux	3		10	25	51	977	628	1082	2687

III.1.6.4.4- Cours d'eau Grand Batanga

Dans le cours Grand Batanga, un total de 16 taxons a été identifié au rang du genre et/ou espèce (tableau IX), appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 9 ordres, et 16 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 7 ordres (Décapodes, Hémiptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Dyctyoptères Diptères, et Odonates) 16 familles et 24 genres et/ou espèces, suivi des Mollusques avec 1 classe (Gastéropodes), 2 ordres (Basommatophores et Mésogastéropodes), 2 familles et 2 genres/ espèces.

La classe des Insectes est la plus abondante avec 468 individus soit 49,68% d'abondance relative répartis en 6 ordres (Hémiptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Dyctyoptères Diptères, et Odonates), 11 familles et 13 genres et espèces. Elle est suivie par la classe des Crustacés avec 424 individus soit 45,01% d'abondance relative et comtant 1 ordre (Décapodes), 3 familles et 9 genres et/ou espèces, puis la classe des Gastéropodes qui compte 50 individus soit 3,31% d'abondance relative répartis en 2 ordres (Basommatophores et Mésogastéropodes), 2 familles et 2 genres et/ou espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté avec 424 individus, soit 45,01% d'abondance relative, repartis en 4 familles et 6 genres et/ou espèces. Il est suivi des Hémiptères avec 352 individus, soit 37,37% d'abondance relative, repartis en 4 familles et 6 genres et/ou espèces, les Odonates avec 46 individus soit 4,88% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces. Viennent ensuite les Basommatophores avec 22 individus soit 2,97% d'abondance relative, répartis en 1 famille et 1 genre et/ou espèce, les Mésogastéropodes et les Diptères avec respectivement 22 et 24 individus soit 2,34% et 2,55% d'abondance relative, puis enfin, les Ephéméroptères avec 3 individus soit 0,32% d'abondance relative répartis en 1 famille et 1 genre et/ou espèce (figure 58 et 59A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée aux mois de mai, juin, novembre et janvier 2023 avec 5 familles, suivis des mois de juillet, octobre, décembre et février 2023 avec chacun 4 familles. Ensuite viennent les mois de février 2022, mars, avril et juin qui dénombrent chacune 3 familles et le mois d'avril avec 2 familles (figure 59B).



Figure 58 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.

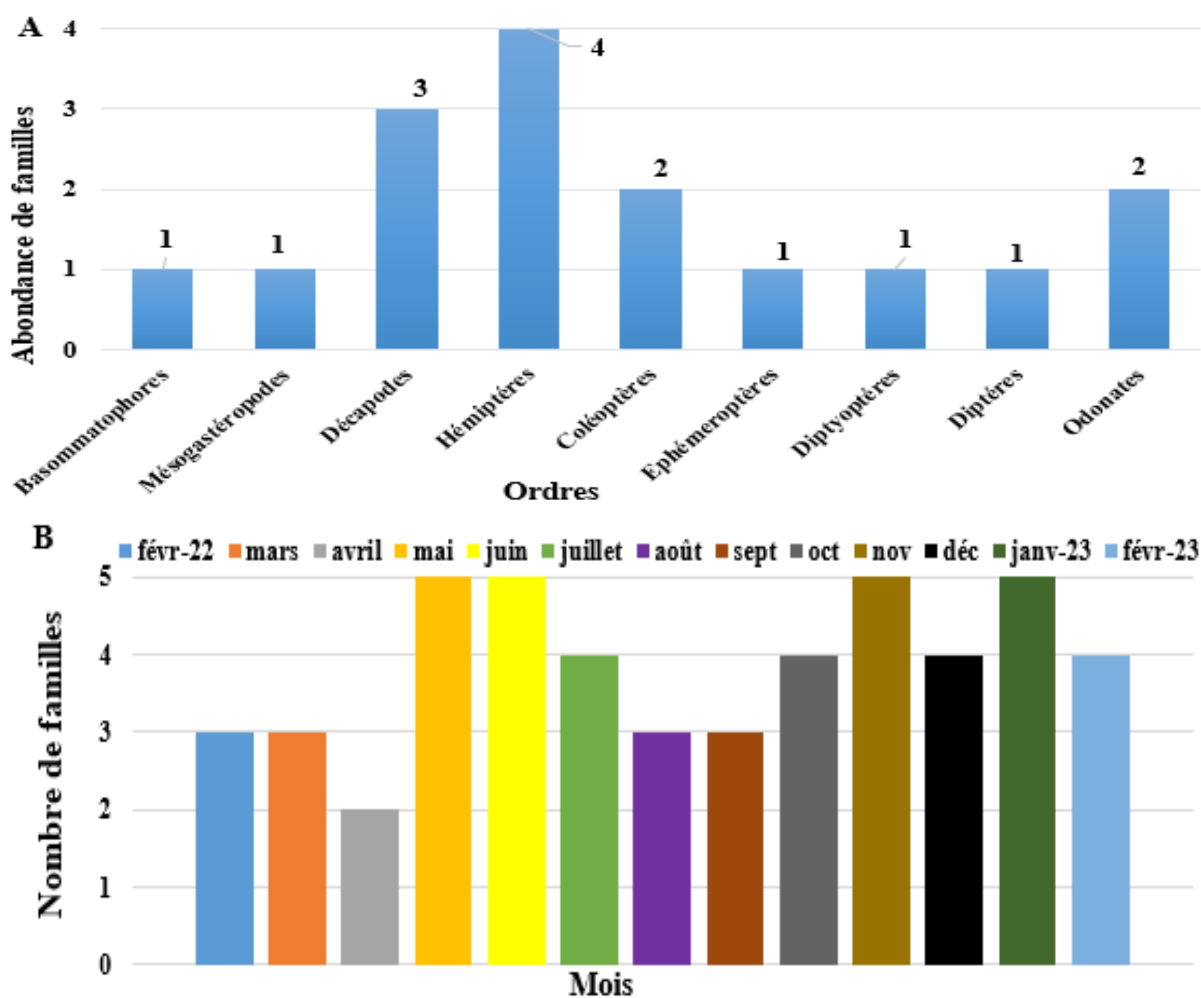


Figure 59 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Grand batanga montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 52,77%. Elles sont suivies par les espèces accessoires (30,22%), les espèces constantes (10,82 %), les espèces régulières (4,61%) et enfin les espèces omniprésentes (1,58%) (figure 60A).

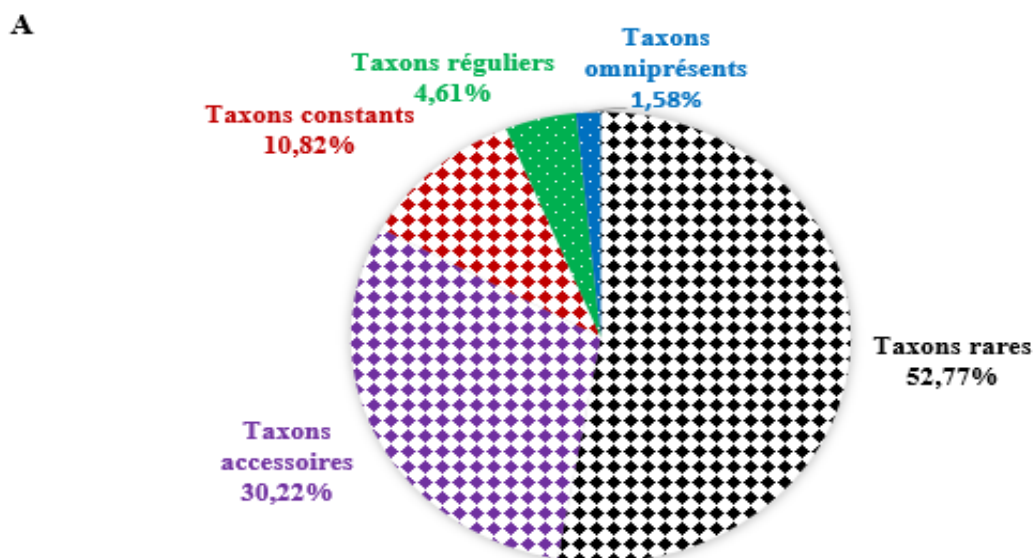
Les taxons rares sont prédominants à toutes les stations avec les fréquences d'occurrence variant de 36,36% à la station G2 à 61,90% à la station G1. Ils sont représentés par les espèces *Pila africana*, *Palaemon viphias*, *Macrobrachium vollenhovenii*, *Macrobrachium paridenus*, *Pagurus hirsutiusculus*, *Potamonautes nucidae*, *Gerrisela settembrinoi*, *Cybister* sp., *Choroerpes* sp., *Baetis* sp., *Chironomini* sp. et *Cordulia* sp., et *Orthetrum* sp.

Les taxons accessoires suivent avec les fréquences d'occurrence variant de 14,29% à la station G1 à 40% à la station G3. Ils sont représentés par les espèces *Macrobrachium macrobrachion* et *Atya* sp.

Les taxons constants figurent exclusivement dans les stations G1 et G2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 14,29% et 18,18%. Ils sont représentés par les espèces *Aytidae* sp., *Microvelia* sp., *Velia* sp., *Ramata* sp. et *Macrobrachium macrobrachion*.

Les taxons réguliers se révèlent uniquement dans les stations G1 et G2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 4,76% et 9,09%. Ils sont représentés par les espèces *Macrobrachium macrobrachion*.

Les taxons omniprésents se montrent uniquement à la station G1 avec une fréquence d'occurrence de 4,76%. Ils sont représentés par l'espèce *Macrobrachium niloticus* (figure 60B).



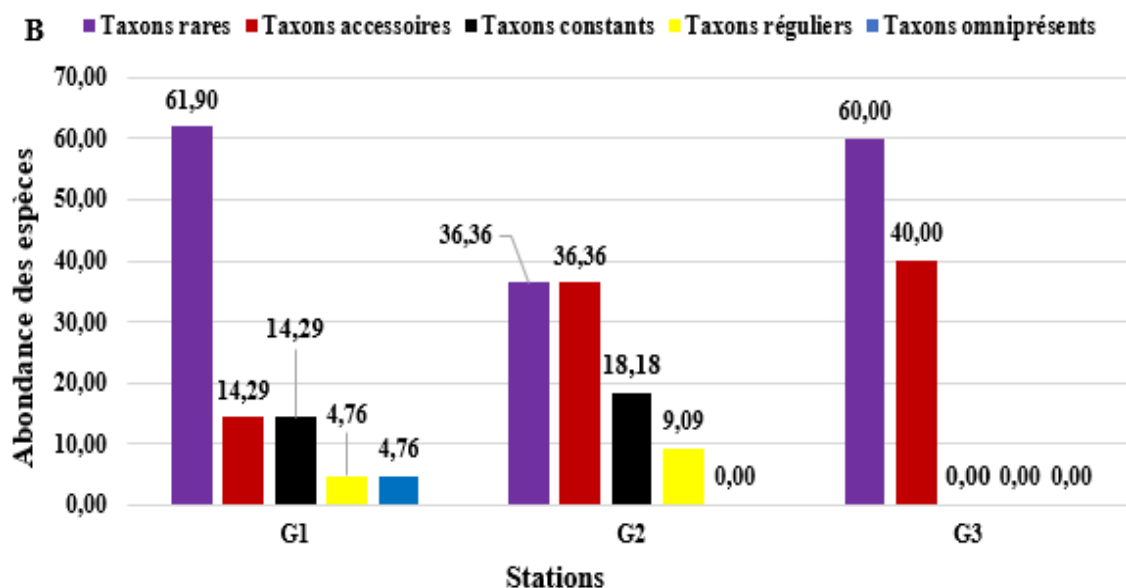


Figure 60 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Grand Batanga (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau IX : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Grand batanga pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	G1	G2	G3	Total	
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Piliidae	<i>Pila africana</i>	*	**		28	
		Mésogastéropodes	Thiaridae	<i>Pachymelania fusca</i>	**	**		22	
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Palaemonidae	<i>Palaemon viphias</i>	*	**		22	
				<i>Macrobrachium felicinum</i>			*	34	
				<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>	*			5	
				<i>Macrobrachium niloticus</i>	*****	**	*	164	
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	****	****	**	125	
				<i>Macrobrachium paridenus</i>	*	*	*	23	
				<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	*	*		27	
				Atyidae	<i>Atya sp.</i>	***	***	**	21
			Potamonautidae	<i>Potamonautes nucidae</i>	*			3	
	Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelgia sp.</i>	**			121	
				Gerridae	<i>Gerris sp.</i>	**			80
					<i>Gerrisela settembrinoi</i>	*			2
				Nepidae	<i>Bracymetra sp.</i>	*			1
			Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	***			88	
				<i>Velia sp.</i>	***			60	
			Coléoptères	Hydroptilidae	<i>Ramata sp.</i>		***		22
				Dystiscidae	<i>Cybister sp.</i>	*			10
			Ephéméroptères	Baetidae	<i>Choroterpes sp.</i>	*			3
			Dictyoptères	Blaberidae	<i>Baetis sp.</i>	*			11
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>	*			24			
Odonates	Corduliidae	<i>Cordulia sp.</i>	*	*		23			
	Libellulidae	<i>Orthetrum sp.</i>		*		23			
Total	3	9	16	24	267	178	497	942	

III.1.6.4.5- Cours d'eau Kienké

Le cours d'eau Kienké totalise 43 taxons, identifiés au rang du genre et/ou espèce (tableau X), appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 14 ordres, et 25 familles. L'embranchement des mollusques est le plus représenté avec 1 classe (Gastéropodes), 10 ordres (Basommatophores, Phaladomyoides, Aricides, Trochides, Myoides, Littorimorphes, Néotaenioglosses, Coenogastéropodes, Néogastéropodes et Mésogastéropodes). L'embranchement des Arthropodes compte 2 classes (Crustacés et Insectes), 4 ordres (Décapodes, Coléoptères, Diptères et Odonates), 12 familles et 16 genres/ espèces.

La classe des Gastéropodes est la plus abondante avec 1044 individus, soit 69,14% d'abondance relative répartis en 10 ordres (Basommatophores, Phaladomyoides, Aricides, Trochides, Myoides, Littorimorphes, Néotaenioglosses, Coenogastéropodes, Néogastéropodes et Mésogastéropodes), 13 familles et 27 genres et espèces. Ensuite vient la classe des Crustacés avec 443 individus, soit 29,34% d'abondance relative, 1 ordre (Décapodes), 9 familles et 13 genres et espèces, puis la classe des Insectes avec 23 individus, soit 1,52% d'abondance relative, 3 ordres (Coléoptères, Diptères et Odonates), 3 familles et 3 genres et espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté avec 443 individus, soit 29,34% d'abondance relative, répartis en 9 familles et 13 genres et/ou espèces, suivi de l'ordre des Néogastéropodes avec 283 individus, soit 18,74% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 9 genres et/ou espèces, les Mésogastéropodes avec 173 individus, soit 11,46% d'abondance relative, repartis en 1 famille et 6 genres et/ou espèces. Les Néotaenioglosses viennent avec 131 individus soit 8,68% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces, les Phaladomyoides avec 107 individus, soit 7,09% d'abondance relative, 1 famille et 1 genre et/ou espèce. Les classes des Basommatophores et les Littorinimorphes dénombrent respectivement 87 et 83 individus, soit 5,76% d'abondance relative 2 familles et 3 espèces puis 5,50% d'abondance relative, 1 famille et 1 genre et/ou espèce. Les ordres des Coenogastréropodes, Myoides et Odonates comptent respectivement 55, 41 et 17 individus soit 3,64% d'abondance relative 1 famille et 2 genres et/ou espèces, 2,72% d'abondance relative 1 famille et 1 genre et/ou espèce et enfin 1,13% d'abondance relative 1 famille et 1 genre et/ou espèce. Les ordres des Coléoptères et Diptères qui comptent respectivement 4 et 2 individus soit 0,26% et 0,13% d'abondance relative avec chacun 1 famille et 1 genre et espèce sont les moins dominants dans ce cours d'eau (figure 61 et 62A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique montre que le mois décembre est le plus diversifié avec 18 familles, suivi des mois de novembre, janvier 2023, février 202, juillet et

octobre qui compte respectivement 17, 16, 16, 15 et 15 familles. Ensuite viennent les mois mars (11 familles), d'avril (8 familles), mai, et août (6 familles). Enfin vient le mois de février 2022 qui compte 1 famille (figure 62B).

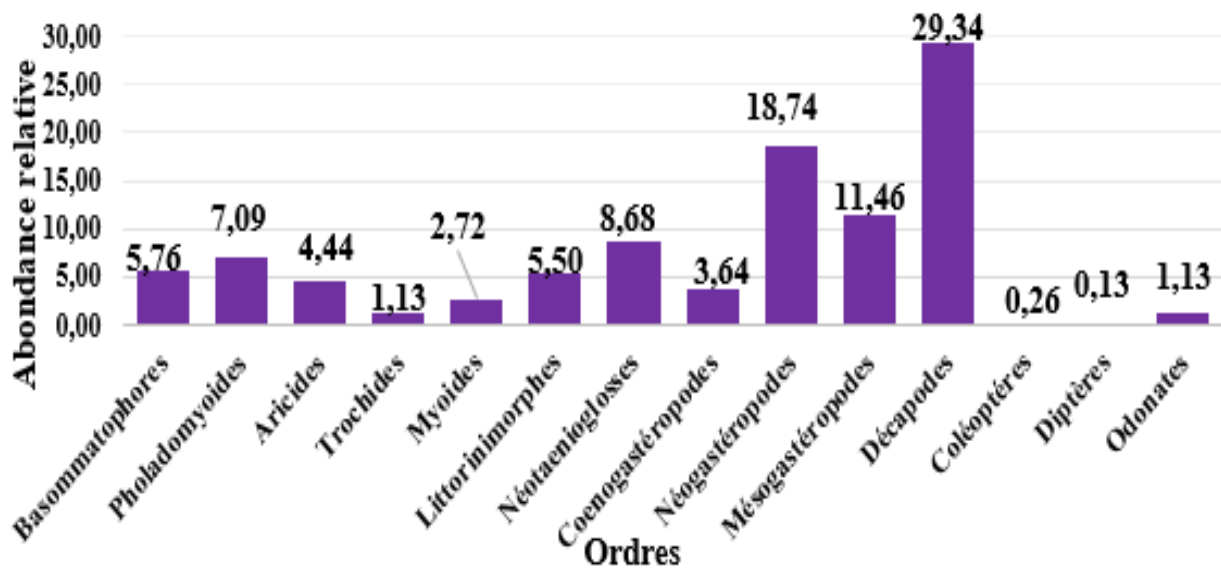


Figure 61 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Kiéncé pendant la période d'étude

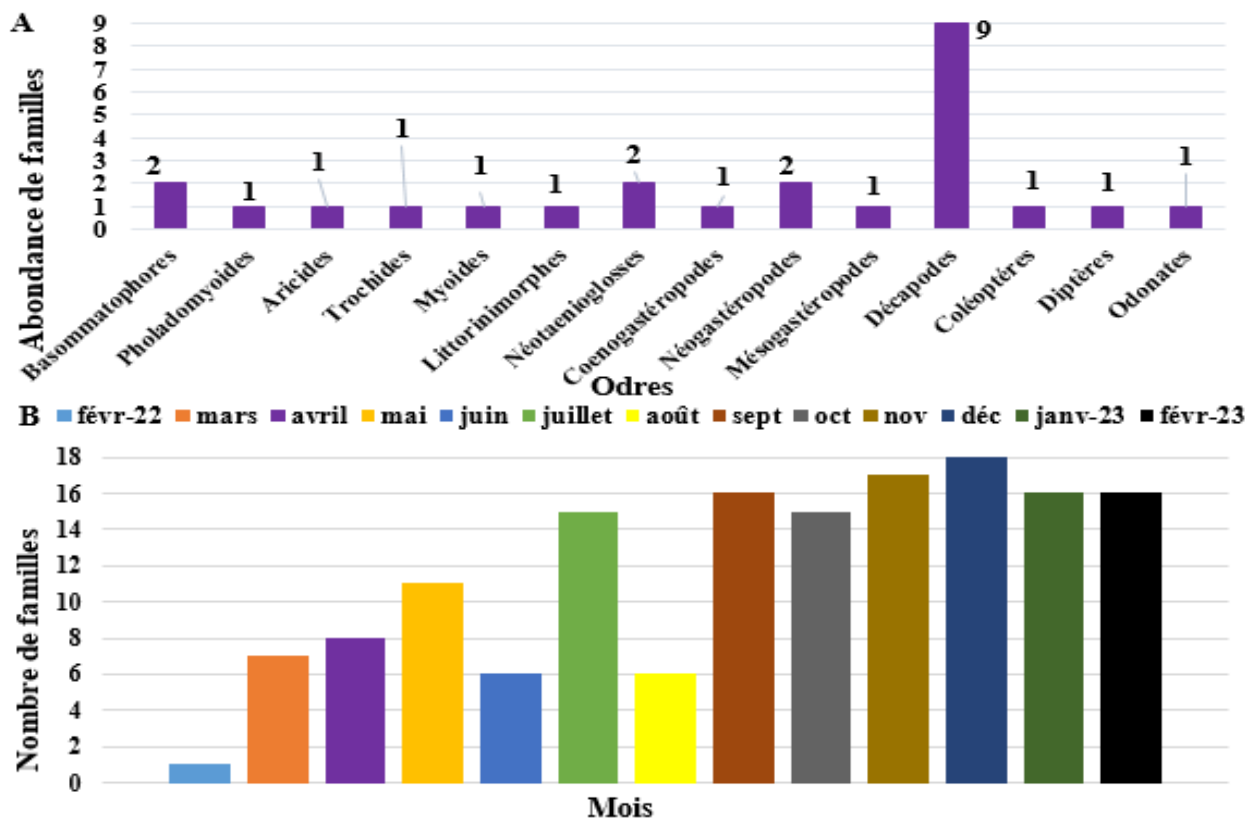


Figure 62 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Kiéncé pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant les 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Casino montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 70,98%. Elles sont suivies par les espèces accessoires (12,03%), les espèces constantes (9,87%). Enfin les espèces régulières (7,12%). Les espèces omniprésentes sont nulles dans ce cours d'eau (figure 63A).

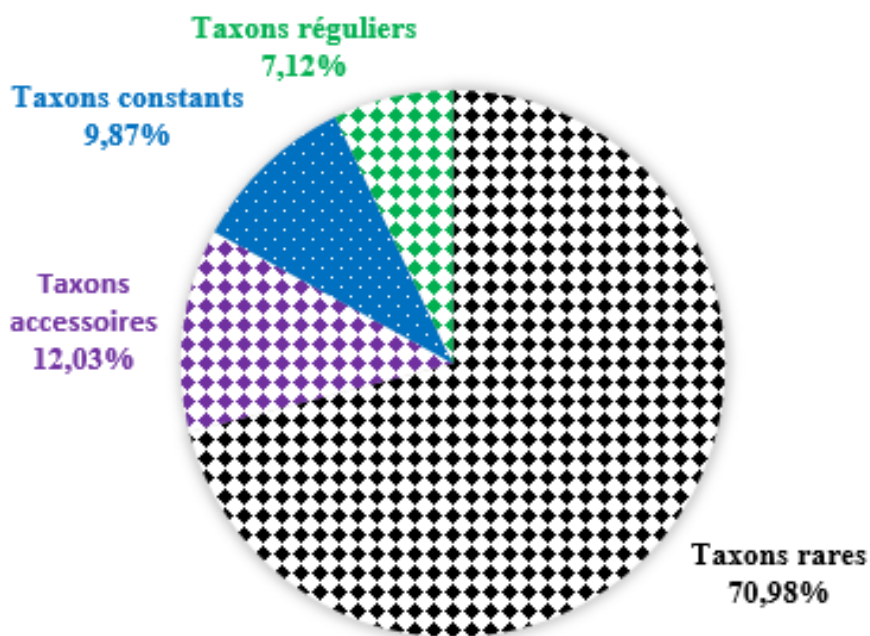
Au niveau des différentes stations de ce cours d'eau, les pourcentages des espèces rares varient de 65,22% (K2), 68,75% (K3) à 78,95% (K1) d'abondance relative. La station K2 est moins abondante en termes des espèces rares. Ces espèces sont : *Littorina scabra*, *Pila ovata*, *Cochlodesma praetenua*, *Barbatia barbata*, *Panopea glycymeris*, *Cassidaria thyrrehaena*, *Lentigo lentiginosus*, *Purpura haemastona*, *Muricopsis cristata*, *Phyllonotus truculus*, *Melanoides angolensis*, *Asthenognathus* sp., *Portunus* sp., *Maja* sp., et *Sympetrum* sp. La plupart de ses espèces appartiennent à la classe des Gastéropodes et l'embranchement des Mollusques.

Pour ce qui est des espèces accessoires, la station K1 est la moins abondante avec une proportion de 10,53%, suivie de la station K3 avec 12,50% et la station K2 avec 13,04% d'abondance relative. Les espèces les moins abondantes de la station K1 sont : *Laniste varicus*, *Melanoides taveta* et *Melanoides angolensis*. L'espèce *Melanoides taveta*, appartenant à la classe des Gastéropodes et l'embranchement des Mollusques est présente dans toutes les stations.

En ce qui concerne les espèces constantes, elles sont présentes dans deux stations avec les différentes proportions. La station K1 est la moins abondante avec 7,89% et celle de la station K2 avec 21,74% d'abondance relative. Ces espèces sont : *Portunus* sp., *Dromia* sp., *Maja* sp., *Palicus* sp., *Portunus pelagicus*, *Paromola* sp., *Bithynia tentaculata*, et *Astraea rugosa*. La station K3 ne présente aucune espèce constante.

Les espèces régulières sont présentes dans les stations K1 soit 2,63% et K3 soit 18,75% d'abondance relative. La station K1 est la moins abondante en espèces régulières. Cette espèce est le *Littorina scabra*, elle appartient à la famille de Littorinidae de l'ordre des Basommatophores et de l'embranchement de Gastéropodes. Enfin, les espèces omniprésentes sont absentes dans toutes les stations (K1, K2 et K3) (figure 63).

A



B

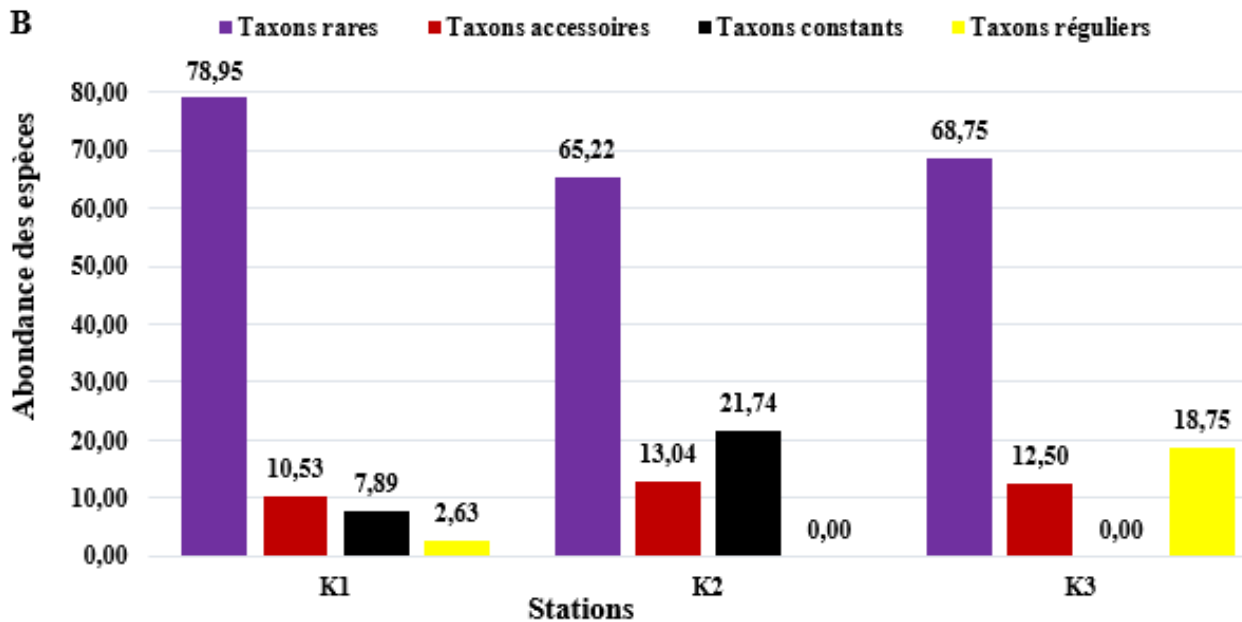


Figure 63 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Kienké (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau X : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Kienké pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	K1	K2	K3	Ab.ab	
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>	****	*	****	47	
			Piliidae	<i>Laniste varicus</i>	**			34	
				<i>Pila ovata</i>		*		6	
		Pholadomyoides	Periplomatidae	<i>Cochlodesma praetenu</i>			*	107	
		Aricides	Aricidae	<i>Barbatia barbata</i>	*	*	****	67	
		Trochides	Turbinidae	<i>Astraea rugosa</i>	*	***	*	17	
		Myoides	Hiatellidae	<i>Panopea glycimeris</i>	*	*		41	
		Litorinimorphes	Bithyiidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	*	***		83	
		Néotaenioglosses	Cassidae	<i>Cassidaria thyrrehena</i>	*	*		47	
			Strombidae	<i>Lentigo lentiginosus</i>	*	*		84	
		Coenogastéropodes	Neritidae	<i>Neritina gagates</i>	*			34	
				<i>Neritina natalensis</i>	*			21	
		Neogastéropodes	Muricidae	<i>Théodoxus fluviatilis</i>	*		*	33	
				<i>Bolinus brandaris</i>	*			12	
				<i>Purpura haemastona</i>		*		32	
				<i>Rapana venosa</i>			*	22	
				<i>Muricopsis cristatus</i>	*	*	*	18	
				<i>Stramonita haemastoma</i>			*	58	
				Volutidae	<i>Phyllonotus truculus</i>	*	*	*	42
					<i>Hadriana craticuloides</i>	*		*	34
					<i>Cymbium olla</i>	*			32
		Mésogastéropodes	Thiaridae	<i>Thiara scabra</i>	*			10	
				<i>Lotadoma libereinsis</i>	*			4	
				<i>Melanoides tiberculata</i>	**			55	
				<i>Melanoide polymorpha</i>	*			29	
				<i>Melanoides taveta</i>	**	**	**	61	
				<i>Melanoides angolensis</i>	**	*		14	
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Paleominidae	<i>Macrobrachium niloticus</i>	*	**		27	
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	*			12	
				<i>Macrobrachium paridenus</i>	*			70	
				<i>Macrobrachium raridiens</i>	*			34	
			Pinnotheroidae	<i>Asthenognathus sp.</i>	*	*		11	
			Goneplacidae	<i>Goneplax sp.</i>	*	*	**	49	
			Homolidae	<i>Paromola sp.</i>	*	***	****	11	
			Portunidae	<i>Portunus pelagicus</i>	*	***	*	22	
				<i>Portunus sp.</i>	***	*	*	15	
			Palicidae	<i>Palicus sp.</i>	*	***		27	
			Dromiidae	<i>Dromia sp.</i>	***	**	*	59	
			Majiidae	<i>Maja sp.</i>	***	*	*	95	
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	*			11	
			Insectes	Coléoptères	Dystiscidae	<i>Dystiscus sp.</i>	*		
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>		*			2		
Odonates	Libellulidae	<i>Sympetrum sp.</i>		*	*		17		
2	3	14	25	43	661	461	433	1510	

III.1.6.4.6- Cours d'eau Lobé

Le cours d'eau Lobé totalise 24 taxons, identifiés au rang du genre et/ou espèce (tableau XI) appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 9 ordres, et 17 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et Insectes), 6 ordres (Décapodes, Hémiptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Diptères et Odonates), 12 familles et 17 genres et/ou espèces, suivi des Mollusques avec 1 classe (Gastéropodes), 3 ordres (Basommatophores, Pholadomyoides et Coenogastéropodes) 5 familles et 7 genres et/ou espèces.

La classe des Insectes est la plus abondante avec 446 individus, soit 69,15% d'abondance relative répartis en 5 ordres (Hémiptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Diptères et Odonates), 10 familles et 12 genres et/ou espèces, suivie des Crustacés avec 131 individus soit 20,31% d'abondance relative répartis en 1 ordre (Décapodes), 2 familles et 3 genres et/ou espèces, et des Gastéropodes avec 68 individus, soit 10,54% d'abondance relative répartis en 3 ordres, 5 familles et 7 genres et/ou espèces.

L'ordre des Hémiptères est le plus représenté avec 256 individus, soit 39,69% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces, suivi des Décapodes avec 131 individus soit 20,31% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 3 genres et/ou espèces. Viennent ensuite les Odonates avec 95 individus soit 14,73% d'abondance relative, répartis en 3 familles et 3 genres et/ou espèces, les Coléoptères avec 73 individus soit 11,32% d'abondance relative, répartis en 3 familles et 5 genres et/ou espèces. Les Coenogastéropodes suivent avec 36 individus soit 5,58% d'abondance relative répartis en 3 familles et 5 genres et/ou espèces ainsi que les Basommatophores avec 27 individus, soit 4,19% d'abondance relative, 2 familles et 3 genres et/ou espèces. Enfin, les Ephéméroptères, les Diptères et les Pholadomyoides comptent respectivement 13, 9 et 5 individus soit 2,02% d'abondance relative 1 famille et 1 espèce et/ou espèce et 0,78% d'abondance relative (1 famille et 1 genre et/ou espèce (figure 64 et 65A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée au mois de mai avec 12 familles, suivi des mois de juin, septembre, juillet et avril avec respectivement 5, 5, 4 et 4 familles. Ensuite viennent les mois de mars, août, octobre, novembre, décembre, janvier 2023 et février 2023 avec chacun 3 familles, puis le mois de février 2022 avec 2 familles (figure 65B).

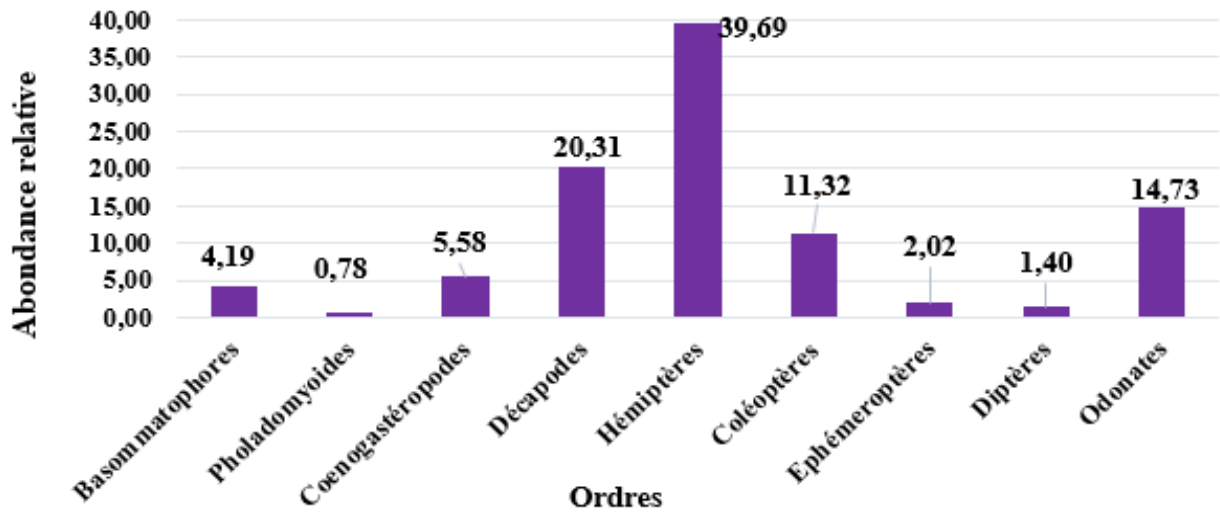


Figure 64 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.

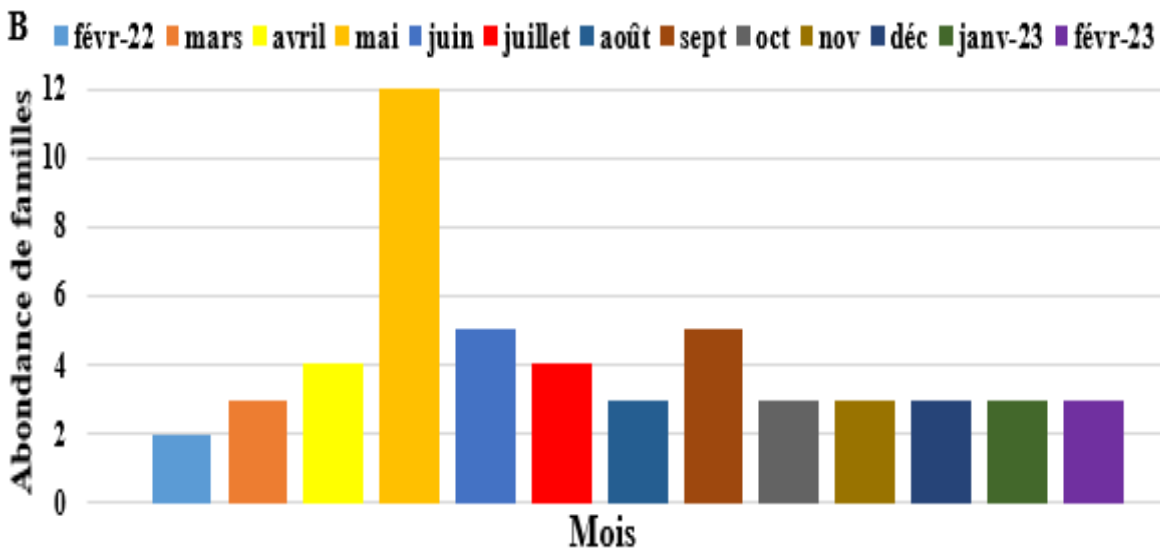


Figure 65 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Lobé montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 81,75% et les espèces accessoires 18,25% d'abondance relative (figure 66A).

Les taxons rares sont prépondérants dans toutes les stations avec des fréquences d'occurrence variant de 66,67% à la station L3 à 100% à la station L2. Ils sont présentés par les espèces *Lanistes libycus*, *Velia* sp. et *Gyrinus* sp. les taxons accessoires se révèlent uniquement dans les stations L1 et L3 avec des fréquences d'occurrence respectives de 21,43% et 33,33%. Ils sont représentés par les espèces *Atyida* sp., *Ictinogomphus* sp. et *Gomphus* sp. (figure 66B).

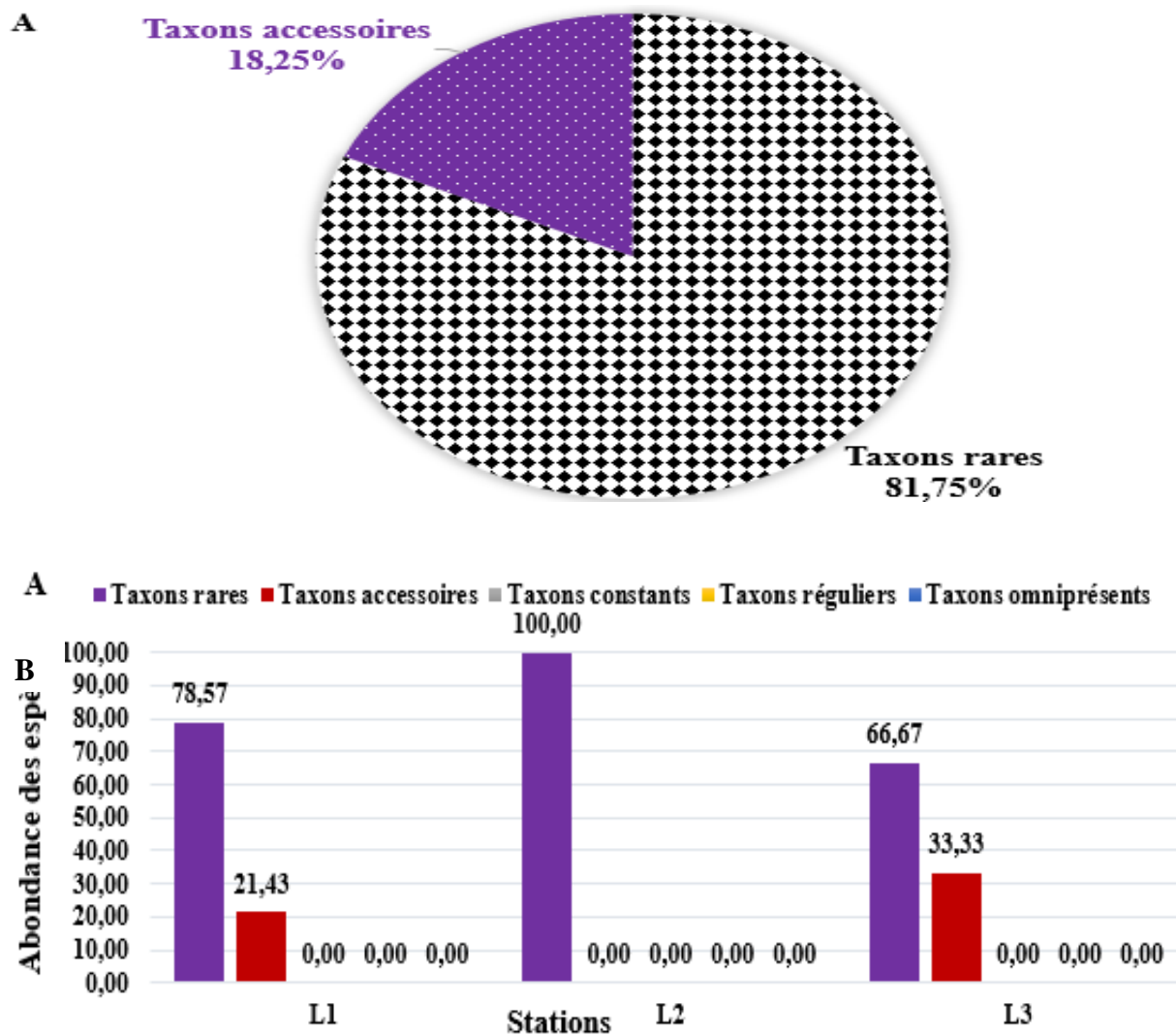


Figure 66 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Lobé (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau XI : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Lobé pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	L1	L2	L3	Ab.ab	
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>			*	1	
			Piliidae	<i>Lanistes libycus</i>		*		18	
		<i>Pila africana</i>			*		8		
		Pholadomyoides	Periplomatidae	<i>Cochlodesma praetenuae</i>		*			5
		Coenogastéropodes	Neritidae	<i>Neritina pulligera</i>	*	*			26
			Thiaridae	<i>Melanoides kinshassansis</i>	*	*			3
				<i>Melanoides tiberculata</i>	*	*			7
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Paleamonodae	<i>Macrobrachium niloticus</i>		*		16	
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	*			82	
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	**		**		33
	Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelia sp.</i>	*	*			233
			Veliidae	<i>Velia sp.</i>		*			23
		Coléoptères	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>	*	*			34
			Chrysomelidae	<i>Macrolea sp.</i>	*	*			22
			Dystiscidae	<i>Potamophilus sp.</i>		*			11
				<i>Dystiscus sp.</i>	*				4
				<i>Cybister sp.</i>		*			2
		Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetopus tenellus</i>	*	*			13
		Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>	*	*			9
		Odonates	Gomphidae	<i>Ictinogomphus sp.</i>	**				22
				<i>Gomphus sp.</i>	**				3
			Coenogrionidae	<i>Coenogrion prop parte</i>				*	33
			Libellulidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>					
		<i>Orthetrum sp.</i>		*	*				35
2	3	9	17	24	188	397	60	645	

Taxons rares (*) ; Taxons accessoires (**) ; Taxons constants (***) ; Taxons réguliers (****) ; Taxons omniprésents (*****)

III.1.6.4.7- Cours d'eau Pangour

Le cours d'eau Pangour totalise 24 taxons, identifiés au rang du genre et/ou espèce (tableau XII) appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 7 ordres, et 14 familles. L'embranchement des Mollusques est le plus représenté avec 1 classe (Gastéropodes), 2 ordres (Basommatophores et Coenogastéropodes), 3 familles et 4 genres et/ou espèces, suivi des Arthropodes avec 2 classes, 5 ordres (Décapodes, Hémiptères, Coléoptères, Diptères et Odonates), 11 famille et 20 genres et/ou espèces.

La classe des Gastéropodes est la plus abondante avec 670 individus, soit 53,13% d'abondance relative répartis en 2 ordres (Basommatophores et Coenogastéropodes), 3 familles et 4 genres et/ou espèces, suivie des Crustacés avec 380 individus, soit 30,13% d'abondance relative répartis en 1 ordre (Décapodes), 4 familles et 10 genres et/ou espèces et des Insectes avec 211 individus, soit 16,73% d'abondance relative répartis en 4 ordres, 7 familles et 10 genres et/ou espèces.

L'ordre des Coenogastéropodes est le plus représenté avec 637 individus, soit 50,52% d'abondance relative, répartis en 1 famille et 2 genres et/ou espèces, suivi des Décapodes avec 380 individus, soit 30,13% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 10 genres et/ou espèces. Les Hémiptères avec 147 individus soit 11,66% d'abondance relative, repartis en 3 familles et 4 genres et/ou espèces. Les Basommatophores suivent avec 33 individus, soit 2,62% d'abondance relative, répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces, les Diptères avec 32 individus, soit 2,54% d'abondance relative repartis en 1 famille et 1 genre et/ ou espèce et les Odonates avec 24 individus, soit 1,90% d'abondance relative, 2 familles et 4 genres et/ou espèces. Enfin, les Coléoptères viennent avec 8 individus, soit 0,63% d'abondance relative, répartis en 1 famille et 1 genre et/ou espèce (figure 67 et 68A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée au mois de juin avec 8 familles, suivi des mois de février 2022, avril, octobre, novembre, décembre et janvier 2023 avec chacun 7 familles. Ensuite viennent les mois de juillet et février 2023 (6 familles), avril et septembre (5 familles), avril et août avec chacun 4 familles (figure 68B).

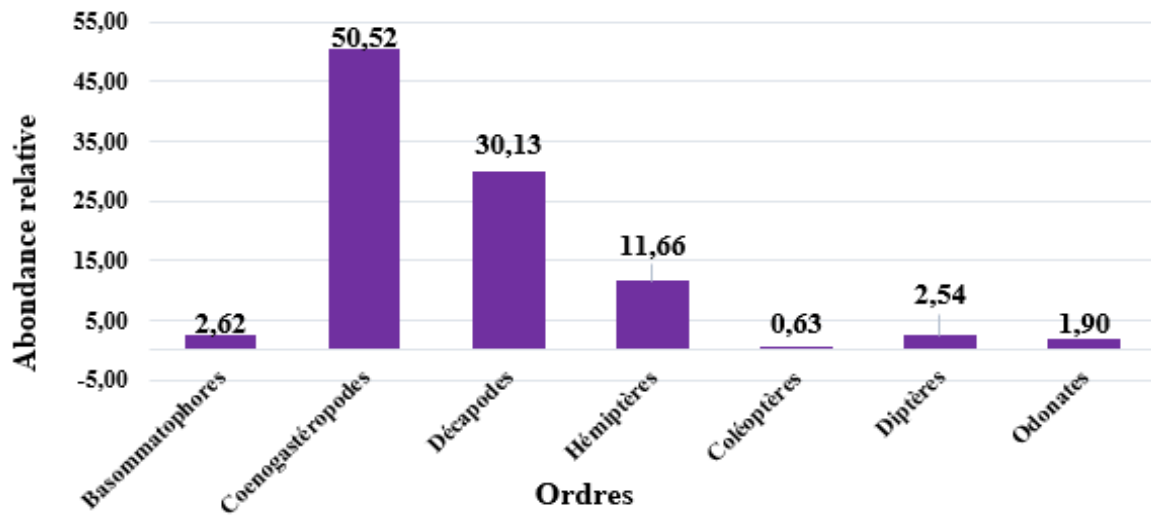


Figure 67 : Abondance des ordres de MIB récoltés dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.

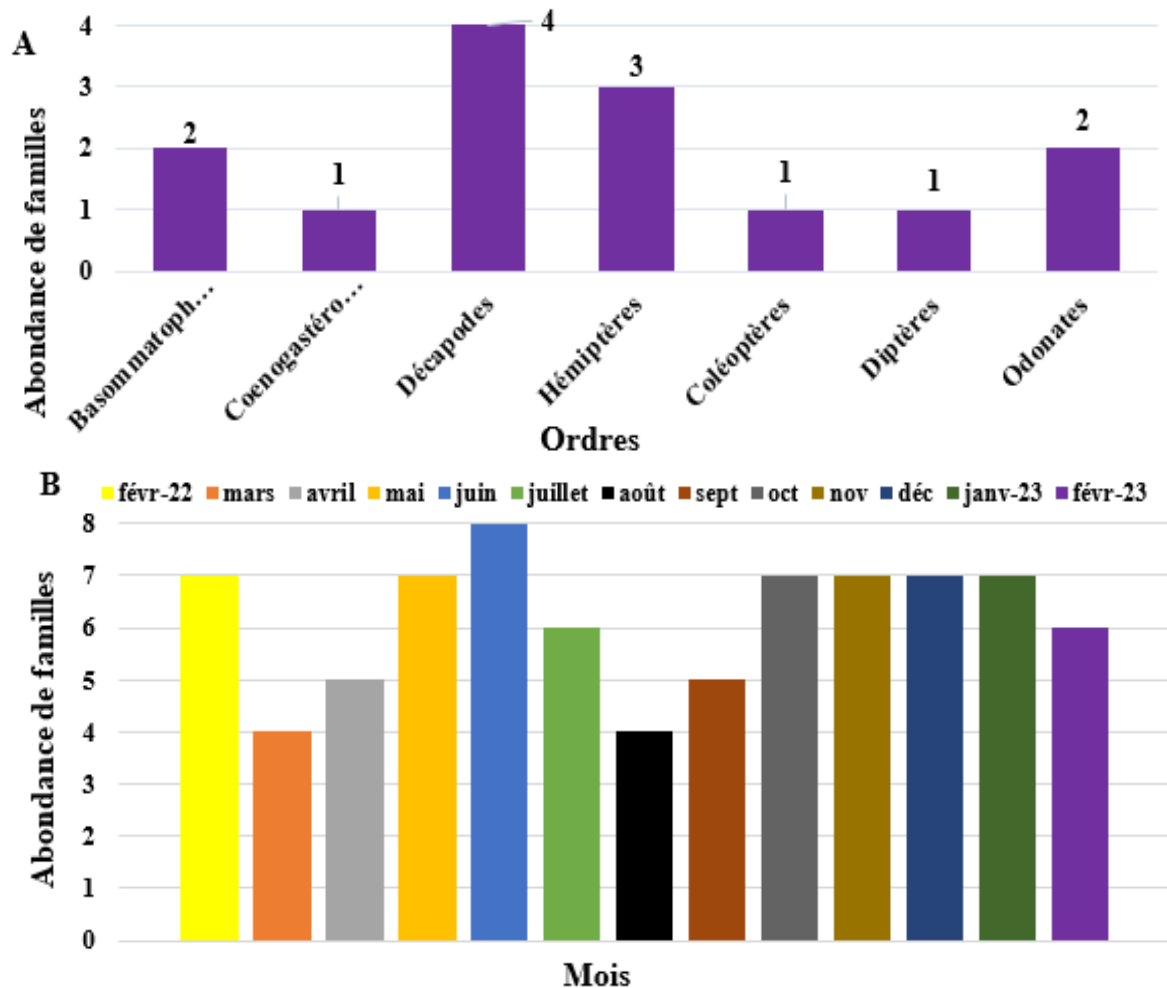


Figure 68 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Pangour montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 68,47%. Elles sont suivies par les espèces constantes (18,47%), les espèces accessoires (6,94%), les espèces régulières (3,33%) et les espèces omniprésentes (2,78%) (figure 69A).

Les taxons rares sont prédominants dans toutes les stations, avec des fréquences d'occurrence variant de 66,67% à la station P3 à 70% à la station P2. Ils sont représentés par les espèces *Macrobrachium niloticus*, *Pagurus hirsutiusculus*, *Sudonomautes aubryi* et *Sudnomautes africanus*, *Mesovelia* sp., *Velia* sp., *Libellula* sp. et *Orthetrum* sp.

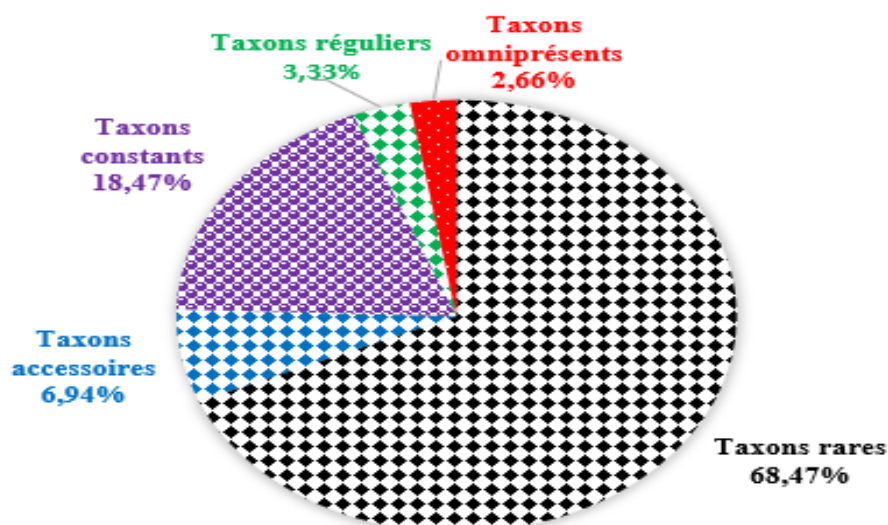
Les taxons constants suivent avec des fréquences d'occurrence variant de 16,67% à la station P3 à 20% à la station P2. Ils sont représentés par l'espèce *Atya* sp.

Les taxons accessoires se révèlent uniquement aux stations P1 et P3 avec des fréquences d'occurrence respectives de 12,50% et 8,33%. Ils sont représentés par les espèces *Melanoides victoria*, *Liberonautes lactydactylus* et *Potamon* sp.

Les taxons réguliers se limitent à la seule station P2 avec pour fréquence d'occurrence 10% et soit représentés par l'espèce *Pachymelania fusca*.

Les taxons omniprésents se montrent à la seule station P3 avec pour fréquence d'occurrence 8,33%. Ils sont également représentés par l'espèce *Pachymelania fusca* (Figure 69B).

A



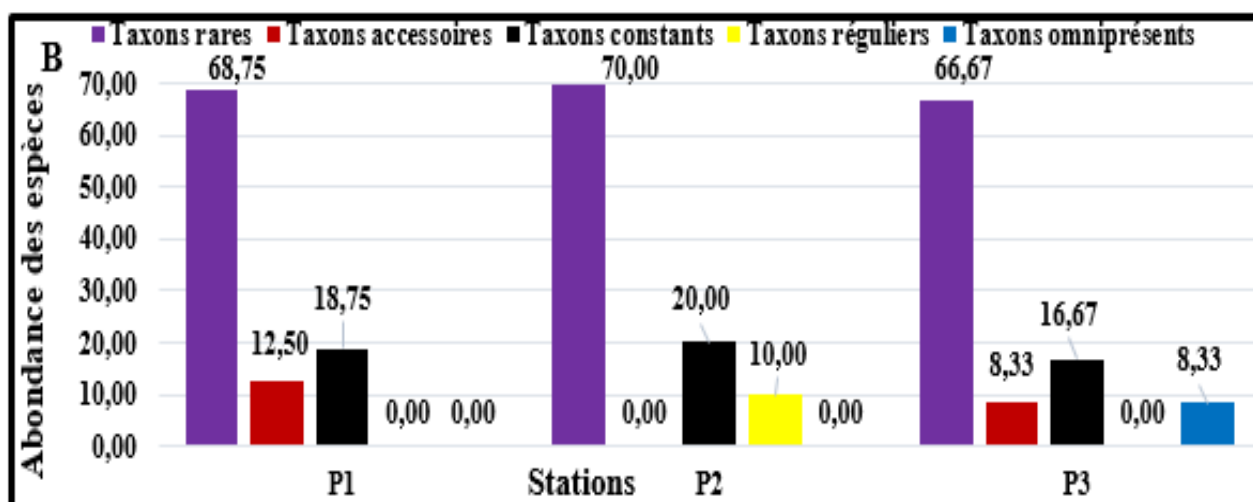


Figure 69: Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Pangour (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau XII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Pangour pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	P1	P2	P3	Ab.ab
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Physidae	Aplexe hypnorum	***			28
			Piliidae	<i>Pila africana</i>	*			5
		Coenogastéropodes	Thiaridae	<i>Melanoides victoria</i>			**	92
<i>Pachymelania fusca</i>	*	****		*****	545			
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Palaemonidae	<i>Macrobrachium niloticus</i>	*	*	*	64
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	***	*	***	76
			Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>		*		42
				<i>Pagurus hirsutiusculus</i>		*	*	37
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	***		***	60
				<i>Liberonautes lactydactylus</i>	**			22
			Potamonautidae	<i>Potamon sp.</i>	**			11
				<i>Sudonomautes aubryi</i>		***	*	26
				<i>Sudonomautes africanus</i>			*	37
			<i>Potamonautes ecrossei</i>	*			5	
	Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelina sp.</i>	*	***	*	22
			Notonectidae	<i>Notonecta sp.</i>	*	*		77
			Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	*			24
		<i>Velia sp.</i>		*		*	24	
		Coleoptères	Hydrophilidae	<i>Hydrophilus sp.</i>	*	*		8
		Diptères	Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>		*		32
		Odonates	Calopterygidae	<i>Calopteryx sp.</i>	*			5
Libellulidae			<i>Libellula sp.</i>			*	3	
			<i>Orthetrum sp.</i>	*		*	13	
<i>Sympetrum sp.</i>					3			
2	3	7	14	24	92	530	639	1261

Taxons rares (*); Taxons accessoires (**); Taxons constants (***); Taxons réguliers (****); Taxons omniprésents (*****)

III.1.6.4.8- Cours d'eau Talla

Le cours d'eau Talla totalise 29 taxons, identifiés au rang du genre et/ou espèce (tableau XIII), appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 9 ordres, et 29 familles. L'embranchement des Arthropodes est le plus représenté avec 2 classes (Crustacés et les Insectes), 8 ordres (Décapodes, Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Diptères et Odonates), 25 familles et 42 genres et/ou espèces.

La classe des Crustacés est la plus abondante avec 2071 individus, soit 63,10% d'abondance relative répartis en 1 ordre (Décapodes), 4 familles et 18 genres et/ou espèces, suivie des Insectes avec 807 individus, soit 24,59% d'abondance relative répartis en 7 ordres (Hémiptères, Trichoptères, Plécoptères, Coléoptères, Ephéméroptères, Diptères et Odonates), 21 familles et 24 genres et/ou espèces. Enfin, la classe des Gastéropodes compte 404 individus, soit 12,31% d'abondance relative répartis en 1 ordre (Basommatophores), 4 familles et 11 genres et/ou espèces.

L'ordre des Décapodes est le plus représenté avec 2071 individus soit 63,10% d'abondance relative, répartis en 4 familles et 18 genres et/ou espèces, suivi des Hémiptères avec 607 individus soit 18,49% d'abondance relative, répartis en 5 familles et 6 genres et/ou espèces. Viennent ensuite les Basommatophores avec 404 individus, soit 12,31% d'abondance relative, repartis en 4 familles et 11 genres et/ou espèces, les Odonates avec 86 individus, soit 2,62% d'abondance relative, répartis en 5 familles et 6 genres et/ou espèces. Les Ephéméroptères avec 36 individus, soit 1,10% d'abondance relative répartis en 2 familles et 2 genres et/ou espèces. Les Coléoptères suivent avec 32 individus, soit 0,98% d'abondance relative, 3 familles et 3 genres et/ou espèces, les Diptères avec 18 individus, soit 0,55% d'abondance relative, 3 familles et 3 genres et/ou espèces, les Plécoptères avec 15 individus, soit 0,46% d'abondance relative, 2 familles et 3 genres et/ou espèces et enfin, les Trichoptères avec 13 individus, soit 0,40% d'abondance relative, 1 famille et 1 genre et/ou espèce (figure 70 et 71A).

Sur le plan temporel, la richesse taxonomique est plus élevée aux mois de juin et février 2023 avec 14 familles, suivis des mois d'avril, décembre et février 2022, avec chacun 13 familles, des mois de mars, novembre (12 familles), janvier 2023 (11 familles), février 2022, octobre (10 familles), septembre (9 familles), août et mars (8 familles) et de juillet (7 familles) (figure 71B).

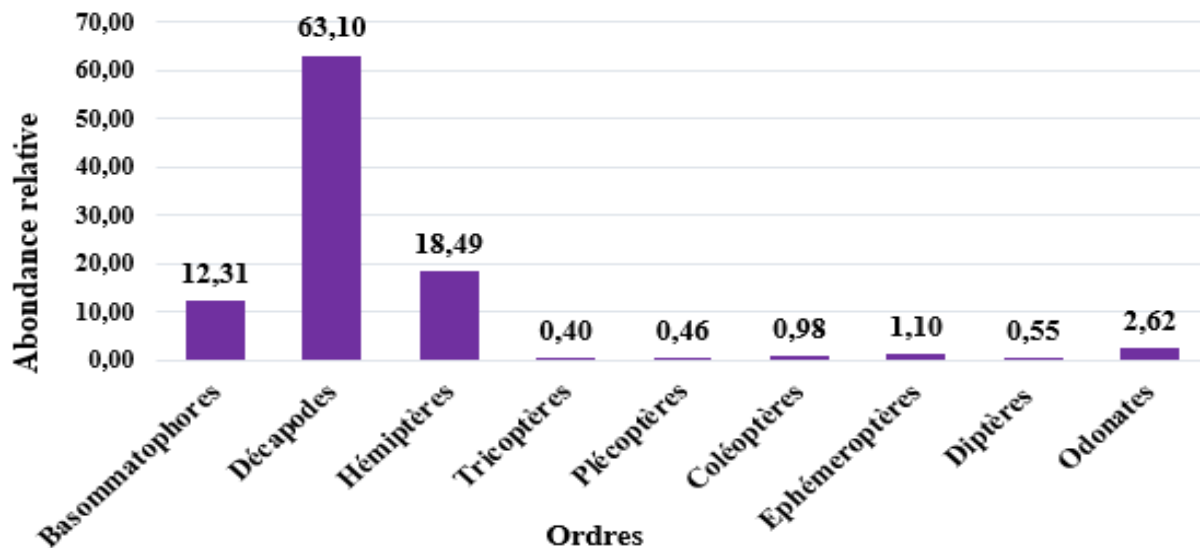


Figure 70 : Abondance des ordres de MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude.

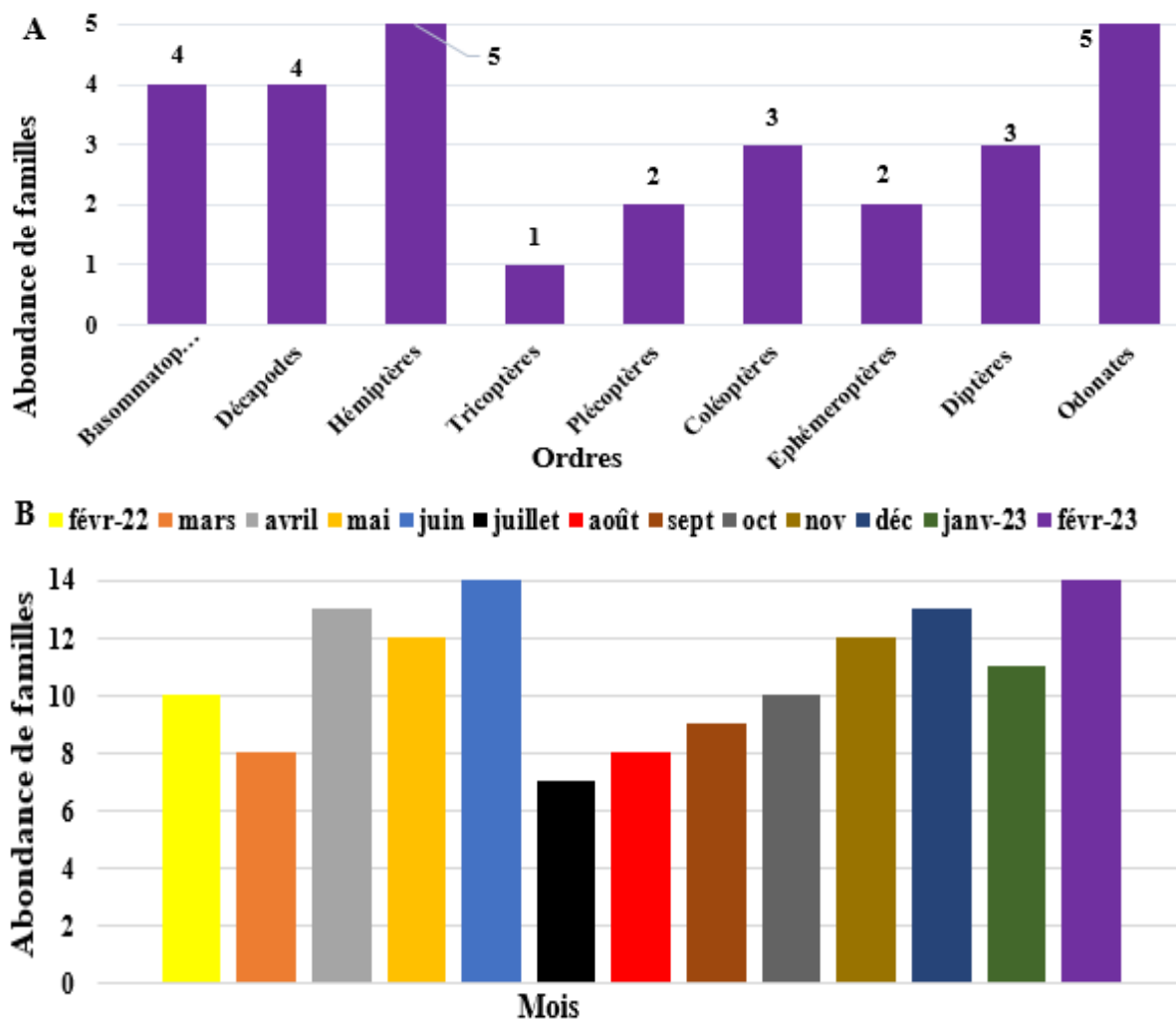


Figure 71 : Abondance des familles (A) et relative (B) par ordres des MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude.

Le calcul des différentes fréquences d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés pendant 13 mois d'échantillonnage dans le cours d'eau Talla montre que les espèces rares sont les plus dominantes, avec une proportion de 52,13%. Elles sont suivies par les espèces constantes (25,28%), les espèces accessoires (18,01 %), les espèces régulières (2,72%) et enfin les espèces omniprésentes (1,87%) (figure 72A).

Les taxons rares dominent à toutes les stations avec des fréquences d'occurrence variant de 42,86% à la station T3 à 58,97% à la station T1. Ils sont représentés par les espèces *Macrobrachium niloticus*, *Macrobrachium paridenus*, *Sudonomautes aubryi*, *Sudonomautes africanus* et *Potamonautes didieri*, communes ces 3 stations, puis *Gomphus* sp., *Cordulegaster* sp., *Cordulia* sp., *Coenogriion pro parte* et *Sympetrum* sp. propres à la station T1, tous appartenant à l'ordre des Odonates.

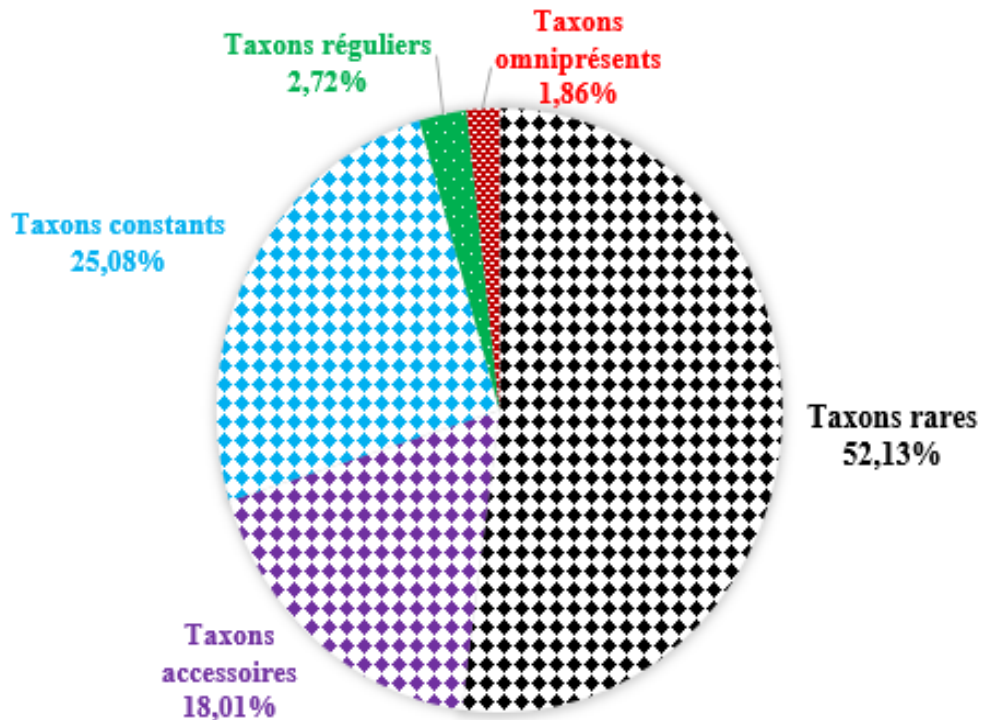
Les taxons accessoires s'établissent le long du cours d'eau suivant des fréquences d'occurrence variant de 9,09% à la station T2 à 32,14% à la station T3. Ils sont représentés par les espèces *Lanistes carinatus*, *Liberonautes lactydauctylus* et *Velia* sp.

Les taxons constants se révèlent le long du cours d'eau suivant des fréquences d'occurrence variant de 20,51% à la station T1 à 30,30% à la station T2. Ils sont représentés par les espèces *Atya* sp., *Atya africana*, *Orthetrum* sp. et *Microvelia* sp.

Les taxons réguliers se cantonnent aux stations T1 et T2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 5,13% et 3,03%. Ils sont représentés par les espèces *Littorina scaba*, *Velia* sp. et *Pachymelania fusca*.

Les taxons omniprésents s'établissent dans les stations T1 et T2 avec des fréquences d'occurrence respectives de 2,56% et 3,03%. Ils sont représentés par la seule espèce *Macrobrachium macrobrachion* (figure 72B).

A



B

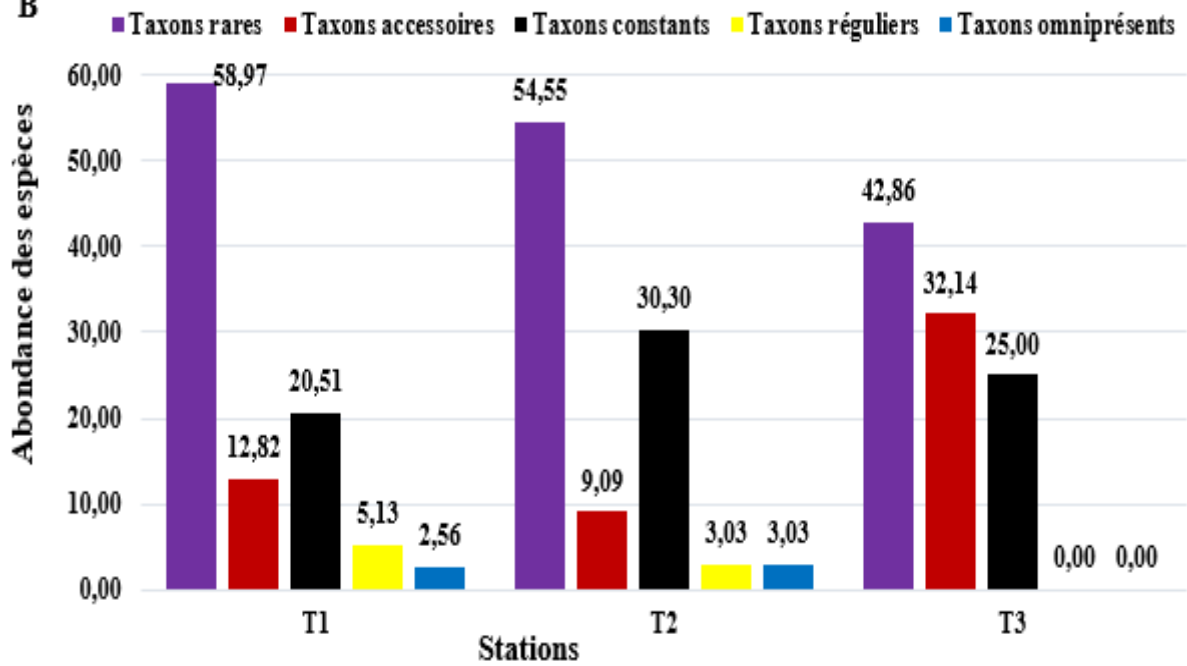


Figure 72 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB dans le cours d'eau Pangour (A) et les stations (B) pendant la période d'étude.

Tableau XIII : Richesse taxonomique, occurrence et abondance absolue des MIB dans le cours d'eau Talla pendant la période d'étude

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	T1	T2	T3	Ab.ab			
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Physidae	<i>Aplexa hypnorum</i>		***	*	11			
			Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>	****	***	***	87			
			Pilidae	<i>Occidentalis sp.</i>		***		9			
			Thiaridae	<i>Lanistes libycus</i>		***		22			
				<i>Lanistes carinatus</i>	**	**		34			
				<i>Pila occidentalis</i>		*		13			
				<i>Pila africana</i>	***	***		133			
				<i>Laniste varicus</i>			**	28			
				<i>Pila ovata</i>	**		*	22			
				<i>Melanoides taveta</i>			**	37			
<i>Pachymelania fusca</i>	*	****	**	8							
Athropodes	Crustacés	Décapodes	Paleamonidae	<i>Macrobrachium felicinum</i>			**	7			
				<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>			*	3			
				<i>Macrobrachium niloticus</i>	*	*	*	49			
				<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	*****	*****	***	500			
				<i>Macrobrachium paridenus</i>	*	*	*	68			
				<i>Macrobrachium raridiens</i>			*	6			
			Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	***	***	**	78			
				<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	***		**	99			
			Atyidae	<i>Atya sp.</i>	***	***	***	60			
				<i>Atya africana</i>	***	***	**	43			
				<i>Caridina africana</i>	***	*	**	226			
				<i>Liberonautes lactyductylus</i>	**	**		66			
				<i>Caridina nilotica</i>	*	*		56			
			Potamonautidae	<i>Potamon sp.</i>	*			46			
				<i>Sudonomautes aubryi</i>	*	*	*	65			
				<i>Sudonomautes africanus</i>	*	*	*	77			
				<i>Potamonautes didieri</i>	*	*	*	37			
				<i>Potamonautes nucidae</i>	**	*	*	585			
			Insectes	Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelia sp.</i>	**	*	*	145	
						Gerridae	<i>Gerrisela settembrinoi</i>	*	*		22
						Hydrometridae	<i>Hydrometra sp.</i>	*			23
						Nepidae	<i>Bracymetra sp.</i>		*		17
						Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	*	***	***	235
					<i>Velia sp.</i>		****	**	***	165	
					Tricoptères	Hydroptilidae	<i>Ramata sp.</i>		*		13
					Plécoptères	Nemouridae	<i>Protonemura sp.</i>	*			4
						Perlodidae	<i>Ptilocolepus gramulatus</i>		*		2
<i>Perlodes sp.</i>	*						9				
Coléoptères	Hydrophilidae	<i>Hydrophilus sp.</i>			*			6			
	Elmidae	<i>Hydrochara sp.</i>					***	22			
	Dystiscidae	<i>Dystiscus sp.</i>			*	*		4			
Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Graphoderus sp.</i>				*		3			
	Baetidae	<i>Baetopus tenellus</i>			*			33			
Diptères	Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>					*	2			
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>			*			4			
	Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>			*			12			
Odonates	Gomphidae	<i>Gomphus sp.</i>			*			4			
	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster sp.</i>			*			4			
	Corduliidae	<i>Cordulia sp.</i>			*			22			
	Coenagrionidae	<i>Coenagrion pro parte</i>			*	*		33			
	Libellulidae	<i>Orthetrum sp.</i>			***	***	***	19			
		<i>Sympetrum sp.</i>			*	*	**	4			
2	3	9			29	53	920	934	1428	3282	

Taxons rares (*) ; Taxons accessoires (**) ; Taxons constants (***) ; Taxons réguliers (****) ; Taxons omniprésents (*****)

III.1.6.4.9. Variation générale de fréquences d'occurrences dans les cours d'eau

Dans le cours d'eau Bwambé, les taxons rares représentent 75,93% de fréquence d'occurrence suivis des taxons accessoires (15,93%), des taxons constants (5,92%) et enfin les taxons réguliers (2,22%). Dans le cours d'eau Casino, les taxons rares représentent 40,57 % de fréquence d'occurrence suivis des taxons constants (28,14%), des taxons accessoires (19,49%), des taxons réguliers (10,02%) et des taxons omniprésents (1,77%). Dans le cours d'eau Ebomé, les taxons rares représentent 57,78% de fréquence d'occurrence suivis des taxons accessoires (24,01%), des taxons constants (10,71%), des taxons réguliers (5,43%) et des taxons omniprésents (2,07%) de fréquence d'occurrence. Dans le cours d'eau Grand Batagna, les taxons rares représentent 52,77% de fréquence d'occurrence suivis des taxons accessoires (30,22%), des taxons constants (10,82%), des taxons réguliers (4,61%) et des taxons omniprésents (1,58%). Dans le cours d'eau Kiéanké, les taxons rares représentent 70,98% de fréquence d'occurrence suivis des taxons accessoires (12,03%), des taxons constants (9,87%) et des taxons réguliers (7,12%). Dans le cours d'eau Lobé, les taxons rares représentent 81,75% de fréquence d'occurrence suivis des taxons accessoires (18,25%). Dans le cours d'eau Pangour, les taxons rares représentent 68,47 % de fréquence d'occurrence suivis des taxons constants (18,47%), des taxons accessoires (6,94%), des taxons réguliers (3,33%) et des taxons omniprésents (2,78%). Dans le cours d'eau Talla, les taxons rares représentent 52,12% de fréquence d'occurrence suivis des taxons constants (25,28%), des taxons accessoires (18,01%), des taxons réguliers (2,72%) et des taxons omniprésents (1,87%) (figure 73).

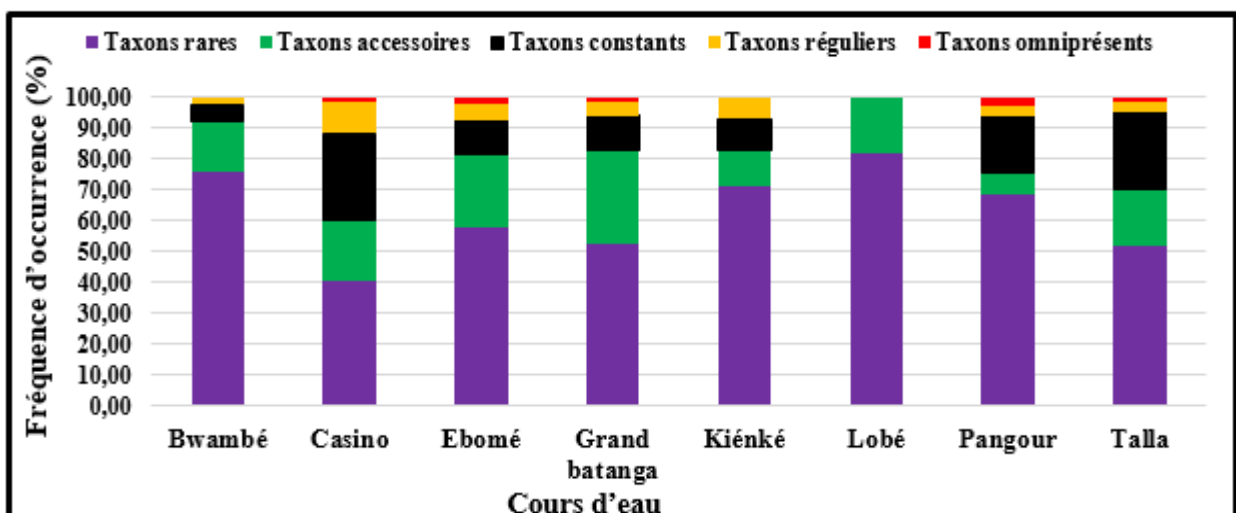


Figure 73 : Fréquence d'occurrence des taxons de macroinvertébrés benthiques récoltés dans chaque cours d'eau durant la période d'étude.

III.1.6.5. Variation saisonnière de la fréquence d'occurrence

Les variations saisonnières de la fréquence d'occurrence des MIB sont consignées dans la figure 74 et le tableau XIV ci-dessous.

Durant la PSP, 96 taxons ont été identifiés dont 45 taxons rares soit 46,88% de fréquence d'occurrence, 32 taxons accessoires soit 33,33% de fréquence d'occurrence, 15 taxons constants soit 15,63% de fréquence d'occurrence, 1 taxon régulier soit 1,04% de fréquence d'occurrence et enfin 3 taxons omniprésents soit 3,13% de fréquence d'occurrence.

Au cours de la GSS, un total de 74 taxons a été identifié parmi lesquels 38 taxons rares soit 51,35% de fréquence d'occurrence, 24 taxons accessoires soit 32,43% de fréquence d'occurrence, 8 taxons réguliers soit 10,81% de fréquence d'occurrence, 2 taxons constants et omniprésents soient 2,70% de fréquence d'occurrence.

Durant de la GSP, 68 taxons ont été répertoriés dont 45 taxons rares soit 66,18% de fréquence d'occurrence, 17 taxons accessoires soit 25% de fréquence d'occurrence, 5 taxons constants soit 7,35% de fréquence d'occurrence et 1 taxon régulier soit 1,47% de fréquence d'occurrence.

Enfin durant de la PSS, un total de 54 taxons a été identifié parmi lesquels 39 taxons rares soit 72,22% de fréquence d'occurrence, 6 taxons accessoires soit 11,11% de fréquence d'occurrence, 4 taxons réguliers et omniprésents soient 7,41% de fréquence d'occurrence.

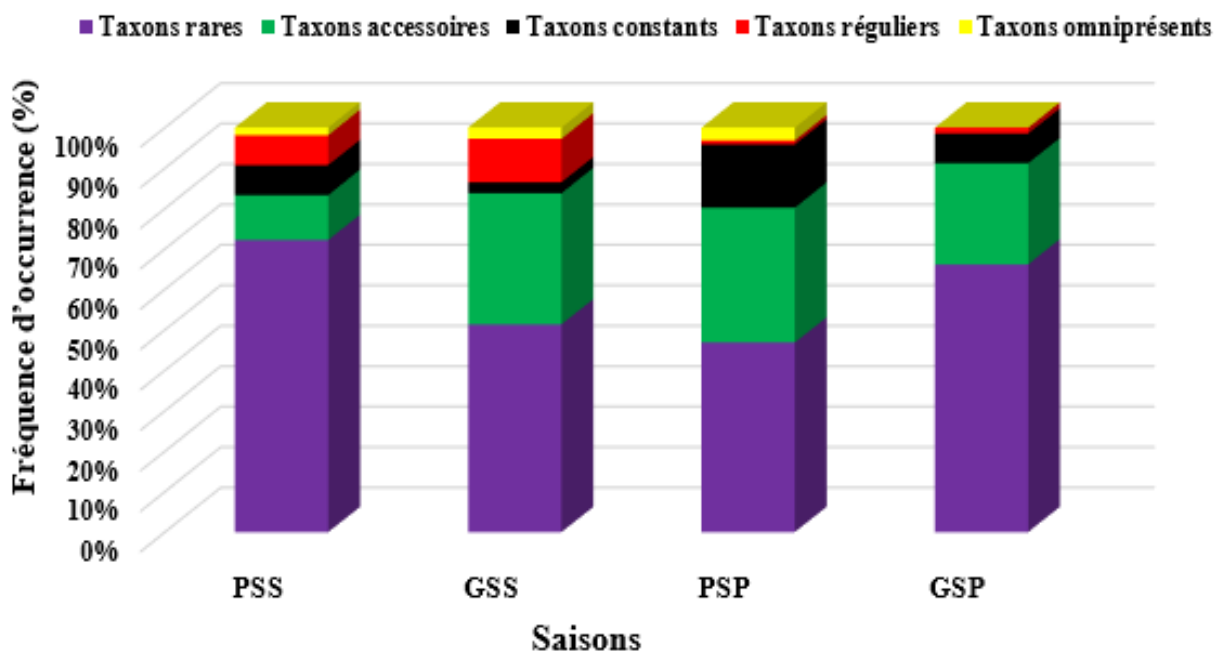


Figure 74 : Fréquence d'occurrence des taxons de MIB par saison pendant la période d'étude.

Tableau XIV : Variation saisonnière de la fréquence d'occurrence des MIB dans les cours d'eau pendant la période d'étude.

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Genres/ Espèces	PSS	GSS	PSP	GSP	Totaux
Mollusques	Gastéropodes	Basommatophores	Lymneidae	<i>Stagnicola sp.</i>	*	*	*	*	30
			Physidae	Aplexe hypnorum	*	**	*	*	297
			Littorinidae	<i>Littorina scabra</i>	*	**	*	*	308
			Ellobiidae	<i>Auriculodes gaziensis</i>	*	*	*	*	31
			Planorbidae	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	**		*		28
			Pilidae	<i>Occidentalis sp.</i>		*	**	*	49
				<i>Lanistes libycus</i>	**	**	**	**	213
				<i>Lanistes carinatus</i>	*	*	*	*	109
				<i>Pila occidentalis</i>	*	*	****		52
				<i>Pila wernei</i>			*		4
				<i>Pila africana</i>		****	***	**	426
				<i>Laniste varicus</i>			*		1
				<i>Pila ovata</i>	**	**	**	*	78
			Pholadomyoides	Periplomatidae	<i>Cochlodesma praetenue</i>			*	*
		Aricides	Aricidae	<i>Barbatia barbata</i>	*	*	*	**	43
		Trochides	Turbinidae	<i>Astraea rugosa</i>	*	**	***	*	48
		Myoides	Hiatellidae	<i>Panopea glycimaris</i>	*	**	***	*	27
		Litorinimorphes	Bithyiidae	<i>Bithynia tentaculata</i>	*	*	**	*	17
		Néotaenioglosses	Cassidae	<i>Cassidaria thyrrhena</i>	**	**	*	*	72
			Strombidae	<i>Lentigo lentiginosus</i>	**	**		**	62
		Coenogastéropodes	Hydrobiidae	<i>Hydrobiidae accrensis</i>		*		*	81
				<i>Hydrobia lineta</i>		**	*	*	138
			Neritidae	<i>Neritina pulligera</i>		**	*	*	76
				<i>Neritina gagates</i>		**	*	*	47
				<i>Neritina natalensis</i>			***		8
				<i>Théodoxus fluviatilis</i>			***		5
		Néogastéropodes	Muricidae	<i>Bolinus brandaris</i>			*		3
				<i>Purpura haemastona</i>			*		2
				<i>Rapana venosa</i>			**		2
				<i>Muricopsis cristatus</i>			**		9
				<i>Stramonita haemastoma</i>			*		1
				<i>Phyllonotus truculus</i>			**		19
			<i>Hadriana craticuloides</i>	*		*		22	
		<i>Cymbium olla</i>			*		2		
		Mésogastéropodes	Paludomidae	<i>Spekia zonata</i>	*	*		*	26
			Thiaridae	<i>Thiara scabra</i>		*		*	73
				<i>Lotadoma libereinsis</i>	*				1
				<i>Melanoides victoria</i>	*	*		*	25
				<i>Melanoides kinshassansis</i>					80
				<i>Melanoides tiberculata</i>		*	***	**	93
				<i>Melanoide polymorpha</i>		*			12
				<i>Melanoides nyassana</i>		**	**	*	32
				<i>Melanoides liebrechtsi</i>		**	**	**	24
				<i>Melanoides dupuisi</i>		***	**	*	28
				<i>Melanoides taveta</i>	**	**	**	*	205
<i>Melanoides angolensis</i>				*			3		
<i>Pachymelania fusca</i>	*****			*****	*****	**	4571		
Athropodes	Crustacés			Décapodes	Palaemonidae	<i>Palaemon viphias</i>		*	**
		<i>Macrobrachium felicinum</i>				*	**	*	58
		<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>				*	**	*	52
		<i>Macrobrachium niloticus</i>	****			****	*****	****	1218
		<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	****			***	***	***	1257
		<i>Macrobrachium paridenus</i>	*			*	**	**	74
		<i>Macrobrachium rardiens</i>				*	**	*	112
		Pinnotheroidea	<i>Asthenognathus sp.</i>					*	
		Goneplacidae	<i>Goneplax sp.</i>	*	*	*	*	13	
		Homolidae	<i>Paromola sp.</i>	*	*	*	**	33	

				Portunidae	<i>Portunus pelagicus</i>	*	**	*	**	19			
					<i>Portunus sp.</i>	*	**	**	**	34			
				Palicidae	<i>Palicus sp.</i>	*	*	*	*	27			
				Dromiidae	<i>Dromia sp.</i>	*	*	*	*	33			
				Majiidae	<i>Maja sp.</i>	*	**	**	*	193			
				Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	*	**	**	*	259			
					<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	*	*	**	*	208			
				Atyidae	<i>Atya sp.</i>	****	*****	*****	***	1080			
					<i>Atya africana</i>	*	****	**	**	494			
					<i>Caridina africana</i>	***	****	**	**	690			
					<i>Liberonautes lactydactylus</i>	*	**	***	***	510			
					<i>Caridina nilotica</i>	*	*	*	*	32			
				Potamonautidae	<i>Potamon sp.</i>	*	**		*	265			
					<i>Sudonomautes aubryi</i>	*	*	**	**	77			
					<i>Sudonomautes africanus</i>		*	**	***	62			
					<i>Potamonautes didieri</i>		**	**	***	88			
					<i>Potamonautes ecrossei</i>		*	**	*	79			
					<i>Potamonautes nucidae</i>		*	*		72			
					<i>Globonautes macropus</i>		*	**		37			
				Hemiptères	Mesovelidae	<i>Mesovelina sp.</i>	***	****	**	*	528		
					Notonectidae	<i>Notonecta sp.</i>			**		2		
					Gerridae	<i>Gerris sp.</i>	****	****	***	*	363		
						<i>Gerrisela settembrinoi</i>		*	*		9		
					Hydrometridae	<i>Hydrometra sp.</i>			*		2		
					Nepidae	<i>Bracymetra sp.</i>			*		3		
					Veliidae	<i>Microvelia sp.</i>	***	****	***	*	489		
						<i>Velia sp.</i>	***	*****	***	*	312		
					Tricoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche sp.</i>			*		3	
						Hydroptilidae	<i>Ramata sp.</i>	*		*	*	16	
					Plécoptères	Nemouridae	<i>Protonemura sp.</i>	*				1	
				Perlodidae		<i>Ptilocolepus gramulatus</i>		*			4		
						<i>Perlodes sp.</i>			*	*	8		
				Coléoptères	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp.</i>	*	**	*	*	94		
					Hydroscaphidae	<i>Dinocras eoperla</i>	*				1		
					Hydrophilidae	<i>Hydrophilus sp.</i>	*				1		
					Chysomelidae	<i>Hydroscapha sp.</i>			*		9		
					Elmidae	<i>Hydrochara sp.</i>			*		6		
					Chrysomelidae	<i>Macrolea sp.</i>			*		4		
						<i>Potamophilus sp.</i>			*		2		
						<i>Dystiscus sp.</i>		*	**		16		
					<i>Cybister sp.</i>			*		5			
				Ephéméroptères	Leptophlebiidae	<i>Graphoderus sp.</i>			**		3		
					Baetidae	<i>Baetopus tenellus</i>	*				1		
						<i>Choroterpes sp.</i>			*		3		
				Diptyoptères	Blaberidae	<i>Baetis sp.</i>			*		1		
				Diptères	Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>		*	**		8		
					Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	*				1		
					Chironomidae	<i>Chironomini sp.</i>		*	***		34		
				Odonates	Gomphidae	<i>Ictinogomphus sp.</i>	*	*		*	22		
						<i>Gomphus sp.</i>			***		9		
					Calopterygidae	<i>Calopteryx sp.</i>			*		5		
					Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster sp.</i>	*				1		
					Corduliidae	<i>Cordulia sp.</i>			***		3		
						<i>Coenagrion prop parte</i>		*	**	*	19		
					Coenagrionidae	<i>Nehalennia speciosa</i>			*		13		
						<i>Libellula sp.</i>	*	**	*	**	69		
					Libellulidae	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>			*	*	6		
						<i>Orthetrum sp.</i>		*	***	**	222		
				<i>Sympetrum sp.</i>					**	25			
				2	3	19	58	116	1041	8549	3401	4064	17055

Taxons rares (*) ; Taxons accessoires (**) ; Taxons constants (***) ; Taxons réguliers (****) ; Taxons omniprésents (*****)

III.1.7- Indices Biocénétiques

III.1.7.1- Variation temporelle de l'indice de Shannon & Weaver, de l'Equitabilité de Piélou, de l'indice de Simpson et de la richesse spécifique

Les valeurs des indices de Shannon & Weaver, l'Equitabilité de Pielou varient en dents de scie. Alors que l'indice de Simpson présente une courbe relativement horizontale. L'indice H' de Shannon & Weaver a varié de 2,74 bits à 3,50 bits en janvier et février 2023 soit une moyenne de $2,74 \pm 0,12$ bits.

L'indice d'Equitabilité J de Pielou a varié de 2,80 (août) à 4,45 (janvier et février 2022) pour une valeur moyenne de $2,69 \pm 0,11$.

L'indice de Simpson a varié de 0,66 (avril) à 0,95 (janvier et février 2023) pour une moyenne de $0,83 \pm 0,11$ bit.

La richesse spécifique (S) de MIB varie de 29 espèces enregistrées au mois d'août à 65 espèces en janvier et février 2023 pour une moyenne de $53,61 \pm 13,443$ espèces (figure 75). Le test de Kruskal-Wallis présente des différences significatives entre les mois d'octobre et août ($p < 0,05$) et aucune différence n'étant observée entre le mois de novembre et décembre.

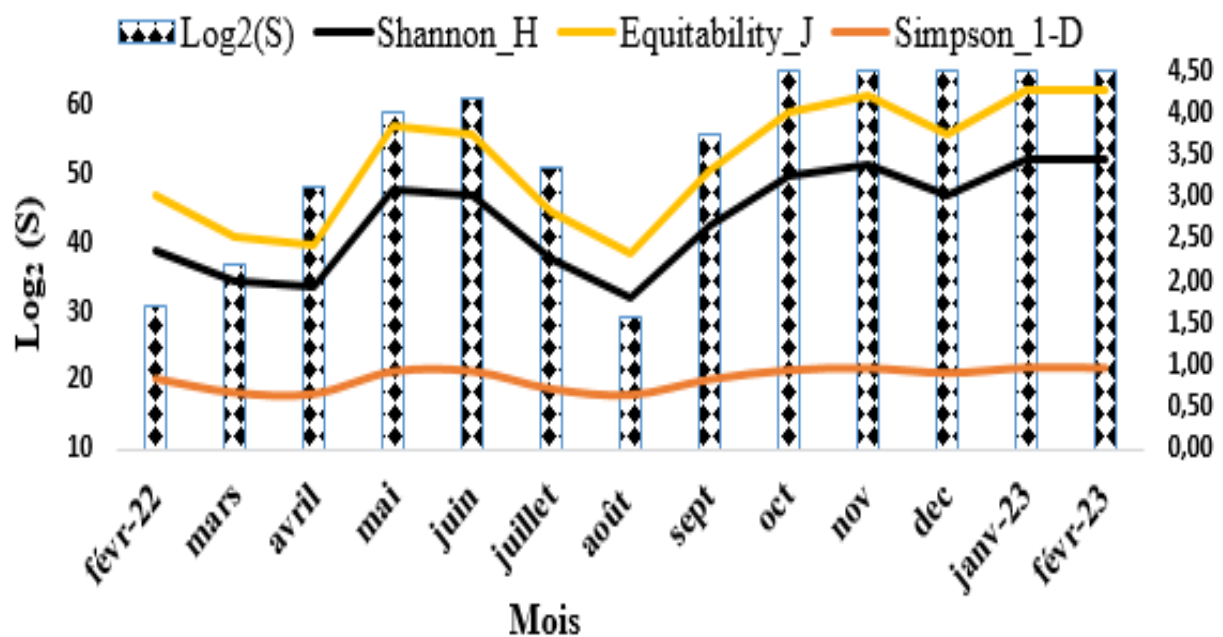


Figure 75 : Variation temporelle de l'indice de Shannon & Weaver, d'Equitabilité de Pielou, de Simpson et de la richesse spécifique pendant la période d'étude.

III.1.7.2- Variation spatiale de l'indice de Shannon et Weaver, d'Équitabilité de Piélou, de l'indice de Simpson et de la richesse spécifique

L'indice de Shannon & Weaver varie en moyenne de 3,30 bits dans le cours d'eau Lobé à 4,50 bits dans le cours Kienké. Les cours d'eau Pangour, Grand Batanga, Bwambé, Casino, Talla et Ebomé présentent respectivement les valeurs en moyennes de 3,50 ; 3,60 ; 3,65 ; 4,01 ; 4,03 et 4,02 bits.

L'indice d'équitabilité J de Piélou qui varie en moyenne de 4,30 dans le cours d'eau Lobé à 5,50 dans le cours d'eau Kienké. Les cours d'eau Casino, Talla, Ebomé, Pangour, Grand batanga, et Bwambé présentent respectivement des valeurs moyennes de 5,01 ; 5,02 ; 5,35 ; 4,60 ; 4,61 et 5 bits.

Pour l'indice de dominance de Simpson, il varie en moyenne de 0,79 dans le cours d'eau Pangour à 0,96 dans le cours d'eau Casino. Les cours d'eau Lobé, Grand batanga, Talla et Kienké, Bwanbé et Ebomé présentent des valeurs moyennes respectives de 0,83, 0,91, 0,92, 0,93 et 0,95 bits.

Pour la richesse spécifique, elle a varié en moyenne de 24 espèces dans les cours d'eau Pangour, Grand batanga, Bwambé et Lobé à 65 espèces dans le cours d'eau Casino (figure 76). Les cours d'eau Kienké, Ebomé et Talla enregistrent des moyennes respectives de 44, 49 et 53 espèces.

Le test de Kruskal-Wallis présente des différences significatives entre le cours d'eau Casino et Pangour ($p < 0,05$).

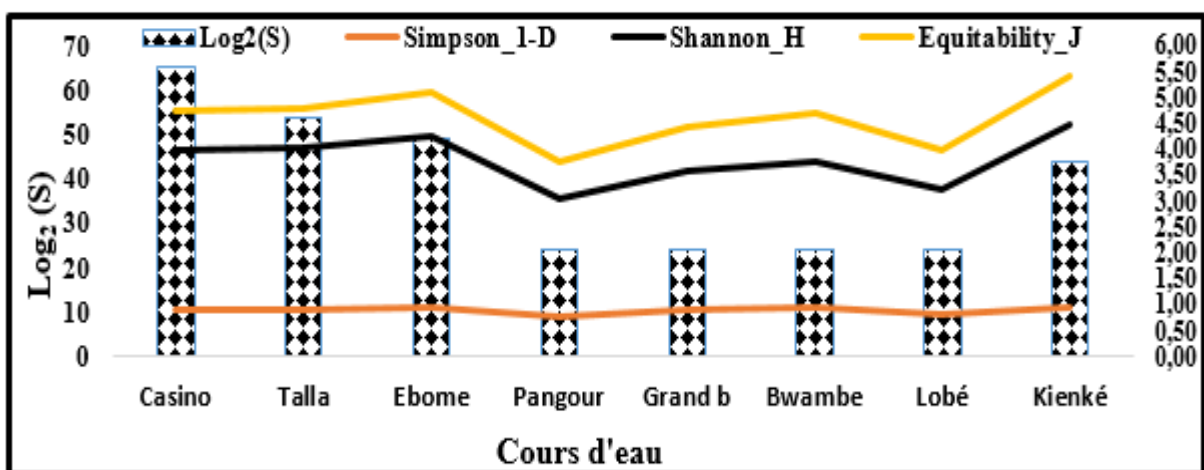


Figure 76 : Variation spatiale de l'indice de Shannon & Weaver, d'Équitailité de Pielou, de Simpson et de la richesse spécifique pendant la période d'étude.

III.1.7.3- Variation saisonnière de l'indice de Shannon & Weaver, d'Equitabilité de Piélou, de l'indice de Simpson et de la richesse spécifique

L'indice de diversité de Shannon & Weaver qui varie en moyenne d'une saison à l'autre. Ainsi, la faible valeur (3,00 bits) a été enregistrée en PSS, alors que la plus grande valeur (4,00 bits) a été obtenue à la GSS.

L'Equitabilité J de Piélou varie en moyenne de 4,00 en PSS à 5,00 durant la GSS.

L'indice de dominance de Simpson lui présente des valeurs qui s'étalent en moyenne de 0,71 en PSS à 0,93 en GSS.

Parlant de la richesse spécifique, elle s'étale de 51 espèces en PSS à 97 espèces en PSP (figure 77). Le test de Kruskal-Wallis présente des différences significatives entre la PSS et la PSP ($p < 0,05$).

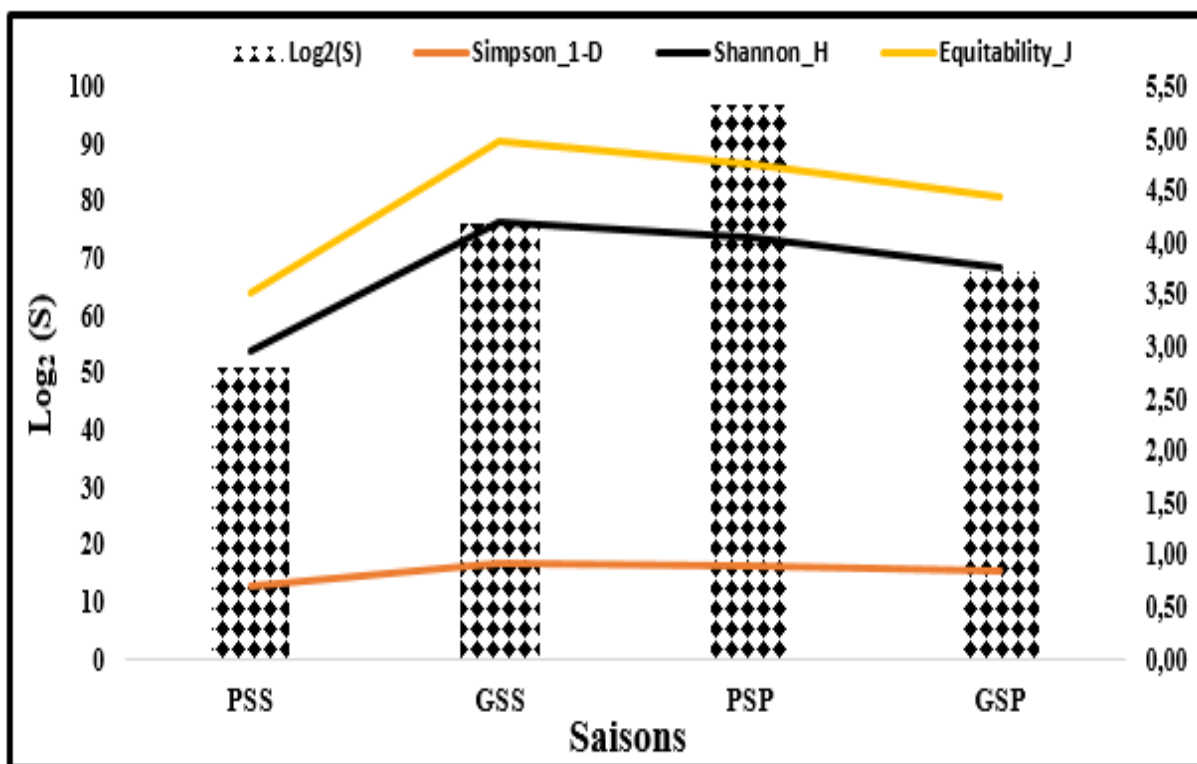


Figure 77 : Variation saisonnière de l'indice Shannon & Weaver, Equitabilité de Pielou, Simpson et richesse spécifique pendant la période d'étude.

III.1.8. Influence des paramètres physicochimiques des cours d'eau sur la distribution des macroinvertébrés benthiques

L'influence des paramètres abiotiques sur la faune récoltée a été déterminée par le test de corrélation r de Spearman. Le tableau de corrélations est illustré à l'annexe 1. D'après les résultats obtenus, 23 espèces ont été corrélées aux paramètres physico-chimiques.

Des fortes corrélations positives ont été observées entre le pH et les espèces *Atya* sp. ($r=0,76^{***}$), *Pila africana* ($r=0,74^{***}$), *Atya africana* ($r=0,72^{***}$), *Potamonautes nucidae* ($r=0,71^{***}$), *Littorina scabra* ($r=0,69^{***}$), *Macrobrachium macrobrachion* ($r=0,63^{***}$), *Mesovelia* sp. ($r=0,58^{***}$), *Potamon* sp. ($r=0,56^{***}$), *Macrobrachium niloticus* ($r=0,45^{**}$), *Pagurus bernhardus* ($r=0,45^{**}$) et *Gerris* sp. ($r=0,40^{**}$).

Les corrélations ont également été fortement positives entre la température et l'espèce *Pachymelania fusca* ($r=0,81^{***}$), *Atyda africana* ($r=0,51^{**}$), *Orthetrum* sp. ($r=0,44^{**}$), *Mesovelia* sp. ($r=0,42^{**}$) et *Macrobrachium macrobrachion* ($r=0,39^{*}$).

Les corrélations entre l'oxygène dissous et les MIB n'ont pas été très visibles. Quelques corrélations positives mais faibles ont été révélées entre oxygène dissous et les espèces *Macrobrachium niloticus* ($r=0,35^{*}$), *Orthetrum* sp. ($r=0,26$), *Atya* sp. ($r=0,22^{*}$), *Atyda africana* ($r=0,20^{*}$) et *Pachymelania fusca* ($r=0,18^{*}$).

Il en est de même du dioxyde de carbone (CO_2) dissous dont les corrélations avec les macroinvertébrés benthiques n'ont pas été remarquables. Il s'agit des espèces *Pila africana* ($r=0,44^{**}$), *Littorina scabra* ($r=0,41^{**}$), *Atya* sp. ($r=0,36^{*}$), *Atyda africana* ($r=0,32^{*}$) et *Mesovelia* sp. ($r=0,30^{*}$).

Exceptée l'espèce *Macrobrachium paridenus* dont les corrélations avec la turbidité sont fortement positives ($r=0,62$), les autres MIB n'affectent pas ce paramètre avec lequel leurs corrélations restent beaucoup plus négatives.

Les corrélations des MIB avec la conductivité sont faibles et dépassent pas 36% (*Macrobrachium paridenus*).

De même, les corrélations entre les MIB et la salinité sont beaucoup plus négatives et il en est de même des corrélations avec les nitrates. Le Correlogramme ci-dessus montre l'influence des paramètres physicochimiques des différents cours d'eau sur la distribution des macroinvertébrés benthiques pendant la période d'étude (figure 78). Les différentes valeurs sont consignés dans l'annexe 3.

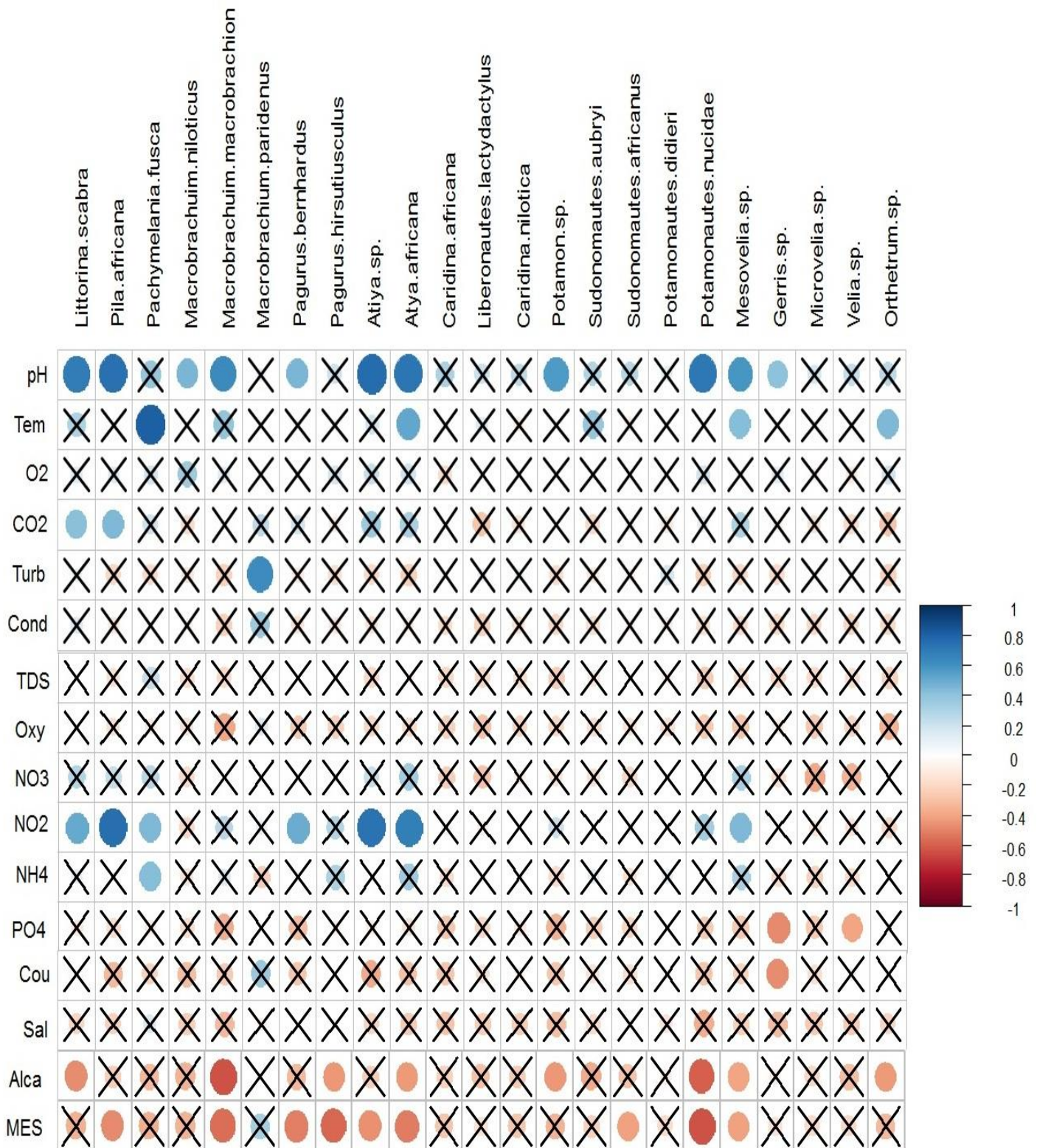


Figure 78 : Correlogramme de l'influence des paramètres physicochimiques sur les macrofaunes benthiques pendant la période d'étude.

III.1.9. Caractérisation biologique des différents cours d'eau

III.1.9.1. Analyse de Classification Hiérarchique (ACH)

La hiérarchisation des stations d'étude sur la base des variables biologiques a défini trois groupes distincts sur la base de leurs similarités. Le groupe I est constitué des stations situées en aval et il se caractérise par les espèces *Auriculodes gaziensis*, *Laniste carinatus*, *Neritina pulligera*, *Maja* sp., *Atya* sp., *Gyrinus* sp., *Dystiscus* sp., *Baetis* sp., *Libellula* sp., *Stramonita haemastoma*, *Phyllonotus truculus*, *Hadriana craticuloides*, *Cymbium olla*, *Melanoides victoria*, *Melanoides kinshassansis*, *Macrobrachium paridenus* et *Macrobrachium raridiens*. Le groupe II composé de la station située au milieu et il est caractérisé par *Pachymelania fusca*, *Palaemon* sp., *Macrobrachium macrobrachion*, *Pagurus hirsutiusculus*, *Pagurus bernhardus*, *Atya* sp., *Caridina africana*, *Liberonautes lactydactylus*, *Sudonomautes africanus*, *Sudonomautes aubryi*, *Globonauates macropus*, *Mesovelia* sp., *Hydrometra* sp., *Microvelia* sp., *Velia* sp., *Hydropsyche* sp., *Ramata* sp., *Hydroscapha* sp., *Hydrophilus* sp., *Hydrochara* sp., *Dystiscus* sp., *Cybister* sp., *Tabanus* sp., *Bezzia* sp., *Chironomini* sp., *Gomphus* sp., *Nehaennia speciosa*, *Libellula* sp., *Orthetrum* sp. et *Sympetrum* sp. Enfin le groupe III constitué des stations situées en amont et il se caractérise par les espèces *Pila occidentalis*, *Cymbium olla*, *Thiara scabra*, *Lotadoma libereinsis*, *Melanoides victoria*, *Macrobrachium niloticus*, *Macrobrachium macrobrachion*, *Notonecta* sp., *Gerris* sp., *Bracymetra* sp., *Gyrinus* sp., *Dinocras eoperla*, *Macroplea* sp., *Potamophilus ecrossei*, *Dystiscus* sp., *Ictinogomphus* sp., *Calopteryx* sp., *Cordulegaster* sp., *Coenagrion prop parte* et *Pyrhosoma nympha* (figure 79).

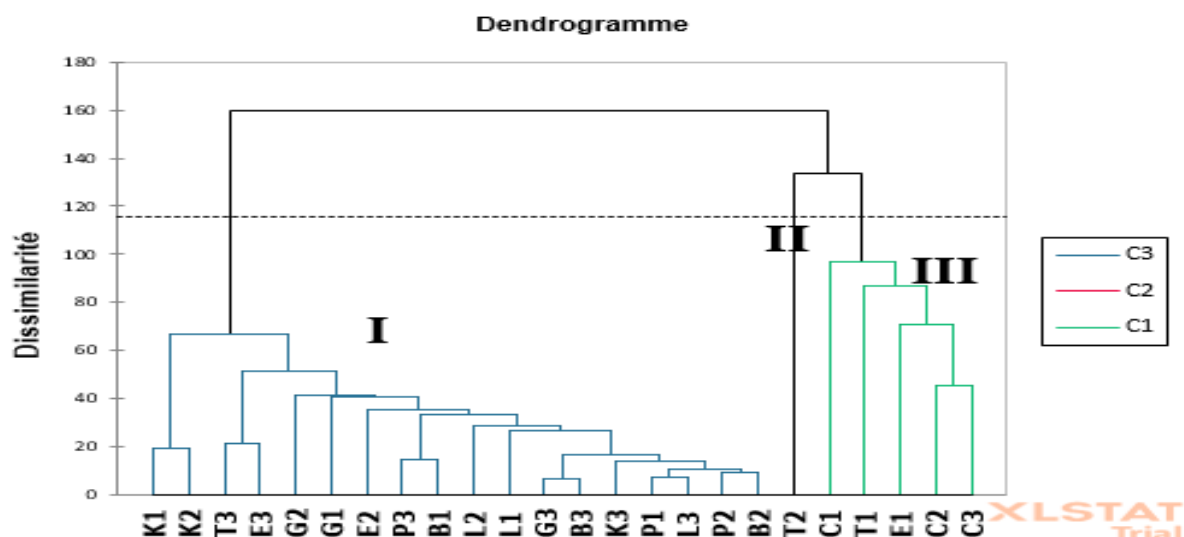


Figure 79 : Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) des stations d'échantillonnage réalisée à partir des taxons de MIB récoltés dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.

III.1.9.2-Analyse des Correspondances Multiples (ACM)

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) appliquée aux différentes variables biologiques, physicochimiques et granulométriques montre un regroupement des paramètres en 3 noyaux (figure 70). La carte factorielle obtenue présente les deux premières dimensions qui cumulent 59,02% d'informations soit Dimension 1 (25,75%) et Dimension 2 (33,27%).

Le noyau I situé dans la partie positive de la dimension D2, montre une prédominance des espèces *Atya* sp, *Pagurus bernhardus*, *Pachymelania fusca* et *Macrobrachium paridenus*, présentent des affinités avec la conductivité, la salinité, les nitates, les nitrites, l'azote ammoniacal, l'orthophosphate, la température, la couleur, la turbidité, l'oxydabilité, les solides totaux dissous et le dioxyde de carbone, variables caractérisant les stations situées en aval donc le lit est outre recouvert d'une substrat dominé par du sable fin.

Le noyau II situé dans la partie positive de la dimension D2 et la partie négative de la dimension D1, montre une prédominance des espèces *Sudomantes aubryi*, *Littorina scabra*, *Atya africana*, *Pila africana*, *Mesovelina* sp., *Macrobrachium macrobrachion* et *Potamonantes nucidae*, qui affectionnent les milieux à pH basique englobant les stations situées au milieu avec un substrat dominé de sable fin.

Enfin le noyau III situé dans la partie positive de la dimension D2 et la partie négative de la dimension D1, montre des prédominances des espèces *Pagurus hirautilus*, *Orthetrum* sp., *Macrobrachium niloticus*, *Gerris* sp., *Potamonantes didieri*, *Velia* sp., *Liberonantes lactydacylus*, *Sudonantes africanus*, *Potamin* sp., *Caridina africana*, *Microvelina* sp., et *Caridina nilotica*, qui s'épanouissent mieux dans les milieux bien oxygénés, alcalins et riche en matières en suspension en l'occurrence avec le substrat dominé par du sable fin (figure 80).

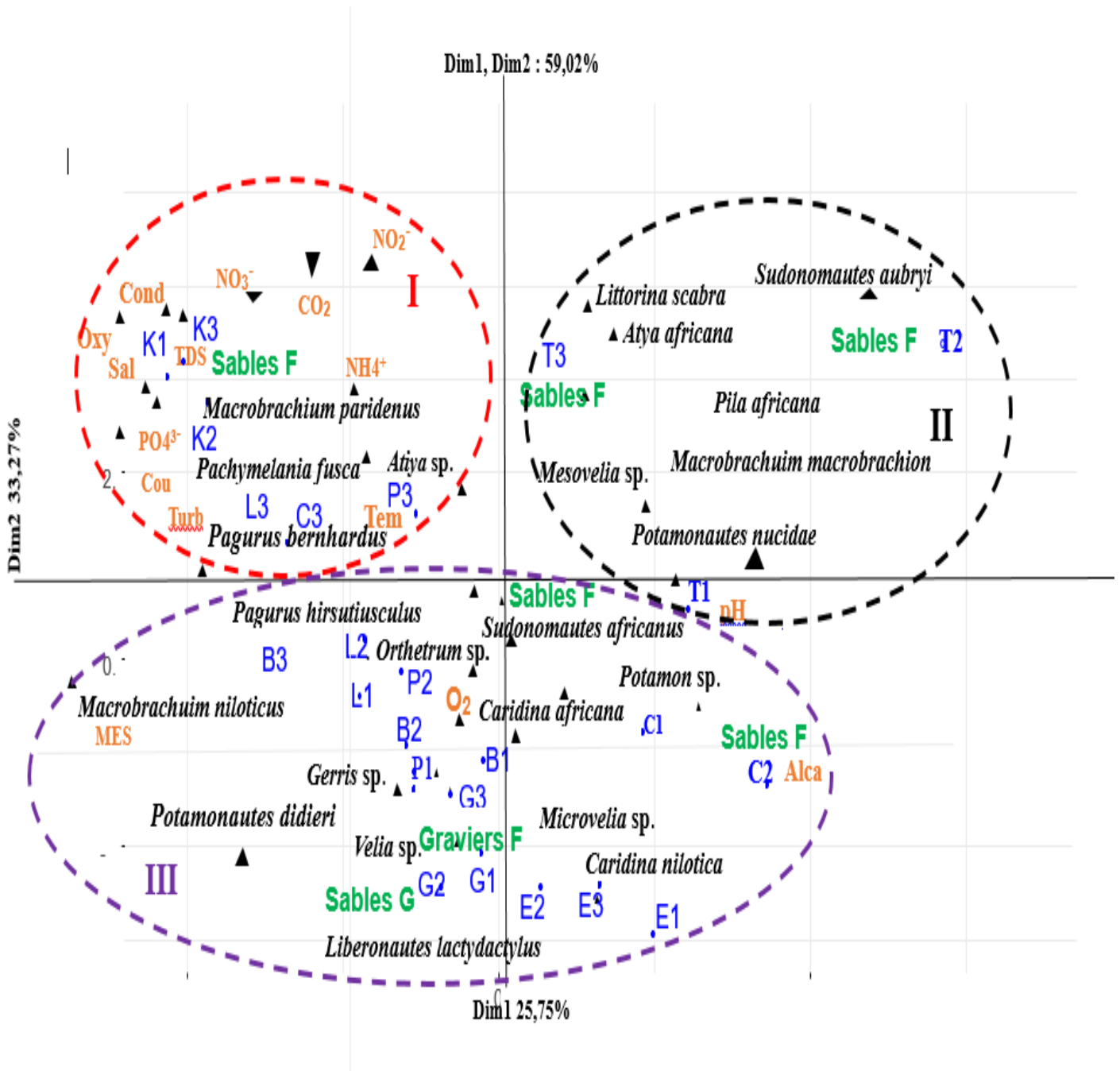


Figure 80 : Analyse des Correspondances Multiples (ACM) appliquée aux différentes variables biologiques, physicochimiques et Granulometriques de l'ensemble des cours d'eau pendant la période d'étude. Les stations : C1, C2, C3 = Casino ; T1, T2, T3= Talla ; E1, E2, E3= Ebomé ; P1, P2, P3= Pangour ; G1, G2, G3= Grand Batanga ; B1, B2, B3= Bwambé, L1, L2, L3=Lobé et K1, K2, K3= Kienké. Turb= Turbidité, MES=Matières en Suspension, Alca=Alcalinité, Cou=Couleur, Oxy=Oxydabilité, TDS= Solides totaux dissous, CO₂= dioxyde de carbone, Sal=Salinité, Cond=Conductivité, Tem=Température, PO₄³⁻=Orthophosphate ; NO₃=Nitrate, NO₂= Nitrite, NH₄=Azote ammoniacal, O₂=oxygène dissous, pH=Potential d'Hydrogène.

III.1.9.3- La Self-Organizing Maps (SOM)

La biotypologie réalisée sur la base de la matrice d'abondance des espèces des macroinvertébrés benthiques identifiées à chaque station et à chaque campagne a permis de hiérarchiser les 312 échantillons (24 stations \times 13 sorties de terrain). Le traitement des données par la Self-Organizing Maps (SOM) sur la base des valeurs minimales d'erreur topographique et de quantification a permis d'obtenir une carte de 100 cellules (10 lignes \times 10 colonnes) où sont projetés les 312 échantillons.

La hiérachisation des 100 cellules regroupées par affinité taxonomique a permis de distinguer 3 groupes d'échantillons (figure 81).

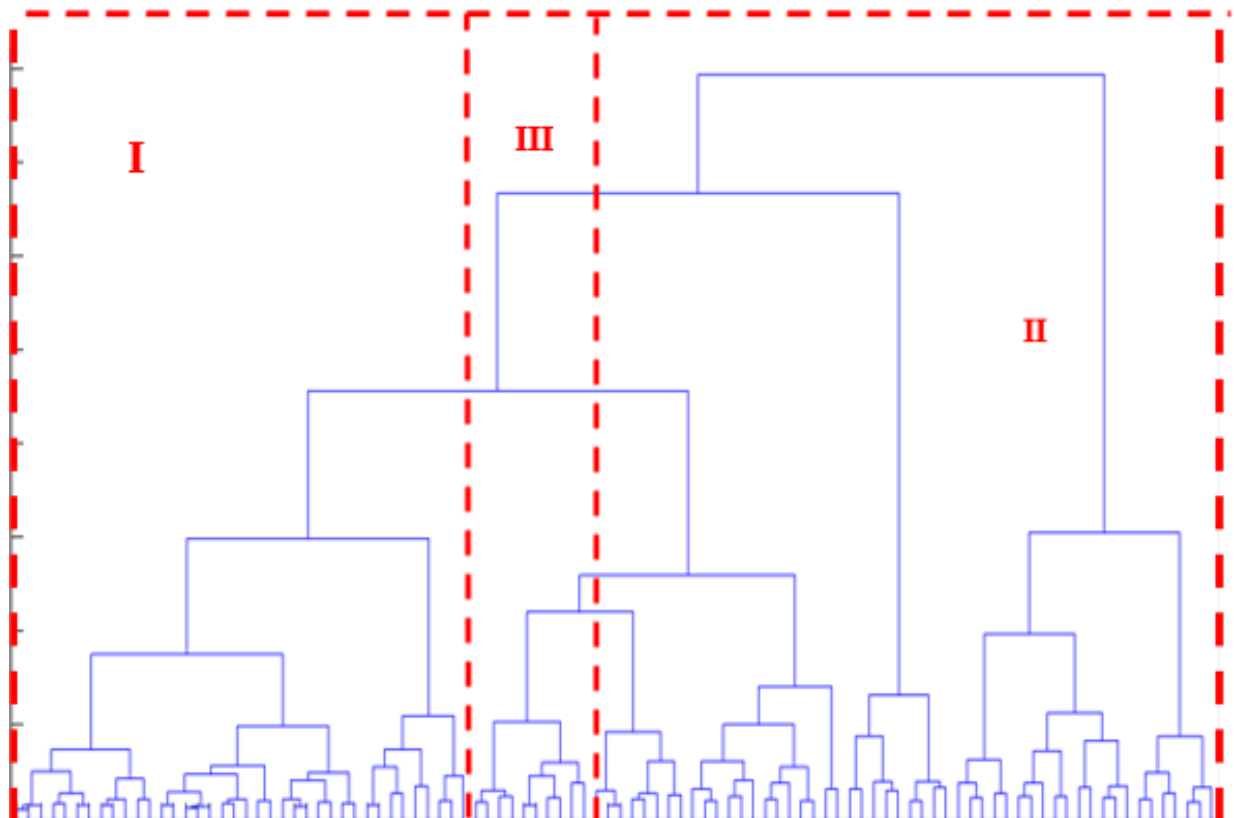


Figure 81 : Classification hiérarchique des cellules de la SOM par la méthode de Ward ; I, II, III = groupes identifiés ; les nombres 1 à 100 correspondent aux numéros de cellules de la carte SOM.

Par la suite, une classification hiérarchique a été réalisée pour regrouper les 100 cellules de la carte auto-organisatrice de Kohonen selon leurs affinités taxonomiques et déterminer les limites entre les groupes formés. Ces cellules sont réparties en trois groupes (I à III).

La projection des chiffres du dendrogramme sur les cellules de la carte de Kohonen montre que le groupe I est composé de 74 cellules au sein desquelles sont logés 243 échantillons. Le groupe II est composé de 16 cellules rassemblant 37 échantillons. Enfin le groupe III lui se définit avec 32 échantillons rassemblés dans 10 cellules (figure 92).

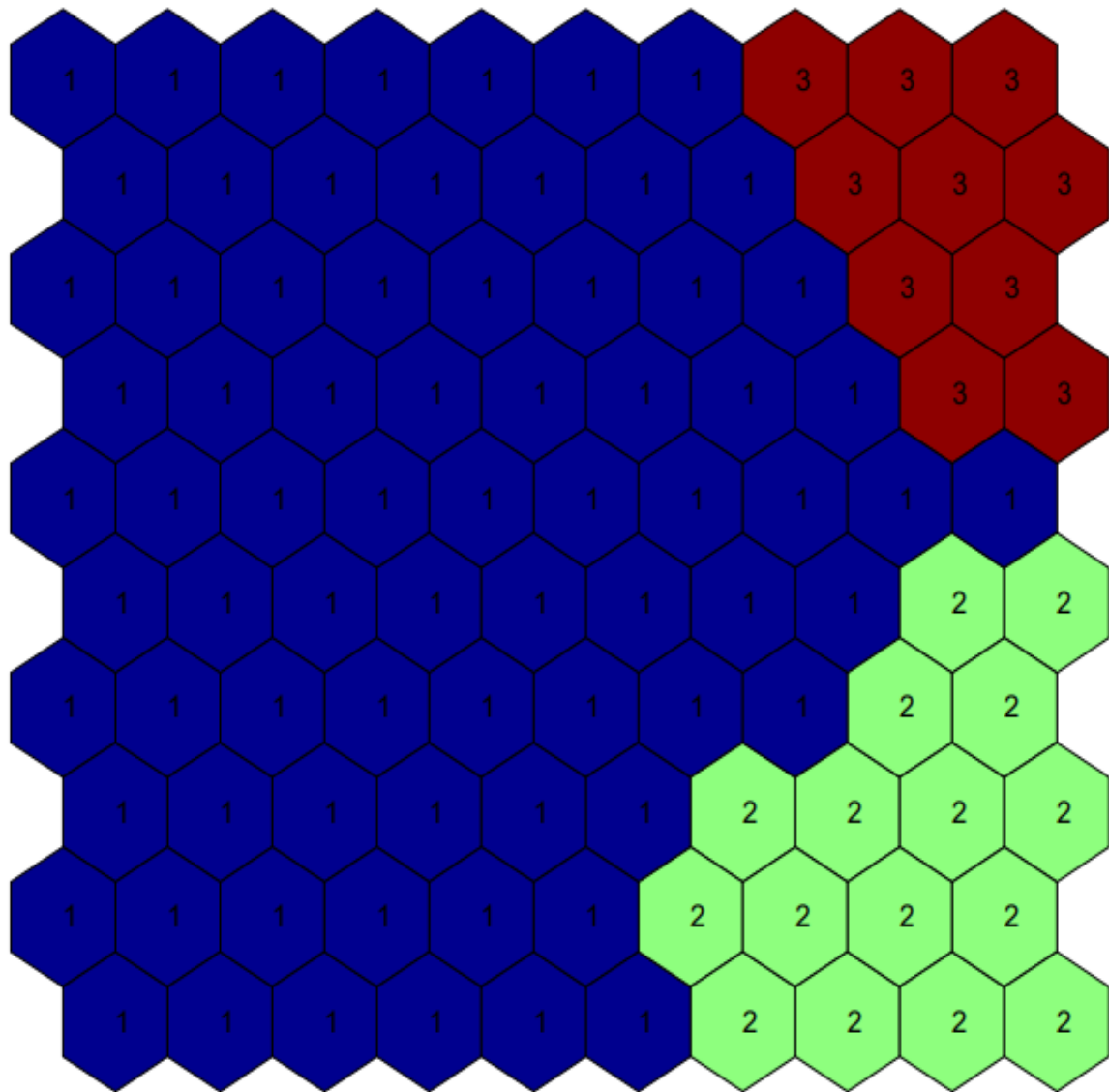
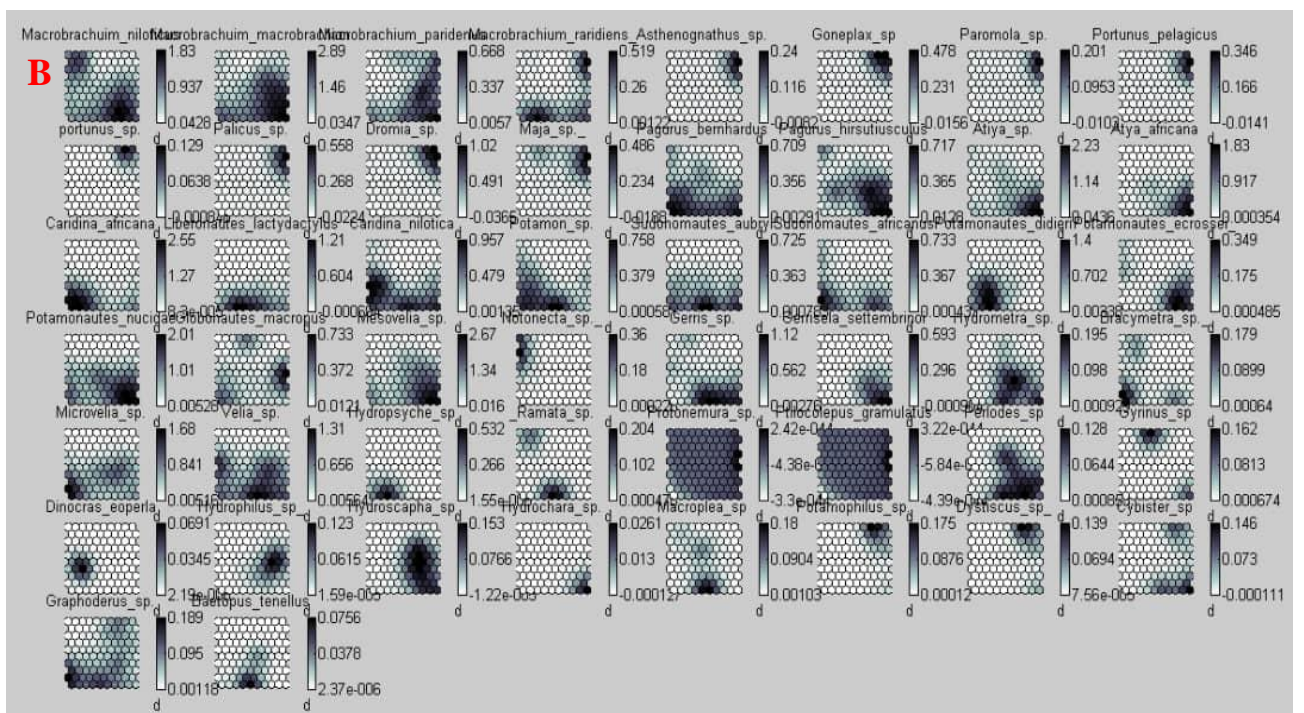


Figure 82: Répartition des cellules sur la carte de Kohonen à partir de la composition taxonomique.

La carte de Kohonen montre la distribution des 312 échantillons dans les différents groupes. Le groupe I est composé de 243 échantillons. Des 243 échantillons appartenant à ce groupe, 9 échantillons appartiennent à la petite saison sèche, 62 échantillons à la petite saison de pluie, 58 échantillons à la grande saison de pluie et 114 échantillons à la grande saison sèche.

Le groupe II compte 37 échantillons, dont 3 appartiennent à la petite saison sèche, 9 à la petite saison de pluie, 8 à la grande saison de pluie et 17 à la grande saison sèche.

Le profil de probabilité de distribution des taxons de macroinvertébrés benthiques recensés par les différents groupes de la SOM est illustré par les figures 84 et 85.



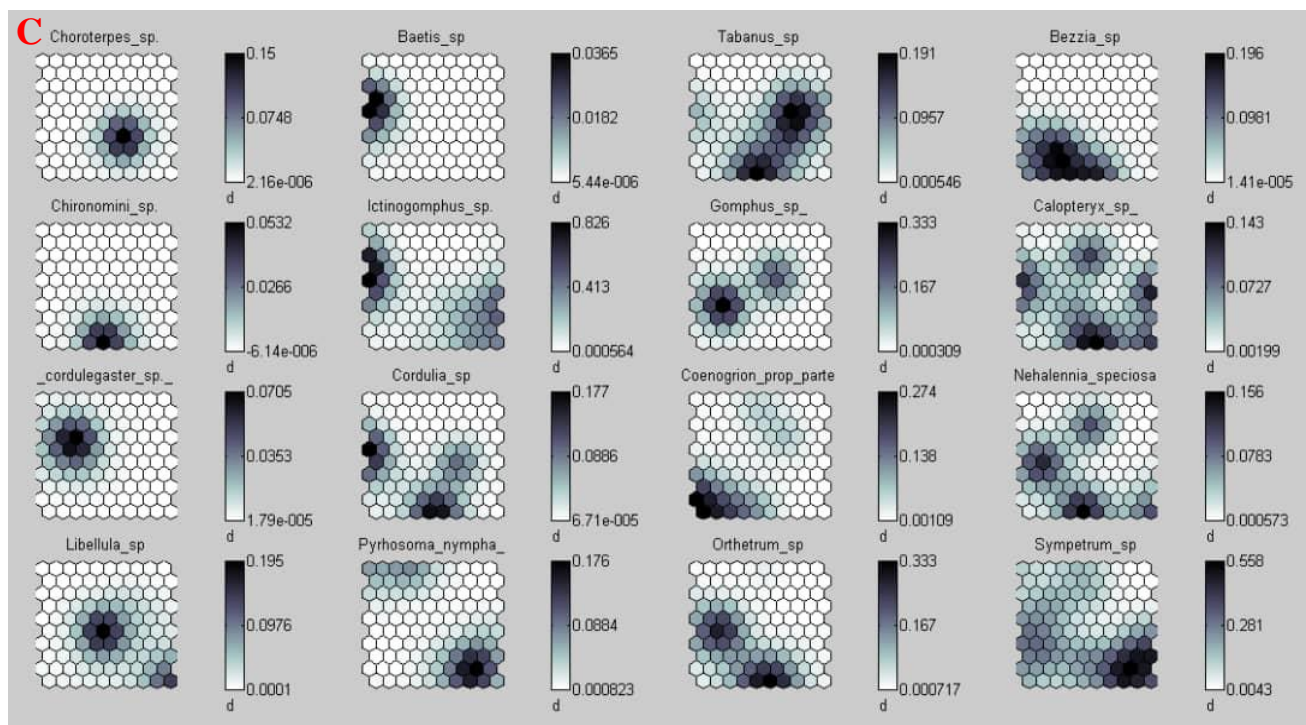
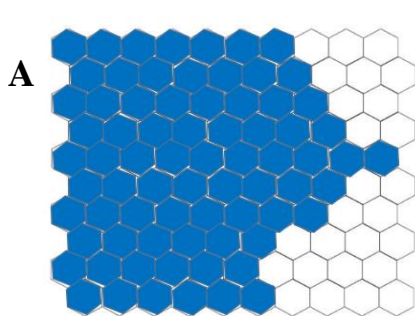
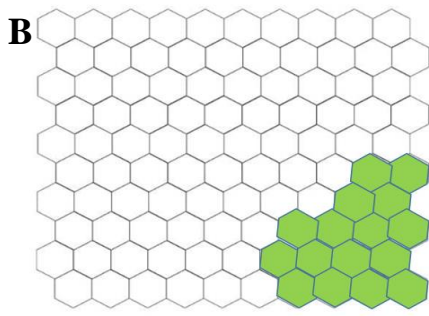


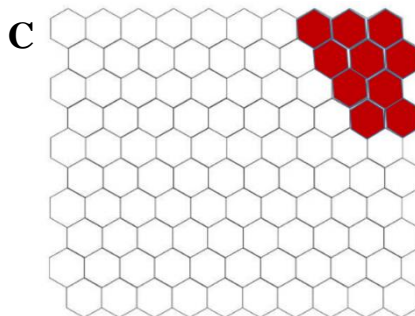
Figure 84: Patrons de distribution des taxons de macroinvertébrés récoltés sur la carte SOM, réalisé à partir de la matrice d'abondance : couleur sombre = forte probabilité de présence ; couleur claire = faible probabilité de présence ; d = échelle.



Le G1 est composé de 47 espèces : *Macrobrachium vollenhovenii*, *Macrobrachium niloticus*, *Macrobrachium paridenus*, *Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium raridiens*, *Microvelia* sp., *Velia* sp., *Melanoides victoria*, *Melanoides kinshassansis*, *Sudonomautes aubryi*, *Sudonomautes africanus*, *Potamon* sp., *Libellula* sp., *Potamonautes didieri*, *Notonecta* sp., *Pagurus bernhardus*, *Baetis* sp., *Bezzia* sp., *Liberonautes lactydauctylus*, *cordulegaster* sp., *Cordulia* sp., *Lanistes libycus*, *Lanistes carinatus*, *Spekia zonata*, *Ptilocolepus gramulatus*, *Bracymetra* sp., *Lotadoma libereinsis*, *Stagnicola* sp., *Hydrometra* sp., *Hydropsyche* sp., *Protonemura* sp., *Perlodes* sp., *Gyrinus* sp., *Dinocras eoperla*, *Hydrophilus* sp., *Hydroscapha* sp., *Macroplea* sp., *Graphoderus* sp., *Chironomini* sp., *Ictinogomphus* sp., *Gomphus* sp., *Calopteryx* sp., *Coenogriion prop parte*, *Nehalennia speciosa*, *Orthetrum* sp. et *Tabanus* sp.



Le GII comprend 44 espèces dont les plus dominants sont : *Macrobrachium felicinum*, *Macrobrachium niloticus*, *Macrobrachium macrobrachion*, *Macrobrachium paridenus*, *Pila africana*, *Atya* sp., *Atya africana*, *Microvelia* sp., *Velia* sp., *Mesovelia* sp., *Gerris* sp., *Melanoides tiberkulata*, *Melanoides nyassana*, *Melanoides liebrechtsi*, *Melanoides angolensis*, *Pachymelania fusca*, *Pila occidentalis*, *Littorina scabra*, *Ramata* sp., *Potamonautes ecrossei*, *Gerrisela settembrinoi*, *Protonemura* sp., *Orthetrum* sp., *Sympetrum* sp., *Baetopus tenellus*, *Choroterpes* sp., *Cybister* sp., *Calopteryx* sp., *Pyrhosoma nympha*, *Aplexe hypnorum*, *Auriculodes gaziensis*, *Biomphalaria pfeifferi*, *Occidentalis* sp., *Purpura haemastona*, *Muricopsis cristatus*, *Stramonita haemastoma*, *Cymbium olla*, *Palaemon viphias*, *Pagurus bernhardus*, *Pagurus hirsutiusculus*, *Ptilocolepus gramulatus*, *Perlodes* sp., et *Hydroscapha* sp., et *Hydrochara* sp.



Le GIII compte 41 espèces dont le plus prépondeantes sont : *Pila ovata*, *Pila wernei*, *Melanoide polymorpha*, *Melanoides dupuisi*, *Melanoides taveta*, *Thiara scabra*, *Potamonautes nucidae*, *Barbatia barbata*, *Hadriana craticuloidea*, *Dromia* sp., *Maja* sp., *Portunus pelagicus*, *portunus* sp., *Palicus* sp., *Lentigo lentiginosus*, *laniste varicus*, *Neritina pulligera*, *Neritina gagates*, *Neritina natalensis*, *Stagnicola* sp., *Cochlodesma praetenue*, *Astraea rugosa*, *Panopea glycimeris*, *Bithynia tentaculata*, *Cassidaria thyrreheña*, *Hydrobiidae accrensensis*, *Hydrobia lineta*, *Théodoxus fluviatilis*, *Bolinus brandaris*, *Purpura haemastona*, *Rapana venosa*, *Phyllonotus truculus*, *Asthenognathus* sp., *Goneplax* sp., *Paromola* sp., *Globonautes macropus*, *Protonemura* sp., *Ptilocolepus gramulatus*, *Potamophilus* sp., *Dystiscus* sp. et *Calopteryx* sp.

Figure 85 :Composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques dans les différents groupes définis par la SOM illustrée à des Figure 81

III.1.9.4. Identification des taxons indicateurs par la méthode Individual Value (IndVal)

La méthode IndVal appliquée aux organismes biologiques montre que sur les 116 taxons pris en compte, 73 taxons indicateurs significatifs avec 29 indicateurs du groupe GI, 36 du groupe GII, 7 de la combinaison GI+GII et 1 de la combinaison (GII+ GIII).

Au niveau du GI, 10 taxons dont la valeur IndVal varie de 57,7% à 92% ont été définis comme étant des indicateurs significatifs des conditions de ce groupe. Il s'agit de 6 taxons appartenant à l'ordre des Décapodes (*Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium niloticus*, *Macrobrachium vollenhovenii*, *Macrobrachium paridenus*, *Macrobrachium raridiens*) 1 à l'ordre des Basommatophores (*Melanoides kinshassansis*), 2 à l'ordre des Hémiptères (*Velia* sp. et *Microvelia* sp.) et 1 à l'ordre des Plécoptères (*Perlodes* sp.). Le meilleur indicateur de ce groupe (GI) est le Décapode *Caridina africana* (Indval = 92% ; A= 99,67% et B= 84,84%) (tableau XV).

Tableau XV : Valeur indicatrice (IndVal) des taxons du Groupe I.

Groupe GI (29 espèces)					
Taxons	A	B	Indval	P value	sig
<i>Caridina africana</i>	0.99673	0.84848	0.920	0.001	***
<i>Caridina nilotica</i>	0.99616	0.63636	0.796	0.001	***
<i>Macrobrachium niloticus</i>	0.94316	0.66667	0.793	0.001	***
<i>Macrobrachium vollenhovenii</i>	0.96394	0.60606	0.764	0.001	***
<i>Macrobrachium paridenus</i>	1.00000	0.57576	0.759	0.001	***
<i>Macrobrachium raridiens</i>	0.99583	0.57576	0.757	0.001	***
<i>Melanoides kinshassansis</i>	1.00000	0.45455	0.674	0.001	***
<i>Velia</i> sp.	1.00000	0.42424	0.651	0.001	***
<i>Perlodes</i> sp.	1.00000	0.42424	0.651	0.001	***
<i>Microvelia</i> sp.	1.00000	0.33333	0.577	0.001	***
<i>Bracymetra</i> sp.	1.00000	0.33333	0.577	0.001	***
<i>Pagurus bernhardus</i>	1.00000	0.33333	0.577	0.001	***
<i>Lotadoma libereinsis</i>	0.90730	0.30303	0.524	0.001	***
<i>Liberonautes lactydactylus</i>	1.00000	0.27273	0.522	0.001	***
<i>Graphoderus</i> sp.	1.00000	0.27273	0.522	0.001	***
<i>Potamon</i> sp.	0.89703	0.24242	0.466	0.001	***
<i>Sudonomautes aubryi</i>	1.00000	0.21212	0.461	0.001	***
<i>Sudonomautes africanus</i>	1.00000	0.21212	0.461	0.001	***
<i>Potamonautes didieri</i>	0.77268	0.24242	0.433	0.001	***
<i>Notonecta</i> sp.	1.00000	0.18182	0.426	0.001	***
<i>Hydrometra</i> sp.	1.00000	0.15152	0.389	0.001	***

<i>Bracymetra</i> sp.	1.00000	0.15152	0.389	0.001	***
<i>Libellula</i> sp.	0.79332	0.18182	0.380	0.001	***
<i>Stagnicola</i> sp.	1.00000	0.12121	0.348	0.001	***
<i>Lanistes libycus</i>	1.00000	0.12121	0.348	0.001	***
<i>Lanistes carinatus</i>	0.96643	0.12121	0.342	0.002	**
<i>Spekia zonata</i>	0.80650	0.12121	0.313	00.005	**
<i>Cybister</i> sp.	1.00000	0.06061	0.246	0.014	*
<i>Melanoides victoria</i>	0.91517	0.06061	0.236	0.015	*

Signification des codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ; IndVal \geq 0,250

A= Spécificité **B**= Fidélité, **sg**= Niveau de significativité.

Au niveau du GII, 12 taxons dont la valeur IndVal varie de 57,3% à 87% ont été définis comme étant des indicateurs significatifs. Il s'agit de 6 taxons appartenant à l'ordre des Décapodes (*Macrobrachium macrobrachion*, *Macrobrachium niloticus*, *Atya africana*, *Atya* sp., *Purpura haemastona* et *Murcicopis cristatus*.), 3 taxons appartenant à l'ordre des Basommatophores (*occidentalis* sp., *Pila occidentalis* et *Pila africana*), 2 taxons appartenant à l'ordre des Néogastéropodes (*Stromonita haemastoma* et *Cymbium olla*) et 1 taxon appartenant à l'ordre des Mésogastéropodes (*Melanoides tuberculata*). Le meilleur indicateur de ce groupe (GII) est le Décapode *Macrobrachium macrobrachion* (Indval = 87% ; A= 85,20% et B= 88,76%) (tableau XVI).

Tableau XVI : Valeur indicatrice (IndVal) des taxons du Groupe II.

Groupe II (36 espèces)					
Taxons	A	B	Indval	P value	sig
<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	0.85201	0.88764	0.870	0.001	***
<i>Macrobrachium niloticus</i>	0.95349	0.61798	0.768	0.001	***
<i>Atya africana</i>	0.87992	0.65169	0.757	0.001	***
<i>Atya</i> sp.	0.85017	0.57303	0.698	0.001	***
<i>Occidentalis</i> sp.	0.91675	0.50562	0.681	0.001	***
<i>Pila occidentalis</i>	0.93092	0.47191	0.663	0.001	***
<i>Pila africana</i>	0.70184	0.59551	0.646	0.002	**
<i>Purpura haemastona</i>	0.80377	0.47191	0.616	0.001	***
<i>Muricopis cristatus</i>	0.84841	0.41573	0.594	0.001	***
<i>Stromonita haemastoma</i>	0.93644	0.37079	0.589	0.001	***
<i>Cymbium olla</i>	1.00000	0.33708	0.581	0.001	***

<i>Melanoides tiberculata</i>	0.78849	0.41573	0.573	0.001	***
<i>Melanoides nyassana</i>	0.85255	0.38202	0.571	0.001	***
<i>Melanoides liebrechtsi</i>	0.92871	0.33708	0.560	0.001	***
<i>Melanoides angolensis</i>	1.00000	0.30337	0.551	0.001	***
<i>Pachymelania fusca</i>	0.79401	0.37079	0.543	0.001	***
<i>Palaemon viphias</i>	0.90984	0.30337	0.525	0.001	***
<i>Macrobrachium felicinum</i>	0.80916	0.32584	0.513	0.001	***
<i>Perlodes</i> sp.	0.82050	0.28090	0.480	0.002	**
<i>Ramata</i> sp.	1.00000	0.21348	0.462	0.001	***
<i>Pagurus bernhardus</i>	0.73424	0.28090	0.454	0.001	***
<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	0.67935	0.29213	0.445	0.002	**
<i>Orthetum</i> sp.	0.74274	0.23596	0.419	0.002	**
<i>Sympetrum</i> sp.	0.80245	0.20225	0.403	0.002	**
<i>Potamonautes ecrossei</i>	0.76886	0.19101	0.383	0.004	**
<i>Mesovelgia</i> sp.	0.98557	0.14607	0.379	0.003	**
<i>Gerris</i> sp.	1.00000	0.13483	0.367	0.001	***
<i>Gerrisela settembrinoi</i>	0.76786	0.16854	0.360	0.007	**
<i>Microvelia</i> sp.	0.84944	0.14607	0.352	0.004	**
<i>Velia</i> sp.	1.00000	0.11236	0.335	0.002	**
<i>Baetopus tenellus</i>	0.79879	0.13483	0.328	0.016	*
<i>Protonemura</i> sp.	0.85092	0.11236	0.309	0.025	*
<i>Ptilocolepus gramulatus</i>	0.92467	0.10112	0.306	0.006	**
<i>Cybister</i> sp.	0.83156	0.07865	0.256	0.029	*
<i>Hydroscapha</i> sp.	0.76463	0.06742	0.227	0.050	*
<i>Hydrochara</i> sp.	0.90245	0.05618	0.225	0.039	*

Signification des codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ; IndVal \geq 0,250.

A= Spécificité **B**= Fidélité, **sg**= Niveau de significativité.

Tableau XVII : Valeur indicatrice (IndVal) des taxons par combinaison GI+GII.

Goupe GI+II= 7 espèces					
Taxons	A	B	Indval	P value	sig
<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	0.97409	0.26230	0.505	0.001	***
<i>Caridna africana</i>	0.81725	0.25410	0.456	0.001	***
<i>Atya sp.</i>	0.99069	0.20492	0.451	0.001	***
<i>Pila africana</i>	0.93903	0.17213	0.402	0.002	**
<i>Velia sp.</i>	1.00000	0.13934	0.373	0.002	**
<i>Mesovelgia sp.</i>	1.00000	0.08197	0.286	0.013	*
<i>Sudonomautes didieri</i>	1.00000	0.06557	0.256	0.028	*

La combinaison des organismes des groupes I et II (GI + GII), permet d'identifier 7 taxons indicateurs significatifs dont 4 appartiennent à l'ordre des Décapodes (*Macrobrachium macrobrachion*, *Caridna africana*, *Atya sp.* et *Sudonomautes didieri*) ; 1 à l'ordre des Basommatophores (*Pila africana*) et 2 à l'ordre des Hémiptères (*Velia sp.* et *Mesovelgia sp.*).

Le meilleur indicateur de ce combinaison (GI+GII) est le Décapode *Macrobrachium paridenus* (Indval = 50,5% ; A= 97,40% et B= 26,23%) (Tableau XVII).

La combinaison des GII + GIII, laisse apparaitre 1 taxon indicateur dont la valeur IndVal est de 36,4%. Ce taxon appartient à l'ordre des Hémiptères (*Gerris sp.*) (tableau XVIII).

Tableau XVIII : Valeur indicatrice (IndVal) des taxons par combinaison GII+GIII.

Goupe II+III 1 espèce					
Taxons	A	B	Indval	P value	sig
<i>Gerris sp.</i>	1.0000	0.1326	0.364	0.049	*

Signification des codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ; IndVal \geq 0,250

A= Spécificité B= Fidélité, sg= Niveau de significativité.

III.1.9.5. Redescriptions de quelques espèces recensées pendant la période d'étude.

La figure 86 ci-dessous représente les taxons dans nos différents cours d'eau pendant la période d'étude.



Figure 86: Photos de quelques taxons de macroinvertébrés benthiques : A : Pilidae (Mésogastéropoda) ; B : Neritidae (Cycloneritimorpha) ; C, G, G' : Thiaridae (Caenogasteropoda) ; D : Muricidae (Néogasteropoda) ; E : Portunidae, F : Potamidae, I : Atyidae, J : Palaemonidae (Décapoda) ; K : Dystiscidae (Coleoptera) ; L : Baetidae (Ephemeroptera).

III.1.9.5.1. Redescription de l'espèce *Macrobrachium macrobrachion* Herklots, 1857

Le corps de l'espèce *Macrobrachium macrobrachion* est segmenté et divisé en deux parties dont, l'une antérieure forme le céphalothorax et l'autre postérieure l'abdomen. Le céphalothorax est le résultat de la fusion de la tête avec le thorax. Les individus de cette espèce (figure 87a) ont un rostre non grêle ne dépassant pas l'écaïlle antennaire. Le rostre est terminé par une pointe courbée, il est convexe au-dessus des yeux et droit, il porte 9 à 10 dents sur sa face dorsale parmi lesquelles 2 dents situées sur la partie post-orbitale et 3 dents sur sa face ventrale (figure 87b). Le céphalothorax porte les pièces masticatoires (pour l'alimentation) ainsi que les organes sensitifs : yeux et antennes. Les deux paires d'antennes sont particulièrement développées et ont un rôle tactile et sensitif. Le céphalothorax porte également cinq paires de pattes (péréiopodes) marcheuses, d'où le nom de décapodes ($5X=10$). Ces pattes servent aux déplacements sur le sol, la première paire est transformée en pinces plus ou moins développées en longueur et en épaisseur. Le céphalothorax protège les organes internes, notamment les branchies. À l'extrémité de l'abdomen se trouve la queue formée de deux uropodes sur le côté et du telson, qui porte l'anus, au centre. C'est elle qui sert de gouvernail à l'animal lorsqu'il marche. Cette description se rapproche de celle faite par Cumberlandidge en Afrique de l'Ouest en 1999.

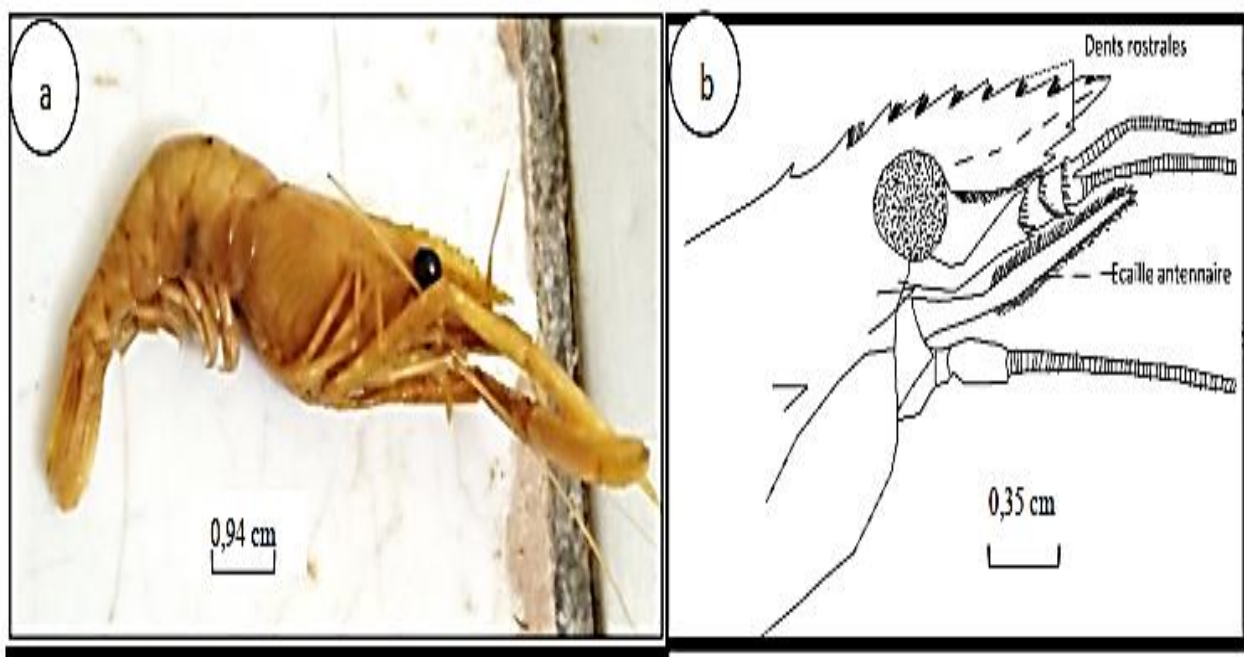


Figure 87: Caractéristiques morphologiques morphotype (a) et (b) de l'espèce *Macrobrachium macrobrachion*.

III.1.9.5.2. Rédescription de l'espèce *Caridina africana* Edwards 1837

Elle appartient à l'ordre des Décapodes et vit dans les substrats meubles et les macrophytes en eau douce (adultes) et saumâtre (jeunes). Les Atyidae sont des crustacés transparents ou translucides de taille 2-4 cm. Le corps est divisé en deux parties, l'une antérieure appelée céphalothorax résultant de la fusion de la tête et du thorax, l'autre postérieure ou l'abdomen. Le céphalothorax est terminé en avant par un éperon. Leur carapace porte presque toujours un rostre long, dentelé et inamovible à l'avant. Chez certains genres, il est rudimentaire ou retardé. Les péreiopodes 4 et 5 sont terminés par des pinces dont les pointes sont garnies d'un pinceau de soies et les péreiopodes 6 à 8 par une griffe. La taille varie de 25 à 40 mm chez la femelle et de 15 à 25 mm chez le male. Le bord postérieur du telson porte 6 à 8 épines barbelées plus longues que les épines latérales internes. Chez le morphotype I, le bord dorsal du rostre est partiellement spinuleux, le rostre porte 15 dents sur sa face dorsale, parmi lesquelles 3 dents postorbitales et 5 dents sur sa face ventrale et les dents de la face ventrale et dorsale du rostre se limitent au même niveau, d'où la formule rostrale 3+12/5 (figure 88a). Par contre chez le morphotype II, le bord dorsal du rostre est partiellement spinuleux, le rostre porte 18 dents sur sa face dorsale parmi lesquelles 3 dents postorbitales et 5 dents sur sa face ventrale d'où la formule rostrale 3+15/5. La limite des dents de la face ventrale s'intercale avec celle des dents de la face dorsale du rostre formant une ligne oblique (figure 88b). Les femelles chez cette espèce portent de gros œufs pouvant aller jusqu'à 3mm. Cette description se rapproche de celle faite par Yogback, 2021.

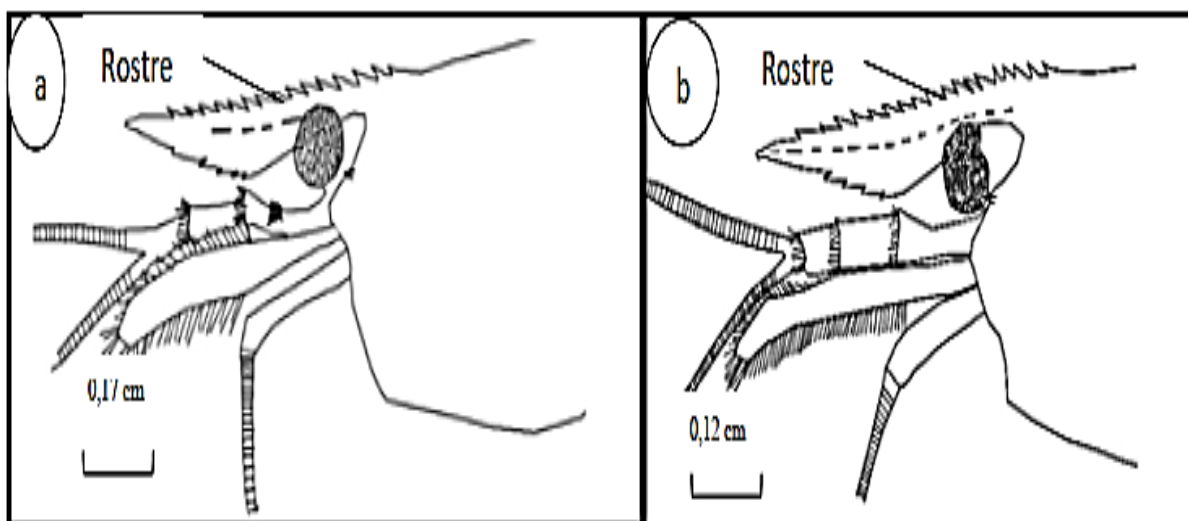


Figure 88 : Caractéristiques morphologiques morphotype (a) et (b) du cephalotyhorax de l'espèce *Caridina africana*.

III.1.9.5.3. Rédescription de l'espèce *Pachymelania fusca* Gmelin, 1791

Les mollusques de la famille des Thiaridae sont des escargots aquatiques d'eau douce ou estuariens, des zones tempérées chaudes. Leur origine géographique est plutôt mondiale mais les thiaridés sont particulièrement diversifiés dans les régions tropicales et subtropicales. Egalement connu sous le nom de *Pachymelania fusca fusca* ou *Pachymelania fusca fusca granifere* ou *Pachymelania fusca mutans* sa présence est remarquable dans les stations proches de l'Océan Atlantique où il y a échange entre les eaux d'origine continentale et océanique (Stations C3 et P3) la taille de la coquille peut atteindre 45mm pour une longueur de 16mm. Cette coquille de forme conique et allongée, est orientée d'éléments granuleux organisés en spires reliant le péristome à l'apex. L'ouverture de la carapace est dextre avec un apex généralement arrondi et sa carapace est généralement marronne. L'espèce *Pachymelania fusca* se rapproche des travaux de Mouanono, 2022. Mais nos spécimens diffèrent des leurs par le fait que l'apex est bien arrondi (figure 89).

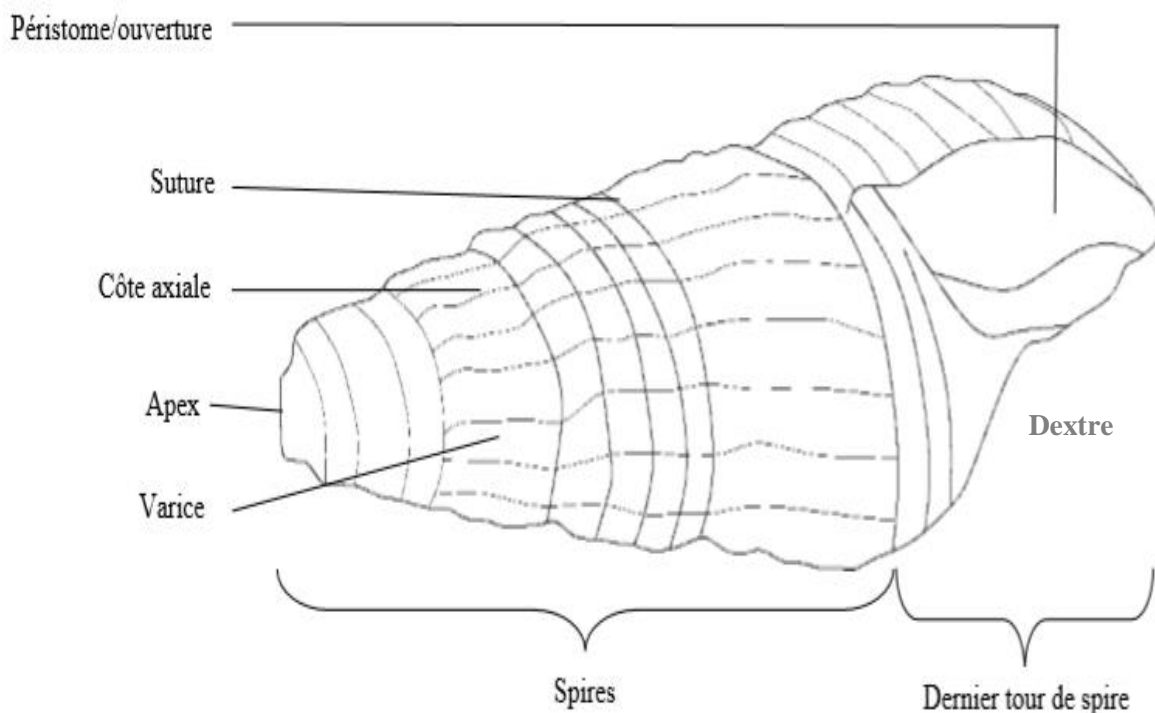


Figure 89 : Vue générale de la morphologie de l'espèce *Pachymelania fusca*.

III.1.9.5.4. Rédescription de l'espèce *Portunus pelagicus* Linnaeus 1758

Portunus pelagicus est une espèce marine et d'eau saumâtre. Elles possèdent une carapace granuleuse de 2,2 à 2,3 fois plus large que longue et peu convexe, avec 5 à 9 dents sur le bord antérolatéral ; chélicèdes de longueur à peu près égale à celle des autres pattes ou plus longues ; dernière paire de pattes avec les deux segments distaux plus larges et plus aplatis que les mêmes segments des pattes qui les précèdent. La taille maximale observée est celle d'un male de 155,7mm et 73,4mm. Les mâles ont une carapace de couleur bleu-vert foncée avec chélicèdes bleus à bleu-mauve avec des pointes de couleur rouge rouille. Les femelles ont une carapace de couleur brunatre-vert uniforme avec des chilipèdes à pointes rouges. Chez les males, les motifs sur la carapace consistent en taches et un large réseau réticulé de bandes, pas forcément de motifs des taches sur les femelles meme si elles peuvent en avoir par contre, elles ont souvent une marque noire sur région postéro-branchiale. Le mérus, carpus et manus des chilipèdes sont tachetés de points blancs mâles. Ces spécimens se rapprochent de la diagnose faite sur la même espèce en Afrique de l'Ouest (Cumberlidge, 1999) et en zone côtière au Cameroun (Mvogo Ndongo, 2018) (figure 90).

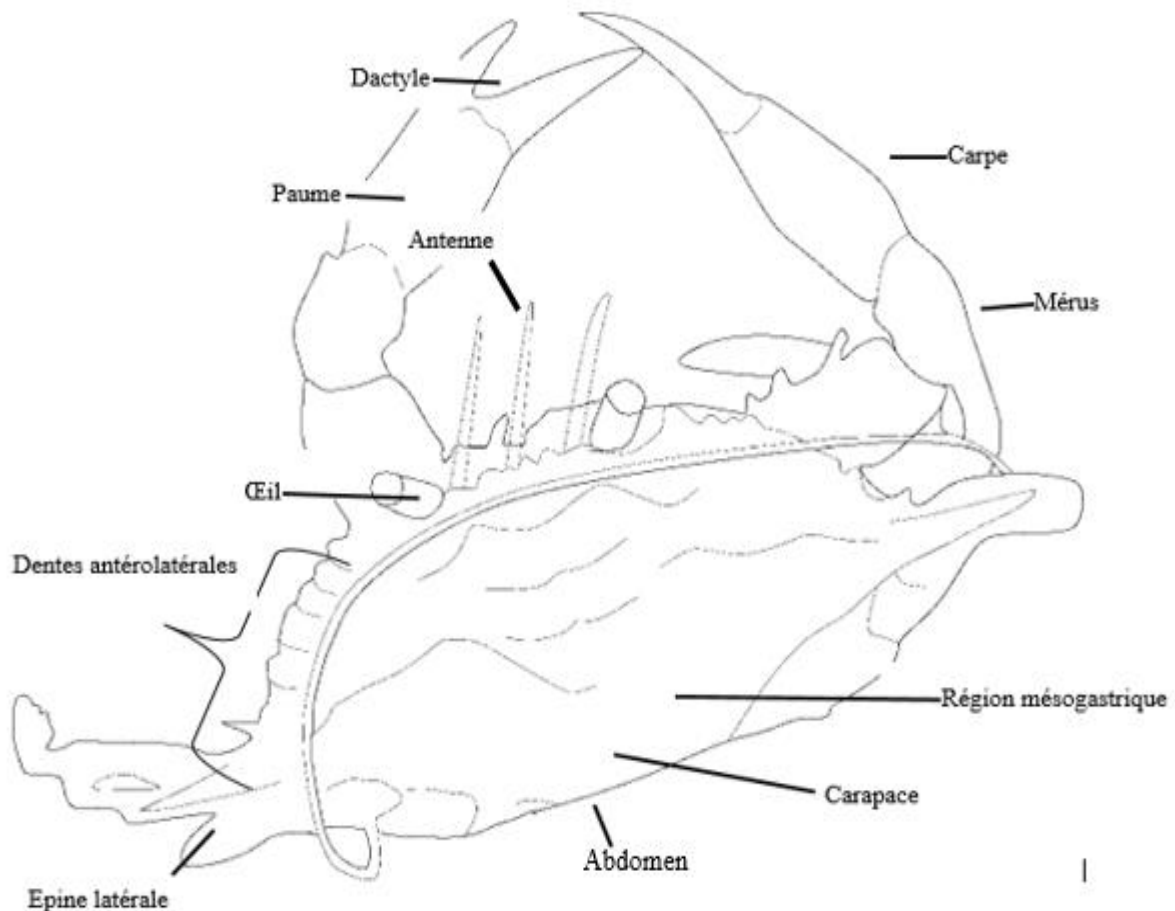


Figure 90 : Vue générale de la morphologie de l'espèce *Portunus pelagicus*.

III.2. Discussion

Les résultats des paramètres hydrologique, granulométrique, physicochimique et biologique des cours d'eau seront discutés afin de répondre aux objectifs de notre étude.

III.2.1. Caractérisation hydrologique, granulométrique et physicochimique des cours d'eau

L'augmentation de la largeur du lit et de la profondeur dans nos différents cours d'eau de l'amont en aval s'expliquerait par des apports latéraux croissants d'amont en aval. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Yogback (2021) dans le bassin versant du Nyong. Levêque (2001) souligne à ce propos qu'en recevant de petits tributaires, la section mouillée est appelée à s'accroître. Les faibles vitesses d'écoulement enregistrées dans nos cours d'eau, s'expliqueraient par les faibles pentes de ces stations, à l'origine de l'accumulation des boues. A cet effet, Vannote *et al.* (1980) soulignent qu'un cours d'eau offre de sa source à son embouchure un gradient continu de charge, transport, utilisation et accumulation de la matière organique.

Dans les stations des cours d'eau à substrat fin dominant, la diversité biologique s'est avérée plus importante que celle des stations des cours d'eau à substrat grossier dominant. Ces observations corroborent avec Chamley *et al.* (2013), qui stipulent que l'assemblage de substrats fins est favorable à la vie aquatique et au maintien d'une plus grande diversité biologique, reflet de la bonne qualité écologique du milieu. Les travaux de Foto Menbohan *et al.* (2013) montrent qu'il existe en effet une forte relation entre la taille des sédiments et les communautés d'invertébrés, car la diversité des invertébrés benthiques est plus importante lorsque les sédiments sont de taille différente.

La température des eaux des cours d'eau est relativement basse et varie très peu dans l'ensemble (25,3°C – 27,28°C). Cette gamme de température se rapproche de celles obtenues par Nwaha (2023) dans le cours d'eau (Bengo) du département de la Mvila (21,80°C – 25,8°C), par Biram à Ngon (2019) dans le bassin versant (Abouda) de la Mefou (24°C – 26,3°C), par Nganjui (2022) dans les cours d'eau (Lélé) du port de Kribi. Ces valeurs seraient dues à la faible pénétration des rayons lumineux à la surface des cours d'eau. Ces observations sont en accord avec les conclusions de Vannote *et al.* (1980) qui soulignent que dans les cours d'eau situés en zone côtière, la température de l'eau est faible et varie peu. Les températures relativement élevées dans certaines stations (P2, P3, C1 et C3) sont similaires à celles obtenues par Moanono (2022) dans les cours d'eau du Littoral. En outre, les résultats montrent que les températures

les plus élevées ont été obtenues dans les stations proches de l'embouchure, moins ombragées donc plus exposées à l'action du soleil. C'est dans ce contexte que Kinouchi *et al.* (2007) ; Garner *et al.* (2013) relevaient qu'il existe une relation linéaire entre la température de l'eau et la température de l'air.

Le pH moyen légèrement basique ($7,63 \pm 0,99$ UC) des eaux dans cette région se rapproche de celui de Moanono (2022) dans les cours d'eau du Littoral ($7,70 \pm 0,77$ UC). Cette basicité serait due à la forte teneur en ions alcalins des eaux de mer qui arrivent au niveau de l'embouchure par le biais des marées. Renaudin (2001) souligne à cet effet que le pH des eaux marines et des environs marins est compris entre 7,5 et 9,9 UC. Les valeurs acides de pH enregistrées dans les cours d'eau (Bwambé, Grand batanag, Lobé et Kienké) traduiraient la nature faiblement acide des eaux favorisée par l'acidité des sols ferrallitiques à texture sableuse à sablo-argileuse (Olivry, 1984). Ces observations confirment les suggestions de Nola *et al.* (1999) selon lesquelles le pH de l'eau est tributaire de la nature des terrains traversés.

Le pourcentage de saturation en oxygène dissous des eaux des cours d'eau varie dans l'ensemble de (47,83% (PSS) 79,11% (GSP). Cette faible valeur enregistrée au mois de juillet (PSS) pourrait s'interpréter par la faible vitesse d'écoulement des eaux, mais aussi par les activités de pêche menées par les populations dans certaines stations. En y créant des barrages de pêche, la vitesse d'écoulement des eaux ainsi que le débit se trouvent fortement modifiés, pouvant entraîner la stagnation des eaux (Nwaha *et al.*, 2022). Un tel processus limite le phénomène de brassage par conséquent les échanges dans l'interface air-eau. A ce propos, Delage (2002) soulignait qu'à l'interface eau-air, des échanges de gaz se produisent, dont des échanges d'oxygène moléculaire et l'intensité de ces échanges dépend des conditions de turbulence au niveau de la couche limite entre l'eau et l'air.

Les faibles valeurs de la turbidité (0 – 55,53 NTU) et les faibles teneurs en MES (0 – 34,69 mg/L) relevées dans les stations K1 et T2 pendant la période d'étude pourraient s'expliquer le faible apport de matières allogènes dans le plan d'eau. En effet, le phénomène d'infiltration et l'abondance du couvert végétal limitent le ruissellement des eaux et l'érosion des sols, principaux facteurs naturels responsables de la turbidité des eaux. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Bosire *et al.* (2005) et Nfotabong (2011) dans les mangroves de Kribi (Cameroun). Les valeurs de MES (0 – 34,69 mg/L) enregistrées à la station K1 sont inférieures à celles observées par Sujitha *et al.* (2011) dans la rivière Karamana (17 - 60 mg/L) en milieu périurbain à l'Ouest du District de Trivandrum (Inde). D'après Camacho (1992) les teneurs en MES inférieures à 75 mg/L n'ont généralement pas d'effets néfastes sur le

développement de la plupart des communautés aquatiques. Par contre, dans les stations localisées en milieu urbain, les valeurs de ces paramètres sont globalement élevées et seraient un indice de pollution anthropique. En effet, dans la ville de Kribi, les cours d'eau (Talla, Pangour et Bwambé) constituent les réceptacles majeurs de diverses ordures qui sont, soit déversées directement dans le plan d'eau par les riverains, soit drainées par les eaux de ruissellement. De plus, l'extraction quotidienne du sable dans les cours d'eau Talla est une activité qui entraîne la remise des particules en suspension dans l'eau et augmente la turbidité.

Les eaux relativement plus colorées en GSP s'expliqueraient par les apports de particules charriés par les eaux de ruissellement et la présence des ions colloïdaux issus de la décomposition de la matière organique. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Ngakomo *et al.* (2019) dans les cours d'eau en milieu rural de Ngoumou Akono, Obala et Monatélé.

Pendant la période d'étude, les valeurs de la conductivité électrique et les teneurs en TDS sont faibles. Toutefois, les valeurs relativement élevées de la conductivité (873 $\mu\text{S}/\text{cm}$) à la station K1 en mai seraient liées, à l'activité minéralisatrice des matières organiques par les bactéries renforcées par des apports diffus d'eaux usées domestiques ainsi que des eaux de marées fortement minéralisées (Dane, 2023) justifiant ainsi les hautes valeurs dans les stations K1 et K2. Toutefois, ces valeurs sont largement inférieures à celles obtenues par Ngo-Massou *et al.* (2014) dans le cours d'eau (Yola) à Douala. Cette disparité s'expliquerait par l'apport des effluents industriels en éléments minéraux dans les cours d'eau de Douala. Montgomery (1992) souligne à cet effet d'ailleurs que, les effluents d'industries chimiques sont très souvent chargés en polluants minéraux divers (organiques, sulfurés, phosphatés, silicatés, métalliques, etc).

A l'exception du cours d'eau Kienké qui présente à la station K3 en juillet des teneurs en matières organiques atteignant 17,8 mg/L KMnO_4 , l'oxydabilité prend de faibles valeurs dans l'ensemble des cours d'eau témoignant d'une très forte résilience des eaux, malgré les différents apports exogènes comme le taux élevé de feuilles mortes en décomposition et indiquant ainsi une faible activité anthropique. Rodier *et al.* (2009) souligne à cet effet que les valeurs l'oxydabilité dans les eaux de surface inférieures à 10mg/L d' O_2 indiquent une faible pollution organique. Ces résultats s'opposent à ceux obtenus par Moanono (2022) dans les mangroves du Littoral (34,65 mg/L KMnO_4) et Biram (2019) dans le bassin versant de la Mefou (29 mg/L KMnO_4).

Les faibles valeurs de l'alcalinité (60mg/L au maximum à la station K2 en février 2022) enregistrées dans les différents cours d'eau étudiés seraient attribuables à la faible minéralisation

ainsi qu'à la faible acidité des eaux. Ces valeurs se rapprochent de celles obtenues par Bissé (2019) dans le cours d'eau Wamié à Kribi et Ngandjui (2022) dans le cours d'eau du port de Kribi. Des observations similaires avaient été faites par Lévêque et Balian (2005) et Rodier *et al.* (2009) qui remarquaient que les variations de l'alcalinité d'une eau sont étroitement liées au degré de minéralisation et d'oxydation des composés organiques.

Les faibles concentrations de l'azote amoniacal, nitrites et nitrates sont dans l'ensemble, inférieures à 1 mg/L dans toutes les stations étudiées. Ces résultats pourraient s'expliquer par la minéralisation progressive de la nécromasse et la décomposition de la matière organique endogène puis par le caractère peu anthropisé du bassin versant. Ces observations se rapprochent de celles de Foto Menbohan (2012) sur le réseau hydrographique du Mfoundi au Cameroun, de Tchakonté (2016) dans le Nsapè, de Tremblay (1997) dans le bassin du fleuve Saint-Laurent (Canada) et de Nechad *et al.* (2014) dans la région de Sefrou (Maroc).

Les teneurs relativement élevées en orthophosphates dans l'ensemble des cours d'eau (généralement supérieure à 1,72 mg/L) sont supérieures à 0,5 mg/L suggéré par Rodier *et al.* (2009). Ces concentrations en orthophosphates résulteraient de l'apport de la matière organique provenant notamment des eaux usées riches en substances détergentes issues des ménages. Rodier *et al.* (2009) affirment à cet effet que la teneur en orthophosphates dans un plan d'eau dépend des apports exogènes.

Le taux de salinité est nul dans l'ensemble des cours d'eau à l'exception des cours d'eau Kienké, Lobé et Pangour avec des moyennes respectives de $11,71 \pm 1,46$ PSU, $1,23 \pm 0,01$ PSU et $3,24 \pm 1,02$ PSU. Cette salinité bien que faible, résulte du brassage des eaux douces avec les eaux saumâtres, les teneurs en sels étant liées au régime des stations. Ainsi, en marée haute, le taux de salinité augmente dans toutes les stations. À cet effet, Renaudin (2001) stipule que les eaux de mer sont essentiellement chargées d'ions minéraux qui impactent sur la qualité des milieux environnants. Ces résultats se rapprochent de ceux de Moanono (2022) dans les mangroves du Littoral et Ngandjui (2022) dans un cours d'eau du port de Kribi.

Concernant l'Indice de Pollution Organique (IPO), sur le plan spatial comme temporel les valeurs obtenues indiquent une pollution organique modérée. Seules les stations C1, K1, K2, L3, P2, P3 et T3 indiquent une pollution organique forte, causée d'une part, par la pollution endogène induite par les feuilles et d'autre part par les activités menées tout autour de chaque station d'échantillonnage, comprenant l'exploitation du bois, l'extraction de sable, les rejets de déchets domestiques, l'accostage des bateaux de pêche, l'agriculture de subsistance et la pêche artisanale. A cet effet, Failler *et al.* (2010) affirment que les activités endogènes sont une source

de pollution. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Nhawa (2023) dans le département de la Mvila.

La typologie abiotique réalisée à travers l'Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) ainsi que l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de regrouper les stations d'échantillonnage en trois groupes selon leurs similitudes. Le premier groupe I est constitué des stations K1, K2, T3, E3, G2, G1, E2, P3, B1, L2, L1, G3, B3, K3, P1, L3, P2 et B2 organisée autour de la couleur et de la salinité, le groupe II formé de station T2 est organisée autour de la turbidité et des orthophosphates et le groupe III comprenant les stations C1, T1, E1, C2 et C3 regroupées autour de la température, la conductivité et l'Oxygène dissous.

III.2.2- Variables Biologiques

L'analyse qualitative des variables biologiques des cours d'eau étudiés durant la période d'étude montre une forte richesse taxonomique définie par 116 taxons répartis en 2 embranchements, 3 classes, 19 ordres et 59 familles. Cette richesse taxonomique est inférieure à celle obtenue dans le bassin de la Mabounié (202 taxons) au Gabon par Mboye (2019) en Côte d'Ivoire (199 taxons) par Kressou (2020) dans le cours d'eau du département de la Mvila au Cameroun (174 taxons) mais reste supérieure à celle obtenue dans deux ruisseaux le Nguitto et le Pala (100 taxons) en République centrafricaine par Ngoay-Kossy (2018).

Cette richesse taxonomique relativement élevée pourrait s'expliquer par la diversité des niches écologiques et des microhabitats dans ces cours d'eau (Kaboré *et al.*, 2016). A ce propos, Eyre *et al.* (2006) soulignent que les facteurs locaux (débit, largeur du lit, vitesse d'écoulement des eaux) seraient en relation avec l'assemblage des formes fluviales du chenal influençant également la communauté des macroinvertébrés.

Dans l'ensemble des cours d'eau, la classe des Gastéropodes prédomine avec 44,52% d'abondance relative. Cette prédominance s'expliquerait par la capacité de résilience de ces organismes qui en cas de stress dû à la l'assèchement du milieu, peuvent entrer en vie ralentie en anhydrobiose jusqu'au retour des conditions favorables (Thiam et Diallo, 2010). En outre, leur grande affinité pour les sels fait des milieux à salinité avérée leur zone de prédilection. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Nwaha (2023) dans le département de la Mvila (2,26% d'abondance relative).

L'ordre des Décapodes prédomine avec 41,86% d'abondance relative. Cette forte abondance pourrait s'expliquer par le caractère fondamentalement marin des crustacés décapodes. Et donc qui s'épanouissent mieux dans des conditions de salinité relativement

élevée (Poupin et Juncker, 2010). Si le milieu marin est plus favorable à la croissance des jeunes, certains adultes préfèrent mener vers les eaux douces pour y passer le reste de leur séjour (Poupin et Juncker, 2010). Selon Anderson *et al.* (1982), la distribution et la répartition des macroinvertébrés comme les crevettes dans les cours d'eau, est dans une large mesure fonction des exigences spécifiques des divers taxa et des caractéristiques environnementales de ces cours d'eau (Agadjihouede *et al.*, 2009). Les résultats obtenus durant cette étude, épousent ceux obtenus par Gwos *et al.* (2022) dans les cours d'eau de la région de l'Est-Cameroun soit 33,34% d'abondance relative de crustacés. La forte abondance des Décapodes dans ces cours d'eau traduit leur bon état de santé écologique, de, par les statut d'indicateurs de bonne qualité écologique des milieux lotiques (Tchakonté *et al.*, 2014 ; Nyamsi *et al.*, 2014).

Sur le plan spatial, des 17055 macroinvertébrés benthiques récoltés tout au long de cette étude, le cours d'eau Casino présente l'abondance la plus élevée avec 35,98% d'abondance relative, favorisée par la nature du substrat de fond, et surtout la diversité des microhabitats. Tous ces facteurs sont à l'origine de la prolifération des crustacées Décapodes qui à eux seules représentent dans ce cours d'eau 39,67% d'abondance relative. Dans les cours d'eau comme la Bwambé où les effets ne sont révélés plus faibles, le peuplement a été dominé par les Décapodes (50,76% d'abondance relative).

Concernant la variation saisonnière, la plus forte abondance des macroinvertébrés benthiques a été obtenue en grande saison sèche (GSS) (50,13% d'abondance relative), due aux conditions stables du milieu notamment la faible colonne d'eau et la faible vitesse d'écoulement. A cela, on peut ajouter l'effort d'échantillonnage pendant cette saison par rapport aux saisons de pluies où certains microhabitats étaient parfois inaccessibles. Ces observations sont similaires à celles obtenues par Kengne (2018) dans quelques cours d'eau de la région de l'Ouest, Nwaha (2023) dans les cours d'eau du département de la Mvila et Yogback (2021) dans le bassin versant de Nyang.

En outre, la faible richesse taxonomique observée pendant les saisons de pluie (GSP et PSP) serait attribuable à l'augmentation de la vitesse d'écoulement, du débit et de la colonne d'eau causant la destruction de certains microhabitats, ou encore la dérive de certains organismes (Moretti et Callisto, 2005). Toutefois, les saisons pluvieuses offrent un peuplement de macroinvertébrés assez diversifié. À cet effet, Xu *et al.* (2014), soulignent que les mois pluvieux sont souvent associés à une plus grande diversité taxonomique des macroinvertébrés benthiques.

Pendant la période d'étude, les espèces *Macrobrachium macrobrachion*, *Caridina africana*, *Pachymelania fusca* et *Portunus pelagicus* ont supplanté la formule dans les différents cours d'eau.

L'espèce *Macrobrachium macrobrachion* appartenant à la famille de Paleomonidae à l'ordre des Décapodes domine dans les stations (P3, T3, E3, L3, B3 et K3). Cette abondance pourrait s'expliquer par la proximité de ces cours d'eau de l'Océan atlantique. Il est admis que plusieurs espèces de crustacés marins effectuent leur vie larvaire dans les eaux saumâtres ou douces (N'zi *et al.*, 2008). En outre, selon Benbow *et al.* (2004), le cycle de vie des espèces amphidromes requiert une migration de l'estuaire vers le cours supérieur des rivières. D'après Cumberlidge, (2006) les espèces *Macrobrachium macrobrachion* sont des espèces migratrices dont les larves nécessitent un développement en eau salée. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Mvogo Ndong (2018) dans la zone côtière du Cameroun.

Pour ce qui est de *Caridina africana*, elle appartient à la famille des Atyidae et à l'ordre des Décapodes. La prédominance de ce taxon a également été observée par Ajeegah *et al.* (2017) dans le Matourou par Tchakonté *et al.* (2014) dans le Nsapé et par Biram (2018) dans plusieurs cours d'eau forestiers du centre Cameroun. Les fortes abondances de ce taxon enregistrées pendant les grandes saisons sèches seraient liées à la baisse de la profondeur des eaux, entraînant la réduction de la vitesse d'écoulement et permettant aux crevettes *Caridina* de coloniser facilement le milieu (Mongindo Elimosundja, 2007).

Parmi les mollusques récoltés, l'espèce *Pachymelania fusca*, appartenant à la famille de Thiaridae prédomine à cause non seulement de leur capacité à résister aux phénomènes d'inondation et d'exondation, mais également à leur capacité à résister aux fortes concentrations en sels et à vivre dans des conditions anoxiques prononcées (Villanueva, 2004). Par ailleurs, leur organisation anatomique, notamment la présence d'un opercule au niveau de leur structure interne les protège contre l'ensoleillement, les variations du niveau de salinité et les prédateurs (Brown, 1994). En effet, lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables, les prosobranches ont la capacité de refermer leur opercule, s'isolant ainsi du stress du milieu. La prédominance des mollusques dans les cours d'eau côtiers ainsi que le rôle de l'opercule ont également été mentionnés par Kotté-Mapoko *et al.* (2017) et Bouchet et Rocroi (2005).

Les valeurs des indices de Shannon & Weaver, d'Équitabilité de Piérou et de Simpson traduisent globalement un peuplement de macroinvertébrés benthiques riche, diversifié et équitablement réparti. Toutefois, les faibles valeurs de l'indice de Shannon & Weaver (3,30 bit/ind) et de l'équitabilité de Piérou (4,30 bit/ind) enregistrées dans le cours d'eau Pangour

traduisent un peuplement de macroinvertébrés peu diversifié. Cette faible diversité serait liée à la prédominance d'un groupe d'organismes notamment les crustacés Décapodes entraînant un déséquilibre du peuplement des macroinvertébrés benthiques. En effet, selon Davies *et al.* (2010), les faibles valeurs des indices de diversité traduisent une mauvaise organisation du peuplement, conséquence de la prolifération de quelques espèces dominantes.

Par contre, dans les cours d'eau Casino, Talla et Ebome les fortes valeurs des indices de Shannon & Weaver, d'Équitabilité de Pielou et de Simpson traduisent à suffisance une forte diversité ainsi qu'une répartition équitable des organismes macrobenthiques. Des observations similaires ont permis à Fisher *et al.*, (1982) de souligner qu'un indice de diversité est d'autant plus élevé que les conditions du milieu permettent l'installation et le maintien d'une communauté biologique équilibrée, intégrée et capable de s'adapter aux changements. Nos résultats se rapprochent de ceux de Nhawa (2023) dans le département de la Mvila, Biram à Ngon (2019) dans le cours d'eau du bassin de la Mefou et Mboye (2019) dans les cours d'eau du bassin de la Mabounié (Gabon).

L'Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) couplée à l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ont permis de regrouper les différentes stations en trois grands groupes (I, II et III). Le groupe I se compose des stations K1, K2, K3, L3, C3 et P3, le groupe II des stations T2 et T3, et le groupe III des stations E1, E2, E3, G1, G2, G3, B1, B2, B3, C1, C2, P1, P2, L1 et L2. Le groupe I comprend la température, la couleur, la turbidité, la salinité, l'orthophosphate, l'oxydabilité, la conductivité, les solides totaux dissous, les nitrates, les nitrites, le dioxyde de carbone et l'azote ammoniacal avec comme substrat les sables fins. Les organismes qui caractérisent ce groupe sont *Atya* sp., *Parurus bernhardus*, *Pachymelania fusca* et *Macrobrachium paridenus*. Le groupe II se définit par le pH avec comme substrat les sables fins. Les organismes inféodés à ce groupe sont *Sudonomautes aubryi*, *Littorina scabra*, *Atya africana*, *Pila africana*, *Mesovelvia* sp., *Macrobrachium macrobrachion*, *Potamonautes nucidae*. Ces organismes affectionneraient les eaux fraîches et les substrats sableux. Tachet *et al.* (2010), puis Silliau (2016) affirment que ces organismes sont rencontrés dans les plans d'eau caractérisés par la quasi absence de plantes flottantes et submergées, par l'existence des berges relativement dénudées et par les fonds sablonneux. Le groupe III est caractérisé par l'oxygène dissous et les matières en suspension avec comme substrat fins et les sables grossiers. Les organismes rattachés sont *Caridina niloticus*, *Microvelia* sp., *Caridina africana*, *Potamon* sp., *Sudonomautes africanus*, *Liberonautes lactyductylus*, *Velia* sp., *Potamonautes didieri*, *Gerris* sp., *Macrobrachium niloticus*, *Orthetrum* sp., et *Pagurus hirsutiusculus*. Les observations de l'environnement laissent penser que ces organismes affectionnent les substrats grossiers. A ce

propos, Tachet *et al.* (2010), puis Meurgey et Picard (2011) soulignent que la particularité de ces organismes est qu'elles vivent dans un milieu bien oxygéné.

II.2.3. Biotypologie des Macroinvertébrés benthiques

La Self Organizing Maps (SOM) a permis d'organiser les MIB en trois groupes en fonction des caractéristiques de l'environnement. Ainsi, les organismes du groupe I étaient mieux représentés pendant la GSS avec 114 échantillons sur 243. Ces organismes présentent donc de fortes capacités de résistance au stress hydrique et aux fortes concentrations des éléments chimiques. Les organismes appartenant au groupe II présentent des affinités à la petite saison de pluie. Ces organismes présentent des aptitudes à mieux résister aux fortes variations des paramètres abiotiques tels que la vitesse du courant, la température, les matières en suspensions, ce qui assure donc les meilleures chances de survie à ces organismes. Enfin les organismes du groupe III, eux trouveraient les meilleures conditions durant la petite saison de sèche. En effet, durant cette période, les conditions du milieu sont supposées être modérées et stables ce qui assure donc les meilleures chances de survie à ces organismes qui auraient du mal à résister aux fortes variations du milieu Kottè-Mapoko *et al.* (2017). Les taxons inféodés à ce groupe, pourraient alors être considérés comme des taxons indicateurs de la bonne qualité écologique des eaux.

La méthode IndVal, a permis d'identifier 73 taxons indicateurs significatifs selon la typologie des groupes définie par la SOM sur les 116 taxons de macroinvertébrés benthiques présents dans les différents cours d'eau. Ainsi, 29 taxons sont indicateurs du groupe I, 36 indicateurs du groupe II, 7 indicateurs du groupe (GI+GII) et 1 taxon indicateur du groupe (GII+GIII). Les espèces *Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium macrobrachiom* et *Macrobrachium nilotica* (ordre des Décapodes) ont une valeur IndVal ≥ 75 % et une valeur de fidélité très élevée ($B \geq 60\%$) peuvent être considérée comme étant les taxons les plus indicateurs des conditions du milieu. En effet, le corrélogramme révèle que ces taxons sont tous corrélés positivement au pH. En outre, le taxon *Macrobrachium macrobrachion* est corrélé positivement au pH, à la température, à l'Oxygène dissous et au dioxyde de carbone. Le taxon *Macrobrachium nilotica* est corrolé positivement au pH et à l'Oxygène dissous, le taxon *Caridina africana* corrolés positivement au pH, au dioxyde de carbone et à la turbidité et le taxon *Caridina nilotica* au pH à l'oxygène dissous et à la turbidité. Selon McGeoh *et al.* (1998) ; les espèces indicatrices pourraient être employées sous trois angles distincts : pour refléter l'état biotique ou abiotique de l'environnement, pour indiquer l'effet des changements environnementaux et pour indiquer la diversité des autres espèces, taxa, ou communautés dans un milieu.

**CONCLUSION,
RECOMMANDATIONS ET
PERSPECTIVES**

Conclusion

Parvenus au terme de notre travail effectué dans 08 cours d'eau (Casino, Talla, Pangour, Bwambé, Ebomé, Grand Batanga, Lobé et Kienké) de la région du Sud, dans le département de l'Océan qui avait pour objectif d'étudier la biodiversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau côtiers. Il convient de souligner que ces cours d'eau présentent pour la plupart un profil en long normal, avec une faible profondeur de l'eau, celle-ci et la largeur du lit augmentant pendant les crues. Le substrat est en majorité constitué de sable fin, alternant par en droit avec du sable grossier.

Les eaux des différents cours d'eau présentent des valeurs de pH légèrement basiques, des températures moyennes et de faibles teneurs en matières azotées. Les valeurs de la conductivité, des TDS et des MES restent dans l'ensemble inférieures aux valeurs moyennes consignées dans la grille de qualité des eaux. La bonne oxygénation montre que ces eaux sont dans un état écologique satisfaisant, l'indice de pollution organique révèle un degré de pollution modéré. Les valeurs relativement élevées de la couleur et les valeurs faibles d'alcalinité, de dioxyde de carbone, de turbidité et d'oxydabilité indiquent que les cours d'eau sont relativement peu anthropisés et présentent une bonne qualité écologique. Mais seraient néanmoins sous la menace des activités anthropiques comme la pêche artisanale, l'extraction de sable et l'agriculture de subsistance menées par les populations riveraines.

Au cours de cette étude, 17055 individus ont été recoltés avec un total de 116 taxons identifié au rang du genre et/ou espèce. Ces taxons ont été répartis en 2 embranchements (Arthropodes et Mollusques), 3 classes (Gastéropodes, Crustacés et Insectes), 19 ordres, et 59 familles. Concernant les fréquences d'occurrence, la PSP a enregistré la fréquence la plus élevée avec 96 taxons. Parmi ces taxons identifiés, 45 sont rares soit 46,88% de fréquence, 32 accessoires soit 33,33% de fréquence, 15 constants soit 15,63% de fréquence, 1 régulier soit 1,04% de fréquence et enfin 3 omniprésents soit 3,13% de fréquence. La classe des Gastéropodes est la plus abondante avec 7593 individus soit 44,52% d'abondance relative. Elle est suivie par la classe des Crustacés qui totalise 7139 individus soit 41,86% d'abondance relative. Enfin, vient la classe des Insectes qui compte 2323 individus pour 13,62 % d'abondance relative. Pour ce qui est des ordres, les Décapodes sont les meilleures représentées avec 7139 individus soit 41,86 % d'abondance relative. Cette suprématie des Décapodes traduit le caractère peu anthropisé des cours d'eau étudiés. La structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques récoltés dans les 8 cours d'eau est typique celle des cours d'eau Côtiers avec un peuplement très riche, peu diversifié et équitablement réparti.

La typologie des stations K1, K2, K3, P1, P2, L1, L2 et L3 présentent des affinités pour la turbidité, les matières en suspension, l'alcalinité, la couleur, la salinité, l'oxydabilité, les solides totaux dissous, le dioxyde de carbone, la conductivité, l'orthophosphate, les nitrates, les nitrites et l'azote ammoniacal. Par contre les stations E3, P1, T1, C2 et C3 présentent des affinités pour l'oxygène dissous et le potentiel d'Hydrogène. La typologie biotique réalisée sur la base des analyses multivariées telles que l'ACH, l'ACM et la SOM a permis de mettre en évidence les paramètres environnementaux qui influent sur la distribution des macroinvertébrés benthiques dans ces milieux. Ainsi, *Atya* sp., *Parurus bernhardus*, *Pachymelania fusca* et *Macrobrachium paridenus*, sont fortement influencés par la température, la couleur, la turbidité, la salinité, l'orthophosphate, l'oxydabilité, la conductivité, les solides totaux dissous, les nitrates, les nitrites, le dioxyde de carbone et l'azote ammoniacale ainsi les sables fins. Alors que *Sudonomautes aubryi*, *Littorina scabra*, *Atya africana*, *Pila africana*, *Mesovelgia* sp., *Macrobrachium macrobrachion* et *Potamonautes nucidae*, sont influencés par pH ainsi que les sables fins. Alors que *Caridina niloticus*, *Microvelia* sp., *Caridina africana*, *Potamon* sp., *Sudonomautes africanus*, *Liberonautes lactydactylus*, *Velia* sp., *Potamoanutes didieri*, *Gerris* sp., *Macrobrachium niloticus*, *Orthetrum* sp. et *Pagurus hirsutiussculu* affecteraient des milieux riches en oxygène dissous et en matières en suspension donc le substrat est dominé de sable fin et sable grossier.

La méthode IndVal a permis d'identifier 73 taxons des macroinvertébrés benthiques indicateurs significatifs. Parmi les 73 taxons indicateurs, 29 taxons indicateurs du groupe GI, 36 indicateurs du groupe GII, 7 indicateurs du groupe (GI+GII) et 1 indicateur du groupe (GII+GIII). Parmi les 73 taxons indicateurs, 4 présentant des valeurs IndVal ≥ 75 % et des valeurs de fidélité très élevées ($B \geq 60\%$) peuvent être considérés comme les meilleurs indicateurs. Il s'agit notamment de *Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium macrobrachion* et *Macrobrachium nilotica* appartenant à l'ordre des décapodes.

Recommandations

Au regard de l'avancée rapide du phénomène d'urbanisation, de la croissance démographique, de l'utilisation anarchique des sols dans la ville de Kribi, tout ceci couplés aux changements climatiques deviennent de nos jours de plus en plus imprévisibles. L'ensemble de ces résultats montre sans équivoque d'une part le début de pollution de certains cours d'eau et d'autre part la perte d'une importante biodiversité des macroinvertébrés benthiques. Ces résultats apportent un complément d'information sur la biodiversité des macroinvertébrés

benthiques des cours d'eau en zone de transition écologique dans la région du Sud-Cameroun. Fort de ce constat, nous ne saurions terminer sans formuler les recommandations suivantes :

Aux populations riveraines de s'approprier le concept « éco-citoyen » en utilisant les moyens appropriés pour l'évacuation de leurs déchets ; d'éviter de transformer les points d'eau en laverie d'automobile ; de protéger les zones humides et les habitats naturels, de modérer l'utilisation des engrais chimiques et les activités de pêche artisanale.

Aux pouvoirs publics d'améliorer les politiques sur la gestion des ressources hydriques, tout en mettant un accent particulier sur la préservation et la conservation de la biodiversité en zone écotone conformément aux objectifs du nouveau code sur les (CTD) Collectivités Territoriales Décentralisées et la SND30 (Stratégie Nationale de Développement horizon 2030) qui visent la préservation de l'environnement. Sensibiliser les populations riveraines sur l'impact néfaste des rejets des déchets chimiques sur la macrofaune benthique des écosystèmes aquatiques. En effet, les déchets chimiques constituent un poison pour la faune juvénile des crabes, crevettes et de nombreuses larves d'insectes.

Aux hydrobiologistes, de poursuivre les travaux de recherche dans tous les autres hydrosystèmes du Cameroun afin d'avoir une connaissance générale et exhaustive sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques.

Perspectives

Pour nos travaux futurs, nous envisageons faire des analyses biomoléculaires des espèces bioindicateurs (*Caridina africana*, *Caridina nilotica*, *Macrobrachium macrobrachion* et *Macrobrachium nilotica*) ; étudier la morphologie et la taxinomie de ses espèces ; réaliser des essais de toxicité, ceci afin de définir les cotes de tolérance propres au contexte camerounais et d'étendre les échantillonnages dans d'autres milieux aquatiques. En plus, d'intégrer d'autres méthodes d'échantillonnage, de réaliser dans la mesure du possible des échantillonnages nocturnes en vue de caractériser les réseaux trophiques en milieu aquatique en zone côtière. Enfin, les Décapodes et les Gastéropodes très présents dans les hydrosystèmes de l'étude pourraient être utilisés pour mettre sur pied un indice Décapodes-Gastéropodes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR. 2004.** Qualité de l'eau : détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). *Association Française de Normalisation*, Paris. 15 p.
- Agadjihouede H., Chikou A. et Laleye P. 2009.** Diversité et abondance des crevettes d'eau douce dans la lagune de Grand-Popo (Bas Mono) au Sud du Bénin. *Actes de 2^{ème} Colloques de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies, Sciences Agronomiques*, 4: 462-469.
- Agnew J. D. 1961.** New Bartidae (Ephemeroptera) from South Africa. *Novos Taxa Entomologicos*, 26 : 1-18.
- Aguilar Ibarra A., Park Y., S., Brosse S., Reyjol Y., Lim P. et Lek S. 2005.** Nested patterns of spatial diversity revealed for fish assemblages in a West European River. *Ecology of Freshwater Fish*, 14 : 233-242.
- Ajeegah G., Enah D. et Foto M. 2017.** A study of the morphological structure of Chironomidae (Diptera) in a tropical urban water system. *International Journal of Sciences*, 6: 2-19.
- Ajeegah G., Kekeunou S., Njiawouo P. et Foto M. 2014.** Morphologie et abondance des stades développement d'Ilyocoris cimicoides Linne 1758 (Hepteroptera : Naucoridae) dans un lac anthropisé en zone tropicale (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 72: 5826-6936.
- Alhou B. 2007.** Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Notre Dame de la Paix, Namur, 223 p.
- Allan J. 2004.** Landscape and rivers cape: the influence of land use on stream ecosystems. *Annals Review of Ecological Systems*, 35 : 257- 284.
- Amoros C. et Petts G. 1993.** Hydrosystèmes fluviaux. *Collection d'écologie*, Editions Masson. 300 p.
- Anderson N., Charles P. et Michael L. 1982.** Effects of canopy, substrate composition and gradient on the structure of macroinvertebrate communities in Cascade Range stream of Oregon. *Ecology*, 63 : 1840-1856.
- Angelier E. 2003.** Ecology of streams and rivers. *Science Publisher*, Inc. Enfield. Pp 211- 213.
- Armitage P. et Wood P., 1997.** Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental management*, 4: 203-207.
- Arrignon J. 1998.** Aménagement piscicole des eaux douces. 5e édition. Paris : Lavoisier. Tec. Doc. 93 p.

- Athanase C. 2014.** Description générale de la terre : considérée sous ses rapports astronomiques et physiques, Paris Librairie Deterville. 745 p.
- Auby L., Manaud F., Maurer D. et Trut G. 1994.** Etude de la prolifération des algues vertes dans le bassin d'Arcachon. IFREMER-CEMAGREF-SSA-SABARC. 192 p.
- Bach F. et Jordan M. 2006.** A probabilistic interpretation of Canonical Correlation Analysis. Tech. Rep. 88, Dept Stat, Univ. California, Berkeley. 235 p.
- Barbour M., Gerritsen J., Snyder B. et Stribling J. 1999.** Rapid bioassessment protocols for use in stream and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2nd edition, U. S. Environmental Protection Agency, office of water, Washington, Distric Columbia, 2 : 233-235.
- Benbow M., Burky A. et Way C. 2004.** Morphological characteristics and species separation of Hawaiian postlarval amphidromous fishes. *Micronesica*, 37: 129-144.
- Bhats A., Meraj G., Yaseen S., Bhat A. et Pandit A. 2013.** Assessing the impact of anthropogenic activities on spatio-temporal variation of water quality in Anchar Lake, ashmir Himalayas. *International Journal of Environmental Sciences*, 3 : 1625 -1640.
- Binesse M. 1983.** Protection et amélioration des cours d'eau : objectif faune aquatique. MLCP. Dir. Gén. De la faune. 153 p.
- Biram à Ngon E. 2014.** Structure du peuplement des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Abouda, affluent du Nga à Yaoundé. Mémoire de Master, Université de Yaoundé 1, Cameroun. 62 p.
- Biram à Ngon E., Foto M., Ndjama J., Nyame M., Mboye, B. et Ajeegah G. 2018.** Ecological factors and Dictyoptera (Blaberidae) association benthic macroinvertebrates, in some forest streams in the Centre region of Cameroon. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 7: 235 - 246.
- Blandin P. 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'Écologie*, 4 : 215-307.
- Bode R., Novak M., Abele L., Heitzman D. et Smith A. 2002.** Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State, Albany (New York), Stream Biomonitoring Unit Bureau of Water Assessment and Management Division of Water, NYS Department of Environmental Conservation. 41 p.

- Boissonneault Y. 2006.** Le suivi écologique des rivières du Québec : comparaison des bio-indicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées benthiques. Mémoire de maîtrise. Université de Trois-Rivières. Trois-Rivières. Québec. 137 p.
- Bosire J., Kairo G., Kazungu J., Koedam N. et Dahdouh-Guebas F. 2005.** Predation on Propagules Regulates Regeneration in a High-Density Reforested Mangrove Plantation. *Marine Ecology Progress Series*, 2: 149-155.
- Bouchet P. et Rocroi J. 2005.** Classification and Nomenclator of Gastropod Families. *Malacology*, 2: 1-397.
- Boudem C. 2023.** Biodiversité des Macroinvertébrés Benthiques du Lac de Mekin, des cours d'eau Lobo et Dja (Région du Sud Cameroun) et effet du barrage sur la qualité des eaux Thèse de Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1: 210p.
- Brasington J, Vericat D et RYchov I. 2012.** Modeling river bed morphology roughness, and surface sedimentology using high resolution terrestrial laser scanning. *Water Resources Research*, 293, 143-155.
- Braud, S. et Alber A., 2012.** Impacts des ouvrages transversaux sur la continuité sédimentaire des cours d'eau. DREAL Centre. 59 p.
- Brosse S., Giraudel L., Lek S. 2001.** The temporal dynamic of fish population assemblages and community structure. *Ecological Modelling*, 146: 159-166.
- Brown D. 1994.** Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance. CRC Press, Taylor & Francis Ltd. Ed, London, 2nd revised edition. 609 p.
- Brusca R C. et Brusca G. J. 2003.** Invertebrates, 2nd ed. Sinauer Associates Sunderland, Massachusett. 936 p.
- Cairns J., Lanza G. et Parker B. 1972.** Pollution related Structural and functional changes in aquatic communities with emphasis on freshwater algae and protozoa. *Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 124: 79 -127.
- Camacho A. 1992.** The natural history of biospeleology. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Monografias. 680 p.
- Carrel G., Barthelemy D., Auda Y. et Chessel D. 1986.** Approche graphique de l'analyse en principales normée : utilisation en hydrobiologie. *Œcologia Generalis*, 7 : 189 – 203.
- CEAEQ. 2007.** Détermination des Orthophosphates dans l'eau : méthode calorimétrique automatisée à l'acide ascorbique. Centre d'Expertise en Analyses Environnementales

du Québec, 185 MA. 3030-P1.0, Revue, 3, *Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec*. 12 p.

Chamley H. et Déconinck J. 2011. Socles de Sédimentologie (3^{ème} éd.). Dunod : Paris. 177 p.

Charvet S., Kosmala A et Statzner B. 1998. Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: perspectives for a general tool in stream management. *Archiv Fur Hydrobiologia* 14: 415-432.

Chouinard H. 2010. L'intégrité écologique des cours d'eau : analyse de méthodes de suivi et proposition d'une méthode adaptée au Parc National d'Ifrane. Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, M.E.I/M. Environnement. 126 p.

Chuzeville B. 1990. Hydrobiologie tropicale et appliquée en Afrique subsaharienne. Collection Maîtrise de l'eau. *Ministère français de la coopération et du développement*. Paris Afridoc. 275 p.

Corbet P. S. 1956. Larvae of East African Odonata. 2-3. 2. *Ceriagrion glabrum* Burmeister. 3. *Metacnemis valida* Selys. *The Entomologist*, 89 : 148-151.

Couper J. 1983. Écosystèmes marins. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3 :35-45.

Culp J., Wrona F. et Davies R. 1986. Response of stream benthos and drift to fine sediment deposition versus transport. *Canadian Journal of Zoology*, 64: 1345-1351.

Cumberlidge N. 2006. Inventaire rapide des crustacés décapodes de la préfecture de Boké en Guinée. Rapid Assessment Program (RAP). *Bulletin of Biological Assessment / Bulletin RAP d'Evaluation Rapide*, 4: 38-46.

Dajoz R. 2000. *Précis d'Ecologie*, 7^{ème} édition, Dunod, Paris. 615 p.

Dane B. 2023. Impacts de la qualité des ressources en eau sur la biodiversité (Dakar, Sénégal) *African Journal Online*, 2: 5-11.

Davies P. J., Wright I. A, Findlay S. J., Jonasson O. J. et Burgin S. 2010. Impact of Urban development on aquatic macroinvertebrate in south eastern Australia: degradation of in-stream habitats and comparison with non-urban streams. *Aquatic Ecology*, 44: 685-700.

De Caceres M. et Legendre P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, URL. <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres>.

- De Grave. 2011.** Bericht über die von Herrn Schiffscapitän Storm zu Atjeh, an den westlichen Küsten von Malakka, Borneo und Celebes sowie in der Java-See gesammelten Decapoden und Stomatopoden. *Zoologische Jahrbücher, Abtheilung für Systematik, Geographie und Biologie der Thiere* 9: 75–218.
- De Moor I. et Day J. 2003.** Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 8: Insecta II. Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera et Lepidoptera. *Water Research Commission Report*, No. TT 214/03, Pretoria-South Africa. 219 p.
- De vellers J., Squilbin M. et Yourassowsky C. 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. *Observatoire des données de l'environnement*. 16 p.
- Delage V. 2002.** La végétation en bordure des cours d'eau – Rôle et méthodes de gestion. Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska (COGEBY), Saint-Hyacinthe, 28 p.
- Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O. et Belghity D. 2010.** Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. *Larhyss Journal*, 1112 : 101-112.
- Devidal S., Richard-Sirois C., Pouet M. et Thomas O. 2007.** Solutions curatives pour la restauration des lacs présentant des signes d'eutrophisation. Rapport interne, Observatoire de l'Environnement et du Développement Durable, Université de Sherbrooke, Québec. *Larhyss Journal*, 8: 101-112.
- Dolédec S. et Chessel D. 1994.** Co-inertia analysis: an alternative method for studying species - environment relationships. *Freshwater Biology*, 31 : 277-294.
- Doney S. 2010.** The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Science*, 328 : 1512-1516.
- Dufrêne M. et Legendre P. 1997.** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 : 345-366.
- Durand J. R. et Lévêque C. (editors). 1980.** *Flore et faune aquatiques de l'Afrique SaheloSoudanienne*. T.1. ORSTOM, .I.D.T. Paris, 389 p.
- Dzavi J. 2014.** Etude de la communauté des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Konglo, affluent du Nyong à Mbalmayo. Mémoire de Master, Université de Yaoundé 1, Cameroun. 49 p.

- Elouard J. 1981.** Diptères : caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes. In : Durand, J. R. et Lévêque, C. (Eds.), Flore et Faune Aquatiques de l’Afrique Sahelo-soudanienne. Tome II. ORSTOM, Paris, 553-567.
- Ewane A. 2005.** Analyse structurelle et préféabilité du projet d’aménagement du lac municipal d’Ebolowa. Faculté des Sciences. Université de Yaoundé I. Cameroun. Mémoire de Diplôme d’Etudes Supérieures Spécialisées (DESS). *Sciences Environnementales*. 60 p.
- Eyre M. D., Foster G. N., Luff M. L. & Rushton S. P. 2006.** The definition of British water beetle species pool (Coleoptera) and their relationship to altitude. Temperature, precipitation and land cover variables. *Hydrobiologia*. 560 : 121-131.
- Failler P., Petre F. et Maréchal P. 2010.** Détermination de la valeur socio-économique des récifs coralliens, des mangroves et des herbiers de phanérogames de la Martinique. Plan d'actions national IFRECOR 2006- 2010. Thème d'Intérêt Transversal « Socio-économie » Rapport final. 154 p.
- Feuillade M. 1972.** Croissance d’*Oscillatoria rubescens* et variations quantitatives de la chlorophylle et des différents caroténoïdes en fonction d’éclairement. Information Systems Division, National Agricultural Library, 3: 21–31.
- Fisher S., Gray L., Grimm N. et Busch D. 1982.** Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding, *Ecological Monograph*, 52: 93-110.
- FONDAF. 2006-2007.** Programme de développement local, Audit social des populations de Kribi. 117 p.
- Foto M. 2012.** Recherche écologique sur le réseau hydrographique du Mfoundi (Yaoundé) : Essai de biotypologie. Thèse de Doctorat d’Etat, Université de Yaoundé I, Cameroun. 220 p.
- Foto M. et Njine T. 1991.** Influence de la pollution organique sur la diversité des peuplements de ciliés de deux cours d’eau urbains au Cameroun. Annales de la Faculté des Sciences de l’Université de Yaoundé I, Série Sciences Naturelles et Vie, 7: 281-294.
- Foto M., Ajeegah G. et Njine T. 2002.** Qualité des eaux de cinq cours d’eau du bassin du Mfoundi à Yaoundé, *5ème conférence Interrégionale sur l’environnement et l’eau – Environnement et Eau, Ouagadougou*. 222 p.

- Foto M., Tchakonté S., Ajeegah G., Zébazé T., Bilong B. et Njiné T. 2013.** Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (Cameroon). *The International Journal of Biotechnology*, 2: 91-104.
- Foto M., Zebaze S., Nyamsi T. et Njiné T. 2010.** Macroinvertébrés Benthique du cours d'eau Nga : Essai de caractérisation d'un référentiel par des Analyse Biologiques. *European Journal of Scientific Research*. 1: 99-106.
- François B. 2017 :** Géologie de la matiere organique, DEP sciences, 2017. P.22.
- Friedrich G., Chapman D. et Beim A. 2001.** The use of biological material. In D. Chapman, water quality assessment: a guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring, *edition Chapman and Hall*. 238 p.
- Garner G., Hannah D., Sadler J. et Orr H. 2013:** River temperature regimes of England and Wales: spatial patterns, inter-annual variability and climatic sensitivity. *Hydrological Processes*, 28: 5583–5598.
- Gaudard A. 2017 :** les changements du brassage des lacs (brassage moins fréquent, moins profond, voire absent). *Aquatic Sciences* 78: 743–753
- Gaujous D. 1993.** La pollution dans les milieux aquatiques. Aide-mémoire. Editions Technique et Documentation, 212 p.
- Gayraud S. et Philippe M. 2003.** Influence of Bed-Sediment Features on the Interstitial Habitat Available for Macroinvertebrates in 15 French Streams. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 1: 77-93.
- Giller P. et Malmqvist P. 1999.** The biology of rivers and streams. Oxford University Press, Oxford. 296 p.
- Giraudel L. et Lek S. 2001.** A comparison of self-organizing map algorithm and some conventional statistical methods for ecological community ordination. *Ecological Modelling*, 146 : 329-339.
- Gleik P. 1993.** Water ressources. In: Encyclopedia of climate and weather. Ed. Scheider, Oxyford University Press, New York, USA. 823 p.
- Glèlè Kakai R., Salako V., Padonou E. et Lykke A. (2016).** Méthodes statistiques multivariées utilisées en Ecologie. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20 :139-157.
- Gnohossou M. 2006.** La faune benthique d'une lagune ouest africaine (Le lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse de Doctorat, Institut Nationale Polytechnique de Toulouse (France). 136 p

- Gregory K., Gurnelle A., Hill C. et Tooth S. 1994.** Stability of the pool-riffle sequence in changing river channels. *Regulated Rivers : Research and Management*, 9 : 35-43.
- Gwos N. 2024.** Bioécologie des Macroinvertébrés benthiques dans quelques cours d'eau de la Région de l'Est Cameroun Thèse de Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1: 241p.
- Habbachi W. 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Faculté des Sciences. Université Badji mokhtar annaba. 185 p.
- Härdle, W. et Simar L. 2007.** Applied Multivariate Statistical Analysis, 2nd edition, Springer.
- Harrison T., Norris R. et Wilkinson S. 2007.** The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. 5th Australian Stream Management Conference, 6: 139-144.
- Hellawell J. 1986.** Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. *Applied Science*, London, UK. 546 p.
- Hilsenhoff W. 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family-level Biotic index. *Journal of the American Benthological Society*, 1 : 65-68.
- Hoegh-Guldberg O et Bruno J. 2010.** The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328: 1523-1528.
- Hörnig M., Haug C., Karl J., Herd k. et Haug J. 2014.** New insights into dictyopteran early development: smallest Palaeozoic roachoid nymph found so far. *Palaeodiversity*, 7 : 159-165.
- Hynes H. 1970.** The ecology of running water. University of Toronto. Press Toronto, Ontario, Canada, 6: 312-374.
- INRA. 2005.** L'émergence d'une ingénierie écologique des milieux aquatiques. Institut National de la Recherche Agronomique : Direction de l'information et de la communication – 147 rue de l'université - 75338. Paris Cedex 07. 144 p.
- INS. 2018 :** Institut Nationale de la Statistique. Annuaire Statistiques de la Région du Sud Cameroun. 180 p.
- Jain S. 2012.** Assessment of water quality at the three Stations of Chambal River. *International Journal of Environmental Sciences*, 3: 881-884.

- Jones J., Murphy J., Collins A., Sear D., Naden P. et Armitage P. 2011.** The impact of fine sediment on Macroinvertebrates. *International Journal of Sciences*, 5: 1054-1071.
- Jullian E., Hirbec A., Ker B. et Liu R. 2005.** Qualité de l'eau du bassin versant de l'Ardèche. Université de Paris 7 – Denis – Diderot UFR des sciences physiques de la terre (IUP Génie de l'Environnement). 149 p.
- Kaboré I., Ouédraogo I., Tampo L., Ouéda A., Moog O., Guenda W. et Melcher A. H. 2016.** Composition and dynamic of benthic macroinvertebrates community in semi-arid area rivers of Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10, 1542-1561.
- Kengne F. 2018.** Bio-évaluation des cours d'eau de la région Ouest du Cameroun à l'aide des macroinvertébrés benthiques et construction d'un indice multimétrique régional. Thèse de doctorat en cotutelle internationale, Université de Lille-Sciences et Technologies et l'Université de Yaoundé I. 174 p.
- Kengne T. 2021.** Dynamique phytoplanctoniques et niveau trophique de quelques étangs de la ville de Bertoua. Thèse de Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1: 190p.
- Kinouchi T. et Miyamoto M. 2007:** Increase in stream temperature related to anthropogenic. *Journal of Hydrology*, 5: 78-88.
- Kiviluoto K. 1996.** Topology preservation in Self-Organizing Maps. Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, October 1996. IEEE Service Center, New York: pp 294-299.
- Kohonen T. 1982.** Self-Organized formation of topologically correct features maps. *Biological Cybernetics*, 43: 59-69.
- Kohonen T. 2001.** Self-Organizing Maps (3rd Edition). Springer-Verlag, Berlin, Germany, 501 p.
- Kolkwitz R. et Marsson M. 1908.** Ecolgie des saprobias animaux. Contributions à l'enseignement de l'évaluation biologique des eaux. *Révision Internationale de l'Ensemble de l'Hydrobiologie et de l'Hydrographie*, 26 : 505-519.
- Kolkwitz R. et Marsson M. 1909.** Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrography*, 2 : 126-152.

- Kottè-Mapoko E., Ngo-Massou V., Essomè-Koum L., Emame J., Nyamsi M., Tchoffo R. et Ndongo D. 2017.** Molluscs' Composition and Distribution in Mangroves of the Cameroon Central Coast. *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 5: 4-13.
- Kourradi R. 2007.** Evaluation du degré de la pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et la dynamique de *Scrobicularia plana* (Linné, 1758) et *Solen marginatus* (Linné, 1767). *Thèse de Doctorat d'Etat*, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal. 313 p.
- Lauffer M. 2019. Traitement d'images pour la reconnaissance d'organismes aquatiques. Laboratoire Matériaux optiques, Photoniques et Systemes. Université Lorraines-Supelec, F-57070.
- Lecerf A. 2005.** Perturbations anthropiques et fonctionnement écologique des cours d'eau de tête de bassin : Etude du processus de décomposition des litières. *Thèse de Doctorat*. Université de Toulouse III- Paul Sabatier. 159 p.
- Leclercq L. 2001.** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique. 44 p.
- Levêque C. (2001).** Ecologie : de l'écosystème à la biosphère. Paris, Dunod. 502 p.
- Lévêque C. et Balian E. V. 2005.** Conservation of freshwater Biodiversity: does the real world meet scientific dream *Hydrobiologia*, 542: 25-26.
- Lianso R., Scott L., Dauer D., Hyland J. et Russell D. 2002.** An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic Region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. *Estuaries*, 25 : 1219-1230.
- Liechti P., Frutiger A. et Zobrist J. 2004.** Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. *Environnement Practice*. 50 p.
- Lioris D. et Rhababo J. 1984.** Guide d'identification des ressources marines vivantes au Maroc. *Bulletin de Pollution Marine*. 140 : 193-201.
- Logan O. 2004.** Effects of fine sediment deposition on benthic invertebrate communities. Thesis. 155 p.
- Mafany G., Fantong W. et Nkeng G. 2006.** Quality of groundwater in Cameroon and its vulnerability to pollution. In: Xu Yongxin, Brent U (Eds). *Groundwater pollution in Africa*. Taylor and Francis (Balkema), The Netherlands, 4: 47-55.

- Malavoi J., Garnier C., Landon N., Recking A. et Baran P. 2011.** Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. *Annales des Sciences Agronomiques*, 216 p.
- Marcé. 2018.** Emissions from dry inland waters are a blind spot in the global carbon cycle. *Earth-Science Reviews*, 2: 13-23.
- Martin P. et Aït Boughrous A. 2012.** Guide taxonomique des oligochètes dulçaquicoles du Maghreb. Ed. NUR 910, Bruxelles, Belgique. 194 p.
- Mary N. 1999.** Caractérisations physicochimique et biologique des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Doctorat, Université Française du Pacifique, France. 200 p.
- Mboye B. 2019.** Diversité des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau du bassin de la Mabounié (Gabon) : Essai de biotypologie. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Université de Yaoundé 1. 214 p.
- McClelland W. et Brusven M. 1980.** Effects of sedimentation on the behavior and distribution of riffle insects in a laboratory stream. *Aquatic Insects* 2: 161-169.
- McGeoch H. 1998.** Augmenter la valeur des bioindicateurs. *Tendances en écologie et évolution*, 13 (2) :46-47.
- MDDEFP. 2013.** Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 2e édition. 88 p.
- Medann A. 2013.** Etude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères de la région d'Ouled Mimoun (Wilaga de Tlemcen). Mémoire de Master, Université de Tlemcen. 143 p.
- Mehounou J., Josse R., Dossou-Yovo P., Senou S. et Toklo R. 2016.** Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué. *Journal of Applied Biosciences*, 103: 9841 – 9853.
- Merritt R. et Cummins K. 2008.** An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 4th edition, Kendall Hunt Publishing, Dubuque, Iowa, U.S.A. 1159 p.
- Messoe W. 2024 :** Dynamique d'abondance des odonates dans le cours d'eau Nyamessamba recevant les influents agroindustriel Société des Hévéas du Cameroun-HEVECAM

(Nieté -Sud Cameroun). Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. 243 p.

Meurgey F. et Picard L. 2011. Les libellules des Antilles françaises. Biotope, Mèze, Collection Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 440 p.

Moanono P. 2022. Structure des communautés des macroinvertébrés benthiques de quelques mangroves du littoral camerounais : influence des facteurs environnementaux. Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. 206 p.

Moisan J. et Pelletier L. 2010. Guide d'identification des principaux Macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. 82 p.

Moissan J. et Pelletier L. 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction de suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec. 168 p.

Mongindo E. 2007. Biologie et ecologie de la crevette *Macrobrachium sollaudii* de Man 1912 (Palaemonidae) du ruisseau Avokoko à Kisangani, RD Congo. *DEA* à l'Université de Kisangani, Faculté des Sciences, RDC. 61 p.

Monique E. 1987. Evaluation biologique de la qualité des cours d'eau ; méthode simplifiée. *Centre technique et pédagogique de l'enseignement de la communauté française.* Route de Bavay, FRAMERIES, 3: 7-63.

Monod T. 1980. Décapode. In : Durand J. R. et Levêque C. (eds.), Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne, Paris, ORSTOM, 44 : 369-389.

Monoury E. 2013. Fonctionnement écologique des zones de dépôt dans les ruisseaux : contribution des invertébrés benthiques aux processus de décomposition des litières et de bioturbation. Thèse de Doctorat, Université Paul-Sabatier, Toulouse III. 283 p.

Moretti M. et Callisto M. 2005. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. *Acta Limnol. Bras*, 17: 267-281.

Mvogo N., Schubart, D., Thomas V., Tamesse J. et Cumberlidge N. 2017. Morphological and molecular evidence for a new specie of the genus *Sudanonaute* Bott 1955 (Brachyura Potamoidea : Potamonautidae) from Cameroon, notes on its ecology, 1: 161-173.

- N’zi K., Gooré B., Kouamélan E., Koné T., N’douba V. et Ollevier F. 2008.** Influence des facteurs environnementaux sur la répartition spatiale des crevettes dans un petit bassin ouest africain – rivière boubo – Côte d’Ivoire, *Environmental Science and Pollution Research International*, 1: 17–23.
- Ndem V. 2019.** Biodiversité des macroinvertébrés benthiques et qualité des eaux d’un cours d’eau de la région de l’Adamaoua : le Gbakoungue. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun. 37 p.
- Ndourwe F. 2021.** Caractérisation par les macroinvertébrés benthiques d’un cours d’eau forestier de la Région du littoral : Le Ndog Bissolo. Mémoire de Master. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, 68p.
- Nechad I., Fadil K. et Fadil F. 2014.** Qualité physicochimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain Sidi Bouali dans la région de Sefrou (Moyen Atlas, Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN, 20: 127-146.
- Newbury R. et Gaboury M. 1993.** Stream analysis and fish habitat design. A field manual. *Newbury hydraulics, Gibsons, Colombie-Britannique*. 256 p.
- Nfotabong A. 2011.** Impact of Anthropogenic Activities on the Vegetation Structure of Mangrove Forests in Kribi, the Nyong River Mouth and Cameroon Estuary. Ph.D. Thesis, Université Libre de Bruxelles-ULB, Belgium/The University of Douala, Cameroon. 177 p.
- Ngakomo A., Ajeegah A. et Ngassam P. 2019.** An ecological assessment of the physico-chemical and biological water quality in a sub-urban area in Cameroon: case of the ngoumou rural council. *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, 6: 198-204.
- Ngandjui H. 2022.** Distribution des macroinvertébrés dans les eaux du port autonome de Kribi : Importance des variables abiotiques. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun. 63 p.
- Ngoay-Kossy J. 2018.** Diversité des macroinvertébrés benthiques et qualité physicochimique des eaux de deux ruisseaux : Nguitto et Pala en Républiques Centrafricaine (RCA). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences. Université de Yaoundé 1. 157 p.
- Ngo-Massou., Essomè-Koum., Kottè-Mapoko., et Ndongo D. 2014.** Biology and Distribution of Mangrove Crabs in the Wouri River Estuary, Douala, Cameroon. *Journal of Water Resource and Protection*, 6 : 236-248.

- Nola M, Njine T et Tailler R. 1999.** Approche calorimétrique des eaux des nappes de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun). *Microbiology of Hygienic Alimentation* 3: 9-13.
- Nwaha M. 2018.** Etude de la communauté des macroinvertébrés benthiques et physico-chimie des eaux du cours d'eau Ndongo à Buea (Sud-Ouest, Cameroun). Mémoire de master. Faculté des Sciences Université de Yaoundé 1. 50 p.
- Nwaha M. 2023.** Influence de quelques facteurs environnementaux sur la distribution des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau de la région du Sud-Cameroun. *Doctorat/Ph.D*, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. 206 p.
- Nwaha M., Foto M., Nyame M., Biram à Ngon E. et Temgoua Z. 2022.** Water Quality Assessment of Some Forest Streams in the South Region of Cameroon. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 2: 1292-1302.
- Nyamsi T., Foto M., Zébazé T., Onana F., Adandedjan D., Tchakonté S., Yémélé T., Koji E. et Njiné T. 2014.** Indice Multimétrique des Macroinvertébrés Benthiques Yaoundéens (IMMY) pour l'évaluation biologique de la qualité des eaux des cours d'eau de la région de Centre Sud forestier du Cameroun. *European Journal of Scientific Research*, 123 : 412-430.
- Nzepand T. 2015.** Biodiversité des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Kétsok à Batoufam, région de l'Ouest Cameroun. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun. 50 p.
- Nzongang K. 2015.** Physico-chimie des eaux et biodiversité des macroinvertébrés benthiques d'un cours d'eau en zone périurbaine à Soa, le Foulou affluent de l'Affanba. Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun. 50 p.
- Olivier D., Gessner O., François G et Eric C. 2004.** Impacts of stream acidification on litter breakdown : implications for assessing ecosystem functioning. *Journal of Applied Ecology*, 41: 365-378.
- Olivry J. C. 1984.** Régimes hydrologiques des fleuves et rivières du Cameroun. Tome I 1ère et 2ème parties, pp 133-511.
- OMD. 2010.** Organisation Mondiale du Développement. Rapport régional de progrès des objectifs du millénaire pour le développement région du Sud. 54 p.
- Onana F. M., Zébazé T., S.H., Koji, E., Nyamsi T., N.L. et Tchakonté S. 2016.** Influence of municipal and industrial pollution on the diversity and the structure of benthic macro-

Invertebrates community of an urban river in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 8: 120-133.

ORE. 1995. Les rivières de la Réunion : bilan des connaissances disponibles en physicochimie, faune et flore : Analyse bibliographique. Observatoire Régional de l'Environnement. Edition, Cascades du Bras Piton, 66 p.

OSM. 2022. Open Street Map. Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnages.

Painchaud J. 1997. La qualité de l'eau des rivières au Québec : État et tendances. 167 p.

Park S., Céréghino R., Compin A. et Lek S. 2003. Applications of artificial neural networks for patterning and predicting aquatic insect species richness in running waters. *Ecological Modelling*, 160 : 265-280.

Philippeau G. 1992. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Service des Etudes Statistiques – Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Paris, 63 p

Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different type of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.

PNUD. 2007. Programme des Nations Unies pour le Développement. Les nouveaux indicateurs des richesses, Paris, Edition La Découverte, Collection « Repère » 128 p.

Poupin J. et Juncker M. 2010. Guide des crustacés décapodes du pacifique Sud. ISBN. 323 p.

Ramade F. 2005. Elément d'écologie : Ecologie appliquée. Dunod, 6^{ème} Edition. 864 p.

Renaudin V. 2001. Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. Lavoisier tec Doc. 11 p.

Resh S. 1995 : Structure de taille taxonomique des macroinvertébrés benthiques. *Australian Journal of Ecology*, 11 : 121-148.

Reyjol Y., Spyrtos V., et Basilico L. 2013. Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Perspectives en vue du 2e cycle DCE – *Eaux de surface continentale*. 30 p.

Rhée G. Y. et Gotham I. J. 1981. The effect of environmental factors on phytoplankton growth. Temperature and interactions of temperature with nutrient limitation. *Limnology Oceanography*, 26: 635-648.

- Rodier J. 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles eaux résiduaire et eaux de mer. Chimie, physico-chimie, interprétation des résultats. 8^e édition, Dunod, Paris. 1384 p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. 1996.** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer (8^e édition). DUNOD: Paris. 1384 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. et Coll. 2009.** Analyse de l'eau. 9^e édition. Dunod, Paris, France, 1579 p.
- Rodrigues S. 2011.** Géodynamique et sédimentologie des systèmes fluviaux. Cours Magistral, Université François Rabelais. 42 p.
- Roth L. 1981.** The non- Australian species of "Calolampra" (Dictyoptera, Blattaria: Blaberidae). *Entomologica Scandinavica*, 12 : 405-425.
- SAGE. 2020.** Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Description et préservation des milieux aquatiques. *International Journal of Environmental Sciences*, 2 :12-18.
- Samé Ekobo A. 1984.** Faune malacologique du Cameroun (description, répartition des Mollusques dulçaquicoles et foyers de trématodoses humaines). Thèse de Doctorat d'État, Université de Rennes I, 632 p.
- Sarriquet, P., Bordenave P. et Marmonier P. 2007.** Effects of bottom sediment restoration on interstitial habit characteristic and benthic macroinvertebrates assemblages in a headwater stream : *River Research and Applications*, 23 : 815-828.
- Schuwirth N. et Reichert P. 2012.** Prévoir la présence des organismes dans les rivières. *Eawag News*, 72: 14-17.
- Shannon C. E. et Weaver W. 1949.** The mathematical theory of communication. University Illinois press, Urbana, 117p.
- Shorther A. 2001.** La capacité auto-épuratrice des cours d'eau : Applications des connaissances scientifiques à leur gestion. Synthèse technique. *Environmental Science and Pollution Research International*, 10: 126-139.
- Silliau K. 2016.** Caractérisation des habitats d'Odonates Gomphidae en Basse-Loire (de Montsoreau à Nantes). Mémoire de Stage en Ingénierie des Milieux Aquatiques, Polytechnique de l'Université François Rabelais de Tours, 37 p.
- Simon T. 1999.** Assessing the Sustainability and Biological Integrity of Water Resources Using Fish Communities. *Chemical Rubber Company Press, Boca Raton*, 671 p.

- Song M., Leprieur F., Thomas A., Lek-Ang S., Chon T. et Lek S. 2009.** Impact of agricultural land use on aquatic insect assemblages in the Garonne river catchment (SW France). *Aquatic Ecology*, 43: 999-1009.
- Stark J., Boothroyd G., Harding S., Maxted R. et Scarsbrook R. 2001.** Protocols for Sampling Macroinvertebrates in Wadeable Streams. New Zealand Macro-invertebrates working group, report no.1, Ministry for the Environment and Sustainable Management, fund project no. 5103, 57 p.
- Suchel B. 1987.** Les climats du Cameroun. Thèse Doctorat D'état. Université de Bordeaux III. 186 p.
- Sujitha P., Mitra D., Sowmya P. et Mini P. 2011.** Physico-Chemical parameters of Karamana River Water in Trivandrum District, Kerala, India. *International Journal of Environmental Sciences*, 2: 472-490.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. et Usseglio-Polatera P. 2010.** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie et écologie. *Centre National de la Recherche Scientifique édition, Paris*. 588 p.
- Tchakonté S. 2016.** Diversité et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau urbains et périurbains de Douala (Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D, en Biologie des Organismes Animaux, Option Hydrobiologie et Environnement. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, Cameroun. 205 p.
- Thiam N. et Diallo A. 2012.** Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique : mobilisation de l'information et sites de démonstration. Projet de démonstration du bassin du fleuve Gambie. *Wetlands International Afrique*. 44 p.
- Tremblay A. 1997.** Caractérisation géochimique de la matière en suspension des principaux tributaires du Saint-Laurent entre Cornwall (Ontario) et Québec : apport des éléments traces à l'étude de la provenance sédimentaire et à l'identification de traceurs. Mémoire du grade de Maître ès sciences (M.Sc.), Université du Québec. 160 p.
- Tuffery G. 1980.** Incidences écologiques de la pollution des eaux courantes ; Révélateurs biologiques de la pollution. In : P. Pesson (édition). La pollution des eaux continentales ; Incidence sur les biocénoses aquatiques, Paris, Bordas, 3: 243-280.

- U.S. EPA. 1997.** Field and Laboratory Methods for Macroinvertebrate and Habitat Assessment of Low Gradient Nontidal Streams, Mid-Atlantic Coastal Streams Workgroup, *Environmental Services Division*, region 3, wheeling, 23 p.
- UIC. 1993 :** Union Internationale de chimie pure et appliquée. Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry [Green Book], Oxford, Blackwell Science, 2^e edition. P.82.
- UNESCO. 2006.** The 2nd UN World Water Development Report : « Water a shared responsibility » Paris : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) ; New York : Berghahn Books. Chapter 4 : The State of Resource.
- Vaneck, T. 1997.** Fuzzy Guidance Control for An Autonomous Boat IEEE. *Journal of Control Systems*, 17: 43-51.
- Vannote R., Minshall G., Cummins, K., Sedell, J. et Cushing C. 1980.** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.
- Verneaux J. 1973.** Cours d'eau de France – Comité (massif du Jura) : Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs – essai de biotypologie. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences, Université de Besançon. 260 p.
- Villanueva M. 2004.** Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest : adaptations aux pressions environnementales. Doctorat/Ph.D, Institut National Polytechnique de Toulouse. 272 p.
- Wasson, J. G., Chandesris, A., Pella, H. et Blanc L. 2002.** Définition des Hydro-écorégions françaises métropolitaines. Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. Rapport, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Cemagref Lyon BEA/LHQ. 190 p.
- Weisser W. et Siemann E. 2004.** The various effects of insects on ecosystem functioning. In: Weisser WW, Siemann E, editors. *Insects and Ecosystem Function*. Berlin, Germany: Biology, Environmental Sciences, 3: 9-24.
- Wentworth C. K. 1922.** A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 3:377-392.
- WFD. 2003.** Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential, Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2, A Ecological Status (ECOSTAT). 28 p.

- Williams M. 1999.** Natural food feeding in the commercial sand crab *Portinus pelagus* (Crustacea : Decapoda : Portinudae) in Moreton Bay, Queensland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 9: 165-176.
- Wood P. J., Toone J., Greenwood M.T. et Armitage P. D. 2005.** The response of four lotic macroinvertebrate taxa to burial by sediments. *Archiv für Hydrobiologie*, 4: 145-162.
- Woodcock T. et Huryn A. 2007.** The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. *Freshwater Biology*, 52: 177-196.
- Xu M., Wang Z., Duan X. et Pan B. 2014.** Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia*, 7: 247-259.
- Yaméogo L., Resh V. et Molyneux D. 2004.** Control of rivers blindness in West Africa: Case history of biodiversity in a disease control program. *EcoHealth*, 1: 172-183.
- Yoder C. et Rankin E. 1995.** Biological response signatures and the area degradation value : new tools for interpreting multimetric data. Biological assessment and criteria : tools for water resources planning and decision making. *Lewis Publisher*, 5 : 263-286.
- Yogback G. 2021** Taxinomie et Bio-écologie des Crustacés Décapodes dans le Bassin Versant du Nyong (Zone Forestière Sud Cameroun). Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. 243 p.
- Zahradnik J. et Chvala M. 1991.** La grande Encyclopédie des Insectes. *Collection Grund*, Paris, France. 511 p.
- Zebaze Togouet S. H. 2000.** Biodiversité et dynamique des populations du zooplancton (Ciliés, Rotifères, Cladocères et Copépodes) au lac municipal de Yaoundé (Cameroun), Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Yaoundé. I., Cameroun. 175 p.
- Zébazé Togouet S. H. 2008.** Eutrophisation et structure des peuplements zooplanctonique du Lac Municipal de Yaoundé. Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun. 200 p.

LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA THÈSE

1) Harissou, Foto Menbohan S. & Ajeegah A. « Biodiversité des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau côtiers de la région du Sud Cameroun », African Scientific Journal, 2022, 3 (15): 083-111.

2) Harissou, Foto Menboham S, Ajeegah A, Ndourwe B and Betsi W. « Evaluation by benthic macroinvertebrates of the state of health of some rivers in the south Cameroon region », World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences, 2023, 14 (03): 001-010.

ANNEXES

Annexe 1 : Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques des cours d'eau durant la période d'étude

Stations		pH (uc)	Tem (°C)	O ₂ (%)	CO ₂ (mg/L)	Turb (FTU)	Cond (µS/cm)	Alca (mg/L)	MES (mg/L)	TDS (mg/L)	Oxy (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Cou (Pt-Co)	Sal (US)
C1	Maximun	9,8	29	94,5	88	21	92,5	32	19	46,1	8,91	0,98	0,94	0,88	1,58	392	0,12
	Minimun	6,4	24,9	27	11,77	0	10,11	11	0	21,11	1,89	0	0	0	0,11	0	0
	Moyenne	7,6308	27,0507	70,4546	23,78	6,30769231	40,9876923	18	5,5385	24,8661538	4,32	0,43307692	0,22846154	0,21461538	0,60846154	108,053846	0,02538462
	Médiane	7,33	27,3	77,22	17,52	5	44,7	18	4	22,9	3,66	0,25	0,01	0,1	0,33	80	0
	Ecart-type	0,9998	1,42801	19,1655	20,9460923	5,75013935	22,0216383	7,22264956	6,0775	6,5057443	2,2121369	0,3475961	0,3744294	0,265255	0,50694915	108,90104	0,0466575
C2	Maximun	8,74	28,22	88,82	16,32	15	279,6	20	17	96,3	9,11	0,77	0,02	0,48	2,43	488	0,1
	Minimun	6,4	25,05	40,1	1,77	0	11,99	4	0	19,33	2,23	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	7,3331	26,8223	72,4415	8,44076923	6,53846154	70,9038462	10,3846154	6,5385	29,3946154	4,55923077	0,25538462	0,00392308	0,11430769	0,55076923	131,846154	0,02384615
	Médiane	7,22	27,22	75,3	7,56	7	42	10	6	21,22	3,98	0,13	0	0,03	0,23	103	0
	Ecart-type	0,6477	1,18524	13,0249	4,3269859	5,7823781	78,1396396	4,4821583	5,7099	21,536103	1,7002081	0,2511843	0,0064609	0,1585808	0,66715143	132,691903	0,04350066
C3	Maximun	8,38	276,22	82,5	12,22	44	117,5	21,11	33	363	7,9	0,93	0,23	1,9	2,48	432	0,1
	Minimun	6,2	24	56,89	2,12	0	10,89	4	0	11,99	0,86	0	0	0	0	22	0
	Moyenne	7,1269	45,24692	70,55154	6,33615385	8,76923077	58,5076923	11,2984615	13,23	90,2446154	3,79	0,36692308	0,03392308	0,38538462	0,49	134,923077	0,03538462
	Médiane	6,88	26	70,6	5,28	8	72,53	10,78	11,99	40,5	3,86	0,22	0,01	0,09	0,37	116	0,01
	Ecart-type	0,6492	69,40805	6,600904	3,88306695	11,2779567	36,2523386	6,01867489	11,359	109,692215	1,79072146	0,33804301	0,06699809	0,5727218	0,66128662	112,319827	0,04611858
T1	Maximun	8,42	30,8	79,7	8,08	19	70,91	21,5	24	33,33	5,8	0,87	0,78	2,38	3	349	0
	Minimun	6,12	24,4	55,22	1,12	2	21,22	2,65	0	12,1	2,22	0	0	0	0,001	27	0
	Moyenne	7,0431	26,45846	69,98692	4,35692308	7	31,0038462	11,1653846	6,6154	17,7346154	3,97	0,25692308	0,08	0,30769231	0,75392308	187,846154	0
	Médiane	6,95	26,22	72,78	4,08	7	27,7	10	3	17,11	4,12	0,12	0	0,08	0,47	211	0
	Ecart-type	0,6194	1,548262	7,624447	2,02837531	4,69041576	13,198797	5,97899882	8,2213	5,46275818	1,3410568	0,2437343	0,21721725	0,65124437	0,90582379	83,9174656	0
T2	Maximun	8,22	31,3	79,9	9,36	43	76	23	50	36	4,9	0,84	0,04	0,57	1,48	455	0
	Minimun	6	24,7	55,88	1,22	0	10,22	4	0	12,1	2,07	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,9892	26,49231	69,44385	3,76230769	11,1538462	26,2569231	14,3846154	18,462	17,5792308	3,59230769	0,20461538	0,01	0,10538462	0,41923077	199,923077	0
	Médiane	6,96	25,8	70,9	2,22	8	24,7	12	22	16,77	3,78	0,12	0	0	0,35	188	0
	Ecart-type	0,5802	1,911279	7,995219	3,01945678	12,2327849	17,9963609	6,00747398	16,561	6,18352039	0,89875983	0,27177243	0,01354006	0,17193096	0,44112473	119,81337	0
T3	Maximun	7,98	31	79,8	11,89	43	82	24	56	39	6,91	0,53	0,02	0,41	2,17	268	0
	Minimun	6,44	23,89	33	1,12	0	11,21	10	0	12,13	2,12	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	7,0238	26,11769	62,22615	7,66230769	15	30,6092308	18	14,922	18,7315385	3,88153846	0,13230769	0,00384615	0,05461538	0,36076923	149,692308	0
	Médiane	6,99	25,3	65	8,08	10	28,4	20	13	18,33	3,6	0,01	0	0	0,09	155	0
	Ecart-type	0,4487	1,819089	12,37465	3,44781127	14,0534693	17,8084987	4,37797518	16,137	6,77025338	1,38129074	0,20121108	0,00767948	0,11522553	0,59715243	85,3603974	0
E1	Maximun	7,88	28,3	87,7	9,89	42	89	40	44	44,6	7,3	0,79	0,05	0,87	0,81	448	0
	Minimun	6,4	25,2	38,12	1,23	0	11,89	4	0	12,24	0,91	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	7,0446	26,40769	62,33769	4,87461538	10,4615385	30,8676923	17,3076923	17,077	25,3176923	4,77307692	0,16076923	0,01461538	0,10615385	0,19230769	166,153846	0
	Médiane	6,99	25,98	61,1	5,2	7	29	20	18	23,89	4,93	0,06	0,01	0,01	0,09	194	0
	Ecart-type	0,4059	1,163566	11,78964	3,20416036	11,0424588	19,1941064	8,73102338	14,027	10,7122602	1,77142308	0,24431747	0,0176141	0,24356856	0,25199715	123,554203	0
E2	Maximun	7,74	30,5	72,1	9,91	28	45,78	30	38	44,6	6,51	0,87	0,2	0,57	0,85	258	0
	Minimun	6,13	24,4	10,9	1,36	0	14	4	0	12,2	1,9	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,8746	26,25231	57,21385	4,74923077	12,1538462	30,3246154	17,6153846	15,385	25,5084615	4,25076923	0,12923077	0,01846154	0,09692308	0,36846154	127,538462	0
	Médiane	6,77	25,8	66,1	2,8	14	33,5	20	18	21	3,98	0,01	0	0,01	0,33	121	0

	Ecart-type	0,4578	1,693223	17,39544	3,31887145	8,60083478	10,6494512	7,6325887	12,4	11,3556967	1,41273648	0,25581444	0,05490084	0,18195167	0,33704219	82,740171	0
E3	Maximun	8,44	29,6	73,4	26,4	174	90,4	30	28	45	5,53	0,8	0,21	0,99	1,88	324	0
	Minimun	6,22	24	55,2	1,84	0	17,89	2	0	13,6	0,44	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	7,0108	26,00615	65,74538	5,63846154	21,3076923	33,6338462	19	11,692	25,8407692	3,62384615	0,24769231	0,04384615	0,22	0,74230769	158,307692	0
	Médiane	6,89	25,7	68,1	2,52	10	33,89	20	10	18,5	3,62	0,13	0,01	0,07	0,61	137	0
	Ecart-type	0,6626	1,488778	7,200544	6,89916764	46,4531747	18,4575195	7,41619849	10,258	11,9971521	1,50940683	0,2479635	0,07411011	0,32249031	0,66206941	87,4493993	0
P1	Maximun	7,4	30,8	85,1	9,9	22	70,91	23	42	208	6,77	0,84	0,03	0,5	10,21	242	0
	Minimun	6	25,7	66,88	2,12	1	24,87	10	0	7,19	1,97	0	0	0,001	0,01	0	0
	Moyenne	6,8323	27,28385	79,11769	5,31692308	11,6923077	48,4838462	16,3846154	20,692	42,5361538	4,21076923	0,20846154	0,00923077	0,12007692	1,19846154	133	0
	Médiane	6,89	27	77,9	5,12	9	50,9	16	20	25,5	3,48	0,12	0	0,07	0,38	143	0
	Ecart-type	0,3868	1,202979	6,180556	2,78700372	6,27673768	12,0647804	4,35006631	15,151	51,6747818	1,74542479	0,25909606	0,01187542	0,14735471	2,72978585	87,0574523	0
P2	Maximun	7,28	31	89,7	8,8	37	82	52	137	44	9,78	0,76	0,91	0,56	12	349	20,3
	Minimun	6,23	25	54,89	1,6	0	11,78	6	0	17,4	2,12	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,8269	27,42692	74,17154	4,13769231	13,1538462	42,7561538	26,1538462	20,538	29,0569231	5,35153846	0,18923077	0,08307692	0,13307692	1,43230769	179	1,56153846
	Médiane	6,87	27,5	76,99	3,36	11	37,9	20	10	29,89	4,8	0,13	0,01	0,04	0,49	235	0
	Ecart-type	0,2738	1,484623	12,41474	2,20534636	9,57293193	20,677224	14,2000361	36,036	7,79797664	2,28934068	0,23729242	0,24884348	0,18988526	3,25383915	144,227829	5,63020699
P3	Maximun	7,11	31,3	82,5	22,88	38	190,5	66	38	953	8,88	0,9	0,99	0,77	1,52	470	29
	Minimun	6	20,3	47,3	6,12	0	18,89	8	0	4,92	2,67	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,6915	26,13923	63,31846	12,9176923	9,76923077	86,5576923	22,1538462	12,538	210,525385	5,45307692	0,23384615	0,10307692	0,20538462	0,50538462	193,923077	2,64692308
	Médiane	6,78	26,23	59,23	11,09	9	76	20	14	123	4,8	0,01	0	0,08	0,18	218	0,2
	Ecart-type	0,3082	2,807162	11,96498	4,88479299	9,61035766	56,356527	15,9887781	11,406	282,947108	2,1576275	0,34977465	0,2746933	0,272385	0,56765035	130,641023	7,93049745
G1	Maximun	7,91	28	88,6	8,8	41	33,5	44	50	37	7,3	0,88	0,02	0,88	1,23	365	1
	Minimun	6,43	25,5	63	2,16	0	12,23	4	0	11,3	2,22	0	0	0	0,01	0	0
	Moyenne	7,1662	26,64615	77,02462	3,97	11,3846154	22,3930769	23,4861538	18,385	22,1015385	4,24461538	0,16769231	0,00615385	0,19076923	0,31	114,846154	0,07692308
	Médiane	7,12	26,88	78,36	3,28	10	20	23	14	21	3,22	0,09	0	0,07	0,19	115	0
	Ecart-type	0,4729	0,802689	8,091964	1,68212168	11,2289689	6,4341438	12,2201674	15,961	8,98906915	1,76683623	0,23402827	0,00767948	0,29426353	0,40101953	109,948356	0,2773501
G2	Maximun	7,3	27,23	81,3	9,98	22	52,7	50	50	33,89	7,9	0,62	0,03	0,59	0,95	167	0
	Minimun	6,38	23,7	47,7	1,04	0	11,44	6	0	10	2,24	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,8377	26,12	71,71769	4,39615385	8,53846154	24,7876923	26,8461538	19,538	19,4069231	4,86	0,18307692	0,00384615	0,08384615	0,21461538	74,5384615	0
	Médiane	6,88	26,22	77,23	3,89	7	24,8	20	19	15,2	3,89	0,08	0	0	0,08	96	0
	Ecart-type	0,2834	1,037505	10,5136	2,88922867	7,93321482	10,0708525	14,7977822	17,391	8,34965906	2,14896099	0,2337871	0,00869718	0,18314559	0,32648674	62,8418854	0
G3	Maximun	7,22	27,98	88,98	8,16	41	53	44	43	149	5,92	0,55	0,12	0,79	2,98	435	0
	Minimun	6,34	24,2	23,1	1,23	0	11	6	0	11,5	2,7	0	0	0	0,01	0	0
	Moyenne	6,7246	25,79923	65,70231	4,68923077	16,1538462	33,0576923	23,6153846	14,385	31,0984615	3,67461538	0,16923077	0,01769231	0,14307692	0,75230769	228,076923	0
	Médiane	6,78	25,45	70,8	4,89	12	31,8	20	14	19,8	3,89	0,11	0,01	0,08	0,47	233	0
	Ecart-type	0,2664	1,094604	18,12736	2,30017558	13,0438118	11,8147832	11,7724145	14,063	36,472339	0,89787356	0,19914239	0,03218536	0,24458756	0,8333482	122,035829	0
W1	Maximun	8,12	28,1	80	7,6	35	64	40	45	33,89	7,3	0,55	0,09	0,41	1,23	435	0
	Minimun	6,05	25,12	32,3	1,24	0	12,23	4	0	16,6	1,07	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,9031	26,58538	61,53231	3,60615385	13,2307692	34,8638462	19,3076923	16,231	25,3976923	3,84769231	0,22615385	0,02546154	0,10476923	0,51	125,538462	0
	Médiane	6,87	26,6	66,78	2,89	9	34,1	20	15	26,3	3,89	0,23	0,02	0,05	0,44	89	0
	Ecart-type	0,5623	0,989298	14,76404	2,26738299	13,1094994	14,6432894	8,96646173	14,59	6,95164987	1,65322994	0,16973207	0,0280969	0,15819511	0,41777187	150,52664	0
W2	Maximun	7,39	27,21	89,23	8,16	23	64	45	38	28	5,53	0,7	0,02	0,86	1,4	432	0
	Minimun	6,43	23,7	36,8	1,04	0	12,25	4	0	13,7	2,11	0	0	0	0,16	0	0
	Moyenne	6,8969	26,14538	70,11923	3,77923077	8,69230769	35,9976923	26,6923077	18,692	17,8538462	3,43307692	0,18615385	0,00461538	0,12846154	0,59923077	172,615385	0
	Médiane	6,89	26,2	68,98	2,88	9	34,89	20	25	19	3,35	0	0	0	0,59	136	0

	Ecart-type	0,3081	1,059958	14,22213	2,4205938	7,89920476	13,6010644	14,5795783	14,285	4,32928312	0,88357592	0,26043356	0,0077625	0,27330832	0,41802037	146,538128	0
W3	Maximun	7,22	27,5	97	9,23	45	57	40	45	34,89	5,9	0,55	0,03	0,61	1,84	415	0
	Minimun	6,42	23,6	38,7	1,12	0	17,26	10	0	16,1	1,98	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	6,8477	26,06615	70,96462	3,80846154	14,0769231	37,3023077	25,9484615	22,308	22,4246154	3,52538462	0,17076923	0,00769231	0,08307692	0,47384615	152,384615	0
	Médiane	6,88	26	73,5	2,88	11	35,4	29	27	21,89	3,7	0,11	0	0	0,45	87	0
	Ecart-type	0,2763	1,070394	18,63007	2,61319041	13,4626739	11,0311688	9,10215711	16,899	5,25872072	1,16575166	0,18117494	0,01012739	0,16804685	0,50635196	132,691081	0
L1	Maximun	7,88	27,25	79	10,8	32	32,98	40	37	19,22	6,82	0,99	0,09	0,45	2,2	467	3,7
	Minimun	5,76	24,1	34,8	1,68	0	6,98	9	0	3,46	1,97	0,04	0	0	0	125	0
	Moyenne	6,7392	26,08308	64,76462	5,44461538	9,15384615	21,3392308	22,6153846	18,308	12,3961538	4,47384615	0,31923077	0,01384615	0,12307692	1,03923077	249,076923	0,96923077
	Médiane	6,76	26,4	66,89	5,22	8	20,6	20	14	11,9	4,55	0,22	0,01	0,08	1,22	212	0,12
	Ecart-type	0,5344	1,065664	11,34148	3,01327512	8,11219405	8,04114364	9,87031291	14,812	4,55626224	1,41045819	0,3072041	0,02399252	0,1504097	0,82149723	104,365912	1,27191104
L2	Maximun	7,01	27,89	67	16,96	36	40,1	30	45	44,67	6,77	0,98	0,08	0,98	0,91	405	3,4
	Minimun	6,1	25,6	23,2	2,48	0	6,28	6	0	9,08	2,23	0	0	0	0,01	119	0
	Moyenne	6,63	26,50846	47,83846	10,1738462	12,7692308	24,0446154	20,3846154	22,376	21,9715385	4,26923077	0,38076923	0,01569231	0,33461538	0,48307692	244	0,93769231
	Médiane	6,77	26,21	49,23	11	10	22,88	20	22	20	3,92	0,19	0,01	0,22	0,43	236	0
	Ecart-type	0,3373	0,680145	12,19265	4,39996503	11,0540629	9,35819126	7,71943933	12,046	10,2913174	1,53988345	0,38861853	0,02238818	0,34822443	0,30744606	99,5046063	1,34621787
L3	Maximun	7,16	27,01	90	29,92	22	123	30	25	29,65	9,89	0,91	0,03	0,91	12,89	342	3,9
	Minimun	6,12	24,5	29,88	10,48	2	3,39	10	4	3,39	4,89	0	0	0	0,04	0	0
	Moyenne	6,6431	25,61154	56,70846	17,9146154	11,1538462	35,7607692	19,6923077	16,462	17,8630769	7,27769231	0,47769231	0,01161538	0,22461538	1,72769231	223,307692	1,20461538
	Médiane	6,7	25,6	55,9	17,6	10	31,24	20	19	17,7	6,78	0,41	0,01	0,09	1,04	240	0,1
	Ecart-type	0,3295	0,831052	20,156	6,08735659	5,81443826	28,3864461	5,9914469	7,6878	7,77974762	1,56799848	0,34017529	0,01135443	0,31447351	3,4064746	103,643125	1,50848498
K1	Maximun	8,96	28	89,2	23,81	579	873	40	76	438	11,89	1,09	0,11	0,38	1,98	876	2,98
	Minimun	6,02	25,6	30,88	10,09	1	0	8	0	2,01	1,97	0	0	0	0	0	0,1
	Moyenne	6,7277	26,67154	61,07077	16,7261538	55,5384615	268,553846	27,4615385	34,692	126,540769	8,74	0,30692308	0,03538462	0,11046154	1,00538462	325,461538	1,06615385
	Médiane	6,62	27	56	17,6	12	234	29	33	124	9,13	0,1	0,02	0,04	1,02	327	0,5
	Ecart-type	0,7399	0,785237	18,05282	4,51977053	157,529688	230,622894	13,2326325	20,617	113,419599	2,91871833	0,40462708	0,0379946	0,12789293	0,77253495	225,726463	1,0963541
K2	Maximun	8,7	27,5	89,2	22,81	34	662,3	60	41	388	9,87	0,91	0,34	0,91	1,98	445	3,8
	Minimun	6,21	25	32,91	6,9	0	4,85	10	0	2,43	4,99	0,02	0	0	0,23	64	0
	Moyenne	6,7	26,61769	67,44	13,9969231	13,3846154	262,353077	34,6923077	20,846	200,223077	8,50384615	0,36923077	0,08846154	0,44923077	1,04538462	237,307692	0,93153846
	Médiane	6,56	26,89	67,89	12,24	12	235,23	40	21	137	8,88	0,34	0,07	0,61	0,77	215	0,2
	Ecart-type	0,6577	0,740756	15,86015	5,3863924	11,1170924	160,417925	15,4239241	10,738	146,613577	1,32113296	0,3300874	0,10204951	0,36659382	0,56312544	123,329089	1,2389165
K3	Maximun	7,01	27,98	92,7	39,87	22	384,6	60	45	666,6	17,8	0,98	0,08	0,3	1,91	341	6
	Minimun	6,19	25,6	19,78	11,89	3	5,1	10	0	2,55	6,91	0,09	0	0	0,67	54	0
	Moyenne	6,6623	26,63923	56,78385	22,6661538	10,6923077	157,248462	30	19,692	266,02	9,95230769	0,50230769	0,02384615	0,09692308	1,33692308	250,615385	1,56615385
	Médiane	6,76	26,8	56,89	21,98	9	133	30	19	231,34	9,71	0,47	0,02	0,05	1,34	279	0,8
	Ecart-type	0,2841	0,639811	26,06088	9,15839737	5,61819389	96,2694965	14,7196014	12,372	190,689801	2,66190143	0,33603457	0,02433737	0,11813725	0,45775511	90,7106558	1,67401981

Annexe 2 : Valeurs des paramètres granulométriques

Stations	////	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,05	<0,050
C1	MS	62,89	73,63	50,74	55,09	180,5	38,88	125,29	37,11	88,65	2,41
	%S	8,79	10,3	7,09	7,7	25,24	5,44	17,52	5,19	12,4	0,34
C2	MS	195,48	68,93	49,67	45,08	144,71	206,38	114,44	22,15	1,63	0,55
	%S	23,02	8,12	5,85	5,31	17,04	24,31	13,48	2,61	0,19	0,06
C3	MS	258,52	45,18	42,15	48,74	407,65	96,08	50,22	10,66	0,8	0,18
	%S	26,92	4,71	4,39	5,08	42,46	10,01	5,23	1,11	0,08	0,02
T1	MS	45,71	55,36	27,87	278,19	389,05	64,68	13,51	3,08	0,26	0,02
	%S	5,21	6,31	3,18	31,69	44,32	7,37	1,54	0,35	0,03	0
T2	MS	205,75	146,61	110,85	221,18	365,55	123,2	39,69	10,73	1,13	0,25
	%S	16,8	11,97	9,05	18,06	29,84	10,06	3,24	0,88	0,09	0,02
T3	MS	115,27	161,32	114,13	124,31	360,4	248,42	89,63	21,64	1,98	1,34
	%S	9,31	13,03	9,22	10,04	29,1	20,06	7,24	1,75	0,16	0,11
E2	MS	149,59	354,28	372,32	235,51	215,46	107,74	65,42	25,96	1,11	0,24
	%S	9,79	23,19	24,37	15,42	14,1	7,05	4,28	1,7	0,07	0,02
E3	MS	151,79	113,28	72,46	51,42	76,56	301,12	192,6	40,89	9,61	1,05
	%S	15,02	11,21	7,17	5,09	7,57	29,79	19,05	4,05	0,95	0,1
B1	MS	0	46,07	28,82	59,07	201,95	379,61	181,48	25,69	6,9	1,98
	%S	0	4,95	3,09	6,34	21,68	40,75	19,48	2,76	0,74	0,21
B2	MS	11,38	11,85	28,34	105,86	386,95	252,68	100,76	15,03	10,1	0,93
	%S	1,23	1,28	3,07	11,46	41,88	27,35	10,91	1,63	1,09	0,1
B3	MS	69,12	36,92	31,21	31,17	245,19	319	85,49	15,3	3,82	0,73
	%S	8,25	4,41	3,72	3,72	29,26	38,07	10,2	1,83	0,46	0,09
K3	MS	0	0	0,75	0,86	130,37	552,25	124,64	11,39	0,91	0,13
	%S	0	0	0,09	0,1	15,87	67,24	15,18	1,39	0,11	0,02
K1	MS	2,06	2,43	1,51	4,42	803,74	224,43	71,44	7,66	0,29	0,07
	%S	0,18	0,22	0,14	0,4	71,89	20,07	6,39	0,69	0,03	0,01
K2	MS	0	0	0	0,39	13,74	1120,41	179,16	12,96	1,08	0,07
	%S	0	0	0	0,03	1,03	84,38	13,49	0,98	0,08	0,01
P3	MS	1,45	0,17	0,47	1,2	29,12	1090,05	149,37	4,67	1,34	0,09
	%S	0,11	0,01	0,04	0,09	2,28	85,3	11,69	0,37	0,1	0,01
P2	MS	214,28	147,61	78,91	64,85	125,85	305,12	118,94	25,73	15,3	2,09
	%S	19,5	13,44	7,18	5,9	11,45	27,77	10,83	2,34	1,39	0,19
P1	MS	100,21	35,05	39,57	62,47	124	151,37	51,52	13,25	1,24	1,04
	%S	17,29	6,05	6,83	10,78	21,39	26,11	8,89	2,29	0,21	0,18
G3	MS	241,59	133,86	93,16	72,05	89,02	81,05	50,08	23,95	4,68	0,92
	%S	30,57	16,94	11,79	9,12	11,26	10,25	6,34	3,03	0,59	0,12
G2	MS	0	0	0	12,29	0	4,4	0	0,87	0,74	0,57
	%S	0	0	0	65,16	0	23,34	0	4,61	3,9	2,99
G1	MS	0	0	0	12,7	0	3,82	0	0,36	0,18	0,68
	%S	0	0	0	71,63	0	21,58	0	2	0,99	3,81
L3	MS	0	0	0	1,38	0	5,41	0	2,76	1,01	3,03
	%S	0	0	0	10,15	0	39,83	0	20,32	7,44	22,27
L1	MS	0	0	0	1,39	0	7,51	0	2,37	0,36	3,21
	%S	0	0	0	9,39	0	50,62	0	15,95	2,39	21,65
E1	MS	0	0	0	9,83	0	1,5	0	0,93	0,17	3,45
	%S	0	0	0	61,93	0	9,45	0	5,86	1,04	21,71
L2	MS	0	0	0	8,65	0	5,97	0	0,44	1,09	1,16
	%S	0	0	0	49,99	0	34,5	0	2,54	6,27	6,7

Annexe 3 : Valeurs des corrélations des paramètres physicochimiques et biologiques

Paramètres	<i>Littorina scabra</i>	<i>Pila africana</i>	<i>Pachymelania fusca</i>	<i>Macrobrachium niloticus</i>	<i>Macrobrachium macrobrachion</i>	<i>Macrobrachium paridenus</i>	<i>Pagurus bernhardenus</i>	<i>Pagurus hirsutiusculus</i>	<i>Atiya sp.</i>	<i>Atya africana</i>	<i>Caridina africana</i>
pH	0.69	0.74	0.38	0.45	0.6	0.09	0.45	0.20	0.76	0.72	0.31
Température	0.30	0.02	0.81	-0.03	0.39	0.00	-0.07	0.05	0.18	0.51	-0.06
O ₂	0.12	0.14	0.18	0.35	0.13	-0.02	-0.03	0.17	0.22	0.20	-0.19
CO ₂	0.41	0.44	0.20	-0.19	0.05	0.25	-0.12	-0.11	-0.20	-0.24	0.04
Turbidité	0.09	-0.21	-0.20	-0.14	-0.23	0.62	-0.12	-0.17	-0.20	-0.24	0.04
Conductivité	0.14	-0.13	-0.01	-0.09	-0.24	0.36	-0.16	-0.13	-0.16	-0.11	-0.19
Alcalinité	-0.47	-0.25	-0.33	-0.35	-0.64	0.05	-0.33	-0.44	-0.25	-0.43	-0.23
MES	-0.36	-0.48	-0.36	-0.35	-0.55	0.33	-0.51	-0.58	-0.46	-0.52	-0.28
TDS	0.00	-0.17	0.23	-0.19	-0.20	0.09	0.01	-0.01	-0.21	-0.08	-0.21
Oxydabilité	0.02	-0.17	-0.12	-0.16	-0.39	0.16	-0.26	-0.24	-0.21	-0.19	-0.24
NO ₃ ⁻	0.29	0.23	0.27	-0.20	0.02	0.02	-0.06	-0.04	0.22	0.34	-0.25
NO ₂	0.50	0.75	0.44	-0.21	0.27	0.10	0.49	0.29	0.73	0.68	0.08
NH ₄	0.11	0.04	0.42	-0.16	0.14	-0.25	-0.07	0.31	0.02	0.35	-0.19
PO ₄ ³⁻	-0.13	-0.18	-0.12	-0.19	-0.37	-0.03	-0.31	-0.09	-0.11	-0.17	-0.28
Couleur	-0.03	-0.33	-0.23	-0.31	-0.26	0.37	-0.28	-0.01	-0.38	-0.30	-0.28
Salinité	-0.22	-0.23	0.16	-0.25	-0.33	-0.10	0.01	-0.04	-0.22	-0.26	-0.29

<i>Liberonautes lactydactylus</i>	<i>Caridina nilotica</i>	<i>Potamon sp.</i>	<i>Sudonomautes aubryi</i>	<i>Sudonomautes africanus</i>	<i>Potamonautes didieri</i>	<i>Potamonautes nucidae</i>	<i>Mesovelgia sp.</i>	<i>Gerris sp.</i>	<i>Microvelia sp.</i>	<i>Velia sp.</i>	<i>Orthetrum sp.</i>
0.21	0.25	0.56	0.29	0.28	0.10	0.71	0.58	0.40	0.17	0.23	0.26
0.14	-0.10	-0.04	0.38	-0.10	-0.04	-0.02	0.42	-0.02	0.04	0.01	0.44
-0.04	0.02	0.01	0.03	-0.01	0.00	0.18	-0.06	0.13	-0.09	-0.12	0.19
-0.28	-0.16	0.01	-0.20	0.08	-0.12	0.11	0.30	-0.08	-0.16	-0.20	-0.29
0.08	0.08	-0.19	-0.12	-0.08	0.17	-0.24	-0.21	-0.20	0.01	-0.06	-0.24
-0.23	-0.16	-0.21	-0.18	-0.08	-0.10	-0.18	-0.19	-0.20	-0.21	-0.22	-0.21
-0.30	-0.26	-0.44	-0.38	-0.29	-0.11	-0.60	-0.40	-0.11	-0.21	-0.31	-0.43
-0.16	-0.28	-0.34	-0.23	-0.41	-0.20	-0.64	-0.41	-0.16	-0.20	-0.21	-0.33
-0.21	-0.18	-0.25	-0.13	0.02	-0.10	-0.26	-0.18	-0.22	-0.20	-0.18	-0.23
-0.29	-0.22	-0.21	-0.18	-0.15	-0.18	-0.27	-0.28	-0.11	-0.27	-0.22	-0.34
-0.29	-0.10	-0.16	-0.17	-0.21	-0.02	-0.01	0.32	-0.18	-0.39	-0.35	-0.03
-0.10	0.03	0.21	0.02	0.08	0.02	0.34	0.44	0.02		-0.16	-0.21
-0.06	0.06	-0.20	0.12	-0.17	0.12	-0.03	0.32	-0.19	0.14	-0.19	-0.02
-0.21	-0.13	-0.35	-0.25	-0.22	0.00	-0.26	-0.27	-0.48		-0.40	-0.07
-0.17	-0.09	-0.28	-0.16	-0.18	-0.07	-0.28	-0.23	-0.47	-0.27	-0.10	-0.06
-0.25	-0.25	-0.31	-0.19	0.06	-0.15	-0.37	-0.24	-0.32	-0.18	-0.26	-0.22

Liste faunistique et abondance absolue des taxons de macroinvertébrés benthiques durant la période d'étude.



Biodiversité des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau côtiers de la région du Sud Cameroun

Biodiversity of benthic macroinvertebrates in some coastal rivers of the South Cameroon region

Auteur 1 : Harissou,

Auteur 2 : Foto MENBOHAN Samuel,

Auteur 3 : AJEAGAH AGHAINDUM Gideon,

HARISSOU ,

FOTO MENBOHAN Samuel ,

AJEAGAH AGHAINDUM Gideon ,

(Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, 812, Yaoundé, Cameroun Correspondance.)

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : HARISSOU , FOTO MENBOHAN .S & AJEAGAH AGHAINDUM .G (2022) « Biodiversité des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau côtiers de la région du Sud Cameroun » , African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 15 » pp: 083-111.

Date de soumission : Octobre 2022

Date de publication : Décembre 2022



DOI : 10.5281/zenodo.7428816
Copyright © 2022 – ASJ



Résumé

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'œil nu qui vivent dans le fond des cours d'eau ou qui ne s'éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dans le but de déterminer la composition taxonomique des macroinvertébrés benthiques des eaux des cours d'eau côtiers en zone forestière, une étude a été conduite à Kribi dans le Département de l'Océan de février en septembre 2022. Les analyses physicochimiques et biologiques ont été réalisées suivant les méthodes classiques au laboratoire d'hydrobiologie et environnement de la faculté des sciences de l'université de Yaoundé 1. Les échantillonnages des macroinvertébrés benthiques ont été faits suivant l'approche multihabitat, en utilisant un troubleau de forme carrée muni d'un filet de 400 µm d'ouverture de maille. Les organismes ainsi récoltés ont été fixés au formol 10% contenu dans des piluliers en verre. Au laboratoire, les spécimens ont été lavés à l'eau courante puis conservés dans de l'alcool à 70° avant les opérations d'identification et de comptage. Les résultats des analyses physicochimiques des eaux révèle qu'ils sont dans la gamme des eaux de qualité modérée. Au cours de cette étude, 4636 individus ont été récoltés appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes, 19 ordres, 54 familles et 110 genres. L'embranchement des mollusques correspond 2468 individus soit 53,23% d'abondance relative et celui des arthropodes 2168 individus soit 46,76 % d'abondance relative. La classe des Gastéropodes prédomine avec 2468 individus soit 53,23 % d'abondance relative suivie des Insectes avec 1174 individus soit 25,32 % d'abondance relative puis des Crustacés avec 994 individus soit 21,44 % d'abondance relative. Du point de vue global des données biologiques enregistrées au cours de cette étude, il a été constaté qu'une dominance de classe des Gastéropodes.

Mots clés : Paramètres biologiques, Biodiversité, Macroinvertébrés benthiques, Qualité des eaux.

Abstract

Benthic macro-invertebrates are organisms that are visible to the naked eye and live on the bottom of rivers and streams or only move a short distance away during most of their lives. In order to determine the taxonomic composition of benthic macro-invertebrates in the waters of coastal streams in forest areas, a study was conducted in Kribi in the Ocean Department from February to September 2022. The physicochemical and biological analyses were carried out according to traditional methods at the hydrobiology and environment laboratory of the Faculty of Sciences of the University of Yaoundé I. Sampling of benthic macro-invertebrates was carried out using a multi-habitat approach and a square-shaped net with a 400 µm mesh opening. The collected organisms were fixed with 10% formalin in glass pillboxes. In the laboratory, the specimens were washed with running water and then preserved in 70° alcohol before identification and counting. The results of the physicochemical analyses of the waters revealed that they are in the range of moderate quality waters. During this study, 4636 individuals were collected belonging to 2 phyla (Molluscs and Arthropods), 3 classes, 19 orders, 54 families and 110 genera. The Mollusca phylum corresponds to 2468 individuals or 53.23% of relative abundance and the Arthropoda phylum to 2168 individuals or 46.76% of relative abundance. The class of Gastropods predominates with 2468 individuals, i.e. 53.23% of relative abundance, followed by Insects with 1174 individuals, i.e. 25.32% of relative abundance, then Crustaceans with 994 individuals, i.e. 21.44% of relative abundance. From the global point of view of the biological data recorded during this study, it was noted that , there is a dominance of the Gastropod class.

Keywords : biological parameters, biodiversity, benthos-associated macro-invertebrates, and water quality.

Introduction

L'utilisation de l'eau au niveau mondial a été multipliée par six au cours des 100 dernières années et continue d'augmenter progressivement d'environ 1% par an [1]. La préservation, la gestion rationnelle et efficace d'une telle ressource sont à l'heure actuelle une priorité mondiale tant du point de vue quantitatif que qualitatif [2]. Cependant, la répartition de cette ressource à l'échelle du globe est très hétérogène. D'après [3], l'Afrique est l'un des continents les plus secs au monde avec seulement 9 % de ressources en eau douce. Seulement, les activités anthropiques poussées et marquées par l'intensification de l'urbanisation, de l'agriculture et de l'industrie, sont à l'origine d'une production considérable de déchets solides, liquides et gazeux qui dégradent la qualité de l'eau. L'essentiel de ces déchets arrive dans les écosystèmes aquatiques qui constituent le réceptacle terminal [4]. D'où la nécessité d'une évaluation permanente de leur état de santé par des indicateurs fiables et adéquats dont les indicateurs biologiques [5].

Le Cameroun présente une extrême diversité de paysages, d'écosystèmes, de ressources naturelles, de zones géomorphologiques et des zones climatique. Ce qui lui confère le nom d'Afrique en miniature. Il renferme aussi dans son ensemble d'énormes potentialités en ressources hydrauliques (précipitations, eau souterraine et eau de surface) qui sont cependant inégalement réparties sur l'ensemble des cinq principaux bassins hydrographiques du territoire (bassin du lac Tchad, bassin du Niger, bassin de la Sanaga, le bassin des fleuves côtiers et le bassin du Congo) [6]. Étant donné que les cours d'eau au Cameroun subissent quotidiennement des perturbations de plus en plus croissante et divers dues à la nature elle-même et à l'anthropisation galopante des milieux naturels [7,8]. A cet effet, il devient contraignant voire impératif pour le gouvernement de traiter ces eaux que ce soit pour la consommation ou à des usages multiples, ou encore pour limiter les rejets de pollution dans le milieu naturel [9]. Autrement dit, le gouvernement doit prendre en compte la gestion de l'eau et des écosystèmes aquatiques [10], notamment sous l'angle des invertébrés aquatiques avant toute action de développement économique et d'aménagement du territoire.

Le milieu côtier est défini comme une double frange terrestre et marine, l'une correspondant au bassin versant de proximité, l'autre à la zone soumise à l'influence de l'ensemble des apports telluriques. [11]. C'est cette « zone côtière » qui a fait ensuite l'objet d'une segmentation en s'appuyant essentiellement sur la géomorphologie de la côte. A l'image des bassins versants des rivières, chacune des unités territoriales constituée représente un cadre géographique de travail optimal pour une approche cohérente de la gestion de la ressource eau. Le découpage de la zone côtière a permis ensuite de qualifier chacune de ces unités (appelées aussi « zones homogènes »)

selon des critères d'ordres physique et biologique, en rapport avec les « usages ou les « activités humaines qui s'y pratiquent et, enfin, l'état du milieu [12]. Les côtes forment un milieu complexe, du fait qu'elles constituent un écosystème de transition. Elles caractérisent une interface entre des systèmes différents où fonctionnent des effets synaptiques. Cet écotone correspond à la limite et à la zone de transition située à la frontière entre deux écosystèmes, interface entre deux écosystème voisins présentant une identité suffisante pour se différencier entre eux et avoir un fonctionnement écologique particulier. Il se caractérise par une richesse spécifique plus importante que celle des écosystèmes qu'il sépare car les espèces des deux écosystèmes s'y rencontrent [13].

La biodiversité joue un rôle très important dans le fonctionnement des écosystèmes. Elle est essentielle pour le développement naturel de tous les écosystèmes aquatiques. Une forte biodiversité augmente la stabilité et l'adaptabilité de l'ensemble des organismes vivants d'un milieu face aux modifications des conditions environnementales. La connaissance des milieux estuariens et lagunaires passe par celle des biotopes et de leurs biocénoses. Les macroinvertébrés sont l'une des composantes de cette biocénose mais restent encore peu connus, malgré leur rôle très important dans les chaînes trophiques. Les macroinvertébrés benthiques sont largement utilisés pour la surveillance de la qualité des cours d'eau puisqu'ils possèdent plusieurs attributs de bon indicateur environnemental [14]. Les macroinvertébrés benthiques sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau courante [4]. A ce titre, [14] souligne que les macroinvertébrés benthiques sont des organismes animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou cartilage, visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques et les algues qui le tapissent, ils sont le groupe biologique le plus indiqué, parce qu'ils sont très diversifiés et constituent une partie très importante de la faune des écosystèmes d'eau douce. De plus, ils sont composés d'organismes sédentaires, présentant des sensibilités variables aux différents stress environnementaux, [15]. Ils sont principalement constitués d'insectes aquatiques, présents dans l'eau sous différentes formes en fonction de leur cycle biologiques : larves, nymphe, adulte.

En général, leur morphologie est divisée en trois parties : la tête, issue de la fusion de six métamères (articles) ; le thorax constitué de trois segments, chacun de ces segments portant une paire de pattes et l'abdomen, composé d'au plus 11 articles. Ce groupe est constitué notamment des insectes, des mollusques et des crustacés) qui vivent sur le fond des cours d'eau [16]. Au Cameroun, ces organismes sont mal connus malgré les travaux menés [17,18,19 et 20]. Malheureusement, peu de données sont disponibles sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques en zone côtière de la région du Sud Cameroun. C'est pour compléter la connaissance faunistique des macroinvertébrés benthiques que la présente étude a été menée dans 8 cours d'eau de la côte Sud-Ouest. Après une

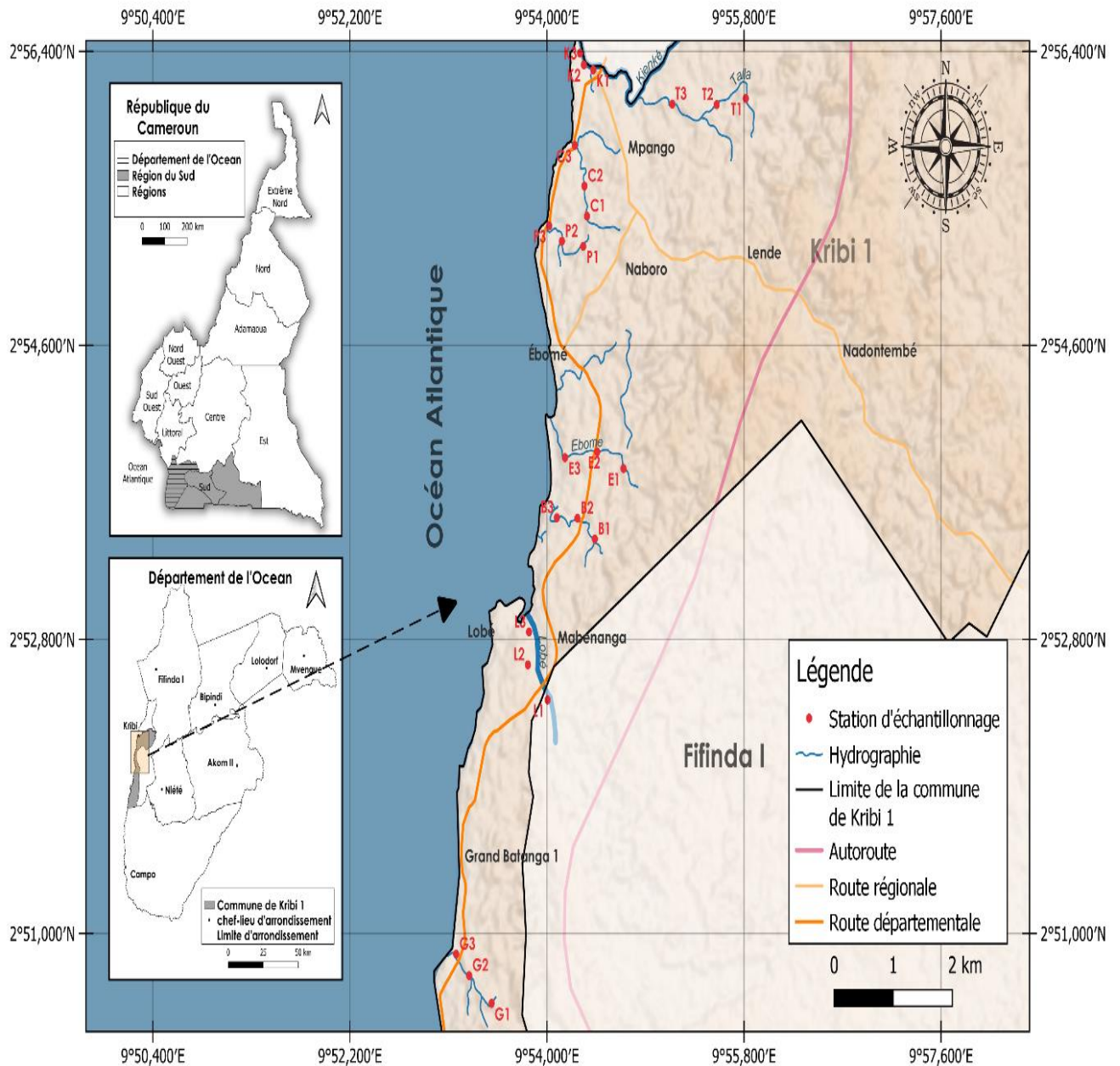
description de l'état de lieu de chaque stations d'échantillonnage, l'analyse physicochimique des eaux, la richesse taxonomique sera abordée, suivie de la dynamique spatio-temporelle des taxa.

1- Matériel et Méthodes

1.1. Cadre géographique d'étude

Kribi est le chef-lieu du Département de l'Océan, dans la région du Sud Cameroun. Elle est située entre 2°56'14 de latitude Nord et 9°54'27 de longitude Est. La ville de Kribi a une altitude moyenne de 18. La ville est traversée par la route Nationale 7 et la route provinciale P8 à 170 km à l'est du chef-lieu régional Ebolowa. Elle est à 180 km au sud de Douala. Elle est peuplée d'environ 60 000 habitants, elle est une cité balnéaire et touristique attractive. Capitale touristique de la région du sud, au-delà de ses atouts naturels et sa diversité culturelle, Kribi se positionne comme un technopôle économique du futur. Les principales activités économiques sont la pêche et le tourisme. La ville côtière de Kribi est soumise à un climat de type équatorial à quatre saisons inégalement réparties. En effet, avec une pluviométrie moyenne mensuelle de 239,3 mm, Kribi est soumis à une longue saison sèche arrosée de novembre à mars, le mois de décembre avec 66,9 mm de pluies. La petite saison de pluies dure trois mois, du mois d'avril au mois de juin. La petite saison sèche est la plus courte. Elle dure un mois et ne couvre que le mois de juillet. Vient enfin la grande saison de pluies qui dure aussi trois mois, du mois d'août au mois d'octobre, le mois le plus arrosé étant le mois de septembre avec 518 mm de pluies, suivie de mois d'octobre 491 mm de pluies. Le mois le plus chaud, février, à une température moyenne maximale de 33.9 °C et une température moyenne minimale de 29.6 °C et le moi le plus froid est août, avec une moyenne maximale de 23.0 °C et une moyenne minimale de 14.2 °C. L'année la plus sèche été 1983 avec 1556 mm de pluies et année humide a été 1998 avec 4576 mm de pluies [21]. Le sol est essentiellement constitué de roches sédimentaires à structure rocheuses, sableuses et vaseuses. [22].

Figure 1 : Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnages



Fait le : 27-09-2022. SOURCES : OpenStreetMap (OSM) 2022. SCR : EPSG4326 - WGS 84. Conception : Stéphane A. NOAH. Logiciel : QGIS 3.24.0

Source : [22]

1.2. Analyse des données Physicochimiques et Biologiques

1.2.1. Analyse des Paramètres Physicochimiques

Les paramètres physicochimiques ont été mesurés à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations de [23, 24]. La température, la teneur en oxygène dissous et la conductivité électrique ont été mesurées in situ respectivement au moyen d'un thermomètre et d'un multimètre de marque HANNA HI 98130. Au laboratoire, les ions orthophosphates, les formes d'azote ont été mesurés au spectrophotomètre de marque WAHTECH et

l'oxydabilité par volumétrie à partir des échantillons d'eau prélevés sur le terrain à l'aide des flacons en polyéthylène, à double bouchage, de 1000 mL. La charge organique des eaux a été apprécié grâce à la mesure de l'IPO (tableaux et II) [25].

Tableau I : Limites des classes de

Paramètres	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)
5	< 0,1	≤ 5	≤ 15
4	0,1 -	6 - 10	16 - 75
3	1 - 2,4	11 - 50	76 - 250
2	2,5 - 6	51 - 150	251-900
1	> 6	> 150	> 900

Source : [25]

Tableau II : Interprétation de la moyenne des classes de

Moyennes des	Niveau de pollution
5,0 - 4,6	Nulle
4,5 - 4,0	Faible
3,9 - 3,0	Modérée
2,9 - 2,0	Forte
1,9 - 1,0	Très forte

Source : [25]

1.2.2. Echantillonnage et Analyse des Paramètres Biologiques

Les Macroinvertébrés benthiques ont été prélevés à l'aide d'un troubleau de dimension 30 cm x 30 cm muni d'un filet conique de 400 µm d'ouverture de maille et 0,5 m de profondeur. Pour chaque station d'étude, une vingtaine de traits d'épuisette ont été effectués aux différents microhabitats et les organismes ainsi récoltés triés et fixés au formol 10%. Au laboratoire, les spécimens ont été lavés à l'eau courante puis conservés dans de l'alcool 70° avant d'être identifiés et dénombrés. La totalité des Macroinvertébrés benthiques ont été déterminés à la loupe binoculaire de marque Wild M5 jusqu'au rang du genre ou de l'espèce, à l'aide des clés d'identification de [26,15]. Les données obtenues ont été analyser à l'aide des indices d'équitabilité de Piéluou, de diversité (H') de Shannon et Weaver [27] et Pollution Organique [25].

2. Description des différents bassins versants des cours d'eau et sites d'échantillonnage

A l'issu de cette prospection, six cours d'eau, une rivière (Kienké) et un fleuve (Lobé), au total 24 stations ont été choisies sur la base de leur accessibilité, leur représentativité et leur position par rapport à la source de pollution (activités agricoles, extraction de sable ou rejets domestiques).

2.1. Présentation du bassin versant de la Kienké

Le bassin versant de la Kienké couvre une superficie d'environ 1 435 Km² avec une longueur de 190 km et est situé au Nord par une succession de rapides dans le petit port de Kribi et en plein ville dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}. Ce bassin traverse les différents quartiers de la ville (Mpango, Talla et Mokolo) et se jette sur l'Océan Atlantique. Elle présente une

coordonnées géographiques 2° 56' 18" N et 9° 54' 26" E et se jette dans l'Océan Atlantique. Trois stations codées K1, K2 et K3 ont été choisies dans la Kienké.

2.1.1. Station Kienké 1 (K1)

De coordonnées 2°56'16.516" de latitude Nord et 9°54'27.753" de longitude Est, la station Kienké 1 se trouve à 3m d'altitude, à 700 m de la source et à 559,187 m de l'Océan Atlantique. La station K1 est située à 30 m de la zone d'habitation, dans le quartier Mokolo où les riverains utilisent ses eaux pour le ménage. Une piste créée par la population permet de y accéder facilement. On note aux alentours quelques cultures vivrières. On observe au bord de cette station la présence des grosses pierres au fond de l'eau.

2.1.2. Station Kienké 2 (K2)

De coordonnées 2°56'19.036" de latitude Nord et 9° 54'20.281" de longitude Est, et 2 m d'altitude, la station K2 située à 243,378 m, de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est favorisé par un petit marché au niveau de débarcadère qui fait office de port où les pirogues viennent débarquer leur cargaison de poisson issus de la pêche artisanale effectuée au large de cote de l'Océan Atlantique.

2.1.3. Station Kienké 3 (K3)

La station Kienké 3, de coordonnées 2°56'19.036" de latitude Nord et 9° 54'20.281" de longitude Est, et 1m d'altitude, est localisée à quelques mètres de la station K2 et à 100,757 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est facilité par une piste secondaire aménagée par les pêcheurs. On observe au bord de cette station la présence des quelques pierres situées de l'eau. Les activités anthropiques sont essentiellement marquées par la pêche artisanale avec les pirogues et une forte présence des commerçants qui discutent l'achat des poissons frais. Du côté opposé de la station, on observe à une distance de 1km des bateaux stationnés pour les touristes.

2.2. Présentation du bassin versant de la Lobé

La Lobé est un fleuve côtier qui prend sa source dans le massif du Ntem au centre du parc national de Campo Ma'an. Ces chutes sont localisées à 8 kilomètres au sud de Kribi en direction de Campo. C'est un phénomène unique au monde que de voir une ligne des cascades qui s'étend sur près de 100 mètres de large et dégringole dans l'Océan Atlantique. La Lobé traverse plusieurs communautés qui vivent en étroite relation avec l'eau, que ce soit le fleuve ou la mer. De ce fait, il y a en amont, les Bulus et les Pygmées, en aval les Mabis qu'on trouve jusqu'au niveau du pont sur la Lobé, et enfin les Batangas qui sont à l'embouchure et sur la côte. Les chutes de la Lobé représentent pour ces peuples un symbole fort de croyance, et sont généralement associées aux divers rites naturels et culturels que comptent ces peuples côtiers. De même, les chutes de la Lobé sont une étape importante dans le rituel d'intronisation du chef

des Batangas. Il y séjourne pendant une durée déterminée et reçoit ainsi les bénédictions des esprits et des ancêtres. Il est à noter également le phénomène du « jingou » ou « Mami Water » ou encore « mari/femme - esprit de l'eau ». Sur le plan de la faune sous-marine, on trouve dans les eaux de la Lobé et uniquement dans ses affluents, une race d'écrevisses spécifiques, aussi bien par leur aspect que par le site des chutes de la Lobé, à bien des égards une valeur universelle exceptionnelle et se jette dans l'Océan Atlantique. Trois stations codées L1, L2 et L3 ont été choisies.

2.2.1. Station Lobé (L1)

La station Lobé 1, de coordonnées géographiques 2°52'25.782" de latitude Nord et 9° 54'0.339" de longitude Est et 11 m d'altitude, se situe à quelques mètres de la source et à 1123,881 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est facilité par des pistes villageoises aménagées par les populations riveraines pour pratiquer les pêches. La végétation est dominée par les plantes herbacées et quelques arbustes. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale pratiquée par les riverains.

2.2.2. Station Lobé (L2)

La station Lobé 2, de coordonnées géographiques 2°52'38.667" de latitude Nord et 9° 53'49.570" de longitude Est et 1 m d'altitude, se situe à quelques mètres de la station L1 et à 520,096 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est difficile car il faut se frayer un chemin à travers les arbres pour y parvenir. La végétation le long des berges est dominée par les espèces *Pisonia subcordata* et *Pistia stratiotes*.

2.2.3. Station Lobé (L3)

La station Lobé3, de coordonnées géographiques 2°52'50.747" de latitude Nord et 9° 53'50.200" de longitude Est et 13 m d'altitude, se trouve à quelques mètres de la station L2 située à 233,626 m de l'Océan Atlantique. Cette station est située juste au bord du pont de la Lobé à côté du village Mahenanga. L'accès à cette station est facilité par une entrée secondaire aménagée par les pêcheurs. On observe au bord de cette station la présence de quelques pierres situées dans l'eau. L'action anthropique est marquée par des phénomènes d'extractions de sable et les activités de pêche artisanale.

2.3. Présentation du bassin versant de Grand Batanga

Le bassin versant Grand Batanga est situé à 2 km de la Lobé et à 12 Km du port de Kribi. Il est accessible par la route provinciale P8. Du fait de leur relatif éloignement des zones touristiques de Kribi et Lobé, il est plus protégé et donc plus agréable et quasi déserte pour la plupart. Le sable est fin gris clair et la plage descend lentement, ce qui facilite la baignade avec peu de vagues hautes. Le village Grand Batanga dispose d'une plage, les bords de plage, sont

plantés de cocotiers notamment, ce qui ajoute au charme des lieux. Situées face Ouest, elles ont en plus le privilège de vous faire assister au coucher de soleil, qui est parfois spectaculaire. Trois stations codées G1, G2 et G3 ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Grand Batanga.

2.3.1. Station Grand Batanga (G1)

La station Grand Batanga 1, de coordonnées géographiques 2°50'34.282" de latitude Nord et 9° 53'29.624" de longitude Est et 4 m d'altitude se situe à 1000 m de la source et à 1036,956 m de l'Océan Atlantique et situés à 1 km du lycée de Batanga. La canopée y est moins abondante et l'action de l'homme y est matérialisée par des activités champêtres. L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits de leurs récoltes. L'agriculture de subsistance, la pêche au barrage et l'extraction de sable sont des activités pratiquées par les populations riveraines. Selon le témoignage du chef de village Batanga, les populations riveraines boivent ses eaux et même pour les travaux ménagers.

2.3.2. Station Grand Batanga (G2)

La station Grand Batanga 2, de coordonnées géographiques 2°50'44.498" de latitude Nord et 9° 53'17.399" de longitude Est et 11 m de l'altitude se trouve à quelques mètres de la station G1 et à 553,271 m de l'Océan Atlantique. Les riverains y baignent, boivent et utilisent ses eaux pour les travaux ménagers (témoignage du chef du village Batanga). L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits de leurs récoltes.

2.3.3. Station Grand Batanga (G3)

La station Grand Batanga 3, de coordonnées géographiques 2°50'52.361" de latitude Nord et 9°53'10.235" de longitude Est et 1m de l'altitude se situe à quelques mètres de la station G2 à 173,089 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est facilité par une piste secondaire aménagée par les exploitants des carrières de sable qui font dans les fabrications des parpaings juste à 10 m de cette station. La présence de l'homme est marquée par de grandes exploitations agricoles, la modification de certaines portions de lit du cours d'eau et la pêche artisanale. Le lit du cours d'eau est sableux et il se jette directement dans l'Océan Atlantique.

2.4. Présentation du bassin versant de Bwambé

Le bassin versant de Bwambé s'étant de l'entrée, maetur à l'entrée des chutes du lobe de 2 km en longueur et de la bordure de la mer jusqu'à l'autoroute de 2 km en largeur, soit une superficie de 4 km². Bwambé est situé à 7 km de la ville de Kribi et à 23 km du port autonome de Kribi. Il est limité au nord par le village Ebomé, au Sud par le village Lobe (entrée des

chutes), à l'Est par la plantation de la Société Camerounaise de Palmeraies, Socapalm (après l'autoroute) et à l'Ouest par la bordure de la mer (à la plage). Le peuple de Bwambé se nourrit du poisson, du manioc et ses dérivés, du plantain et des fruits. Leur principale activité économique c'est la pêche et la cueillette. Le meilleur met traditionnel c'est l'Ebanga du poisson pimenté. Trois stations codées B1, B2 et B3 ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Bwambé.

2.4.1. Station Bwambé (B1)

La station Bwanbé 1, de coordonnées géographiques 2°53'24.829" de latitude Nord et 9° 54'26.216" de longitude Est et 16 m d'altitude se situe à 1200 m de la source et à 1571,237 m de l'Océan Atlantique. Cette station est située à 20 m des maisons d'habitations. Sur les rives, s'étalent de petits champs où se développe une agriculture de subsistance. L'accessibilité à ce site est facilitée par des sentiers frayés par les populations riveraines pour accéder à leurs domiciles. Les riverains y baignent, boivent et utilisent ses eaux pour les travaux ménagers (témoignage du chef du village Batanga).

2.4.2. Station Bwambé (B2)

La station Bwanbé 2, de coordonnées géographiques 2°53'32.497" de latitude Nord et 9° 54'16.715" de longitude Est et 11 m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station B1 située à 425,321 m de l'Océan Atlantique. La canopée y est moins abondante et l'action de l'homme y est matérialisée par des activités champêtres. Le lit est essentiellement vaseux et l'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits de leurs récoltes. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et l'agriculture de subsistance.

2.4.3. Station Bwambé (3)

La station Bwambé 3, de coordonnées géographiques 2°3'32.696" de latitude Nord et 9°54'5.480" de longitude Est et 12 m de l'altitude se situe à quelques mètres de la station B2 et à 177,953 m de l'Océan Atlantique. Elle est localisée juste à côté du pont qui limite les deux quartiers Bwambé et Ebomé. Une piste créée par les populations riveraines permet d'y accéder facilement. Le fond du lit est essentiellement sableux. Les populations riveraines s'y baignent et y font la lessive, elle se jette directement dans l'Océan Atlantique.

2.5. Présentation du bassin versant d'Ebomé

Localisé dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}, le bassin versant d'Ebomé s'étale sur une superficie de 4,98 km². Ebomé est située à proximité de Nangadjango, et au nord de Bwambé et à 3 km du chute de la Lobé. Il est essentiellement occupé par une végétation de type forêt tropicale altérée, constituée de hauts arbres assez éparses et présentant par endroits des arbustes

et des hautes herbes (sous - bois) qui alternent avec des exploitations agricoles traditionnelles de type familial. Trois stations codées E1, E2 et E3 ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Ebomé.

2.5.1. Station d'Ebomé (E1)

La station Ebomé 1, de coordonnées géographiques 2°53'50.707" de latitude Nord et 9° 54'41.994" de longitude Est et 5 m d'altitude, située à 670 m de la source et à 1764,02 m de l'Océan Atlantique. L'accès à ce site est facilité par une route secondaire tracée par les exploitants forestiers pour le transport des planches et des produits vivriers (ananas). La végétation est dense par endroits avec une prédominance des arbres qui forment un véritable ombrage maintenant par conséquent la station dans un état de fraîcheur permanente. Les riverains utilisent ses eaux pour les travaux champêtres.

2.5.2. Station d'Ebomé (E2)

La station Ebomé 2, de coordonnées géographiques 2°53'56.884" de latitude Nord et 9° 54'27.559" de longitude Est et 5m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station E1 et à 554,384 de l'Océan atlantique. L'accès à cette station est facilité par une petite route secondaire aménagée par les autorités. Au niveau de cette station, les riverains y baignent et on note la présence remarquable des conducteurs des motos qui viennent laver leurs motos. Le fond du lit est sableux.

2.5.3. Station d'Ebomé (E3)

La station Ebomé 3, de coordonnées géographiques 2°53'54.741" de latitude Nord et 9° 54'9.972" de longitude Est et 4m d'altitude se situe à quelques mètres de la station E2 à 608,384m de l'Océan Atlantique. De sa proximité avec la route qui mène au port de Kribi, l'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale, elle se jette directement dans l'Océan Atlantique.

2.6. Présentation du bassin versant Pangour

Le bassin vers Pangour, situé à quelques mètres du centre-ville, localisé dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}, le bassin versant de Pangour s'étale sur une superficie de 155 km². Il est essentiellement occupé par une végétation de type forêt tropicale altérée, constituée de hauts arbres assez éparés et présentant par endroits des arbustes et des hautes herbes. Ce cours d'eau prend sa source à côté de la station OLA et se jette directement dans l'Océan Atlantique. En marge de la canopée, l'activité anthropique est marquée par l'aménagement d'un pont au lieu dit pont Pangour. La pêche au barrage est une des activités pratiquées par les

populations riveraines. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées P1, P2 et P3 ont été choisies respectivement dans le cours d'eau Pangour.

2.6.1. Station Pangour (P1)

La station Pangour 1, de coordonnées géographiques 2°55'12.373" de latitude Nord et 9°54' 19.901" de longitude Est et 2 m d'altitude, située à 788 m de la source et à 1053,905 m de l'Océan Atlantique. L'action anthropique est marquée par des exploitations agricoles et les activités de pêche artisanale. Le lit du cours d'eau est sableux et quelques roches. L'accès à cette station est facilité par des pistes villageoises aménagées par les populations riveraines pour le transport des produits de leurs récoltes.

2.6.2. Station Pangour (P2)

La station Pangour 2, de coordonnées géographiques 2°55'14.280" de latitude Nord et 9°54' 8.236" de longitude Est et 4 m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station P1 et à 443,692 m de l'Océan Atlantique. L'accès à cette station est facilité par une route secondaire aménagée par les autorités qui relie l'autoroute Kribi-Lolabé. Au niveau de cette station, les riverains s'y baignent et on note la présence remarquable des conducteurs des motos qui viennent laver leurs motos.

2.6.3. Station Pangour (P3)

La station Pangour 3, de coordonnées géographiques 2°55'19.907" de latitude Nord et 9° 54' 1.264" de longitude Est et 5 m d'altitude se situe à quelques mètres de la station P2 à 108,454 m de l'Océan Atlantique. Cette station est située juste au niveau du pont Mboangadoué à 4km du centre-ville de Kribi. Au niveau de ces stations, la végétation riveraine est très abondante et dominée par des arbres et arbustes. Le lit est recouvert d'un mélange de grosses pierres et de sable. On observe aussi la présence de la canopée qui maintient la station dans un état d'humidité permanente et de légère obscurité. L'accès à cette station est facilité par des pistes villageoises aménagées par les populations riveraines. On observe au niveau de cette station, un échange entre les eaux continentales et celles océaniques.

2.7. Présentation du bassin versant Casino

Le bassin versant Casino est situé à 3 km du centre-ville en direction des chutes de la Lobé, en face de la mer. Elle est localisée dans l'Arrondissement de Kribi 1^{er}, le bassin versant de Casino s'étale sur une superficie de 177 km² qui traverse le quartier Mpango. Il présente une forte urbanisation anarchique avec, des habitats bâtis en matériaux durs, semi-durs et majoritairement provisoires, souffrant des problèmes d'assainissement et particulièrement vulnérables aux inondations et aux maladies hydriques. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées Casino 1 (C1), Casino 2 (C2) et Casino 3 (C3) ont été retenues.

2.7.1. Station Casino (C1)

La station Casino1, de coordonnées géographiques 2°55'23.431" de latitude Nord et 9° 54'21.945" de longitude Est et 4m d'altitude, située à 1210 m de la source et à 749,626 m de l'Océan Atlantique. L'action anthropique est marquée par des exploitations des sables et les activités de pêche artisanale. Le lit du cours d'eau est sableux et quelques roches. L'accès à cette station est facilité par des pistes et des ponts aménagés par les populations riveraines pour le transport des produits de leurs récoltes. Les riverains utilisent ses eaux pour la consommation et des travaux domestiques.

2.7.2. Station Casino (C2)

La station Casino 2, de coordonnées géographiques 2°55'34.479" de latitude Nord et 9° 54'20.594" de longitude Est et 4m d'altitude, se trouve à quelques mètres de la station C1, et à 359,06 m de l'Océan Atlantique. L'accès à ce site est facilité par une route secondaire aménagées par les riverains pour le transport des produits vivriers (ananas). La végétation est dense par endroits avec une prédominance des arbres qui forment un véritable ombrage maintenant par conséquent la station dans un état de fraîcheur permanente. Les riverains utilisent ses eaux pour les travaux champêtres.

2.7.3. Station Casino (C3)

La station Casino 3, de coordonnées géographiques 2°55'49.461" de latitude Nord et 9° 54'15.348" de longitude Est et 3m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station C2, se situe à 108,457 m de l'Océan Atlantique. Cette station est située juste au niveau du pont lagon bleu à quelques mètres de la ville. Au niveau de ces stations, la végétation riveraine est très abondante et dominée par des arbres et arbustes. Le lit est recouvert de sable. L'accès à cette station est facilité par des pistes villageoises aménagées par les guides touristiques pour accéder à la plage. Cette station se déverse dans l'Océan Atlantique où il y a échange entre les eaux d'origine continentales et océaniques.

2.8. Présentation du bassin versant Talla

Le bassin versant Talla est situé à 6 km du centre-ville en direction de la rivière Kienké. Dans le bassin versant Talla, les activités anthropiques sont principalement la lessive, la baignade et la pêche. Dans l'ensemble, les habitations sont regroupées en petits blocs le long de la route et l'effectif de la population est y est faible. Les activités anthropiques qui peuvent influencer le bassin versant sont moins intenses car ce dernier se trouve en milieu rural. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées Talla 1 (T1), Talla 2 (T2) et Talla 3 (T3) ont été retenues.

2.8.1. Station Talla (T1)

La station Talla 1, de coordonnées géographiques 2°56'6.696" de latitude Nord et 9° 55' 49.032" de longitude Est et 6m d'altitude, située à 677m de la source et à 2345,314 de la rivière Kienké. La canopée y est moins abondante et l'action de l'homme y est matérialisée par des activités champêtres. L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les riverains pour le transport des produits de leurs récoltes. L'agriculture de subsistance, la pêche au barrage et l'extraction de sable sont des activités pratiquées par les populations riveraines. Selon le témoignage des certains riverains, les populations riveraines boivent ses eaux et même pour les travaux ménagers.

2.8.2. Station Talla (T2)

La station Talla 2, de coordonnées géographiques 2°56'4.397" de latitude Nord et 9°55' 33.058" de longitude Est et 4 m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station T1, et à 797,033 m de la rivière Kienké. Le substrat y est sableux caillouteux avec les gravillons. L'accès à cette station est facilité par des sentiers frayés par les populations riveraines. La végétation riveraine est moins dense, on observe quelques activités anthropiques, notamment la lessive, la vaisselle et la baignade. Le lit est recouvert de sable.

2.8.3. Station Talla (T3)

La station Talla 3, de coordonnées géographiques 2°56'4.606" de latitude Nord et 9°55' 8.694" de longitude Est et 5 m d'altitude se trouve à quelques mètres de la station T2 située à 344m de la rivière Kienké. L'accès à cette station est favorisé par la présence d'une route secondaire aménagée par les autorités locales. Au niveau de cette station, les riverains y baignent et on note la présence remarquable des conducteurs des motos qui viennent laver leurs motos. Le fond du lit est sableux. Cette station se jette directement dans la rivière Kienke.

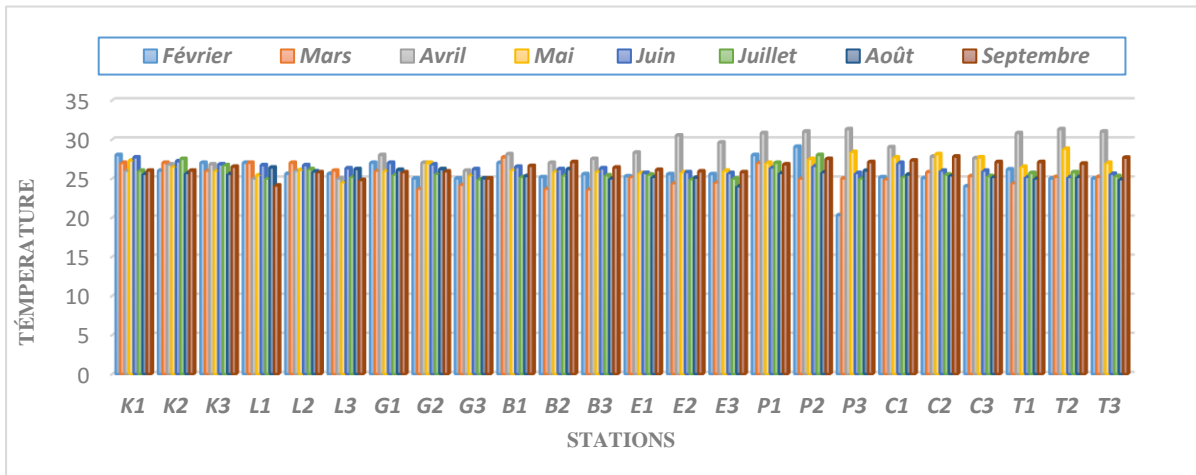
3. Résultats

3.1. Paramètres physicochimiques

3.1.1 Température

La température des différents cours d'eau a varié d'une station à l'autre. La valeur maximale (31,3 °C) a été enregistrée au mois d'Avril à la station Pangour 3 et la valeur minimale (20,3 °C) à la même station au mois de Février, pour une moyenne de $26,26 \pm 1,47$ °C (Figure 2). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative ($p < 0,005$) (Figure 2).

Figure 2 : Variation spatio-temporelle de la température durant la période d'étude

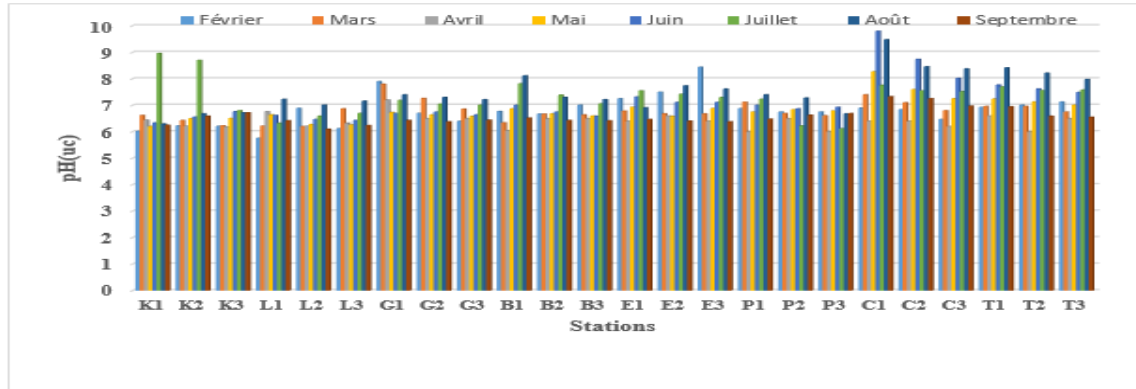


Harissou,2022

3.1.2. pH

Le potentiel d'Hydrogène a varié d'une station à l'autre. La valeur maximale (9,8 UC) a été enregistrée au mois de juin à la station Casino 1 et la valeur minimale (5,7 UC) au mois de février à la station Lobé 1 (Figure 3). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative ($p < 0,005$) (Figure 3).

Figure 3 : Variation spatio-temporelle du pH durant la période d'étude

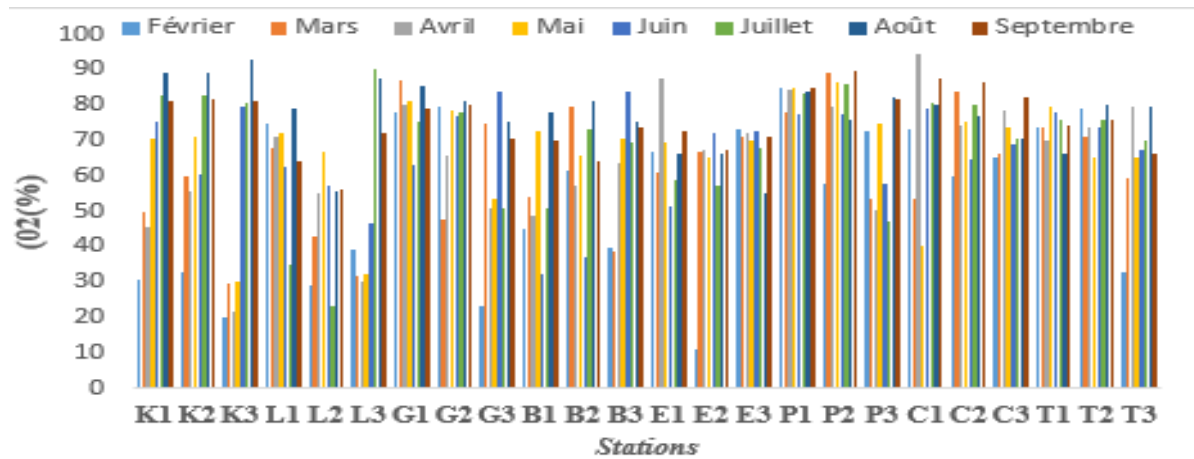


Harissou,2022

3.1.3. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous ont varié d'une station à l'autre. La valeur maximale (94,5 %) a été enregistrée au mois d'avril à la station Casino 1 et la valeur minimale (10,9 %) a été enregistrée au mois de février à la station Ebomé 2 (Figure 4). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative ($p < 0,005$).

Figure 4 : Variation spatio-temporelle de l'Oxygène dissous pendant la période d'étude

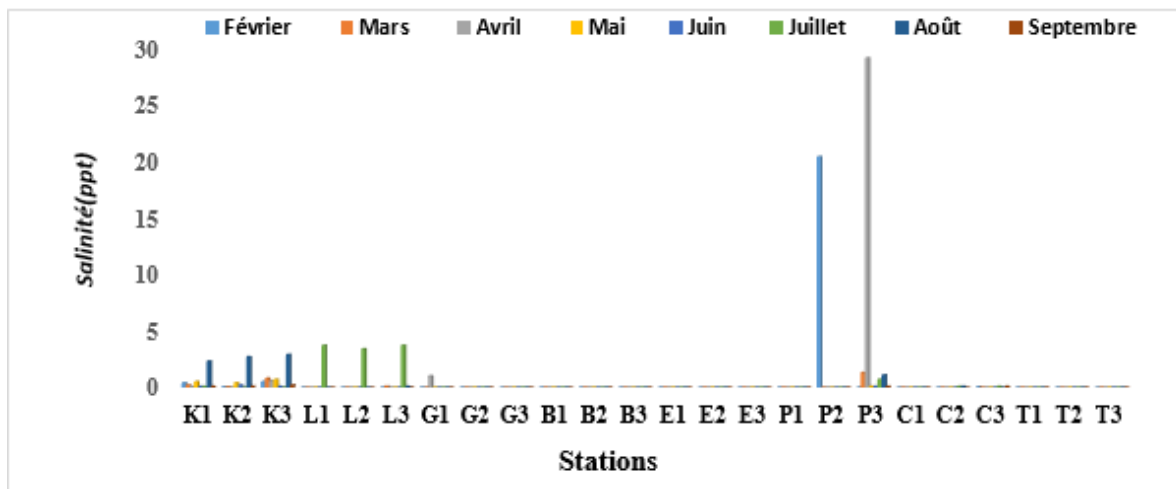


Harissou,2022

3.1.4. Salinité

La salinité a varié progressivement d'une station à l'autre. La valeur maximale 29 ppt était enregistrée au mois d'avril à la station Pangour 3 (Figure 5). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis ne révèle aucune différence significative ($p < 0,005$) (Figure 5).

Figure 5 : Variation spatio-temporelle de l'Oxygène dissous pendant la période d'étude



Harissou,2022

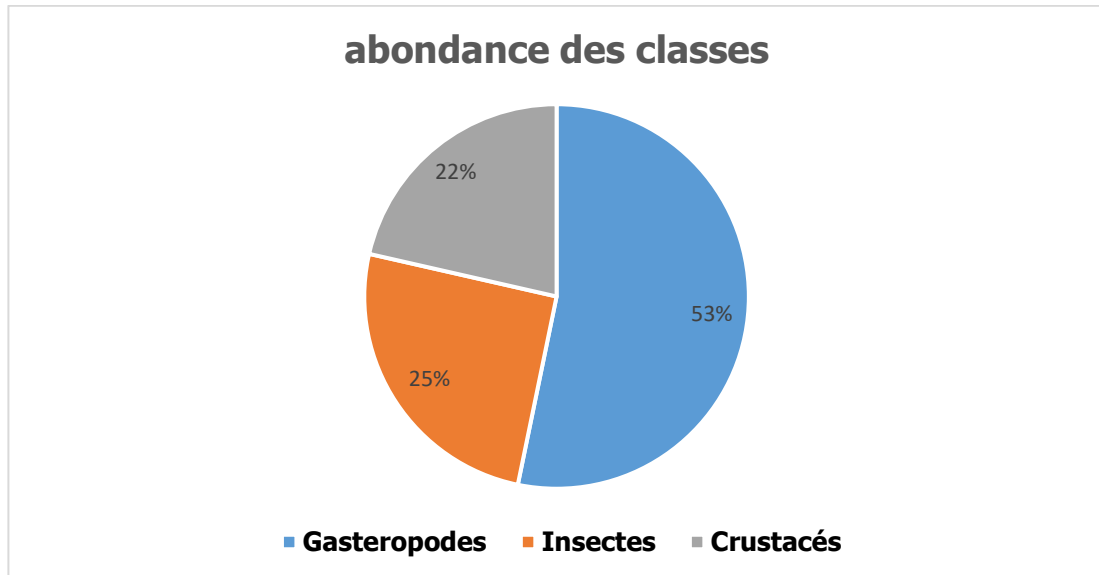
3.2. Richesse taxonomique et abondance des macroinvertébrés benthiques

3.2.1. Richesse taxonomique et abondance des macroinvertébrés benthiques

Au cours de cette étude, 4636 individus ont été récoltés appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes, 19 ordres, 54 familles et 110 genres. L'embranchement des mollusques correspond 2468 individus soit 53,23% d'abondance relative et celui des arthropodes 2168 individus soit 46,76 % d'abondance relative. La classe des Gastéropodes prédomine avec 2468 individus soit 53,23 % d'abondance relative suivie des Insectes avec 1174 individus soit 25,32 % d'abondance relative puis des Crustacés avec 994

individus soit 21,44 % d'abondance relative. Du point de vue global des données biologiques enregistrées au cours de cette étude, il a été constaté qu'une dominance de classe des Gastéropodes (Figure 6).

Figure 6 : Abondances des classes durant les périodes d'étude

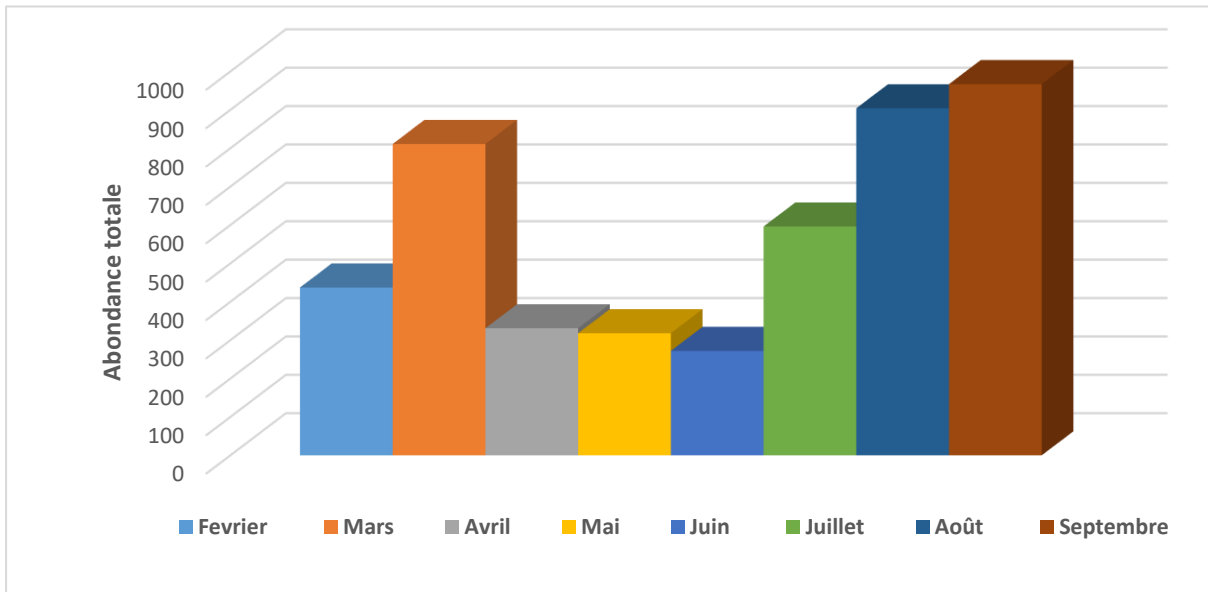


Harissou

3.2.2. Variation spatio-temporel de l'abondance des macroinvertébrés benthiques

Sur le plan temporel, les mois de Mars, Août et Septembre enregistrent les plus fortes abondances des macroinvertébrés benthiques, avec respectivement 811, 904 et 967 soit 17,49 %, 19,49 % et 20,85 % d'abondance relative (figure 6). Sur le plan spatial, les stations Casino 3, Ebomé 2 et Pangour présentant les plus fortes abondances relatives avec respectivement 25,02 %, 12,92 % et 11,30 % (Figure 7).

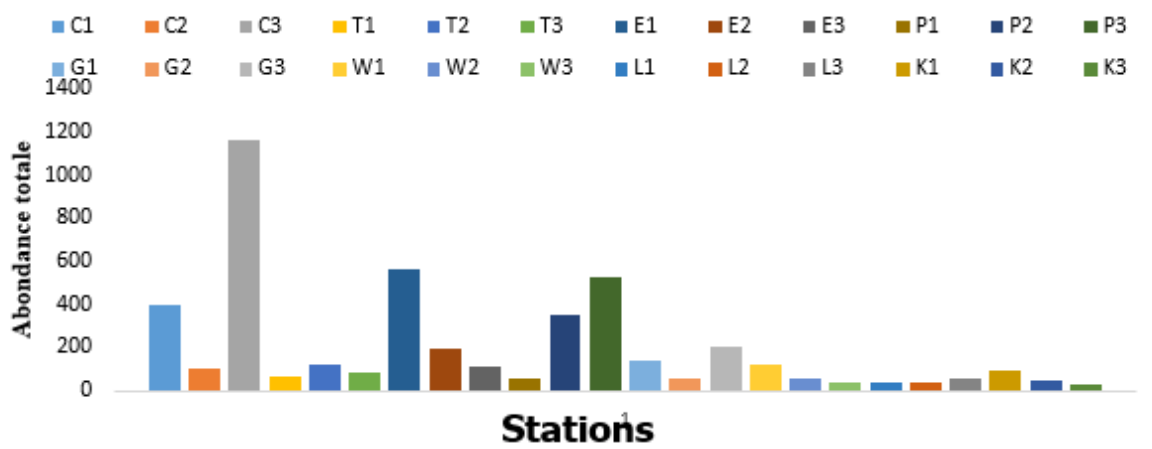
Figure 7 : Variation temporelle de l'abondance totale des macroinvertébrés benthiques pendant la période d'étude.



Harissou,2022

Figure 8 : Variation Spatiale de l'abondance totale des macroinvertébrés benthiques pendant la période d'étude.

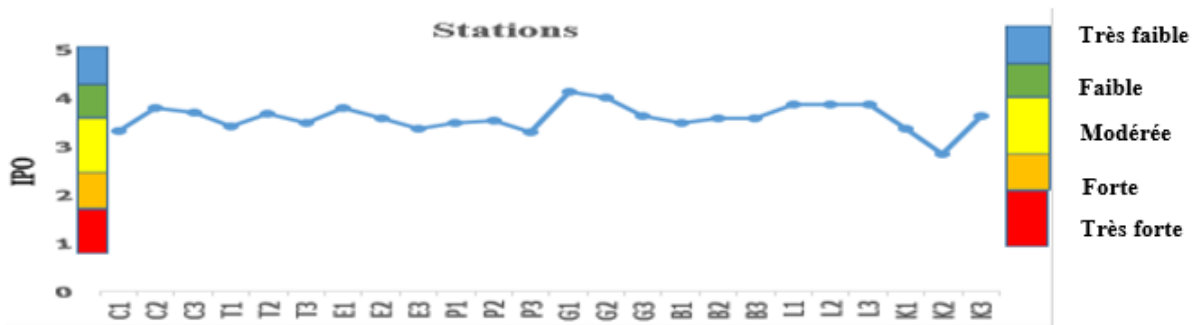
Harissou,2022



3.3. Indice de Pollution Organique (IPO)

Les résultats du calcul de l'indice de pollution organique (IPO) sont contenus dans la Figure 9. Ils montrent des valeurs qui oscillent entre 2 traduisant une (pollution forte dans la station Kienké 2), 3,33 montrant une (pollution modérée dans la majorité des stations et témoignent d'une pollution faible dans les stations Grand batanga 1, 2 et Casino 2.

Figure 9 : Variation spatio-temporelle de l'IPO pendant la période d'étude

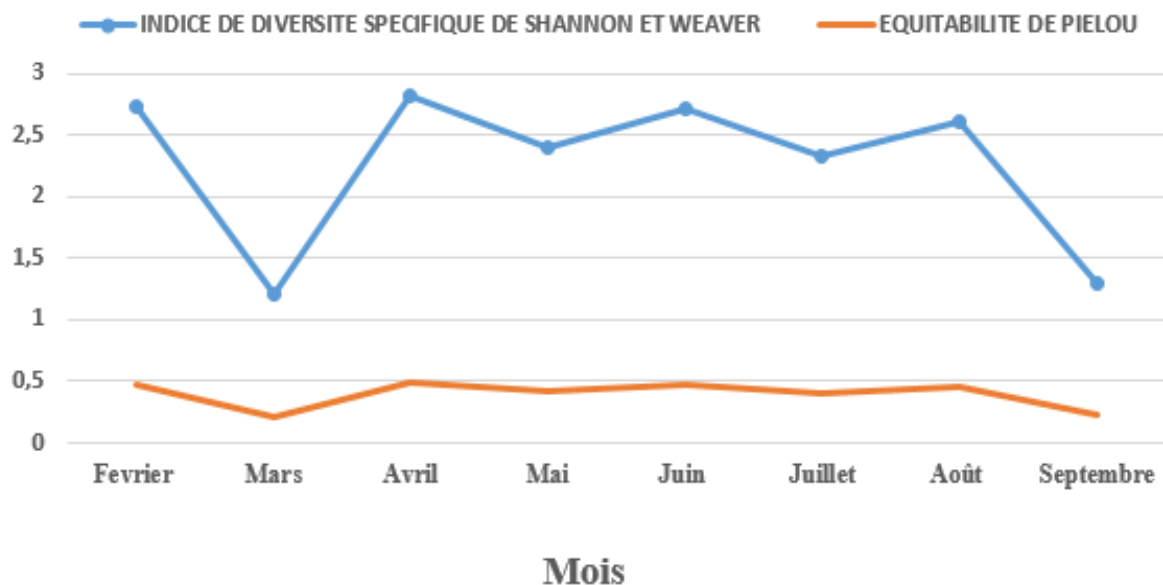


Harissou,2022

3.4. Indice de diversité de Shannon et Weaver et l'équitabilité de Piélou

Sur le plan temporel, le mois de Mars présente la plus faible diversité, soit une valeur de 1,29 bits/ind. Par contre la plus forte diversité a été observée au mois d'Avril, soit une valeur de 2,82 bits/ind. Les valeurs de l'indice d'équitabilité de Piélou oscillent entre de 0,22 au mois de Septembre et 0,49 au mois d'Avril (Figure 10).

Figure 10 : Variation de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et d'équitabilité de Piélou pendant la période d'étude.

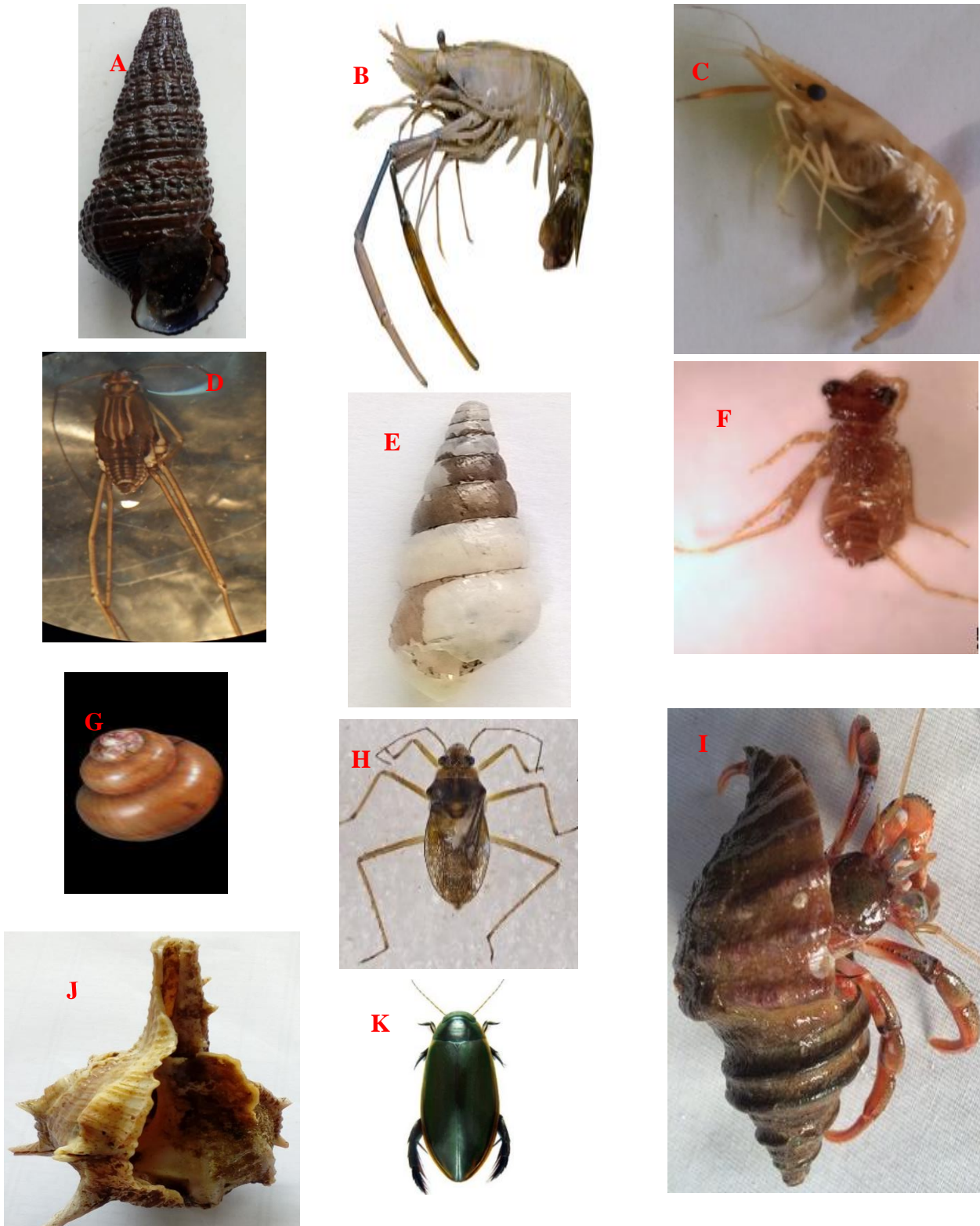


Harissou,2022

3.5. Quelques familles des macroinvertébrés benthiques dominantes

La richesse taxonomique et l'abondance des macroinvertébrés benthiques varient d'une station à l'autre. Parmi ces stations, plusieurs familles des macroinvertébrés benthiques sont dominantes et ceux-ci représentés sur la figure 11.

Figure 11 : Quelques photos des familles des macroinvertébrés benthiques durant la période d'étude. A= Thiaridae, B=Palaemonidae, C=Atyidae, D=Gerridae, E= Melanoide, F=Lubellulidae, G= Viviparidae , H=Vellidae , I=Paguridae, J=Muricidae et K= Dytiscidae.



Source Harissou, 2022

4. Discussion

En ce qui concerne les analyses physicochimiques des eaux des cours d'eau de la région du sud Cameroun, ce travail a permis de constater que la qualité physicochimique des eaux dans les différents cours d'eau varie significativement. Les températures légèrement élevées (20,3 à 31,3 °C) observées à la station Pangour 3 pourraient être dues au climat, de sa proximité avec l'océan atlantique et au rayonnement solaire qui influenceraient la température de l'eau. A cette stipule que [24] la température de l'eau de mer est due au climat qui influe sur la couche superficielle de la mer. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par [28] dans quelques mangroves du Littoral Camerounais qui montrent que la haute température dans les mangroves serait due à l'arrivée des eaux marines chaudes dans les mangroves par la remontée des marées.

Les valeurs du pH indiquent que les eaux du cours d'eau sont acides avec une légère tendance de la neutralité. Le pH de l'eau ($6,93 \pm UC$) est inférieur à celui obtenu par [29] et serait inférieure au pH de l'eau de mer naturel qui est généralement alcalin 8,3 [30,31], les eaux d'origine marine sont basiques ($pH > 7$) et celles d'origine continentale acides ($pH < 7$). Ces valeurs seraient dues à l'acidité entraînée par le déversement des cours d'eaux suivie d'une dilution de l'eau de mer. Il n'a pas de signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous. Cependant, elles ne présentent pas de danger pour la faune et la flore, car seuls les pH inférieurs à 5 ou supérieurs à 9 sont mortelles pour les poissons. Ces valeurs pourraient aussi être la conséquence d'une pollution atmosphérique ; de ce fait le [14] affirme que : la pollution atmosphérique et les précipitations acides demeurent la plus importante source d'acidité des plans d'eau.

Les valeurs élevées du pourcentage de saturation en oxygène dissous (94,5) enregistrée à la station Casino 1 montrent que le cours d'eau est bien oxygéné et favorable au développement des organismes aquatiques [24]. Ces valeurs pourraient être attribuées d'une part, à la vitesse d'écoulement des eaux engendrant des phénomènes de turbulence, se traduisant par la réoxygénation des eaux, et d'autre part à la présence des radiers et méandres [32]. Cette forte saturation est en concordance avec les observations de [30] qui stipule qu'un pourcentage de saturation en oxygène ≥ 70 % peut indiquer que le cours d'eau Casino est de bonne qualité écologique et approprié pour la potabilisation. Ces valeurs sont proches de celles obtenues par [33].

Les fortes valeurs de la salinité observée à la station Pangour 3 pourrait s'expliquer de sa proximité avec l'océan atlantique, où il y a échange entre les eaux d'origine océanique et

celles d'origine continentale. Ces valeurs sont proches de celles obtenues par [34] dans les cours d'eau urbaines et périurbaines à Douala. La salinité est le paramètre qui décrivent l'hydrologie de la masse d'eau en milieu marin.

Au cours de cette étude, 4636 individus ont été récolté appartenant à 2 embranchements, 3 classes, 19 ordres, 54 familles et 110 genres. Les embranchements sont représentés par les mollusques avec 2468 individus soit 53,23 % d'abondance relative et 2168 individus pour les embranchements des arthropodes soit 46,76 % d'abondance relative. L'abondance des Thiaride appartenant à la classe de Gastéropodes présentes dans les cours d'eau Casino, Pangour et Kienké serait liée de sa proximité avec l'océan atlantique. Cette forte abondance pourrait s'expliquer par la grande saison pluvieuse durant le mois d'Avril et Juin où les macroinvertébrés benthiques se développent plus rapidement et les thiaridaés préfèrent une zone salée. La plus faible abondance est observée aux mois d'Avril et Mai avec respectivement 331 et 318 individus soient 7,13 et 7,14 d'abondance relatives. [35] soulignent que les mois pluvieux sont globalement en faveur d'une plus grande diversité de taxons de macroinvertébrés benthiques du fait de la mise à disposition d'une diversité de microhabitats.

En ce qui concerne l'indice de diversité H de Shannon et Weaver, le mois de Septembre présente une faible diversité par rapport au mois d'Avril qui a une forte diversité. Ces variations pourraient s'expliquer par la forte abondance des organismes au mois de septembre (967 individus) et une faible abondance au mois d'Avril (331 individus). Plus l'indice de diversité est élevé, moins l'indice d'équitabilité de Pielou est faible. Ces résultats corroborent avec les propos de [36], qui stipulent que l'indice de diversité H' de Shannon et Weaver diminue lorsqu'un taxon a une abondance relative très élevée.

L'analyse des valeurs de l'Indice de Pollution Organique montre que le niveau de pollution du cours d'eau est modéré, ce qui confirme les faibles charges en matières organiques et le caractère peu anthropisé de ces bassins versants. Ces résultats sont similaires à ceux obtenues par [37] dans les cours d'eau Owé de la région du sud-Ouest.

Conclusion

Ce travail a permis d'étudier la Biodiversité des macroinvertébrés benthiques de quelques cours d'eau côtiers de la région du Sud Cameroun. Il ressort de cette étude que, la qualité physicochimique des eaux révèle qu'ils sont dans la gamme des eaux de qualité modérée. En outre, les eaux de ces cours d'eau sont bien oxygénées, avec un pH légèrement acide. Les paramètres physicochimiques varient très peu dans le temps et l'espace, ce qui montre que les eaux de ces cours d'eau sont très peu perturbées par les activités anthropiques. Au cours de cette étude, 4636 individus ont été récoltés appartenant à 2 embranchements (Mollusques et Arthropodes), 3 classes, 19 ordres, 54 familles et 110 genres. L'embranchement des mollusques correspond 2468 individus soit 53,23% d'abondance relative et celui des arthropodes 2168 individus soit 46,76 % d'abondance relative. La classe des Gastéropodes prédomine avec 2468 individus soit 53,23 % d'abondance relative suivie des Insectes avec 1174 individus soit 25,32 % d'abondance relative puis des Crustacés avec 994 individus soit 21,44 % d'abondance relative.

Au regard de l'avancée rapide du phénomène d'urbanisation, de la croissance démographique des zones périurbaines des régions concernées par ladite étude, de l'utilisation anarchique des sols, tout ceci allié aux changements climatiques deviennent de nos jours de plus en plus imprévisibles. Du fait du début de pollution dans le bassin versant, les sous-bassins étudiés sont donc condamnés à disparaître si des dispositions ne sont pas prises, de même que la diversité des décapodes qu'ils abritent. Pourtant les décapodes sont un maillon important des réseaux trophiques aquatiques, une source de protéine pour l'homme et ils représentent un intérêt socio-économique très important ; montrant ainsi la vulnérabilité des ressources halieutiques animales d'importance socioéconomique.

Fort de ce constat, nous ne saurions terminer sans formuler les recommandations suivantes : aux populations riveraines de s'approprier le concept « éco-citoyen » en utilisant les moyens appropriés pour l'évacuation de leurs déchets ; d'éviter de transformer les points d'eau en laverie d'automobile ; de modérer l'utilisation des engrais chimiques et les activités de pêches (pêche au barrage). Les hydrobiologistes doivent mener des études sur la biodiversité des macroinvertébrés benthiques dans une autre zone côtière du Cameroun qui restent mal ou peu connues. A la commune de Kribi 1^{er}, de mettre sur pied un programme de protection et de gestion des hydrosystèmes, d'organiser des campagnes de sensibilisation à l'endroit des populations, ceci afin de renforcer la politique de gestion des ressources en eau en vue de réduire les risques de maladies hydriques, d'améliorer les conditions de vie des populations et de

protéger les espèces halieutiques qui sont d'une très grande importance économique, social et écologique ; de mettre sur pied un plan d'urbanisation adéquat; de construire des stations d'épuration des eaux dans les centres urbains; d'améliorer et renforcer le système de collecte de déchets et d'appliquer rigoureusement les textes relatifs à la protection de l'environnement.

Dans les travaux à venir, nous envisageons faire des analyses biomoléculaires des espèces de décapodes issues de cette d'étude, ceci afin de d'approfondir notre étude sur la morphologie, la taxinomie et de réaliser des essais de toxicité sur les groupes décapodes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **OMS (Organisation Mondiale de la Santé). 2015.** Guidelines for drinking water quality. *World Health Organization, (4rd edition) Recommendations, Geneva, 56 p.*
- [2] **Y. GOAZIOU. 2004.** Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basée sur les Macroinvertébrés benthiques. *Rapport de stage – Environnement Québec, Direction de suivi de l'état de l'environnement, 49 p.*
- [3] **UNEP. 2010.** Africa Water Atlas. Division of Early Warning and Assessment (DEWA). *L'United Nations Environment Program (UNEP), 300 p.*
- [4] **F. COLAS., V. ARCHAIMBAULT., J.F FERARD ., J. BOUQUEREL ., M.C. ROGER & S. DEVIN. 2014.** Benthic indicators of sediment quality associated with run-of-river reservoirs. *Hydrobiologia, 703 p.*
- [5] **D. DIOMANDE . (2014).** Macrofaune benthique et stratégies alimentaires de *Synodontis Bastiani*.
- [6] **T.P. HELIOTT. (2014).** Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques des rivières de la Guadeloupe et réponses aux perturbations anthropiques. Thèse de Doctorat en Ecologie des systèmes aquatiques. Université Paul Sabatier – Toulouse III, 256 p.
- [7] **S.M. FOTO., S.H. ZEBAZE ., N.N. TCHATCHO & T. NJINE . 2010.** Macroinvertébrés du cours d'eau Nga: Essai de Caractérisation d'un Référentiel par des Analyses Biologiques, *European Journal of Scientific Research, 1 : 96-106*
- [8] **S. TCHAKONTE., G. AJEAGAH ., D. DIOMANDE ., A.L. CAMARA., M.K. KOFFI M. & P. NGASSAM. 2014.** Impact of antropogenic activities on water quality and freshwater shrimp's diversity and distribution in five river in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 183-196.*
- [9] **L.B. TCHUIKOUA, 2010.** Gestion des déchets solides ménagères à Douala au Cameroun : opportunité ou menace de l'environnement et la pollution.
- [10] **T. HARRISON., R. NORRIS, ET S. WILKINSON. (2007).** The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. 5th Australian Stream Management Conference, 139-144
- [11] **AGENCE DE L'EAU RMC, 1995.** Politique de restauration hydromorphologique des eaux,,rhone Méditerranée Corse, 22 p.
- [12] **DURY, 1999** Etude comparative et diachronique des concepts ecosystem et écosystème: Meta, revue de recherche en traduction (*Université de Montreal*) KLIV,3, 485 p.

- [13] **G. FRIEDRICH., D. CHAPMAN. & A. BEIM. 2001.** The use of biological material. In D. Chapman, water quality assessment: a guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring, *edition Chapman and Hall*, 238 p.
- [14] **MDDEF (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs). 2013.** Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat grossier. *Direction du suivi de l'état de l'environnement, 2e édition*, 88 p.
- [15] **H. TACHET., P. RICHOUX ., M. BOURNAUD . & P. USSEGLIO-POLATERA . 2006.** Invertébrés d'eau douce-Systématique, biologie, écologie. CNRS éditions, Paris, 587 p.
- [16] **S.H. ZEBAZE. 2008.** Eutrophisation et structure des peuplements zooplanctonique du Lac Municipal de Yaoundé. *Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Cameroun*, 200 p.
- [17] **A.G.AJEAGAH.,S. KEKEUNOU., P. NJIAWOUO . & S.F. MENBOHAN. 2014.** Morphologie et abondance des stades développement d'*Ilyocoris cimicoides* Linne 1758 (Heptoptera : Naucoridae) dans un lac anthropisé en zone tropicale (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, 72 : 5826-6936.
- [18] **G.E. YOGBACK. 2021.** Taxinomie et Bio-écologie des Crustacés Décapodes dans le Bassin Versant du Nyong (Zone Forestière Sud Cameroun). *Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, Cameroun*, 160 p.
- [19] **N.Z. MBOHOU 2014.** Diversité des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Djobo, affluent du Nyong à Mbankomo. *Mémoire de Master, Université de Yaoundé I, Cameroun*, 64 p.
- [20] **O. NJIFONJOU . 1999.** Enquête-cadre sur la pêche artisanale maritime dans la région « modèle » du Fako, Projet TCP/CMR/8821, FAO, 19 p.
- [21] **FONDAF. 2006-2007.** Programme de développement local, Audit social des populations de Kribi, 117 p.
- [22] **OSM (Open Street Map). 2022.** Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnages.
- [23] **APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 1998.** Standard method for examination of water and wastewater. *American Public Health Association*, 20th edition, *Washington*, 1150 p.
- [24] **J. RODIER., B. LEGUBE., N. MARLET . & R. BRUNET . 2009.** *L'analyse de l'eau*. 9^e édition, *Dunod, Paris, France*, 1579 p.

- [25] **L. LECLERCQ. 2001.** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. *Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique*, 44 p.
- [26] **C. LEVEQUE . & E. BALIAN. 2005.** Conservation of freshwater biodiversity: does the real world meet scientific dream. *Hydrobiologia*, 542: 25-26.
- [27] **M.T. BARBOURT., J. GERRITSEN., B.D. SNYDER & J.B. STRIBLING. 1999.** Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2^e ed., U.S. Environmental protection Agency, Office of water, Washington, D.C., EPA 841-B-99-002.10 p.
- [28] **P. MOANONO., T. BOUDEM ., K. TUEKAM., D. NANFACK., T. ZEBAZE., 2021.** Biodiversity of the malacological fauna of some mangroves of the Cameroonian Littoral: Influence of abiotic Factors, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2021; 9(4): 41-48
- [29] **HARISSOU. 2020.** Evaluation par les macroinvertébrés benthiques de l'état de santé d'un cours d'eau dans la région du cours d'eau Cameroun: cours d'eau Elabé, 33 p.
- [30] **J.P. TASTET .1974.** L'environnement physique du système lagunaire Ebrié. *Sériedocumentation*, 11, 28 p.
- [31] **P. DUFOUR . 1982.** Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidence sur l'hydroclimat. *Hydrobiologia* 94, 105-120 p.
- [32] **S. DEVIDAL., C. RICHARD-SIROIS., M.F. POUET. & O. THOMAS . 2007.** Solutions curatives pour la restauration des lacs présentant des signes d'eutrophisation. *Rapport interne, Observatoire de l'Environnement et du Développement Durable, Université de Sherbrooke, Québec. Avec oued Fès. Larhyss Journal*, 8: 101-112.
- [33] **E. ANGELIER. 2000.** Ecologie des eaux courantes. *Edition Technologique et Documentation. Edition Paris*, 199 p.
- [34] **Y.L. TCHOUAPI, (2016).** Distribution des macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau forestier du bassin versant du Nyong à Mbalmayo : Le Mbeme. Mémoire de Master. Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences, 54 p.
- [35] **S. TCHAKONTÉ. (2016).** Diversité et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau urbains et périurbains de Douala (Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, 179 p.

-
- [36] **M. S. FOTO., S. H. ZEBAZE., N. N. TCHATCHO N. & NJINE T. 2010.** Macroinvertébrés du cours d'eau Nga: Essai de Caractérisation d'un Référentiel par des Analyses Biologiques, *European Journal of Scientific Research*, 1 : 96-106.
- [37] **R. N. DONGMO.** 2018. Physicochimie des eaux, peuplements zooplanctoniques et des macroinvertébrés benthiques du cours Owé. *Mémoire de Master*, 53 p.

Evaluation by benthic macroinvertebrates of the state of health of some rivers in the south Cameroon region

Harissou *, Foto Menbohan Samuel, Ajeegah Aghaindum Gideon, Ndourwe Far Bolivar and Betsi Wilfreid Christiane Noel

Laboratory of Hydrobiology and Environment (LHE), Faculty of Sciences, University of Yaounde I, P. O. Box: 812 Yaounde, Cameroon.

World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences, 2023, 14(03), 001–010

Publication history: Received on 20 April 2023; revised on 28 May 2023; accepted on 30 May 2023

Article DOI: <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2023.14.3.0224>

Abstract

Benthic macroinvertebrates are the best indicators of the ecological quality of watercourses because of their specific diversity, their sensitivity, their variable life span and their capacity to adapt to all types of environments. In order to determine the health status of some rivers in the Southern Cameroon Region, a study was conducted in Kribi in the Ocean Department between February 2022 and February 2023. Physicochemical analyses were carried out according to conventional methods. Sampling of benthic macroinvertebrates was done using the multihabitat approach. The results of physicochemical parameters revealed that the water courses were well oxygenated, with a slightly acidic pH with little disturbances from anthropic activities. The abundance of benthic macroinvertebrates showed 17055 individuals collected belonging to 2 phyla, 3 classes, 19 orders, 59 families and 113 genera. The class of Crustacea dominated with 7693 individuals or 45.10% of relative abundance, followed by Gastropods with 5174 individuals or 30.33% of relative abundance and Insects with 4188 individuals or 24.55% of relative abundance. The taxonomic diversity, coupled with the EPT, EPTD, EPTC and EPTH indices, revealed that the water from these water courses is of good ecological quality.

Keywords: Physicochemical parameters; Benthic macroinvertebrates; Water quality; River; Kribi

1. Introduction

Global water use has been increasing over the past 100 years and continues to gradually increase by about 1% per year [29]. Freshwater is a vital resource for all living things. It is food, habitat, means of production, transportation, and a market good [19]. The preservation, rational and efficient management of such a resource is currently a global priority from both a quantitative and qualitative point of view [12,21]. However, the distribution of this resource on a global scale is very heterogeneous. According to the "United Nations Environment Programme" [27], Africa is one of the driest continents in the world with only 9% of freshwater resources. However, anthropogenic activities, marked by the intensification of urbanization, agriculture and industry, are at the origin of a considerable production of solid, liquid and gaseous wastes that degrade water quality. Most of this waste arrives in aquatic ecosystems, which are the terminal receptacle [4].

Indeed, this quality can be established not only by a combination of inorganic and organic substances at various concentrations, but also by the composition and condition of the aquatic organisms living in that environment. Monitoring strategies that take into account aquatic organisms such as benthic macroinvertebrates, because of their taxonomic diversity and functional forms, their variable life span and their wide distribution in flowing waters, are excellent bioindicators of the health of hydrosystems [29].

* Corresponding author: Harissou.

In Cameroon, many works have been carried out in lentic and lotic environments, in order to evaluate their health status, notably the Municipal Lake of Yaoundé [30], the Mingoa and Abiergue rivers [1] Lake Obili [14], the Djobo [3], Abouda [7,18], Konglo and Nyong rivers in Bertoua [29], streams. Unfortunately, few data are available on the health status of benthic macroinvertebrates in the southern region. It is to fill this gap that the present study is conducted. More specifically, it was necessary to evaluate the physicochemical parameters of the water, to identify and count the benthic macroinvertebrates and to establish the link between certain biological indices and the quality of the water.

2. Materials and methods

2.1. Geographical framework of the study

Kribi, a city located in the South Cameroon region, is the capital of the Ocean department. The main economic activities are fishing and tourism. The climate is equatorial with four unevenly distributed seasons, including a long dry season from November to March, a short rainy season from April to June, a short dry season in July and a long rainy season in October.

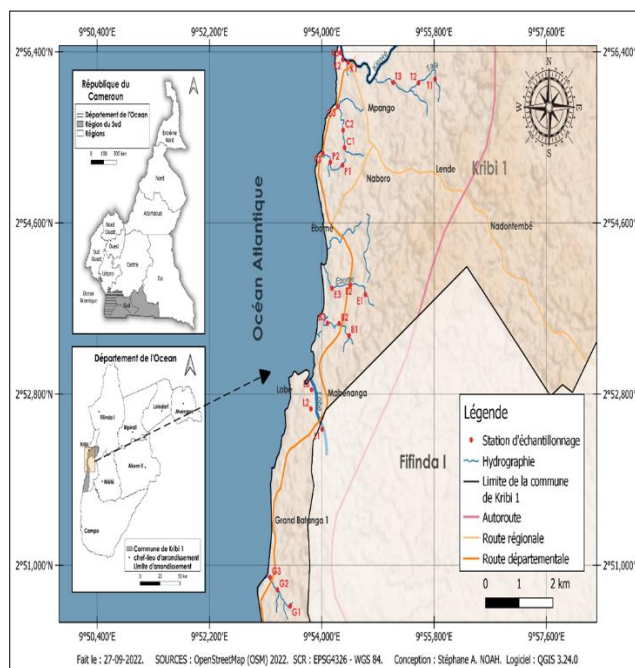


Figure 1 Map showing the geographical locations of sampling stations [20].

Table 1 Geographic coordinates of the different sampling stations

watercourse	Code	Contact detail GPS		Altitude (m)
		Latitude (°N)	Longitude (°E)	
Bwambe	B1	2° 53' 24.829"	9° 54' 26.216"	16
Bwambe	B2	2° 53' 32.497"	9° 54' 16.715"	11
Bwambe	B3	2° 53' 32.696"	9° 54' 5.480"	12
Casino	C1	2° 55' 23.431"	9° 54' 21.945"	4
Casino	C2	2° 55' 34.479"	9° 54' 20.594"	4
Casino	C3	2° 55' 49.461"	9° 54' 15.348"	3
Ebome	E1	2° 53' 50.707"	9° 54' 41.994"	5
Ebome	E2	2° 53' 56.884"	9° 54' 27.559"	5

Ebome	E3	2° 53' 54.741"	9° 54' 9.972"	4
Grand Batanga	G1	2° 50' 34.282"	9° 53' 29.624"	4
Grand Batanga	G2	2° 50' 44.498"	9° 53' 17.399"	11
Grand Batanga	G3	2° 50' 52.361"	9° 53' 10.235"	1
Kienke	K1	2° 56' 16.516"	9° 54' 27.753"	3
Kienke	K2	2° 56' 19.036"	9° 54' 20.281"	2
Kienke	K3	2° 56' 23.290"	9° 54' 18.163"	1
Lobe	L1	2° 52' 25.782"	9° 54' 0.339"	11
Lobe	L2	2° 52' 38.667"	9° 53' 49.570"	1
Lobe	L3	2° 52' 50.747"	9° 53' 50.200"	13
Pangour	P1	2° 55' 12.373"	9° 54' 19.901"	2
Pangour	P2	2° 55' 14.280"	9° 54' 8.236"	4
Pangour	P3	2° 55' 19.907"	9° 54' 1.264"	5
Talla	T1	2° 56' 6.696"	9° 55' 49.032"	6
Talla	T2	2° 56' 4.397"	9° 55' 33.058"	4
Talla	T3	2° 56' 4.606"	9° 55' 8.694"	5

2.2. Physicochemical parameters

Table 2 Class limits of the Organic Pollution Index according [13]

Parameters	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)
5	< 0,1	≤ 5	≤ 15
4	0,1 - 0,9	6 - 10	16 - 75
3	1 - 2,4	11 - 50	76 - 250
2	2,5 - 6	51 - 150	251-900
1	> 6	> 150	> 900

Table 3 Interpretation of the average class of the Organic Pollution Index according [13]

Class averages classes	Organic pollution level
5,0 - 4,6	Nil
4,5 - 4,0	Low
3,9 - 3,0	Moderate
2,9 - 2,0	Strong
1,9 - 1,0	Very high

Physicochemical parameters were measured (February 2022 to February 2023) both in the field and in the laboratory following the recommendations [2,22]. Temperature, dissolved oxygen, and electrical conductivity were measured in situ using a HANNA HI 98130 thermometer and multimeter, respectively. In the hydrobiology and environment laboratory of the Faculty of Sciences of the University of Yaoundé 1, orthophosphate ions and nitrogen forms were

measured with a WAHTECH spectrophotometer and oxidizability was measured by volumetry from water samples taken in the field using 1000 mL double-stoppered polyethylene vials The organic pollution index (OPI) was calculated according to the recommendations [13].

2.3. Sampling of benthic macroinvertebrates

Benthic macroinvertebrates at these study stations were collected using a 30 cm x 30 cm dip net with a 400 µm mesh size and a depth of 0.5 m. At each study station, about twenty dip net strokes were made. The organisms collected were fixed in 10% formalin in glass pillboxes. In the laboratory, the specimens were washed with running water and then preserved in 70° alcohol before identification and counting. All benthic macroinvertebrates were determined under a Wild M5 binocular loupe up to the rank of genus or species, using the identification keys proposed by [6,23,16]. The data obtained were translated into simple variables (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U test and EPT, EPTD, EPTC, EPTH and EPT density/chironomid density indices).

3. Results

3.1. Physicochemical parameters

3.1.1. Temperature

The temperature of the different streams varied from one station to another. The maximum value (31.3 °C) was recorded in April at the Pangour 3 station and the minimum value (20.3 °C) at the same station in February, for an average of 26.26 ± 1.47 °C (Figure 2). Spatially, the Kruskal-Wallis test revealed no significant difference ($p < 0.005$) (Figure 2).

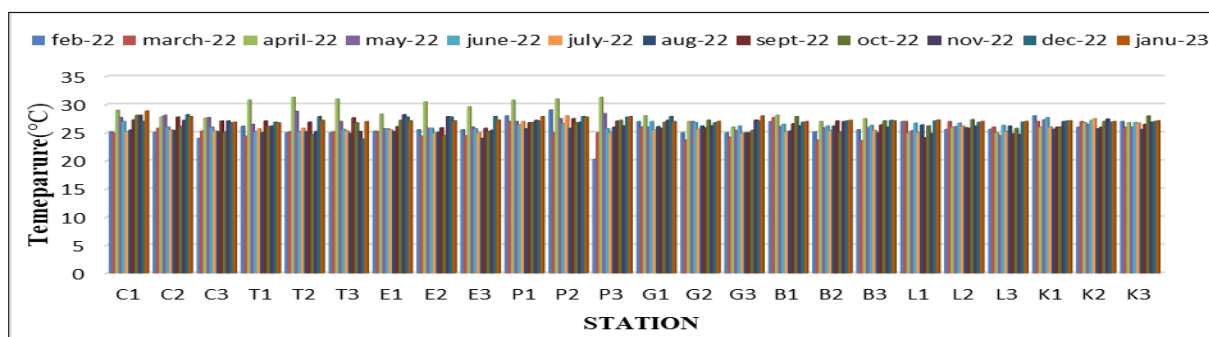


Figure 2 Spatial and temporal variation of temperature during the study period

3.1.2. pH

The hydrogen potential varied from station to station. The maximum value (9.8 CU) was recorded in June at the Casino 1 station and the minimum value (5.76 CU) in February at the Lobe 1 station (Figure 3). Spatially, the Kruskal-Wallis test revealed no significant difference ($p < 0.005$) (Figure 3).

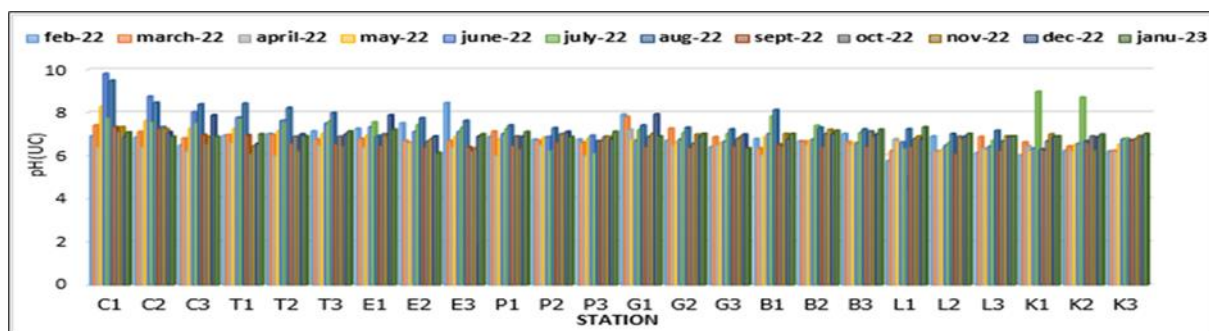


Figure 3 Spatio-temporal variation of Ph during the study period

3.1.3. Dissolved oxygen

Dissolved oxygen levels varied from station to station. The maximum value (94.5%) was recorded in April at the Casino 1 station and the minimum value (10.9%) in February at the Ebome 2 station (Figure 4). Spatially, the Kruskal-Wallis test showed no significant difference ($p < 0.005$) (Figure 4).

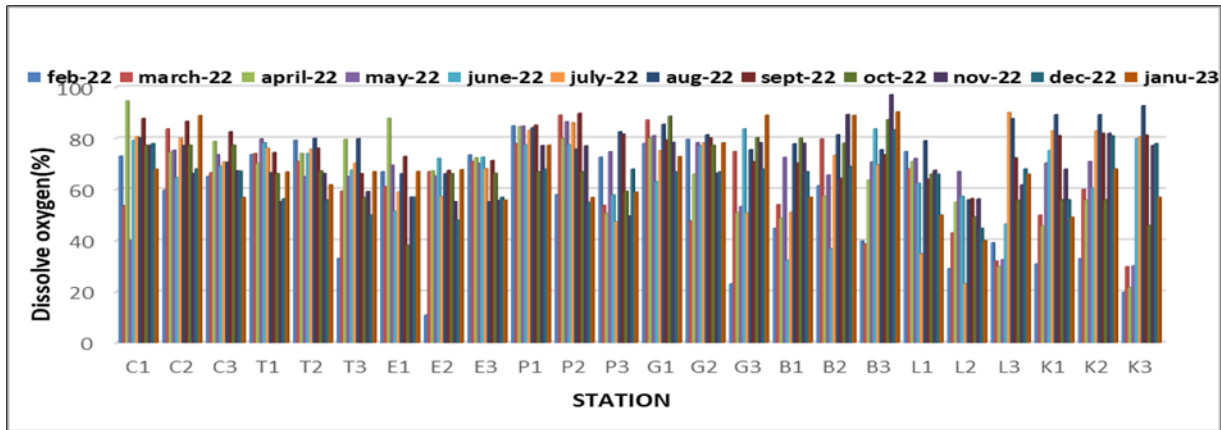


Figure 4 Spatial and temporal variation of dissolved oxygen during the study period

3.1.4. Nitrates

Nitrate levels varied from station to station. The maximum value (0.99 mg/L) was recorded in September at the Lobe 1 station and the minimum values (0 mg/L) in May, June and July at the Casino 3, Talla1 1, Grand Batanga 2 and Bwambé2 stations (Figure 5). Temporally, the Kruskal-Wallis test showed a significant difference ($p < 0.05$) between June and September (Figure 5).

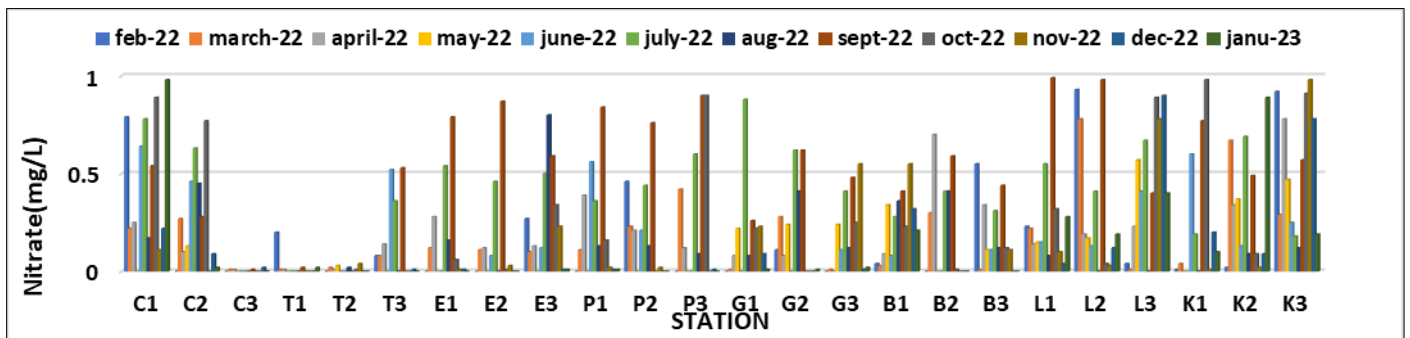


Figure 5 Spatial and temporal variation of Nitrate levels during the study period

3.1.5. Nitrites

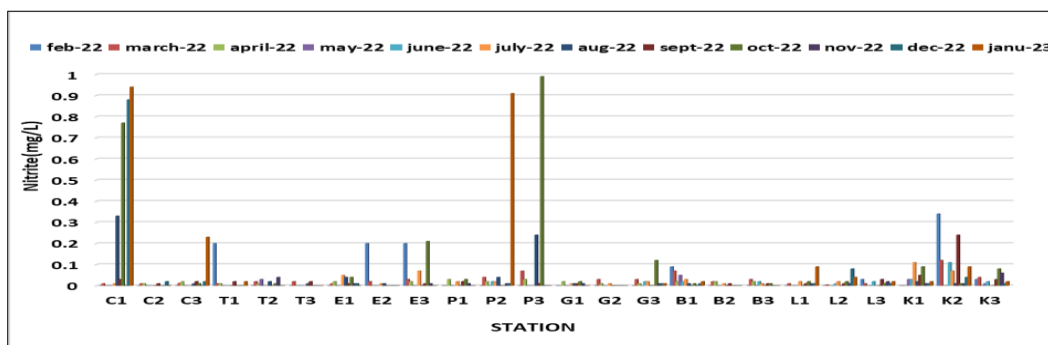


Figure 6 Spatial and temporal variation of Nitrite levels during the study period

Nitrite levels varied from station to station. The maximum value (0.94 mg/L) was recorded in January at the Casino 1 station and the minimum values (0 mg/L) in May, June and July at the Casino 2, Casino 3 and Ebome 2 stations (Figure 6). Temporally, the Kruskal-Wallis test showed a significant difference ($p < 0.05$) between January and June (Figure 6).

3.2. Benthic macroinvertebrates

3.2.1. Taxonomic richness and relative abundance

In all the 24 stations studied, 17055 individuals were collected belonging to 2 phyla, 3 classes, 19 orders, 59 families and 113 genera. The Arthropods phylum revealed 4188 individuals or 24.55 % of relative abundance and the Molluscs with 12867 individuals or 75.44 % of relative abundance. The class Crustacea dominated with 7693 individuals or 45.10% relative abundance, distributed in 1 order, 11 families and 29 genera, followed by Gastropoda with 5174 individuals or 30.33% relative abundance, distributed in 10 orders, 19 families and 48 genera and Insects with 4188 individuals or 24.55% relative abundance, distributed in 8 orders, 29 families and 37 genera (Figure 7).

The 19 orders arranged in descending order were as follows (Figure 7), Decapods with 7693 individuals (45.10%), Hemiptera with 2973 individuals (17.43%), Mesogasteroptera with 2246 individuals (13.16%), Basommatophores with 1811 individuals with (10, 61%), Odonata with 596 individuals (3.49%), Coenogasteropoda with 382 individuals (2.23%), Neogasteropoda with 283 individuals (1.65%), Coleoptera with 247 individuals (1.44%), Diptera with 184 individuals (1, 07%), Neotaenioglosa with 131 individuals (0.76%), Phaladomyoides with 114 individuals (0.66%), Littoriminophes with 83 individuals (0.48%), Trichoptera with 79 individuals (0.46%), Aricides with 66 individuals (0.38%), Ephemeroptera with 52 individuals (0.30%), Plecoptera with 33 individuals (0.19%), Myoides with 41 individuals (0.24%), Dictyoptera with 24 individuals (0.14%) and Trochida with 17 individuals (0.09%) (Figure 8).

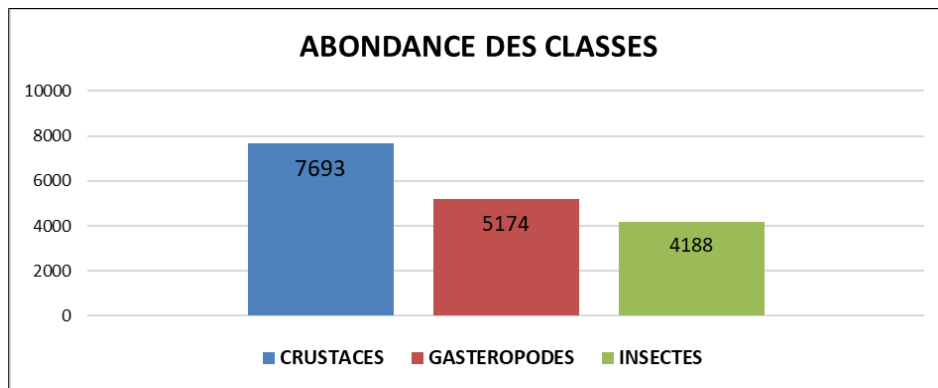


Figure 7 Abundance of benthic macroinvertebrate classes during the study period

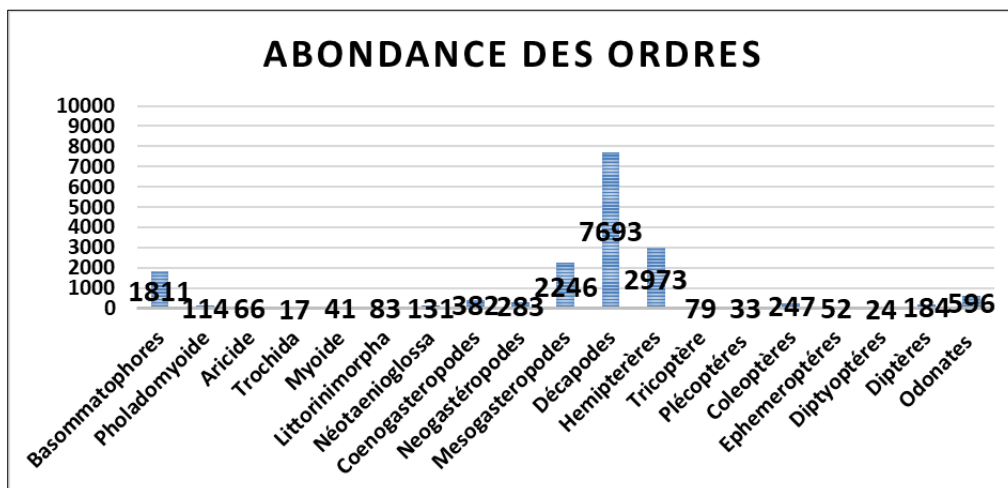


Figure 8 Abundance of benthic macroinvertebrate orders during the study period

3.3. Organic Pollution Index (OPI)

The results of the Organic Pollution Index (OPI) calculation are shown in Figure 9, with values ranging from 2 for high pollution (Kienke 2) to 3.33 for moderate to low pollution at most stations (Grand Batanga 1, 2 and Casino 2).

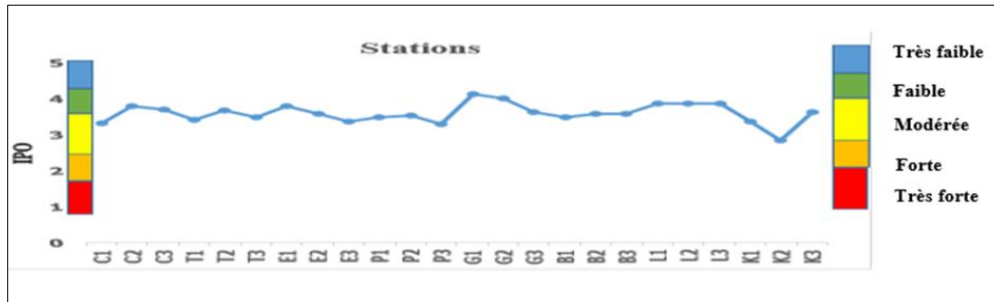


Figure 9 Spatial and temporal variation of the SOP over the study period

3.4. EPT, EPTC, EPTH and EPTD indices

The species richness of Ephemeroptera (E), Plecoptera (P), Trichoptera (T), Coleoptera (C), Hemiptera (H) and Decapoda (D) was determined in order to assess the spatial distribution of the descriptor groups (EPT, EPTC, EPTH and EPTD) (Table 4 and 5). Taxa of the EPTD group were encountered in all stations, while EPT were encountered exclusively in stations Casino1, Talla1, 2, Ebome2, 3, Grand batanga 1,2 and Lobe1,2. Taxa of the EPTC group are present in all stations except Kienke (1,2,3).

Table 4 Spatial variation in taxonomic richness of different descriptor groups during the study period

Descriptors (indices)	C1	C2	C3	T1	T2	T3	E1	E2	E3	P1	P2	P3
EFA	11	0	0	2	4	0	0	1	1	0	0	0
TCPS	11	1	1	3	5	0	2	2	2	0	0	0
EPTH	16	6	6	7	9	4	5	5	5	2	3	2
EPTD	17	14	14	14	14	9	12	9	15	4	9	8
EFA density (ind./m2)	0,27	0	0	0,06	0,10	0	0	0,05	0,034	0	0	0
Chironomid density (ind./m2)	2	6	43	12	0	0	34	0	0	0	32	0
EFA density/ Chironomid density	0,135	-	-	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 5 Spatial variation in taxonomic richness of different descriptor groups during the study period

Descriptors (indices)	G1	G2	G3	W1	W2	W3	L1	L2	L3	K1	K2	K3
EFA	1	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0
TCPS	1	1	1	3	1	1	5	1	0	0	0	0
EPTH	4	1	6	5	1	2	2	2	0	0	0	0
EPTD	6	6	7	5	3	4	3	3	1	6	7	6
EFA density (ind./m2)	0,07	0,14	0	0,71	0	0	0,09	0,09	0	0	0	0
Chironomid density (ind./m2)	22	0	2	0	0	0	9	0	0	0	2	0
EFA density/ Chironomid density	0,003	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-

E = Ephemeroptera, P = Plecoptera, T = Trichoptera, D = Decapoda, C = Coleoptera and H = Hemiptera; Stations: C1, C2, C3 (Casino), T1,T2,T3 (Talla), E1,E2,E3 (Ebome), P1,P2,P3 (Pangour), G1,G2,G3 (Grand Batanga), W1,W2,W3 (Wbambe), L1,L2,L3 (Lobe) and K1,K2,K3 (Kienke).

4. Discussion

During the study period, the pH values indicated that the stream waters are acidic with a slight tendency to neutrality (5.7-9.8UC). These are due to the absence of anthropogenic activities in the basin. Similar results were obtained by [15] in the coastal waters of Cameroon and [17] in the waters of southern Cameroon.

The slightly elevated temperatures (20.3 to 31.3 °C) observed at the Pangour 3 station could be due to the climate, its proximity to the Atlantic Ocean and solar radiation. The high temperature values are characteristic of warmer coastal marine and mangrove waters [26] and are similar to those obtained by Ghali Fatiha and Hammou Fatiha (2017) in the Salamander, Sablette, and Sidi Medjdoub streams in Algeria.

The high values of the percentage of dissolved oxygen saturation (94.5%) at the Casino 1 station showed a good saturation of the waters that could be attributable to the low heating of the waters, coupled with the high photosynthetic activity, the natural ventilation and the presence of riffles and meanders that create conditions of turbulence and recirculation of the waters, as well as reoxygenation at the water/air interface. These values could be attributed on the one hand, to the flow velocity of the water generating turbulence phenomena, resulting in the reoxygenation of the water, and on the other hand to the presence of riffles and meanders [5]. These results are similar to those of [24,8,9,10] where average rates higher than 75% were recorded in some forest streams.

Nitrogenous mineral elements (NO₂⁻ and NO₃⁻) showed or shows low values in all watersheds, reflecting the low level of mineralization of the waters, their good oxygenation and the low anthropization of the watersheds. These results are similar to those of [10] and [24] obtained in a few forested streams.

Overall, the Crustacea class predominates with 6696 individuals or, 39.26% relative abundance, followed by Insects with 5373 individuals, or 31.50% relative abundance and finally Gastropods with 4986 individuals, or 29.23% relative abundance. This abundance of crustacean classes would be linked on the one hand to the proximity of these stations to the Atlantic Ocean and on the other hand, by the great rainy season. Indeed, [25] emphasizes that the rainy months are globally in favor of a greater diversity of benthic macroinvertebrate taxa due to the availability of a diversity of microhabitats

The analysis of the Organic Pollution Index values shows that the level of pollution in the stream is moderate, which is reflected in the low organic matter loads and the low anthropogenic character of these watersheds. These results are similar to those obtained by [17] in the waters of southern Cameroon.

The values of the EPT, EPTD, EPTC and EPTH indices obtained in the different sampling stations showed or shows that the watershed is little anthropized and that its waters are of good ecological quality, with the exception of the Kienke. these results would reflect the sensitivity of Decapod, Coleoptera and Hemiptera taxa.

5. Conclusion

This work allowed us to evaluate the health of some rivers in the Southern Cameroon Region using benthic macroinvertebrates. The physico-chemical quality reveals waters of moderate quality, as they are little disturbances by anthropic activities. The 17055 organisms collected belong to 2 phyla, 3 classes, 19 orders, 59 families and 114 genera. The class of Crustacea predominates with 6696 individuals or 39.26% of relative abundance, followed by Insects with (5373 individuals, or 31.50% of relative abundance) and Gastropods (4986 individuals, or 29.23% of relative abundance). The taxonomic diversity, coupled with the EPT, EPTD, EPTC and EPTH indices, reveals an environment little affected by anthropic activities and consequently, waters of good ecological quality.

Compliance with ethical standards

Acknowledgments

I would like to express my sincere thanks to my supervisors prof Foto Menbohan Samuel and Ajeegah Aghaindum Gideon their contributions to writing of this article, not forgetting my fellow laboratory students.

Disclosure of conflicts of interest

All authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- [1] Ajeegah G. A., Kekeunou S., Njiawouo P. & Foto M. S. 2014. Morphology and abundance of developmental stages of *Ilyocoris cimicoides* Linne 1758 (Hepteroptera: Naucoridae) in an anthropized lake in the tropics (Cameroon). *Journal of Applied Biosciences*, 72: 5826-6936.
- [2] APHA (American Public Health Association). 1998. Standard method for examination of water and wastewater. American Public Health Association, 20th edition, Washington, 1150p.
- [3] Biram to Ngon E.B. 2014. Population structure of benthic macroinvertebrates in the Abouda stream, tributary of the Nga in Yaoundé. Master's thesis, University of Yaoundé 1, Cameroon, 62 p.
- [4] Colas F., Vigneron A., Felten V. & Devin S. 2014. The contribution of a niche-based approach to ecological risk assessment: Using macroinvertebrate species under multiple stressors. *Environmental Pollution*, 185: 24-34.
- [5] Devidal S., Richard S. C., Pouet M. F. & Thomas O. 2007. Curative solutions for the restoration of lakes showing signs of eutrophication. Internal report, Observatoire de l'Environnement et du Développement Durable, Université de Sherbrooke, Québec. With Wadi Fez. *Larhyss Journal*, 8: 101-112.
- [6] Durand J. R. & Lévêque C. 1991. Aquatic flora and fauna of Sahelo-Sudanian Africa. Tome II. Edition ORSTOM, Paris, 517 p.
- [7] Dzavi J. 2014. Etude de la communauté des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Konglo, affluent du Nyong à Mbalmayo. Master's thesis, University of Yaoundé 1, Cameroon, 49 p.
- [8] Foto M.S. 2012. Ecological research on the Mfoundi (Yaoundé) river system: biotyping essay. PhD thesis, University of Yaoundé I, Cameroon, 220 p.
- [9] Foto M.S., Mboye, B.R., Mbega, J.D. & Ajeegah, G. A. 2017. Ecological health of some streams in the Mabounié River Basin in Gabon: A typology test by Physicochemical and Hydromorphological Variables. *European Journal of Scientific Research* 148(1), 93-105.
- [10] Foto M. S., Tchakonté S., Ajeegah G. A., Zébazé T. S. H., Bilong Bilong C. F., & Njiné T. 2013. Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (cameroon). *International Journal of Biotechnology* 2(5), 91-104.
- [11] Friedrich G., Chapman D. & Beim A. 2001. The use of biological material. In D. Chapman, water quality assessment: a guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring, edition Chapman and Hall, 238 p.
- [12] Goaziou Y. 2004. Methods for assessing the biotic integrity of the aquatic environment based on benthic macroinvertebrates. Rapport de stage - Environnement Québec, Direction de suivi de l'état de l'environnement, 49 p.
- [13] Leclercq L. 2001. Interest and limits of water quality estimation methods. Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgium, 44 p.
- [14] Mbohoun N. Z. 2014. Diversity of benthic macroinvertebrates in the Djobo stream, tributary of the Nyong at Mbankomo. Master's thesis, University of Yaoundé I, Cameroon, 64 p.
- [15] Moanono P., Boudem T., Tuekam K., Nanfack D., Kuedeum K., Françoise D. & Zébazé T.S.H 2021. Biodiversity of the malacological fauna of some mangroves of the Cameroonian Littoral : Influence of abiotic Factors, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2021; 9(4): 41-48.
- [16] Moisan J. 2010. Guide to the identification of the main freshwater benthic macroinvertebrates in Quebec, voluntary monitoring of shallow streams. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 82 p.
- [17] Ngandjui T. H. 2022. Distribution of macroinvertebrates in the waters of the autonomous port of Kribi: Importance of abiotic variables.
- [18] Njiné T. 2013. Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (cameroon). *International Journal of Biotechnology* 2(5), 91-104.
- [19] WHO (World Health Organization). 2015. Guidelines for drinking water quality. World Health Organization, (4rd edition) Recommendations, Geneva, 56 p.
- [20] OSM (Open Street Map). 2022. Map of the study area and location of sampling stations.
- [21] Porse E. 2013. Strom water Governance and Future Cilies. *Water*, 5: 29-52.

- [22] Rodier J., Legube B., Marlet N. & Brunet R. 2009. *L'analyse de l'eau*. 9th edition, Dunod, Paris, France, 1579 p.
- [23] Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2010. *Freshwater invertebrates: systematics, biology and ecology*. Paris, 588p
- [24] Tchakonté S., Ajeegah G. A, Diomandé D., Camara A. I., Konan Koffi M. & Ngassam P. 2014. Impact of antropogenic activities on water quality and freshwater shrimp's diversity and distribution in five river in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 183-196.
- [25] Tchakonté S. 2016. Diversity and structure of benthic macroinvertebrate populations in urban and peri-urban streams of Douala (Cameroon). PhD/Ph.D thesis, University of Yaoundé I, 179 p.
- [26] Theuerkauff D. 2018. Effects of domestic wastewater discharges on the physiology and ecology of mangrove crabs (Sesamidae and Ocypodidae). PhD/Ph.D thesis, University of Montpellier 2018, 274.
- [27] UNEP. 2010. *Africa Water Atlas*. Division of Early Warning and Assessment (DEWA). United Nations Environment Program (UNEP), 300p.
- [28] Wada Y. & Vasah. 2016. Global depletion of groundwater resources. *Nature of climate change*, 3:322-329.
- [29] Yogback G. 2021. Biodiversity of Decapod Crustaceans in the Nyong River and its tributaries: abiotic aspect, growth and some elements of reproduction. Doctoral thesis/Ph.D., Faculty of Sciences, University of Yaoundé I. 218 p.
- [30] Zébazé T. S. H. 2008. Eutrophication and structure of zooplanktonic populations of the Municipal Lake of Yaoundé. Doctoral thesis, University of Yaoundé I, Cameroon, 200 p.