

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

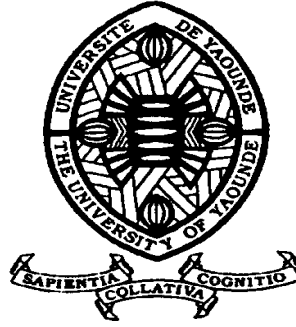
FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET

PHYSIOLOGIE ANIMALES

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE

ET ENVIRONNEMENT



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT OF ANIMAL

BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATORY OF
HYDROBIOLOGY AND
ENVIRONMENT

**Étude bioécologique des Dictyoptères
semi-aquatiques dans le bassin versant de
la Mefou (Région du Centre, Cameroun)**

THÈSE

Soutenue publiquement en vue de l'obtention du
Doctorat/ Ph.D en Biologie des Organismes Animaux

Par : **BIRAM à NGON Eric Belmont**

Master ès-Sciences

Sous la direction de

Pr. FOTO MENBOHAN Samuel

Professor, University of Yaounde I

Année Académique : 2019





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 **Biram à Ngon Eric Belmont**, matricule 07Q136, soutenance autorisée par la correspondance N° 191758/UY1/VREPDTIC/DAAC/DEPE/SPD/CB-nsr du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 26 juillet 2019, attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation faite le 30 juillet 2019, ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

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

Yaoundé, le 10 9 MAR 2020

Président du Jury


A. FONENA

Examineurs



C. Djéba



Chef de Département




Charles Félix
Bilong Bilong
Professeur

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

I. LISTE PROTOCOLAIRE DES ENSEIGNANTS

ANNÉE ACADEMIQUE 2019/2020

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 15 Janvier 2020

ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maître de Conférences*

VICE-DOYEN / DPSAA : DONGO Etienne, *Professeur*

VICE-DOYEN / DSSE : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

VICE-DOYEN / DRC : ABOSSOLO Monique, *Maître de Conférences*

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Marie C. F., *Maître de Conférences*

Chef Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche DAASR : MBAZE MEVA'A Luc Léonard, *Professeur*.

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (37)			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BIGOGA DIAGA Jude	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	FOKOU Elie	Professeur	En poste
4	KANSCI Germain	Professeur	En poste
5	MBACHAM FON Wilfried	Professeur	En poste
6	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
7	NINTCHOM PENLAP V. épouse BENG	Professeur	En poste
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara Mma	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE M. C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE NGOUNOU Marcelline	Maître de Conférences	En poste
15	EFFA NNOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
16	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
17	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
18	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
19	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
20	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	IP Service MINESUP
21	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
22	AKINDEH MBUH NJI	Chargée de Cours	En poste
23	BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie	Chargée de Cours	En poste
24	DAKOLE DABOY Charles	Chargée de Cours	En poste
25	DJOKAM TAMO Rosine	Chargée de Cours	En poste
26	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
27	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
28	EWANE Cécile Anne	Chargée de Cours	En poste
29	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste

30	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
31	KOTUE KAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
32	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
33	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
34	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
35	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
36	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
37	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistante	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (43)			
1	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
2	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>VDoyen/FMSB/UII</i>
6	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
7	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
8	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
9	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
10	NOLA Moïse	Professeur	En poste
11	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
12	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>INSPECTEUR DE SERVICE COORD.PROGR./MINSANTE</i>
13	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	<i>En poste</i>
14	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
15	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
16	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Maître de Conférences	En poste
17	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18	KEKEUNOU Sévilor	Maître de Conférences	En poste
19	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
20	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
21	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
22	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
23	ALENE Désirée Chantal	Chargée de Cours	En poste
26	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
27	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
28	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
29	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
30	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
31	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
32	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Chargé de Cours	En poste
33	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
34	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
35	MOUNGANG Luciane Marlyse	Chargée de Cours	En poste
36	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
37	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
38	NGUEMBOK	Chargé de Cours	En poste
39	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	Chef Div. UBA
40	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
41	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
42	YEDE	Chargé de Cours	En poste
43	KOGA MANG DOBARA	Assistant	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (25)			
1	AMBANG Zachée	Professeur	Chef Division/UYII
2	BELL Joseph Martin	Professeur	En poste
3	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
6	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
10	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	CT/ MINESUP
12	MBOLO Marie	Maître de Conférences	En poste
13	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	CE / MINRESI
14	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	En poste
15	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
18	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
19	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
21	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
22	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
23	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
24	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
25	ONANA JEAN MICHEL	Chargé de Cours	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (32)			
1	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Vice Recteur Univ ,Bamenda</i>
2	ELIMBI Antoine	Professeur	En poste
3	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
4	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Miss.PR</i>
5	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
6	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI/Chef de Département</i>
7	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
7	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
8	NENWA Justin	Professeur	En poste
9	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS UDs</i>
10	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	<i>Chargée Mission P.R.</i>
11	DJOUFAC WOUFMO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
12	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
13	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
14	KONG SAKEO	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
15	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
17	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
18	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste

19	YOUNANG Elie	Maître de Conférences	En poste
20	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
21	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	CS/ ENS Bertoua
22	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
23	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste
24	KENNE DEDZO GUSTAVE	Chargé de Cours	En poste
25	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
26	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
27	MBEY Jean Aime	Chargé de Cours	En poste
28	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
29	NEBA nee NDOSIRI Bridget NDOYE	Chargée de Cours	CT/ MINFEM
30	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargée de Cours	En poste
31	PABOUDAM GBAMBIE A.	Chargée de Cours	En poste
32	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (32)			
1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen / PSAA
2	GHOUMU TIH Robert Ralph	Professeur	Dir. IBAF/UDA
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	En poste
4	NKENGFACK Augustin Ephreïm	Professeur	Chef de Département
5	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
6	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP</i>
7	WANDJI Jean	Professeur	En poste
8	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>DEPE/ Rectorat/UYI</i>
9	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Chef Service DPER</i>
10	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
11	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
15	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
16	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	C S /MINESUP
18	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	S/Direct. MINERESI
19	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	En poste
19	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
20	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
21	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
22	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
23	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
24	AMBASSA Pantaléon	Chargé de Cours	En poste
25	KAMTO Eutrophe Le Doux	Chargé de Cours	En poste
26	MVOT AKAK CARINE	Chargé de Cours	En poste
27	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
27	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
30	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
31	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
32	ZONDENDEGOUMBA Ernestine	Chargée de Cours	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (25)			
1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div. MINESUP</i>

2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA.MINESUP</i>
3	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4	AMINOU Halidou	Chargé de Cours	En poste
5	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
6	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
7	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
8	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
9	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
11	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	En poste
12	KAMGUEU Patrick Olivier	Chargé de Cours	En poste
13	MONTHÉ DJIADEU Valéry M.	Chargé de Cours	En poste
14	OLLE OLLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	C/D Enset. Ebolowa
15	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
16	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
17	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste
18	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
19	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Assistant	En poste
20	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
21	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
22	KAMDEM KENGNE Christiane	Assistante	En poste
23	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	En poste
24	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistante	En poste
25	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (26)			
1	EMVUDU WONO Yves S.	Professeur	<i>CD Info/ Chef division MINESUP</i>
2	AYISSI Raoult Domingo	Maître de Conférences	Chef de Département
3	NKUIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
4	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	En poste
5	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Dir/AIMS Rwanda
7	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	C Cel MINPLAMAT
8	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
9	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
10	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
11	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
12	KIANPI Maurice	Chargé de Cours	En poste
13	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
14	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
15	MBANG Joseph	Chargé de Cours	En poste
16	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Chargé de Cours	En poste
17	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
18	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
19	NIMPA PEFOUNKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
20	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
21	TAKAM SOH Patrice	Chargé de Cours	En poste
22	TCHANGANG Roger Duclos	Chargé de Cours	En poste
23	TCHOUNDJA Edgar Landry	Chargé de Cours	En poste
24	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargée de Cours	En poste
25	TIAYA TSAGUE N. Anne-Marie	Chargée de Cours	En poste

26	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
----	------------------------	-----------	----------

+ Enseignants en cours de recrutement

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (12)			
1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	DRV/IMPM
2	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
3	NWAGA Dieudonné M.	Maître de Conférences	En poste
4	NYEGUE Maximilienne Ascension	Maître de Conférences	En poste
5	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
6	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
7	ASSAM ASSAM Jean Paul	Chargé de Cours	En poste
8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
10	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
11	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
12	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (40)			
1	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
3	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	En poste
4	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
5	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
6	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
7	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	<i>S Dir/ MINRESI</i>
8	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
9	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen Univ/Bda
10	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
11	WOAFO Paul	Professeur	En poste
12	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	DG/HYDRO Mekin
13	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Maître de Conférences	En poste
15	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Maître de Conférences	<i>Chef Division. UN</i>
16	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
17	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
18	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
19	MBANE BIOUELE César	Maître de Conférences	En poste
20	NANA NBENDJO Blaise	Maître de Conférences	En poste
21	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
22	SAIDOU	Maître de Conférences	MINERESI
23	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
24	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
25	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
26	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>S Dir/ MINESUP</i>
27	ZEKENG Serge Sylvain	Maître de Conférences	En poste
28	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
29	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
30	ENYEGUE A NYAM épse BELINGA	Chargée de Cours	En poste
31	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
32	MBINACK Clément	Chargé de Cours	En poste
33	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Chargé de Cours	En poste
34	MELI'I Joelle Larissa	Chargée de Cours	<i>En poste</i>
35	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	<i>En poste</i>

38	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	DA/Univ Inter Etat/Sangmalima
39	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	En poste
40	CHAMANI Roméo	Assistant	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (41)			
1	BITOM Dieudonné	Professeur	<i>Doyen / FASA / Uds</i>
2	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3	KAMGANG Pierre	Professeur	En poste
4	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	Chef de Département
5	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
6	NGOS III Simon	Professeur	DAAC/Uma
7	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
9	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
10	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	CD/Uma
11	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/ MINIMDT</i>
12	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
13	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
14	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	En poste
15	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
16	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
17	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
18	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
19	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
20	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
21	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
22	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
23	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
24	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
25	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
26	ESSONO Jean	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
27	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
28	FUH Calistus Gentry	Chargé de Cours	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
29	LAMILLEN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
30	MBESSE CECILE OLIVE	Chargée de Cours	En poste
31	MBIDA YEM	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
32	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	<i>CD/Uma</i>
34	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargée de Cours	En poste
36	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38	TCHAKOUNTE J. épouse NOUMBEM	Chargée de Cours	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
39	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
40	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
41	TEMGA Jean Pierre	Chargé de Cours	En poste

+ Enseignants en cours de recrutement

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	8 (01)	13 (08)	15 (09)	1 (01)	37 (19)
BPA	12(01)	10 (06)	19 (06)	1 (0)	43 (13)
BPV	6 (0)	10(06)	9 (02)	0(02)	25 (4)
CI	9(1)	10(1)	13 (3)	0 (0)	32 (5)
CO	7 (0)	16 (4)	9 (3)	0 (0)	32(7)
IN	2 (0)	1 (0)	14 (0)	8 (2)	25 (2)
MAT	1 (0)	5 (0)	19 (3)	1 (0)	26 (2)
MIB	1 (0)	5 (1)	6 (1)	0 (0)	12 (2)
PHY	11 (0)	16(2)	12 (3)	1 (0)	20 (4)
ST	8 (1)	14 (1)	19 (4)	0 (0)	41(7)
Total	75 (4)	100 (25)	135 (34)	12(3)	313 (66)

Soit un total de 313 (66) dont :

- **Professeurs 75 (4)**
- **Maîtres de Conférences 84 (25)**
- **Chargés de Cours 117 (34)**
- **Assistants 12 (3)**

()= Nombre de Femmes

Dédicace

A ma tendre maman **NSSANG à TOROCK Lydie** et mon adorable papa **NGON à NLENGHEN André**, pour les conseils et les efforts consentis pour mon éducation .

Remerciements

Je rends Grâce à Dieu le créateur, qui m'a guidé, gardé et donné toutes les ressources nécessaires pour accomplir cette œuvre. A lui seul soit la gloire.

La réalisation de ce travail est le fruit de la mutualisation d'efforts physiques, matériels, financiers et moraux de personnes à qui j'ai l'honneur et le privilège de témoigner ma gratitude.

Au terme de ce travail de thèse, c'est avec un cœur rempli de joie et de gratitude que je dis merci à mon directeur, Professeur **FOTO MENBOHAN Samuel**. Son dévouement au travail, sa discipline, sa simplicité et l'immense confiance manifestés à ma personne ont été inestimables. "*Expert*", je garderais à jamais dans mon esprit ces moments passés en forêt sous une pluie battante, ces rentrées tardives attendant la fin d'une mue, ces photos réalisées par ses soins. Merci Professeur pour cette grande marque d'attention qui a facilité mon intégration dans le monde de la recherche.

Qu'il me soit permis de remercier les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I pour la formation, les conseils et les encouragements reçus durant tout mon parcours académique

J'exprime une profonde reconnaissance à l'endroit des Professeurs **ZÉBAZÉ TOGOUET Serge Hubert** et **KEKEUNOU Sévilor** pour tous les appuis matériels et moraux dont j'ai bénéficié durant ce travail.

J'ai une pensée particulière pour les Docteurs **NKENGAZONG Lucia**, **NDJAMA Joséphine**, **BESSONG Moïse**, **BELLET ÉDIMO Oscar Roger**, **ENEKE EYONG Gloria**, **NOAH ÉWOTI Vivien**, **TCHAKONTÉ Siméon**, **TUÉKAM KAYO Raoul Polycarpe** pour les conseils et les encouragements durant la réalisation de ce travail.

Qu'il me soit permis de dire merci à tous les membres de l'équipe de recherche sur les "**macroinvertébrés benthiques**" dont le dynamisme et la simplicité, ont été des éléments qui ont facilité la réalisation de ce travail. Que cette thèse soit le signe de ma reconnaissance pour tous les efforts et sacrifices consentis pour sa réalisation.

Je suis très reconnaissant à toutes les personnes qui ont pris du temps pour me tenir compagnie pendant les campagnes d'échantillonnage sur le terrain. Je pense particulièrement à **MBOHOU NJOYA Zakari**, **DZAVI Jean**, **TCHOUAPI Ivone Laure** et **NGWOS NIOMOH Serges Roger**. Oui messieurs et dames, sans vous ce travail n'aurait pas connu son aboutissement. Je remercie nos différents moto-taximen qui malgré les caprices de la nature ont toujours bravé les obstacles pour nous conduire aux sites.

Je remercie tous les membres du Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement de l'Université de Yaoundé I, pour leur disponibilité lors des analyses physicochimiques.

J'ai une pensée et une reconnaissance particulière à monsieur **NYAME MBIA Donald L'OR** qui a été d'une aide inestimable lors des séances de dissections, la réalisation des dessins et le suivi des spécimens pendant la phase des élevages en microcosme.

Je dis merci à monsieur **MBOYE Blaise Rollinat** qui a toujours été à mes côtés durant les travaux et qui m'a beaucoup aidé durant les analyses statistiques.

Je ne peux omettre de remercier les personnes qui m'ont à chaque fois fait confiance dans leur structure comme employé. Je pense à monsieur **FANSEU Silvestre, KOUBOU Jean Pierre** et Madame **SEYI Elisabeth**.

Je pense à mes camarades de promotion et à tous les membres de l'Association de la Promotion Solidarité "**APS**" en préparation de mémoire de thèse, pour tous les moments conviviaux que nous avons passés ensemble et surtout à tout le soutien moral et financier pour les préparatifs de cette soutenance de thèse.

C'est un honneur pour moi de remercier tous les membres de ma famille, tout particulièrement mes grand-parents **TOROCK à NGWANG Isac, BEDIANG à BEBOUM, BONG à BIRAM Marie**, mes parents **YARA à NWATCHOK Emmanuel et OBAM ASSAKO Pierre**, mes oncles **NGNAM à TOROCK Bernard, ZANG à TOROCK Henri, NGNAM à KIBONG Ruben**, mes mamans **BEDIANG à KIBONG Daline, GUIMBANG à NLENGHEN Esther et NDOUNG Pauline**, mes frères **MBWANG à NGON Ives Rostand, NGNAM à NGON Bestsaler et NLENGHEN à NGON Arthur**, mes sœurs **IYACK à NGON Nathalie, NKAYIMI à NGON Florence, BEDIANG à NGON Hermine et BABANG Olive**, tous mes neveux et nièces qui m'ont toujours soutenu et dont j'ai voulu honorer.

Je tiens à dire merci à monsieur **MOUZONG Phillipe** qui m'a accompagné et conseillé depuis mon admission à l'Université et qui a gracieusement fait les impressions de ce manuscrit.

Je remercie tous mes amis qui m'ont accompagné durant la réalisation de ce travail à travers les aides multiformes et les prières.

J'exprime avec émotion et une grande affection ma reconnaissance à Madame **BOULA Elisabeth** pour son amitié inestimable et à nos enfants **BONG à BIRAM Marius, MVONDO Ange et NSANG à BIRAM Nicaise Lydie** qui ont été ma source d'inspiration. Ce travail ne nous a pas permis de passer beaucoup de temps ensemble, je leur promet d'être plus présent et de partager les grands moments ensemble.

Enfin j'adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE DES ENSEIGNANTS	I
DÉDICACE	IX
REMERCIEMENTS	X
SOMMAIRE	XII
LISTE DES FIGURES	XIV
LISTE DES TABLEAUX	XVI
RÉSUMÉ	XVIII
ABSTRACT	XX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTÉRATURE	4
I. 1. Généralités sur les écosystèmes aquatiques	6
I.1.1. Milieux lotiques	6
I.1.2. Activités anthropiques altérant les milieux lotiques	6
I.2. Evaluation de la pollution des cours d'eau	7
I.2.1. Evaluation de la qualité des eaux par les sédiments	7
I.2.2. Evaluation de la qualité de l'eau par l'analyse des paramètres physiques et chimiques	10
I.3. Macroinvertébrés benthiques : Ecologie et fonctions trophiques	12
I.4. Généralités sur les insectes	13
I.4.1. Généralités sur les Dictyoptères.....	14
I.4.2. Position systématique des Dictyoptères.....	20
I.4.3. Morphologie des différents stades	20
I.4.4. Caractérisation de quelques Dictyoptères urbains	21
CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES	24
II.1. Cadre géographique.....	25
II.1.1. Période d'étude	28
II.1.2. Présentation des sous-bassins versants et localisation des stations	28
II.2. Méthodes d'étude	33
II.2.1. Mesure des paramètres hydromorphométriques, édaphiques et physicochimiques	33
II.2.2. Echantillonnage des macroinvertébrés benthiques	36
II.2.3. Dissection et réalisation des dessins	38
II.2.4. Biologie des Dictyoptères semi-aquatiques en microcosme.....	38
II.2.5. Analyse et présentation des résultats	38
CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION	42
III.1 RESULTATS	43

III.1.1. Variables abiotiques	43
III.1.2. Données biologiques	66
III.1.2.2. Description des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques récoltés.....	68
III.1.3. Facteurs écologiques et distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et autres macroinvertébrés benthiques.....	93
III.2. DISCUSSION	99
III.2.1. Caractérisation abiotiques	99
III.2.2. Taxon compagnes et Dictyoptères semi-aquatiques.....	103
III.2.3. Ecologie et distribution des Dictyoptères semi-aquatiques.....	106
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	110
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	111
ANNEXES.....	128
TIRÉ À PART DE LA PUBLICATION	131

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Morphologie de Dictyoptère terrestre.....	16
Figure 2 : Pièces buccales des Dictyoptères terrestre.....	18
Figure 3 : Ailes et patte de Dictyoptère terrestre	19
Figure 4 : Oothèque de Dictyoptère terrestre	21
Figure 5 : Quelques blattes terrestres	23
Figure 6 : Cartes des sous-bassin versants montrant les stations d'échantillonnage.....	27
Figure 7 . Diagramme ombrothermique présentant les variations mensuelles des valeurs de précipitations et de température enregistrées pendant la période 2016.....	28
Figure 8 : Vue partielle des stations d'échantillonnage du cours d'eau Abouda.	29
Figure 9 : Vue partielle des stations d'échantillonnage du cours d'eau Nkoumou.	31
Figure 10 : Vue partielle du cours d'eau Fam et ses stations d'échantillonnage.....	32
Figure 11 : Vue partielle de cours d'eau Nga et ses différentes stations d'échantillonnage.	33
Figure 12 : Variation de la température dans les cours d'eau pendant la période d'étude.....	46
Figure 13: Variation spatiale des teneurs en MES dans les cours d'eau durant la période d'étude.	47
Figure 14: Variation des valeurs de la turbidité dans les cours d'eau pendant la période d'étude.	48
Figure 15: Variation spatio-temporelle de la couleur pendant la période d'étude	49
Figure 16: Variation spatio-temporelle du taux de saturation en oxygène dissous dans les cours d'eau pendant la période d'étude.	50
Figure 17 : Variation de l'oxydabilité dans les différents cours d'eau.....	51
Figure 18 : Variation temporelle des teneurs en azote ammoniacal dans les cours d'eau pendant la période d'étude.	53
Figure 19 : Variations spatiales des teneurs en Nitrites dans les différents cours d'eau.....	54
Figure 20: Variation spatiale des teneurs en Nitrates dans les sous-bassins versants	55
Figure 21 : Variation des teneurs des eaux en orthophosphates dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude.	56
Figure 22: Variation des teneurs des eaux en CO ₂ dissous dans les différents cours d'eau.....	57
Figure 23: Variation des valeurs de pH dans les différents cours d'eau.	58
Figure 24 : Variation de l'alcalinité dans les différents cours d'eau.....	60
Figure 25: Variation spatiale de la conductivité électrique dans les différents cours d'eau	61
Figure 26: Variation des teneurs des eaux en TDS	62
Figure 27: Analyse factorielle des correspondances des stations montrant la distribution des variables hydrogéomorphométriques.....	63
Figure 28: Caractérisation physicochimique des stations.	64
Figure 29: Répartition des stations en fonction des similarités hydrologiques, physicochimiques et granulométriques.....	65

Figure 30: Caractérisations hydrologiques, granulométriques et physicochimiques des eaux.	66
Figure 31 : Larves de Dictyoptères semi-aquatiques.	67
Figure 32: Imago de Dictyoptère semi-aquatique.	68
Figure 33: Morphotype noir.	70
Figure 34: Imago mâle du morphotype marron.....	71
Figure 35: Imago du morphotype brun	72
Figure 36: Structure de l'antenne et de la patte de Dictyoptère semi-aquatiques.	73
Figure 37: Structure de l'aile de Dictyoptères semi-aquatiques.....	74
Figure 38: Pièces buccales des Dictyoptères semi-aquatiques.....	74
Figure 39: Structure de la Plaque supra-anale des Dictyoptères semi-aquatiques	75
Figure 40: Plaques sous génitales des Dictyoptères semi-aquatiques	75
Figure 41: structure du Phallomère droit des Dictyoptères semi-aquatiques	76
Figure 42: Structure du Phallomère gauche des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques. .	76
Figure 43: Structure du Sclérite médiant des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques	77
Figure 44: Abondance totale des morphotypes dans les différentes stations.	78
Figure 45: Abondance totale des morphotypes pendant la période d'étude.....	80
Figure 46:Fourrage sur les feuilles et sur les fruits mûrs	81
Figure 47: Oothèques des morphotypes marron et noir	82
Figure 48 : Ethogramme du comportement sexuel chez les Dictyoptères semi-aquatiques.....	85
Figure 49: Abondances absolues des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques dans les stations pendant la période d'étude.	87
Figure 50: Répartition des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans le cours d'eau Abouda	89
Figure 51: Distribution des Dictyoptères semi-aquatique et leurs espèces compagnes dans le cours d'eau Fam.....	90
Figure 52: Distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans le cours d'eau Nkoumou.....	91
Figure 53: Distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et espèces compagnes dans le cours d'eau Nga	92
Figure 54: Cycle de développement des Dictyoptères semi-aquatiques	93
Figure 55: Relations écologiques entre Dictyoptères semi-aquatique et autres macroinvertébrés benthiques	94
Figure 56 : Variation de l'indice de diversité de Shannon- Weaver, de l'équitabilité de Piélou et de la similarité de Simpson	96
Figure 57: Analyse Factorielle Discriminante montrant les groupes discriminants les cours d'eau et les paramètres abiotiques et biotiques.....	98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Echelle granulométrique	9
Tableau 2: Coordonnées géographiques et quelques caractéristiques des points d'échantillonnage retenues dans les quatre sous-bassins versants.	26
Tableau 3: Limites des classes de l'IPO	41
Tableau 4: Quelques variables hydrologiques mesurées pendant la période d'étude.	43
Tableau 5: Données granulométriques des stations	44
Tableau 6 : Caractéristiques granulométrique et sédimentométrique des stations.	45
Tableau 7: Durées approximatives des différentes phases de développement des Dictyoptères semi-aquatiques.	93
Tableau 8: Valeurs du coefficient de corrélation tétrachorique obtenues entre les Dictyoptères demi-aquatiques et les familles compagnes	95
Tableau 9: Récapitulatif des valeurs de l'indice de pollution organique.	97

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

Ab	: Abouda
ACH	: Analyse de Classifications Hiérarchique
ACP	: Analyse en Composantes Principale
AE	: Agence de l'Eau
AFD	: Analyse Factorielle Discriminante
APHA	: <i>American Public Health Association</i>
CEAEQ	: Centre d'Expertise en Analyses Environnementales du Québec
Gf	: Gravier fin
GPS	: <i>Global Positionning System</i>
Gr	: Gravier
INRA	: Institut National de Recherches Agricole
INC	: Institut National de Cartographie
IPO	: Indice de Pollution Organique
IRGM	: Institut de Recherches Géologiques et Minières
TDS	: <i>Totals Dissolve Solids</i>
LTM	: Laboratoire de Traitement des Minerais
MES	: Matières En Suspension
NKou	: Nkougou
Ng	: Nga
NTU	: <i>Nephrolometric Turbidity Unit</i>
PCV	: Polychlorure de Vinyle
Pt-Co	: Platinium Cobalt
Sf	: Sable fin
Sg	: Sable gravier
UC	: Unité Conventiionelle

RÉSUMÉ

L'eau qui est un habitat, un aliment, un moyen de production, de transport et de biens, est aussi à la base de la vie. Cet écosystème aquatique est un milieu structuré dans lequel se produisent des échanges de matière et d'énergie dû aux interactions écologiques qui s'établissent entre les organismes vivants et leur environnement. De plus, il héberge une faune et une flore qui renseignent sur sa qualité et les différents phénomènes qui s'y produisent.

Ainsi, la structure des communautés de macroinvertébrés benthiques constitue l'assemblage biologique le plus utilisé pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques. Cependant, cette bio-évaluation présente de nombreuses insuffisances dans le contexte camerounais où plusieurs groupes d'organismes, bien que présents, ne sont pas intégrés à la grille d'évaluation de la qualité des eaux : c'est le cas des Dictyoptères semi-aquatiques qui colonisent de nombreux hydrosystèmes forestiers, pourtant peu documentés.

Dans le but de contribuer à l'élaboration des outils biologiques devant permettre l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes camerounais, une étude descriptive, écologique et biologique des Dictyoptères semi-aquatiques de quelques cours d'eau forestiers du bassin versant de la Mefou a été menée. Cette étude a été effectuée de janvier 2016 à janvier 2017. Les analyses hydromorphologiques, granulométriques et physicochimiques ont été réalisées suivant les méthodes classiques. 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 résultats des analyses hydromorphologiques 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 turbidité, la conductivité électrique, les matières en suspension, la couleur, le taux d'oxygène dissous, l'azote ammoniacal, les ions nitrates et nitrites, les orthophosphates et le pH sont dans la gamme des eaux de bonne qualité. Cette observation est en accord avec l'Indice de Pollution Organique (IPO) qui indique un niveau de pollution relativement faible dans l'ensemble des sous-bassins versants.

Un total de 143 échantillons a été obtenu pour un effectif de 9647 individus dont 2002 Dictyoptères semi-aquatiques. L'observation des larves a permis de mettre en évidence la présence des soies natatoires sur la face interne des pattes et de deux rangées de stigmates respiratoires à la base de chaque segment abdominal, éléments indispensables à la vie aquatique. La dissection des plaques sous génitales des mâles a permis de mettre en évidence

les variations structurelles des organes génitaux. Ainsi, trois morphotypes ont été décrits. Le morphotype "noir" se caractérise par une coloration noire, une plaque sous génitale asymétrique pourvue d'un seul style, un phallomère droit de grande taille muni d'un prépuce court et émoussé, son sclérite médian est filiforme et son phallomère gauche spiralé. Le morphotype "marron" a une coloration marronne, une plaque sous génitale symétrique munie de deux styles courts et épais, un phallomère droit de grande taille, muni d'un prépuce allongé et pointu, un sclérite médian filiforme et un phallomère gauche spiralé. Chez le morphotype "brun", la plaque sous génitale est asymétrique et porte un style. Son phallomère droit est de petite taille et porte un prépuce court, son sclérite médian est légèrement incurvé et son phallomère gauche spiralé.

Du point de vue fonctionnel, les Dictyoptères semi-aquatiques et les autres macroinvertébrés benthiques sympatriques à l'instar des Perlidae, des Ephemeridae, des Hydropsychidae et des Ephemerellidae présentent des affinités similaires et affectionnent les cours d'eau ayant de fortes teneurs en oxygène dissous et un substrat de fond grossier. Les analyses physicochimiques et biologiques montrent que les cours d'eau prospectés sont de bonne qualité écologique et hébergent une faune diversifiée de Dictyoptères semi-aquatiques dont la cohabitation harmonieuse avec les macroinvertébrés bioindicateurs de la bonne qualité des eaux permettrait de construire des modèles biologiques pouvant être utilisés dans l'évaluation de l'état de santé des cours d'eau forestiers camerounais.

Mots clés : Dictyoptères semi-aquatiques, qualité physicochimique, bio-écologie, bioindicateur, Cameroun.

ABSTRACT

Water is a habitat, a nutrient, a means of production, transport of goods and is the basis of life. Aquatic ecosystem are well structured milieu which matter and energy exchanges occur due to the ecological interactions that are established between living organisms and their environment. Furthermore, they harbour a fauna and flora that provide information on its quality and the various phenomena that occur there. Therefore, the community structure of benthic macroinvertebrate communities is the most widely used biological group for assessing the overall health status of aquatic ecosystems. Nevertheless, this bio evaluation has many shortcomings in the Cameroonian context where several groups of living organisms even though present, are not included in the water quality assessment scale. This is the case of semi-aquatic Dictyoptera which colonise several forest hydro systems, although poorly documented.

In order to contribute to the elaboration of biological tools enabling the evaluation of the ecological health status of Cameroonians hydrosystems, a descriptive, ecological and biological study of the semi aquatic Dictyoptera of few forest watercourses in the watershed of Cameroon. Mefou was conducted. This study was carried out from January 2016 to January 2017. Hydro morphological, granulometric and physicochemical analysis were performed according to conventional methods. Sampling of benthic macroinvertebrates was done by the multihabitat approach using a square shaped flask with a mesh size of 400 μm mesh.

The results of the hydro morphological and granulometric analysis present variations in the sedimentary composition and structure, indicating the heterogeneous distribution of the substrate. The physicochemical quality of the water reveals that turbidity, electrical conductivity, suspended solids, colour, dissolved oxygen, ammonia nitrogen, nitrate and nitrite ions, orthophosphate and pH are in the range of good quality waters. This observation is in agreement with the Organic Pollution Index (IPO), which indicates a level of pollution that varies from low to none in all sub-watersheds.

A total of 143 samples were obtained for a total of 9647 individuals amongst which 2002 dictyopterans. The observation of the larvae enable us to show the presence of swimming bristles on the internal surface of the legs and two rows of respiratory stigmata at the base of each abdominal segment which is an indispensable element for aquatic life. The dissection of the sub-genital plaques of the males revealed the structural variations of the genitals. Three morphotypes have been described. The "black" morphotype is characterized by a black coloration, an asymmetrical sub genital plate bearing a single style, a large right phallomere with a short, blunt prepuce, a median scleritis and a spiral left phallomere. The

morphotype "brown" has a maroon colour, a genital symmetrical plate with two short and thick styles, a large right phallomere, with an elongated and pointed foreskin, a medial filiform scleritis and a spiral left phallomere. In the morphotype "brown", the plate under the genital is asymmetrical and carries a style. Its right phallomere is small and carries a short foreskin, its median scleritis is slightly curved and its left phallomere spiral.

Functionally, the dictyopterans and the other sympatric benthic macroinvertebrates such as Perlidae, Ephemeridae, Hydropsychidae and Ephemerellidae present similar affinities and prefer watercourse with high levels of dissolved oxygen and a substrate large in size. Physicochemical and biological analysis show that the watercourses prospected are of good ecological quality and harbour a diversified dictyopteran fauna whose harmonious cohabitation with the macroinvertebrates indicators of good water quality will enable the construction of biological models of being use in the evaluation of the state of health of forest watercourse in Cameroon.

Key words: Dictyoptera, physicochemical quality, bioecology, benthic macroinvertebrates, Mefou, Cameroon.



INTRODUCTION

Les rencontres internationales des Chefs d'Etats et de Gouvernements sur l'environnement et plus particulièrement sur l'eau, initiées depuis les sommets de Rio en 1992, et Johannesburg en 2002, en passant par les forums mondiaux de l'eau de Marakech en 1997, du Haye en 2000, de Kyoto en 2003, de Mexico en 2006, de Istanbul en 2009, à Marseille en 2012, et récemment celui de Marakech de 2017, témoignent du rôle prépondérant que joue l'eau dans le développement des sociétés humaines. Qu'elle soit considérée comme matière ou milieu, l'eau est un élément indispensable au développement de toute forme de vie sur terre, car elle conditionne la santé des hommes et des écosystèmes en plus de son rôle fondamental dans le développement des pays ; elle est aussi bien utilisée à des fins physiologiques, agricoles, industrielles et énergétiques (Neveu *et al.*, 2001). Du fait de la présence de l'eau sous toutes ses formes, la terre est la seule planète où la vie est possible. Cependant, sur les 13600 millions de Km³ d'eau qui couvrent notre planète, seulement 0,014% constitue de l'eau douce disponible sous forme d'eau de surface (Moudallal, 1997), le reste de l'eau étant soit salé, soit logé dans des réserves souterraines inaccessibles, ou gelé dans les calottes polaires (Globe suisse, 2006). La quantité d'eau douce mobilisable pour satisfaire les besoins de l'humanité apparaît ainsi insuffisante (Wheal, 1991) et contraint de ce fait les populations à faire recours aux eaux de qualité douteuse, les exposant aux maladies hydriques. Cette exposition peut en effet être liée entre autres à la dégradation des réserves, aux difficultés d'accès à l'eau potable et les multiples pénuries auxquelles l'humanité est exposée et peuvent constituer un véritable risque pour la santé humaine (Foto Menbohan *et al.*, 2013 ; Tchakonté *et al.*, 2014).

Considérée comme un écosystème ayant des fonctions multiples, la forêt est une excellente réserve de la biodiversité parce qu'elle contient de nombreuses espèces animales et végétales qu'il convient de protéger (Dajoz, 2000), et cette conservation de la biodiversité passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore. De nos jours, la préservation et la gestion des hydrosystèmes apparaissent être une préoccupation et un défi majeur pour le maintien de la vie sur terre, et peut expliquer la crainte que l'eau douce ne devienne une denrée pécuniaire rare, source de conflits pouvant engendrer des guerres.

Qu'ils soient marins, saumâtres ou douces, superficielles ou souterraines, les hydrosystèmes aquatiques sont des milieux de vie colonisés par de nombreux êtres vivants où l'organisation des communautés biologiques est très étroitement liée aux variables abiotiques, dont les facteurs naturels et anthropiques.

En effet la biodiversité, moteur majeur du fonctionnement des écosystèmes (Hooper *et al.*, 2005), reste encore de nos jours très mal connue en zone tropicale et on estime à 70% le taux d'organismes aquatiques non répertoriés (Point, 1999). De plus, dans certaines régions du

monde, en particulier sous les latitudes tropicales, quelques groupes taxonomiques dont les invertébrés et les microorganismes (Covich *et al.*, 1999), sont moins explorés et leur richesse spécifique largement sous-estimée. Il est connu que chaque espèce participe aux processus liés aux flux de matières et d'énergie et contribue au bon fonctionnement des écosystèmes (Qazi et Ashok, 2012) ; d'où la nécessité d'accorder une attention particulière à la connaissance des groupes biologiques qui peuvent permettre de caractériser les habitats qu'ils colonisent. Cependant, la surveillance de la qualité de l'eau basée exclusivement sur les mesures de concentrations des polluants ne permet plus de tirer des conclusions précises sur la santé de l'écosystème (Moisan, 2010), car les analyses physicochimiques ne donnent qu'un état ponctuel de la qualité de l'eau. De même, elles ne renseignent pas sur la qualité de l'habitat et n'évaluent pas l'effet des polluants non mesurés ou présents à des seuils inférieurs aux limites de détection des méthodes analytiques. De plus, les analyses physicochimiques n'intègrent pas les effets synergiques, additifs ou antagonistes des différents polluants sur les organismes vivants et la surveillance biologique s'avère être l'outil principal pour évaluer la santé des milieux aquatiques (Porchet *et al.*, 2010 ; Schuwirth et Reichert, 2012).

Les organismes aquatiques, par leur diversité de formes taxonomiques et fonctionnelles, leur cycle de vie varié et leur large distribution dans les eaux courantes, constituent d'excellents bioindicateurs de l'état de santé des hydrosystèmes (Friedrich *et al.*, 1992). Moisan (2010) souligne que les macroinvertébrés benthiques forment l'assemblage biologique le plus indiqué, parce qu'ils sont très diversifiés, constituent une partie très importante de la faune des écosystèmes lotiques et servent de nourriture à bon nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Foto Menbohan, 2012; Xu *et al.*, 2013 ; Tournon, 2014). De plus, ils sont composés d'organismes sédentaires qui présentent des sensibilités variables aux différents stress environnementaux (Colas *et al.*, 2014). Ces organismes effectuent une partie ou la totalité de leur cycle de vie en milieu aquatique (Tachet *et al.*, 2010), et apparaissent comme des témoins des perturbations de leur milieu de vie. Ces macroinvertébrés benthiques, présents à différents niveaux du réseau trophique, sont relativement faciles à échantillonner, à conserver, et leur prélèvement a peu d'effets sur le biote résident (Moisan et Pelletier, 2008). Parmi ces organismes, les Dictyoptères semi-aquatiques constituent un groupe d'organismes que l'on rencontre dans certains cours d'eau forestiers faiblement anthropisés.

En Afrique, la diversité des Dictyoptères semi-aquatiques reste encore mal connue et loin d'être complète malgré les travaux entrepris (Chopard, 1929 et 1943; Habes, 2006 ; Habbachi, 2013 ; Tine, 2013 ; Cherairia, 2004, Masna *et al.*, 2014 ; et Azoui *et al.*, 2016) sur les formes terrestres, le groupe aquatique n'ayant même pas été abordé. Il apparaît donc qu'aucune donnée

bioécologique des Dictyoptères semi-aquatiques n'est disponible, malgré les études entreprises dans la connaissance et la documentation de la biodiversité aquatique.

Ce travail est donc une contribution à la connaissance des Dictyoptères des milieux aquatiques forestiers, en essayant toutefois d'évaluer leur biodiversité et les facteurs écologiques qui influencent leur distribution.

L'objectif principal de ce travail est de faire l'étude bioécologique de Dictyoptères de certains cours d'eau forestiers du Cameroun, tout en décrivant les différents morphotypes récoltés.

Les objectifs spécifiques assignés à ce travail sont:

- déterminer les paramètres hydrologiques, granulométriques et physicochimiques des eaux de quelques cours d'eau forestiers du bassin versant de la Mefou;
- décrire les différents morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques récoltés;
- établir les associations entre ces Dictyoptères semi-aquatique et les autres macroinvertébrés benthiques.

La présente étude s'articule autour de trois chapitres dont le premier est consacré à la revue de la littérature. Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés et le troisième présente les résultats et de la discussion qui en découle, viennent ensuite une conclusion, des recommandations et des perspectives .



CHAPITRE I
REVUE DE LA LITTÉRATURE

I. 1. Généralités sur les écosystèmes aquatiques

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 lenticques (eaux stagnantes) et lotiques (eaux courantes). Les écosystèmes aquatiques sont des ensembles environnementaux structurés dans lesquels se produisent des échanges de matière et d'énergie dûs 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.

I.1.1. Milieux lotiques

Les eaux courantes représentent une infime partie des réserves en eau douce, mais leur taux de renouvellement est élevé (Tachet *et al.*, 2006). Elles se caractérisent par un débit et une vitesse d'écoulement des eaux variant avec la pente et la nature du substrat. Dans les cours d'eau, la granulométrie des particules solides varie des rochers (taille > 1024 mm) aux argiles (taille < 0,0039 mm) (Malavoi et Souchon, 2002). En effet, ces milieux 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). D'après Angelier (2003), la structuration longitudinale d'une rivière est constituée d'une alternance de seuils (avec des courants assez vifs, une profondeur relativement faible et une granulométrie grossière) et de mouilles qui sont des zones de sédimentation. Selon Vannote *et al.* (1980), il existe également une structure trophique dans les cours d'eau régis par le concept de continuum fluvial. Les écosystèmes lotiques forment des milieux ouverts étroitement liés aux écosystèmes terrestres environnants qui renferment une faune et une flore riches et diversifiées.

I.1.2. Activités anthropiques altérant les milieux lotiques

La pollution des milieux aquatiques ne se réfère pas à la pureté des eaux, ni même à leurs aptitudes aux différents usages, mais plutôt aux modifications de leurs caractéristiques dues aux actions humaines (Meyer *et al.*, 2005). Ainsi un cours d'eau sera considéré pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux est directement ou indirectement modifié par l'action de l'Homme dans une mesure telle que celles-ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel, ou à certaines d'entre elles. Outre l'agriculture, l'urbanisation constitue généralement le point de départ des différentes perturbations et altérations anthropiques de l'environnement (Tchakonté, 2016).

I.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 sur 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.2.1. 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 proposé par Wentworth (1922) et modifié 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 Souchon (2002), 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.2.1.1. Importance des sédiments dans le fonctionnement des écosystèmes lotiques

Les sédiments, mis à part leur rôle de mémoire des hydrosystèmes lenticques 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).

I.2.1.2. 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 ; Suren et Jowett, 2010). 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 (Vanek, 1997).

Tableau 1 : Echelle granulométrique utilisée (Wentworth, 1922) et gabarit pour l'évaluation granulométrique visuelle modifiée par Malavoi et Souchon (2002).

Types Granulométriques	Classes de taille des Sédiments (ϕ en mm)	Codes microhabitats
Rochers ou dalles	1024	R ou D
Blocs	256 – 1024	B
Pierres grossières	128 – 256	PG
Pierres fines	64 – 128	PF
Cailloux grossier	32 – 64	CG
Cailloux fins	16 – 32	CF
Gravier grossier	8 – 16	GG
Gravier fin	2 – 8	GF
Sable grossier	0,5 – 2	SG
Sable fin	0,0625 - 0,5	SF
Limon	0,0039 - 0,0625	L
Argile	0,0039	A

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.2.2. Evaluation de la qualité de l'eau par l'analyse des paramètres physiques et chimiques

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.2.2.1. Variables physiques

La température, les matières en suspension (MES), la turbidité et la couleur sont les principales variables physiques utilisées pour la caractérisation des milieux lotiques. Ce sont des facteurs clé influençant la biologie et la distribution des espèces d'eau courante qui sont pour la plupart poïkilothermes (Giller et Malmqvist, 1999). Dans les systèmes lotiques, l'altitude et l'ensoleillement affectent la température qui, elle-même, conditionne la solubilité des gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (Hecky, 2000). De façon générale, pour un milieu aquatique donné, la température des eaux de surface est influencée par la température ambiante, et ceci d'autant plus que la profondeur est faible. Cette température dépend de la latitude, de l'altitude, de la saison, de l'heure et du débit (Rodier *et al.*, 2009).

Les teneurs en MES pour chaque cours d'eau varient avec le type de bassin versant, la nature des terrains traversés, la saison et les apports éventuels des effluents (Rodier *et al.*, 2009). Toutefois, une forte concentration de l'eau en MES présente des effets néfastes sur la faune aquatique, car 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).

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.2.2.2. Variables chimiques

Le pH est l'un des premiers indicateurs d'une altération chimique de la qualité des eaux car, il varie avec la nature géologique du lit et du bassin versant, la nature des apports d'effluents industriels et domestiques, mais aussi avec l'activité biologique (Jullian *et al.*, 2005). Il indique le caractère alcalin ($\text{pH} > 7$), acide ($\text{pH} < 7$) ou neutre ($\text{pH} = 7$) de l'eau et représente la concentration en ions hydronium (H_3O^+) provenant de la dissociation des molécules d'eau en protons H^+ . Il contrôle la vie aquatique et régule le processus d'autoépuration dans les plans d'eau (Angelier, 2003).

Quant à la conductivité électrique, elle est proportionnelle à la quantité de sels ionisables dissous et sa mesure constitue une bonne indication du degré de minéralisation d'une eau. Elle 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).

L'oxygène dissous est une variable aussi bien chimique que biologique dont la teneur possède une signification propre relative à la qualité biologique du support aqueux (Rodier *et al.*, 2009). Les conditions d'équilibre écologique normales exigent un taux de saturation en oxygène de 75 %, la situation devenant critique en deçà de 50% (Foto Menbohan *et al.*, 2013). Rodier *et al.* (2009) soulignent que les variations des teneurs de l'eau en oxygène dissous sont inversement proportionnelles à celles des matières organiques fermentescibles, des hydrocarbures et des détergents, du nombre d'organismes et de germes aérobies. Toutefois, une meilleure oxygénation de l'eau notamment à l'interface eau/sédiment est favorable à l'installation des communautés benthiques (Devidal *et al.*, 2007) et à la production de l'eau potable en cas de débit acceptable (Foto Menbohan *et al.*, 2013).

Dans les hydrosystèmes, l'azote se trouve sous forme organique, d'azote ammoniacal (NH_4^+), de nitrites (NO_2^-), de nitrates (NO_3^-), ou associé à d'autres composés (CEAEQ, 2007). Dans les eaux naturelles, l'azote provient du sol et de la minéralisation de la nécromasse. Toutefois, l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement de l'eau en cet élément par les apports des effluents urbains et industriels, les rejets d'eaux usées domestiques, le lessivage des sols agricoles fortement enrichis en engrais et en pesticides (Jullian *et al.*, 2005; Jain, 2012; Bhat *et al.*, 2013). D'après le CEAEQ (2007), 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. De plus, une augmentation excessive de la température transforme l'ion NH_4^+ en NH_3 qui est toxique pour de nombreux organismes (Kourradi, 2007). Quant aux nitrites, c'est la forme intermédiaire de l'azote qui ne se maintient dans les eaux courantes que lorsque le milieu est insuffisamment oxygéné et leur rémanence

indique un état de pollution organique (Foto Menbohan, 2012). Les orthophosphates ou « phosphore réactif » représentent la forme de phosphate biodisponible dans les milieux aquatiques (CEAEQ, 2007). 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, 2005). Les fortes teneurs en orthophosphates entraînent généralement des blooms algaux avec pour conséquence une réduction de l'éclairement en profondeur, l'anoxie nocturne, les variations diurnes de pH et à long terme l'eutrophisation (Devidal *et al.*, 2007).

L'alcalinité d'une eau témoigne de la présence conjuguée d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{2-}) et d'ions hydroxydes (OH^-). 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). Les eaux provenant des terrains calcaires et surtout des terrains gypseux présentent des duretés très élevées, tandis que celles qui s'écoulent sur les terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux affichent des duretés très faibles (Rodier *et al.*, 2009).

I.3. Macroinvertébrés benthiques : Ecologie et fonctions trophiques

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). Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs, tout en remplissant des fonctions écologiques de premier ordre. 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; Monoury, 2013). Ils filtrent les particules organiques contenues dans l'eau et broutent la végétation algale. Ils forment d'autre part, un maillon essentiel de la chaîne alimentaire et servent par exemple de nourriture à de nombreuses espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Moisan, 2010). Ils interviennent également dans le cycle biologique de certains parasites, en leur servant d'hôtes intermédiaires et/ou définitifs. Les macroinvertébrés sont cependant 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). Ainsi, il apparaît que la présence ou l'absence d'une espèce donnée dans un milieu donné dépend de la combinaison d'une multitude de facteurs.

Concernant le comportement trophique, les modes d'alimentation des macroinvertébrés aquatiques varient entre les différents groupes. On distingue ainsi les brouteurs/racleurs qui se nourrissent des algues se développant sur le substrat; les collecteurs, filtreurs et mangeurs de sédiments qui récupèrent la matière organique contenue dans l'eau et les alluvions. Les espèces qui se nourrissent du contenu cytoplasmique et tissulaire d'animaux et de végétaux aquatiques sont rangées dans le groupe des perceurs/suceurs, alors que celles qui fragmentent les feuilles mortes et débris végétaux sont dites déchiqueteurs. On distingue également les prédateurs qui se nourrissent d'autres invertébrés et enfin, les omnivores (Lecerf, 2005; Schuwirth et Reichert, 2012; Monoury, 2013). Une classification plus synthétique adoptée par Merritt *et al.* (2008), Tachet *et al.* (2010), laisse entrevoir les omnivores, les prédateurs, les déchiqueteurs, les brouteurs, les filtreurs, les rassembleurs et les détritivores.

L'habitat des macroinvertébrés benthiques, comme celui de tout autre organisme vivant, possède ainsi des composantes biologiques (végétation), physiques (substrat, écoulement) et chimiques (pH, azote), et la diversité biologique des rivières étroitement liée à la qualité de l'habitat (Moisan et Pelletier, 2013).

I.4. Généralités sur les 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; Azoui, 2016). 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

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.

I.4.1. Généralités sur les Dictyoptères

Les Dictyoptères sont des insectes Ptérygotes (ailés à l'état adulte), appartenant à l'infra-classe des Néoptères, (évolution différente de l'aile antérieure et postérieure). Selon certains auteurs, les Blattaria et les Isoptera forment un même groupe : les Blattodae (Bell *et al.*, 2007). Les blattes sont une famille (Kirby, 1904 et Hebar, 1919) ou une superfamille (Rehn, 1931 in Tine, 2013) des Orthoptères, ou encore constituent avec les mantes et les termites l'ordre des Dictyoptères (Grimaldi et Engel, 2005) ou bien constituent avec les mantes le sous ordre des Dictyoptères (Chopard, 1920, 1949).

Dans une classification basée surtout sur quatre caractères (la morphologie du proventricule, la morphologie des genitalia mâle et femelle, la musculature des genitalia et le comportement d'oviposition, Mc Kittrick (1964), on subdivise les Blattes en deux grandes super familles : les Blaberoidae et les Blattoidae et 20 sous-familles. Roth (2003) a reconnu six familles qui comptent plus d'espèces de blattes : Polyphagidae, Cryptocercidae, Nocticolidae, Blattidae, Blattellidae et Blaberidae, avec environ 4000-5000 espèces dans le monde.

Aujourd'hui, la classification proposée par Roth (2003) est largement utilisée, car elle est supportée par des études morphologiques et physiologiques (Cornwell, 1968 ; Roth, 1970 ; Huber, 1974 ; Brossut *et al.*, 1975 ; Roth, 1985 ; Grandcolas, 1994 ;), et basée aussi sur les études comportementales (Schal *et al.*, 1984 ; Schal et Bell, 1986). En outre, Shelford (1912) suggère que le potentiel de reproduction des blattes, la structure et l'émission de l'oothèque peuvent aussi être considérés comme des critères de classification. Par ailleurs, d'autres caractères entrent dans la classification des blattes, comme l'orientation des nervures des ailes (Rehn, 1951) ou la structure du proventricule (Miller et Fisk, 1971).

Ordre le plus inférieur des Orthoptères (Chopard, 1929), les Dictyoptères sont très diversifiés avec plus de 4337 espèces appartenant à 515 genres (Roth, 2003). Ce sont des insectes qui appartiennent au groupe des hémimétaboles, caractérisés par une métamorphose incomplète (Bellmann et Luquet, 1995). Les ailes antérieures ou *tegmen* sont généralement durcies et transformées en élytres, alors que les ailes postérieures restent membraneuses. Les Dictyoptères sont des insectes sauteurs qui se déplacent grâce à des pattes postérieures bien développées et pourvues d'une musculature puissante. Ce sont des animaux qui ont évolué à partir d'un plan de base assez simple chez les insectes : yeux à facettes non spécialisés, pièces buccales broyeuses non spécialisées et deux paires d'ailes parfois fonctionnelles (Lopes *et al.*, 2014). Ce sont des espèces ovipares dont la taille varie de quelques millimètres à quelques centimètres. Leur forme peut être soit aplatie, ou complètement cylindrique. Dans tous les cas, elles sont reconnaissables grâce à leur tête repliée sous le thorax (Guthrie et Tindall, 1968 ; Monk et Pembrok, 1987). Ce sont des organismes généralement omnivores qui sont particulièrement attirés par les substances en fermentation et la nourriture destinée à la consommation humaine (Gordon, 1996), laquelle peut être contaminée, soit par transfert mécanique des agents provoquant des maladies à partir du corps de l'insecte, soit par transmission dans les excréments. Les blattes représentent de ce fait, des vecteurs potentiels de maladies comme la dysenterie, les gastroentérites, la fièvre typhoïde et la poliomyélite, et elles peuvent être à l'origine des allergies graves (Durier et Rivault, 2003).

I.4.1.1. Ecologie des Dictyoptères

Les Dictyoptères forment un ordre de la classe des insectes. Il comprend les blattes grégaires, les termites aux sociétés de castes complexes et les mantes, grandes prédatrices. Leur origine est en revanche très controversée. Comme chez la plupart des insectes, les différents types de comportements rencontrés chez les Dictyoptères dépendent principalement d'un ensemble d'actes moteurs commandés par le système nerveux en réponse à des stimuli chimiques provenant de facteurs externes (nourriture, phéromones sexuelles, phéromones d'alarme, sécrétions aphrodisiaques, phéromones grégaires) ou internes (la faim, la soif...) (Kaiser, 1999). Bien qu'ayant évolué à partir d'un plan de base assez simple rencontré chez les insectes à savoir les yeux à facettes non spécialisés, les pièces buccales broyeuses non spécialisées et deux paires d'ailes parfois fonctionnelles (Lopes *et al.*, 2014), ce sont des espèces ovipares. Leur taille varie de quelques millimètres à quelques centimètres. Leur forme peut être soit aplatie, soit complètement cylindrique. Dans tous les cas, elles sont reconnaissables grâce à leur tête repliée sous le thorax (Guthrie et Tindall, 1968 ; Monk et Pembrok, 1987). La majorité des espèces décrites sont nocturnes, solitaires, grégaires ou sub-

sociales. Les blattes ont un régime omnivore et la majorité des individus consomment de la matière végétale en décomposition (litière) incluant du bois, pour qui ils ont des relations symbiotiques avec certains protozoaires et les bactéries qui vivent dans leur tube digestif (Grandcolas et Deleporte 1996). Ils sont de ce fait dans la litière, d'importants "nettoyeurs" du sol.

I.4.1.2. Morphologie générale des Dictyoptères

Comme chez tous les insectes, les Dictyoptères sont des Arthropodes dont le corps est segmenté en trois régions fonctionnelles bien différenciées appelées Tagmes : ainsi, nous avons le tagme céphalique qui porte la tête et l'ensemble des organes sensoriels et de mastication, le tagme thoracique qui porte les ailles et les organes locomoteurs et enfin, le tagme abdominal qui regroupe les organes respiratoires et reproducteurs (Figure 1).

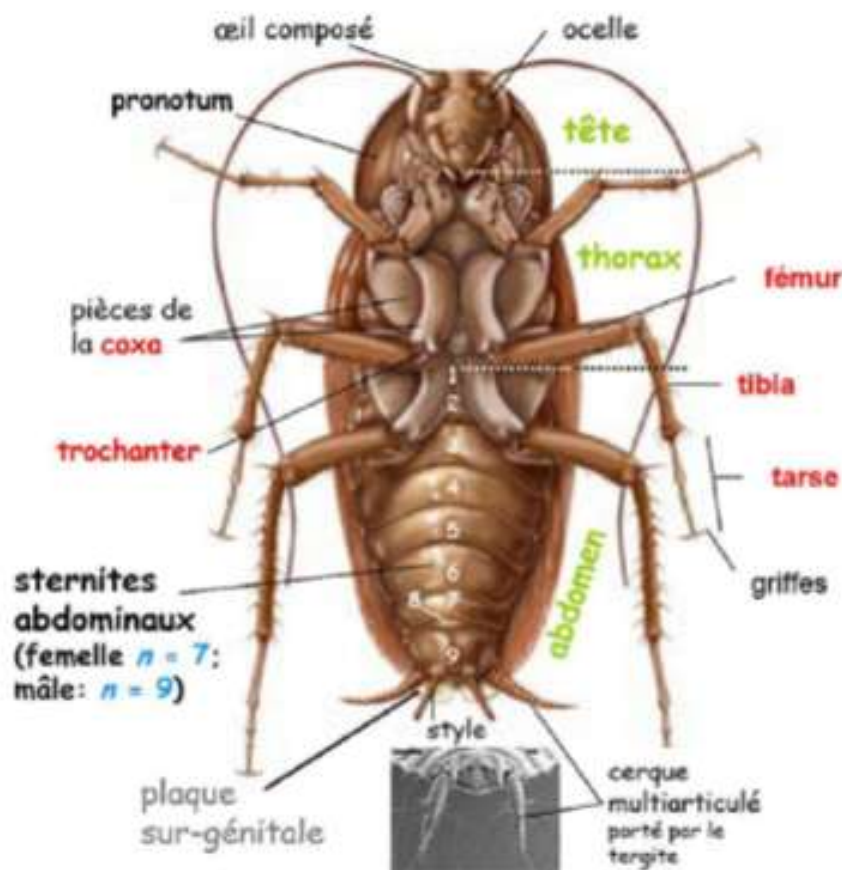


Figure 1 : Morphologie de Dictyoptère terrestre et ses différentes parties. (Source : Université de Montpellier, <http://mon.univ-montp2.fr/index.php>)

I.4.1.2.1. Tête

D'orientation orthognathe (la tête est perpendiculaire à l'axe bilatéral du corps), la tête des Dictyoptères est embryologiquement constituée de deux sous-unités : le protocéphalon qui englobe le front, les yeux et les ocelles, et le gnathocéphalon qui regroupe les pièces buccales. Elle comprend plusieurs sutures dont la suture épicroânienne qui chez certains Ptérygotes, n'est pas toujours bien marquée. Cette suture divise la face supérieure de la tête en deux sous unités: la suture métotique ou coronale et les sutures frontales. La suture occipitale entoure le *foramen magnum* ou trou occipital, et vient aboutir devant les articulations postérieures des mandibules, la suture post occipitale entourant aussi le *foramen magnum*, mais en arrière de l'occipital. Les sutures sous-antennaires quant à elles relient le socle des antennes à la subgénale. Il existe deux gros yeux à facettes et généralement trois ocelles dont un antérieur, situé à la limite du front et du vertex et deux latéraux, placés un peu plus haut, près des antennes (Chopard, 1922). L'angle formé par l'axe longitudinal du corps et celui de la tête se rapproche de 90°. (Mestre, 1988; Bellmann et Luquet, 1995).

I.4.1.2.1.2. Antennes

Filiformes, les antennes constituent des organes très importants chez les Dictyoptères, car assurent une double fonction : celles d'organe de sens et d'organe utilisé pour les parades sexuelles. Elles présentent la même structure chez tous les individus, et comprennent trois parties différentes: un article basal ou le scape articulé sur le crâne, un deuxième article appelé pédicelle souvent court, contenant généralement un organe sensoriel et enfin, une succession d'articles formant le flagelle ou fouet ou *clavola* qui se termine par un finicule. Le nombre d'articles varie suivant le stade de développement.

I.4.1.2.1.3. Pièces buccales

La structure des pièces buccales est similaire à celle des organismes terrestres (Figure 2). Ces éléments servent essentiellement à la nutrition et à la capture de certaines proies. Ils sont construits sur le même plan et comprennent entre autres une lèvre supérieure ou labre, une paire de mandibules, une paire de maxilles ou mâchoires, une lèvre inférieure ou labium.

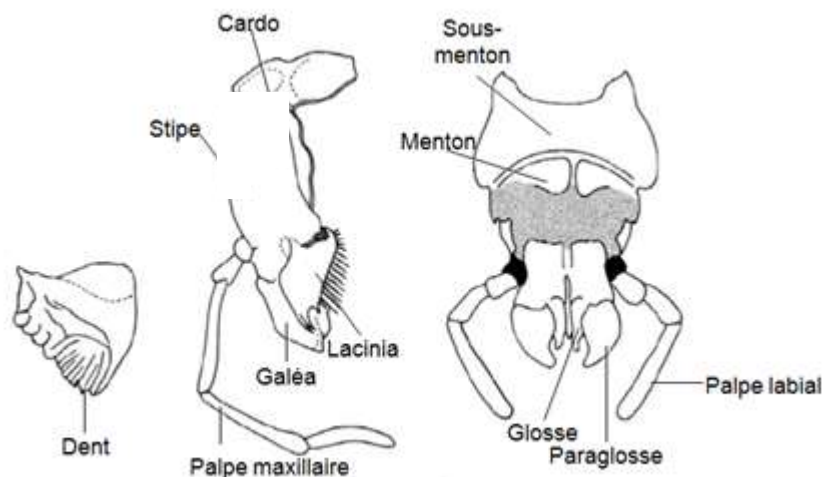


Figure 2 : Pièces buccales des Dictyoptères (Roth, 1980)

I.4.1.3. Thorax

Le thorax porte trois paires de pattes, deux paires d'ailes et se compose de trois segments à savoir le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax porte les pattes antérieures et se caractérise par le développement de sa partie dorsale qui recouvre les faces latérales du corps constituant le pronotum (Mestre, 1988), la forme de ce dernier est très importante dans la description systématique notamment par la présence de carènes latérales et médianes qui peuvent se présenter sous plusieurs variantes (Chopard, 1943; Mestre, 1988)

Les ailes sont insérées sur le deuxième et le troisième segments thoraciques (le mésothorax et le métathorax), pas sur le premier segment (prothorax) chez qui le gène Hox réprime leur formation. Les ailes ne sont pas des « appendices » d'un point de vue technique, puisque les insectes n'ont qu'une seule paire d'appendices par segment : les pattes. Les ailes sont renforcées par un certain nombre de veines longitudinales, qui possèdent souvent des interconnexions formant des « cellules » fermées dans la membrane (les exemples extrêmes sont à trouver parmi les odonates). Le dessin résultant des fusions et interconnexions des veines des ailes est souvent un caractère de détermination des différentes lignées évolutives et peut être utilisé pour l'identification de la famille ou même du genre dans de nombreux ordres d'insectes. Les ailes totalement fonctionnelles ne sont présentes que chez les adultes.

I.4.1.3.1. Ailes

Les ailes ne sont pas de véritables appendices. Ce sont de simples excroissances du corps, propres aux individus adultes et servant au vol. En dehors de l'hémélytre dont la structure est uniforme chez tous les individus, l'élytre présente des différences tant sur la pigmentation que sur la disposition des nervures, élément de diagnose pour des espèces (Figure 3 A).

I.4.1.3.2. Pattes

Situées par paires sur les trois segments abdominaux, les pattes de Dictyoptères présentent la même configuration que chez tous les insectes avec un certain nombre de segments articulés et reliés au segment thoracique par la hanche ou coxa, elle-même suivie du trochanter, du fémur, du tibia et du tarse penta-articulé. La hanche est un court segment conique articulé à la pleure par une membrane. Le trochanter est articulé à la hanche et contient un ou plusieurs muscles rétracteurs du fémur. Le tibia porte deux rangées de longues épines servant au fouissage. Le tarse, penta-articulé, porte chez les formes aquatiques une rangée de soies fines sur la face externe, et intervient ainsi dans le déplacement des larves en milieu aquatique. A la base du tarse se trouve une paire de griffes symétriques au centre desquelles se loge un arolia. Chez les formes aquatiques, la cuisse des individus noirs est foncée, celle des individus marrons est faiblement pigmentée et les bruns ne présentant aucune pigmentation (Figure 3B).

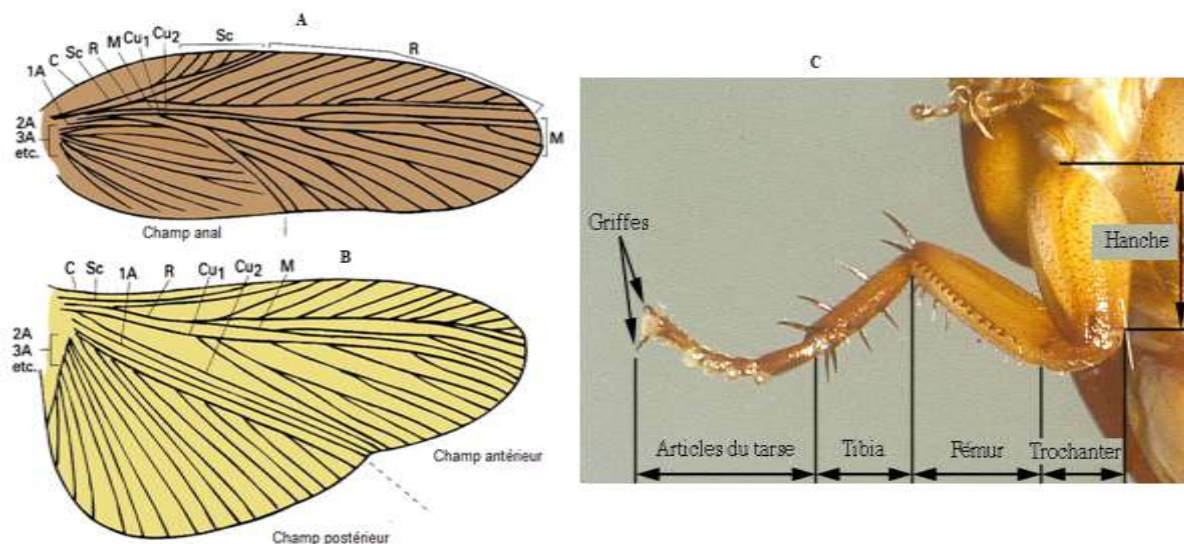


Figure 3 : Ailes (A) et patte (B) de Dictyoptère terrestre montrant les différentes parties. Elytre (A) et hémélytre (B); An, anale; Ax, axillaires; C, cubitale; Cup, cubitale postérieure ; M, médiane ; R, radiale; Rs, secteur ; Sc, sous cubitale (Torres Pascual, 2015)

I.4.1.4. Abdomen et ses annexes

L'abdomen des Dictyoptères constitue le troisième tagme et compte un nombre de segments qui varie en fonction du sexe et de l'espèce. Chez la femelle, il a une forme globuleuse et porte sur son extrémité antérieure une paire de cerques articulées. Chez le mâle par contre, l'abdomen est moins globuleux et porte sur le dernier segment une paire de cerques articulées et une paire de styles fixé sur les côtés latéraux de la plaque sous génitale. Cette partie de l'animal

constitue la chambre de stockage des réserves nutritives chez la femelle, indispensable à la maturation de l'oothèque.

I.4.2. Position systématique des Dictyoptères

Les Blaberidae forment la deuxième plus grande famille des Dictyoptères dont certains sont les plus grandes voir géante du monde des blattes. Elle a été décrite par Carl Brunner Von Wattenwil en 1865 et compte une dizaine de sous-familles.

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous Embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-Classe : Pterygota

Infra-classe : Neoptera

Super-Ordre : Blattopteroiida

Ordre : Dictyoptera

Sous-Ordre : Blattaria

Super-Famille : Blaberoidae

Famille : Blaberidae

Sous-Famille : Epilamprinae

I.4.3. Morphologie des différents stades

Il commence à la fécondation et se termine à l'éclosion des œufs. Les œufs sont réunis dans une capsule de consistance cornée appelée oothèque qui se forme et fait saillie à l'extérieur pendant la ponte. De forme et de taille variables en fonction des espèces, l'oothèque possède sur la face dorsale une crête denticulée au niveau de laquelle se fera l'éclosion. Les œufs (Figure 4), sont disposés verticalement de chaque côté d'une cloison médiane qui divise l'oothèque dans le sens de la longueur (Tanaka, 1976). Le développement de cet œuf dure au minimum 40 jours et peut prendre 2 à 3 mois ans les conditions difficiles.

I.4.3.2. Stade larvaire : la femelle dépose l'oothèque sur un support (perche) peu avant l'éclosion et des larves vermiformes en sortent puis, les principaux changements du développement larvaire s'effectuent au niveau de la taille et de la pigmentation. Les larves du dernier stade ressemblent aux adultes, mais sont aptères (Rust *et al.*, 1995). Cependant, chez les groupes aquatiques, il y a développement d'une rangée de soies natatoires sur la face interne du tarse, et des stigmates respiratoires sur les pleurites abdominales.



Figure 4 :Oothèque de Dictyoptère terrestre. (Source : ©University of Nebraska)

I.4.3.3. Stade adulte : il commence à la mue imaginale (adulte de 0 jour). L'adulte possède alors 2 paires d'ailes, des antennes longues et filiformes, des pattes robustes et épineuses permettant une course rapide et des pièces buccales broyeuses (Wigglesworth, 1972). Contrairement aux individus terrestres, les adultes mâles possèdent un corps mince, un abdomen effilé recouvert par les ailes. Les femelles, de couleur plus sombre, présentent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi recouvert par les ailes.

I.4.4. Caractérisation de quelques Dictyoptères urbains

La colonisation de certains locaux par les blattes se fait rapidement en présence d'eau et de nourriture (Rust *et al.*, 1995 ; Potera, 1997). De plus, certains paramètres tels que la température, l'humidité et le niveau d'hygiène d'un environnement, influencent la dynamique et la répartition des blattes urbaines (Cherairia, 2004).

I.4.4.1. *Periplaneta americana*

Décrite par Linnée en 1758, cette espèce est originaire d'Afrique et aurait été importée lors de nombreux trafics d'esclaves venant du Nigéria aux Etats-Unis d'Amérique (Cornwell, 1968). En Afrique, plus particulièrement au Maghreb, la présence de cette espèce est signalée très tôt en Tunisie, en Algérie (Finot, 1895 ; Bonett et Finot, 1885) et au Maroc (Bolivard, 1914 ; Chapman, 1938). Plus récemment, Messikh (1994) signale sa présence dans la région

d'Annaba. Espèce cosmopolite, elle se retrouve dans les ports, les hôtels, les magasins de denrées alimentaires, les entrepôts et dans les égoûts (Chopard, 1943 ; Cornwell, 1968 ; Grandcolas, 1998 ; Hamman et Gold, 1994). *P. americana* affectionne tout particulièrement les recoins sombres, chauds et très humides comme les égoûts et les gaines de vide-ordures (Habbachi, 2013). Elle a des préférences écologiques similaires à celles de *B. germanica* avec une sensibilité à l'hygiène suivie par l'humidité et enfin, la température (Cornwell, 1968). Cette espèce occupe de façon préférentielle les logements habités et les boulangeries.

I.4.4.2- *Blattella germanica*

C'est la plus commune et la plus cosmopolite des espèces domestiques (Habbachi, 2013). elle se rencontre dans les habitations, les hôpitaux, mais aussi dans les commerces liés à la nourriture (Ebeling, 1978 ; Ross *et al.*, 1984 ; Hamman et Gold, 1994 ; Rivault *et al.*, 1995 ; Rust *et al.*, 1995 ; Hash et Zumofen, 1999). Décrite et nommée par Linnée en 1767, cette blatte est originaire de l'Afrique de l'Est (Rehn, 1945) et a connu une expansion vers l'Europe, puis vers toutes les parties du monde grâce aux échanges commerciaux (Hebard, 1929 ; Rehn, 1945). *B. germanica* prédomine dans tous les sites urbains (Habbachi, 2013), et présente une faible sensibilité aux variations de température qui représentent le facteur le moins déterminant pour la distribution.

I.4.4.3 - *Blatta orientalis*

D'origine orientale, elle a été décrite par Linnée en 1758 en définissant le genre *Blatta*. *B. orientalis* affectionne les lieux où l'indice d'hygiène et où la température sont faibles (lieux propres et frais) (Cherairia, 2004).

I.4.4.4- *Supella longipalpa*

D'origine africaine, elle a été introduite en Inde, à Cuba, au Mexique, au Brésil, à Hawaï et aux Etats-Unis, à la suite de multiples migrations (Cornwell, 1968 ; Atkinson *et al.*, 1991). En Afrique, elle a été observée par Chopard (1929 ; 1940) dans le Hoggar à Tamanrasset et à Djanet en Algérie. *S. longipalpa* est une espèce qui se cache dans les endroits surélevés et chauds (Hamman et Gold, 1994) et affectionne surtout les habitations, les hôtels, les maisons de retraite, les hôpitaux, mais aussi les commerces d'alimentation (Grandcolas, 1998 ; Hamman et Gold, 1994).

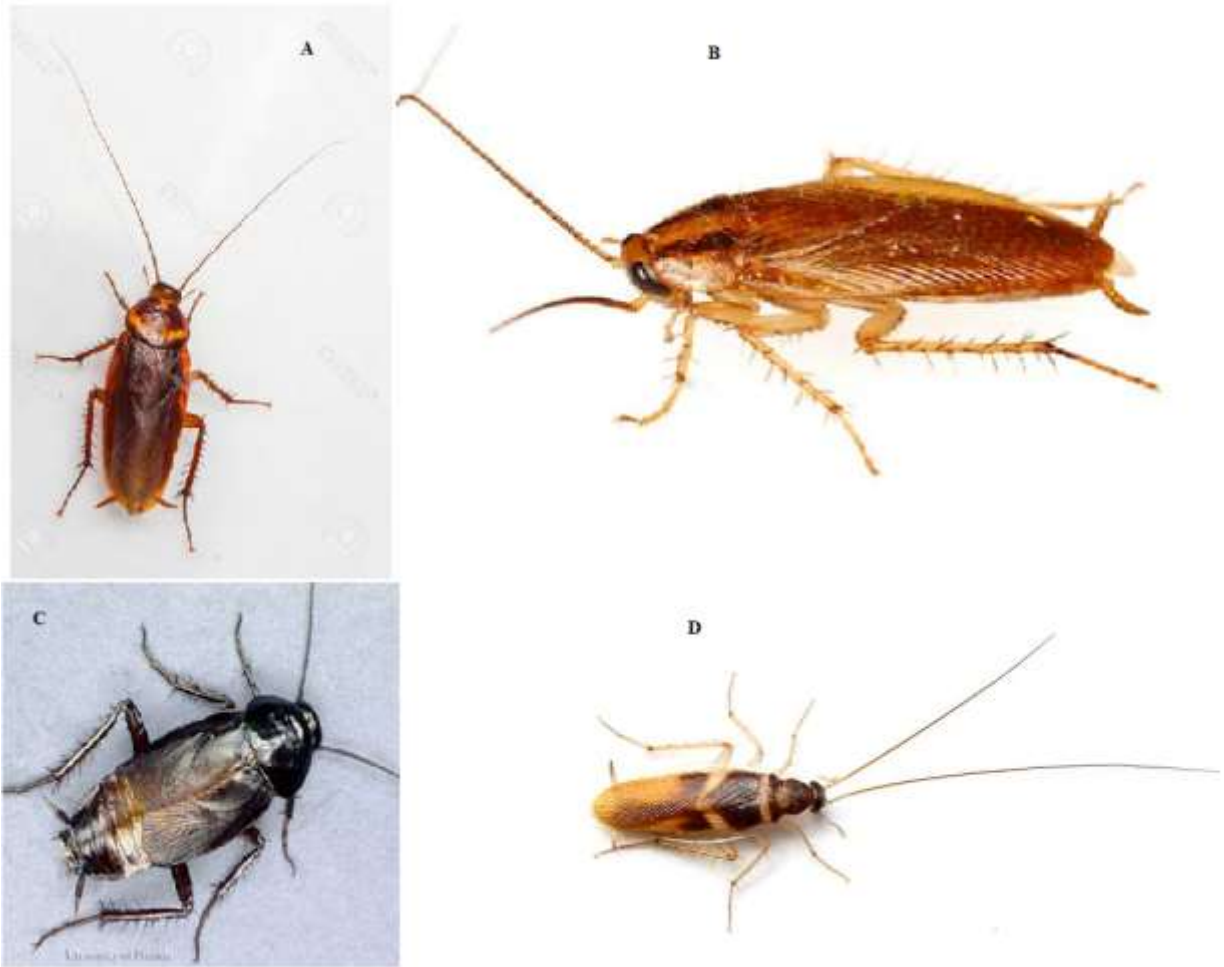


Figure 5 : Quelques blattes terrestres. A = *periplaneta americana* ; B = *Blattella germanica* ; C = *Blatta orientalis* ; D = *Supella longipalpa*. (Source : <http://www.ecolab-pest-france.fr>)



CHAPITRE II
MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Cadre géographique

La région écologique du Centre-Sud forestier du Cameroun est située entre 3°30' - 3°58' de latitude Nord et 11°20' - 11°40' de longitude Est (Apouamoun, 2006).

Sur le plan pétrographique, les sols se présentent comme dans tout le Sud-Cameroun sous trois types dont les sols ferralitiques situés au sommet des interfluves et en bas des pentes, les sols hydromorphes et les sols peu évolués respectivement dans les vallées marécageuses et sur les reliefs montagneux à forte pente (Onguéné, 1993). Pour la réalisation de ce travail, quatre sous-bassins versants ont été retenus (Figure 6) et 11 stations d'échantillonnage choisies, en tenant compte des critères tels que l'accessibilité, l'épaisseur de la colonne d'eau, la présence des radiers, des plats courants et des microhabitats. Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda, les activités anthropiques sont essentiellement des activités de pêche et de chasse. Dans les sous-bassins versants du Nga, du Fam et du Nkoumou, les activités agricoles, ménagères et minières (extraction du sable) sont pratiquées par les populations riveraines. Un récepteur GPS de marque Garmin MAP 76 a été utilisé pour la détermination des coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) des points de prélèvement. D'altitude moyenne avoisinant les 750 m (Santoir, 1995), son relief est globalement accidenté et la zone urbaine s'étend sur plusieurs collines hautes de 25 à 50 m au-dessus du plateau (Bachelier, 1959). Le climat est de type équatorial à pluviométrie bimodale caractérisée par des précipitations modérées (1576 mm/an) oscillant entre 1500 et 1700 mm par an (Kodjo, 1998), avec des températures peu variables au cours du temps (Suchel, 1972). On y observe quatre saisons inégalement réparties et de durée variable d'une année à l'autre (Kuate, 1987). Les valeurs de température et de précipitation obtenues auprès de la station météorologique de Yaoundé indiquent pour l'année 2016 quatre saisons réparties comme suit : une grande saison sèche qui va de décembre à janvier, une petite saison de pluie qui s'étend de février à juin, une petite saison sèche en juillet et grande saison de pluie qui s'étend d'août à novembre (Figure 7). La végétation est de type forêt dense secondaire et le réseau hydrographique est dense avec des eaux s'écoulant vers le Nyong.

Les principales activités pratiquées dans les différents sous-bassins versants ainsi les caractéristiques physiques des lits des cours d'eau sont consignées dans le Tableau 2.

Tableau 2: Coordonnées géographiques et quelques caractéristiques des points d'échantillonnage retenues dans les quatre sous-bassins versants.

Sous-bassin versant	Code du point de prélèvement	Coordonnées GPS			Activités pratiquées	Substrat dominant
		Latitude (N)	Longitude (E)	Altitudes (m)		
Abouda	Ab1	3°84'814''	11°41'864''	766	Pêche et chasse	Sable et galet
	Ab2	3°85'916''	11°40'659''	659		
	Ab3	3°86'342''	11°41'691''	729		
Fam	Fam1	3°86'899''	11°40'700''	264	Agriculture traditionnelle, Pêche à la ligne, Cueillette, extraction de sable.	Galet et vase
	Fam2	3°86'531''	11°41'512''	592		
Nkoumou	Nkou1	3°86'329''	11°40'008''	476		
	Nkou2	3°86'588''	11°40'604''	753		
	Nkou3	3°86'449''	11°40'477''	743		
Nga	Ng1	3°86'000''	11°38'406''	743		
	Ng2	3°85'816''	11°40'643''	740		
	Ng3	3°86'345''	11°41'691''	710		

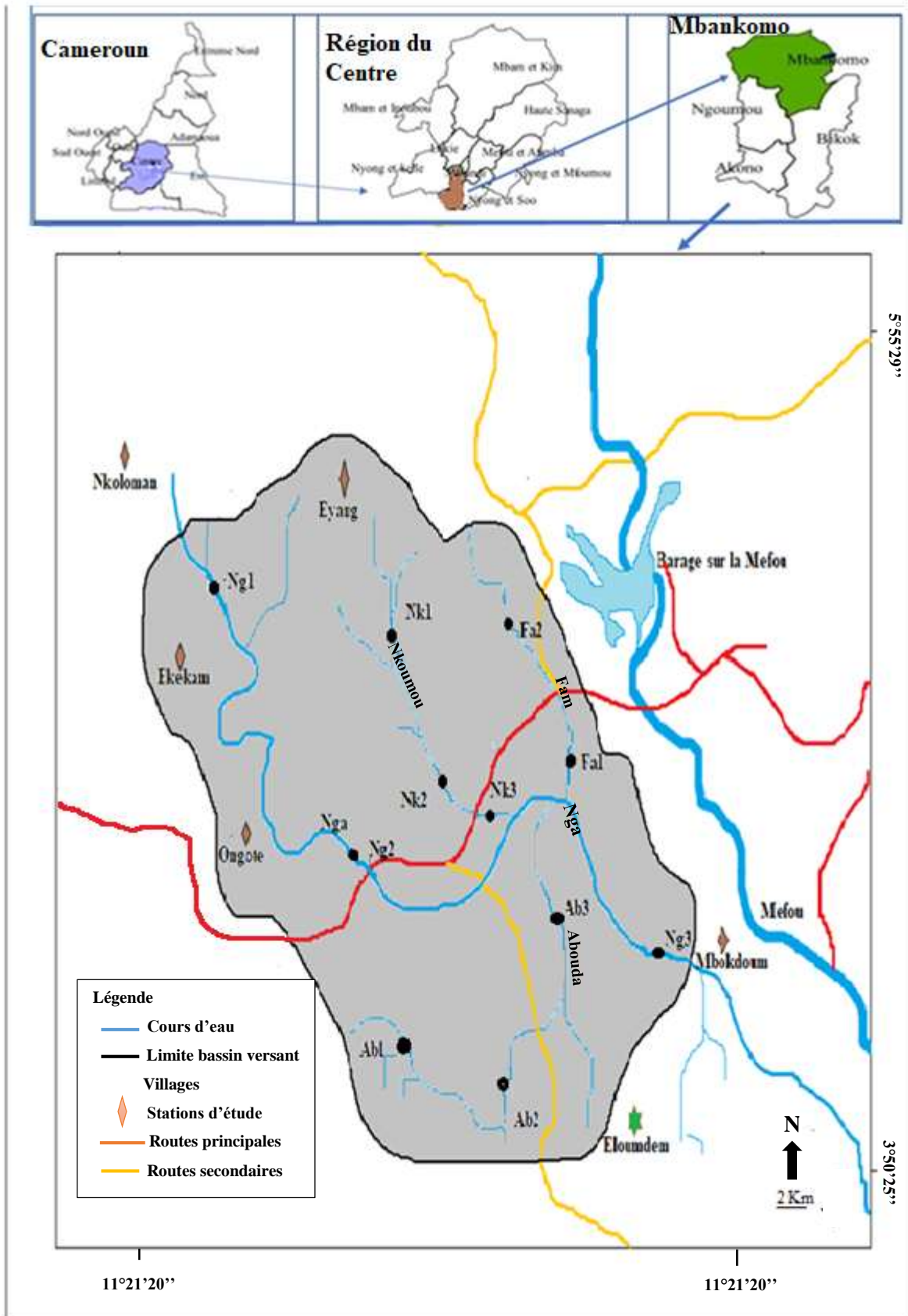


Figure 6 : Cartes des sous-bassin versants montrant les stations d'échantillonnage (INC, 1980 modifié).

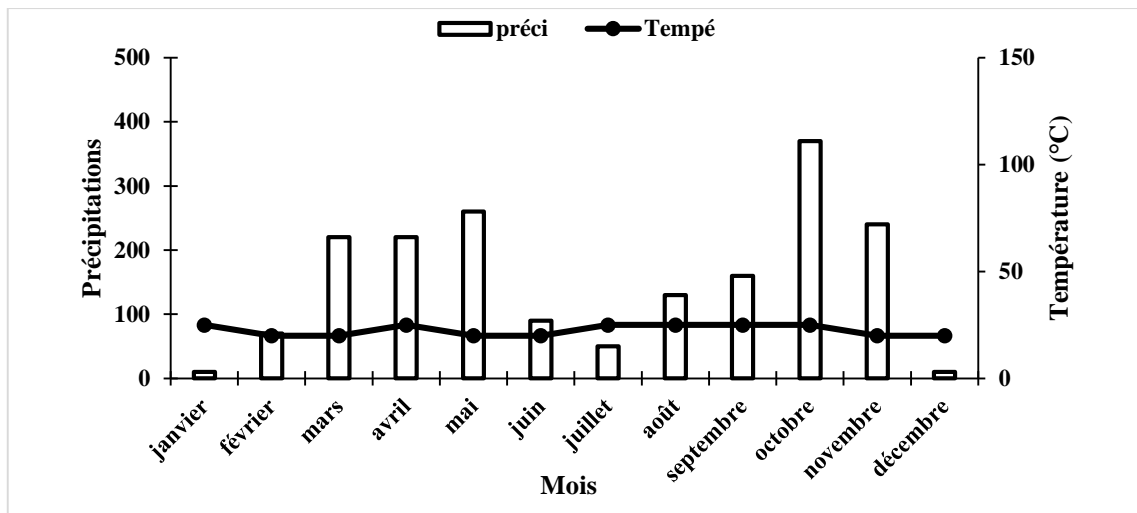


Figure 7 . Diagramme ombrothermique présentant les variations mensuelles des valeurs de précipitations et de température enregistrées pendant la période 2016. (Source Direction de la Météorologie, Service de la climatologie de Yaoundé, 2016).

II.1.1. Période d'étude

L'étude a été menée en deux phases. La première phase, allant d'octobre à décembre 2015, a consisté à la prospection des différents sous-bassins versants en vue de bien connaître le tracé des différents cours d'eau, procéder au choix des stations d'échantillonnage. La seconde phase, qui s'est étendue de janvier 2016 à janvier 2017, a été consacrées à la collecte des données hydrologiques, physicochimiques et biologiques suivant une fréquence mensuelle.

II.1.2. Présentation des sous-bassins versants et localisation des stations

Pour réaliser ce travail, quatre cours d'eau ont été retenus et onze (11) stations choisies dont, 3 stations dans le cours d'eau Abouda, 2 stations dans le cours d'eau Fam, 3 stations dans le cours d'eau Nkoumou et 3 stations dans le cours d'eau Nga.

II.1.2.1. Sous-bassin versant du cours d'eau Abouda

D'une superficie d'environ 14250 m², le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda est situé dans la zone forestière de la banlieue de Mbankomo dans la région du Centre. 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. Il couvre partiellement les départements de la Mefou et Akono et celui du Mfoundi et est délimité au Nord par les villages Famassi et Minkoameyos, au Nord-ouest par le village Nkolkoumou, à l'Est par le village Elig-Essomballa et le cours d'eau Nga, au Sud par le mont Djokye et à l'Ouest par le mont Ngoakélé (INC, 1980).

Station Ab1

La station Ab1 est localisée dans le cours supérieur, à 300 m environ en aval du mont Djokye où le cours d'eau prend sa source. 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. 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, la végétation riveraine est abondante le long des berges, et on peut observer la présence des grosses pierres au fond de l'eau et des dunes de sable formées par l'eau (Figure 8A).

Station Ab2

La station Ab2 est située dans le cours moyen, à 1800 m environ de la station Ab1. En marge de la canopée, la végétation est abondante le long des berges et l'activité anthropique est marquée par l'extraction du sable par les riverains et l'agriculture de subsistance, le lit étant essentiellement rocheux (Figure 8B).

Station Ab3

La station Ab3 est située dans le cours inférieur, à 3800 m environ de la station Ab2 et à 700 m de l'embouchure au village Famassi. 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 (Figure 8C).

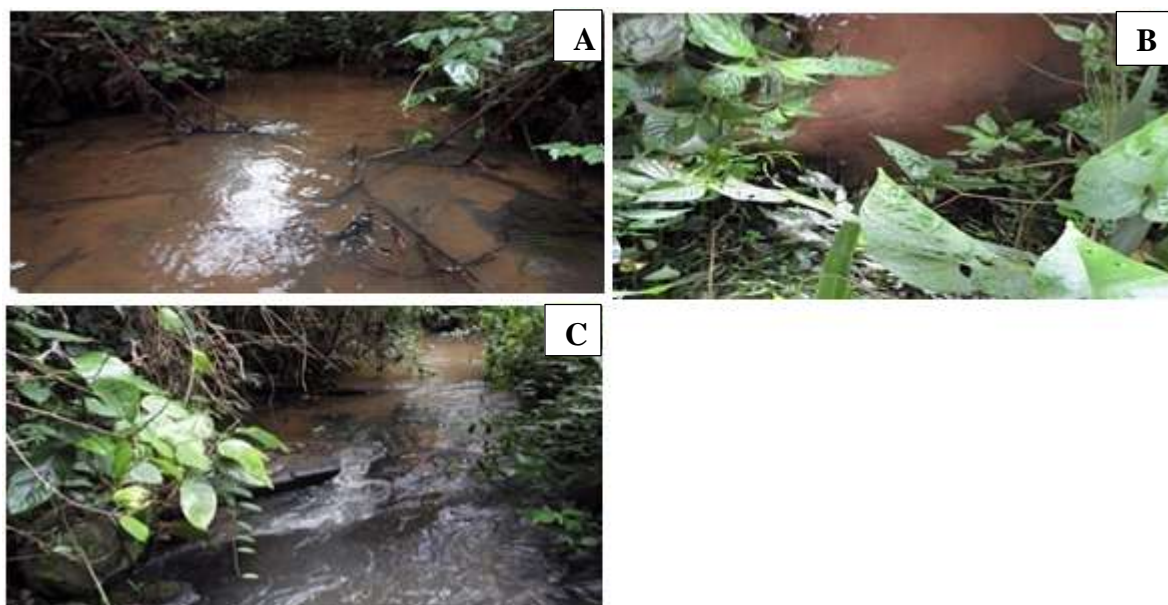


Figure 8 : Vue partielle des stations d'échantillonnage du cours d'eau Abouda: A= Ab1, B = Ab2, C = Ab3.

II.1.2.2. Sous-bassin versant du cours d'eau Nkougou

Le cours d'eau Nkougou est celui qui donne le nom au village Nkougou. D'une

superficie d'environ 9 km², le sous bassin versant du cours d'eau Nkoumou est limité au Nord par les villages Eyang et Nkolbiyem, au Sud par le village Nkolkoumou, à l'Ouest par le village Mbelingui et à l'Est par le village Famassi. Ce cours d'eau prend sa source dans le village Eyang et se jette sur la rive droite du cours d'eau Nga dans le village Famassi (INC, 1980). Il coule suivant la direction Ouest- Sud et reçoit quelques tributaires le long de son parcours. En marge de la canopée, l'activité anthropique est marquée par l'aménagement d'un pont au lieu dit pont de Nkolkoumou. La pêche au barrage est une des activités pratiquées par les populations riveraines. Dans ce cours d'eau, trois stations d'échantillonnage dénommées Nkoumou 1 (Nkou1), Nkoumou 2 (Nkou2) et Nkoumou 3 (Nkou3) ont été retenues.

Station (Nkou1)

Située dans le cours supérieur, à environ 700 m de la source dans le village Mbelingui, la végétation à cette station est dominée par des grands arbres qui la maintiennent dans un état d'humidité constante. L'action anthropique est marquée par des exploitations agricoles et les activités de pêche artisanale. Le lit du cours d'eau est essentiellement sableux, la rypisilve est abondante le long du cours d'eau, dominée par les espèces *Elaeis guineensis* et *Raphia membillensis* (Figure 9A).

Station 2 (NKou2)

La station Nkou2 est située dans la partie moyenne à environ 1600 m de la station Nkou1 dans le village Nkolkoumou à près de 700 m de l'axe routier qui mène vers le village Ongot. Le lit est sableux, la rypisilve est peu abondante, dominée par les espèces *Macaranga barteri* et *Elaeis guineensis*. Les activités anthropiques sont marquées par la pêche artisanale et l'agriculture rudimentaire (Figure 9B).

Station 3 (Nkou3)

La station Nkou3 est située dans la partie inférieure du cours d'eau, à environ 1500 m de la station Nkou2 et à 400 m de la confluence avec le cours d'eau Nga. Le fond du lit est vaseux- sableux. En marge de la canopée, la végétation riveraine est abondante et dominée par les espèces *Asystacia* sp. et *Commelina diffusa* (Figure 9C).

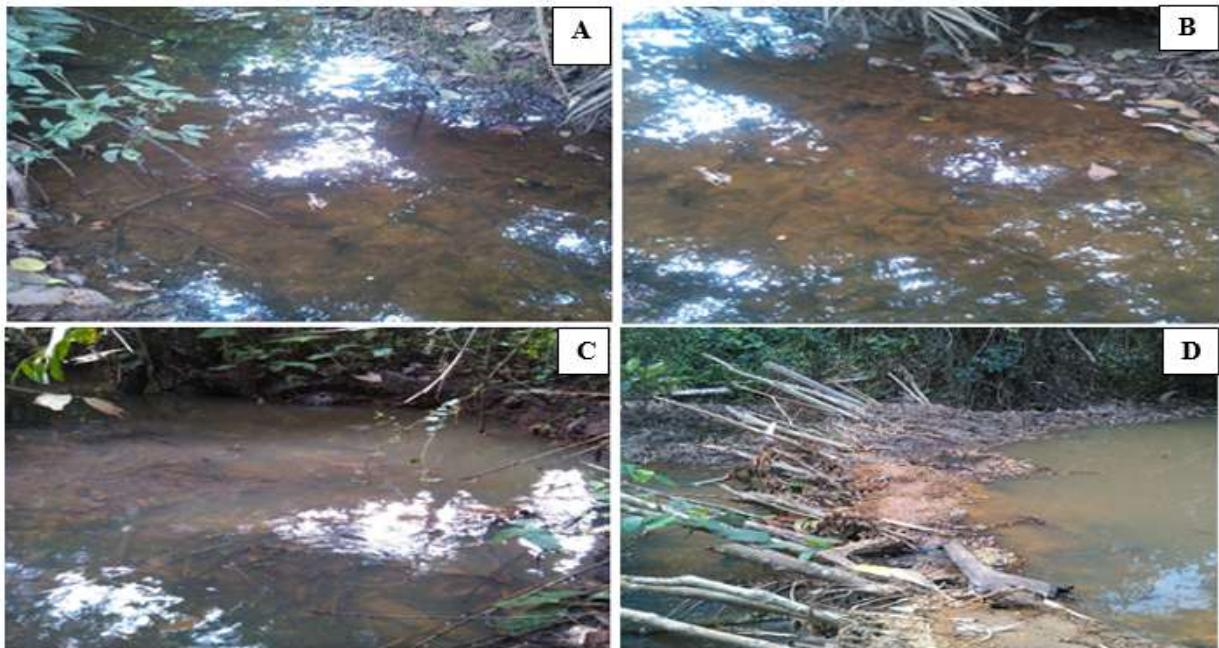


Figure 9 : Vue partielle des stations d'échantillonnage du cours d'eau Nkoumou. (A) Nkou1 ; (B) Nkou2 ; (C) Nkou3, (D) activité anthropique dans une portion du cours d'eau.

II.1.2.3. Sous-bassin versant du cours d'eau Fam

Le cours d'eau Fam est un affluent de la rive gauche du Nga qui appartient au réseau hydrographique de la Mefou. Il prend sa source dans le village Nkolbiyen à environ 800m d'altitude (Yemele , 2010). D'une superficie d'environ 7,47 km², le sous-bassin versant du Fam est totalement contenu dans le Département de la Mefou et Akono avec un périmètre avoisinant 11,6 km (INC, 1980). Il est délimité au Nord-Ouest par le village Ozom II, au Sud par le village Eyang , au Sud –Est par le village Famassi et à l'Est par le village Ozom 1.

Station Fam1 (Fam1)

Située à environ 1km de la source, la station Fam1 se trouve dans le village Abam qui est rattaché au village Ozom II. Le lit est sableux et la végétation est abondante sur les berges, dominée par l'espèce *Acroceras ampliectens*. L'accès à cette station est facilité par des pistes villageoises aménagées par les populations riveraines (Figure 10A).

Station Fam 2 (Fam2)

La station Fam2 est située dans le village Famassi à environ 800 m de son embouchure avec le cours d'eau Nga, au lieudit dépôt de bois. La canopée y est moins abondante et l'action de l'homme y est matérialisée par des activités champêtres (Figure 10B). 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.



Figure 10 : Vue partielle du cours d'eau Fam et ses stations d'échantillonnage. A = Fam1 ; B = Fam2.

II.1.2.4. Sous - bassin versant du cours d'eau Nga

Le sous-bassin versant du Nga, d'une superficie d'environ 49,1 km², s'étend sur trois départements : la Lékié, la Mefou et Akono et le Mfoundi. Avec un périmètre d'environ 38 km, il est délimité au Nord par le village Nkolbiyem, au Nord-ouest par les villages Nkoloman et Nkolobot, à l'Ouest par les villages Ongot et Ekekam, au Sud par le mont Eloumden et à l'Est par le mont Mbokdou (INC, 1980). Le cours d'eau prend sa source à environ 860 m d'altitude au pied des monts Nkoloman et Nkolobot. L'activité anthropique est marquée par l'aménagement de l'oléoduc (pipeline Tchad-Cameroun). L'agriculture de subsistance et la pêche au barrage sont des activités pratiquées par les populations riveraines.

Station Nga1 (Ng1)

Cette station est située dans le cours supérieur à environ 2000 m de la source, l'accès à cette station est facilité par une piste secondaire frayée par les populations riveraines. Le lit est sableux rocheux avec une végétation abondante le long des berges, dominée par l'espèce *Commelina bengalensis* et *Acroceras ampliactens* (Figure 11A).

Station Nga 2 (Ng2)

Cette station est située sur le cours moyen au lieu-dit carrière, à environ 3200 m de la station Ng1. L'accès à cette station est facilité par une piste secondaire aménagée par les exploitants des carrières de sable. En marge de la canopée, la végétation riveraine est abondante et largement dominée par les espèces *Commelina bengalensis* et *Aspilia africana*. La présence de l'homme est marquée par de grandes exploitations agricoles, la modification de certaines portions de lit du cours d'eau pour l'extraction du sable et la pêche artisanale (Figure 11B).

Station Nga 3 (Ng3)

La station Ng3 est située à 4000 m environ de la station Ng2 et à 1000 m en aval de la confluence avec le cours d'eau Abouda. La canopée est moins abondante, la végétation riveraine abondante et dominée par les espèces *Mariscus longibracteatus* et *commelina bengalensis*. À proximité de cette station, des exploitations agricoles ainsi que la coupe des arbres pour la production des planches sont des activités généralement pratiquées (Figure 11C).

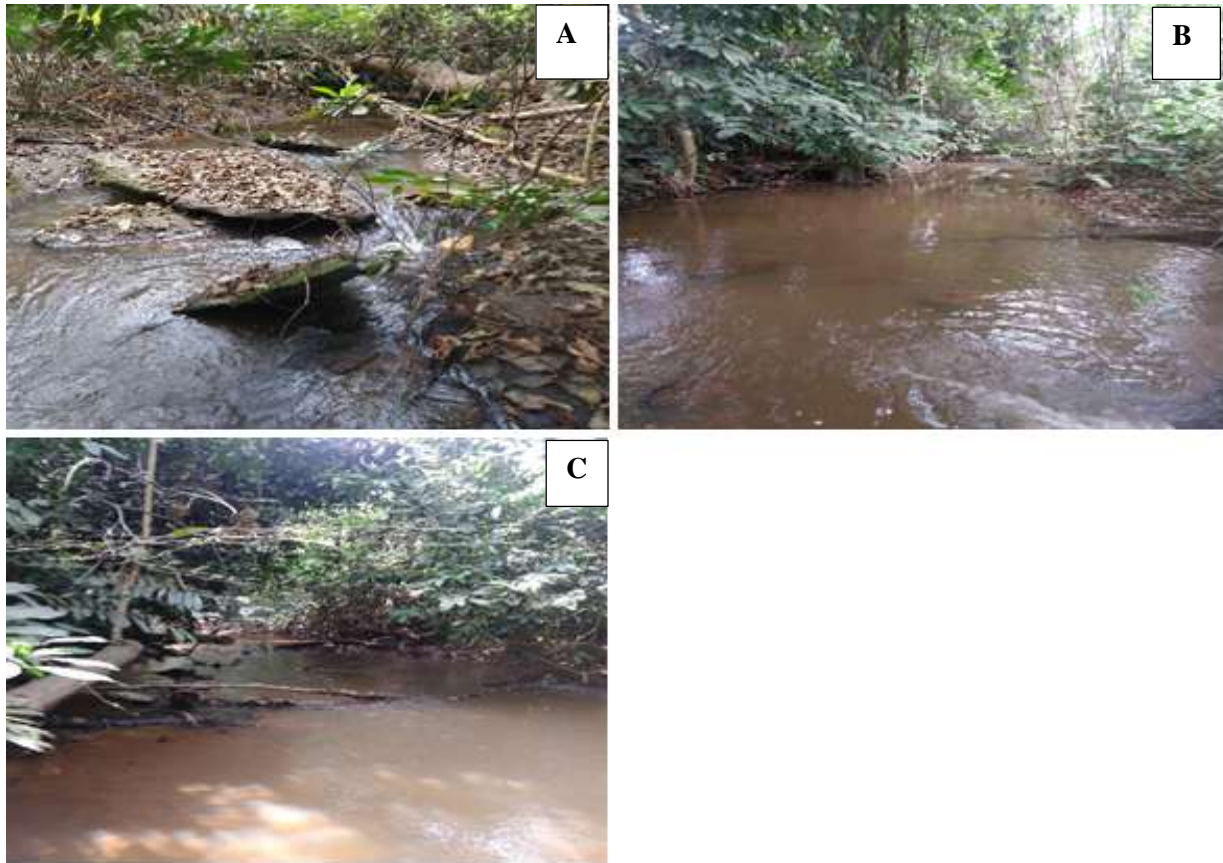


Figure 11 : Vue partielle de cours d'eau Nga et ses différentes stations d'échantillonnage. A = Ng1, B = Ng2, C = Ng3.

II.2. Méthodes d'étude

II.2.1. Mesure des paramètres hydromorphométriques, édaphiques et physicochimiques

II.2.1.1. Variables hydromorphométriques

Dans le cadre de cette étude, les paramètres hydromorphométriques considérés sont la vitesse d'écoulement des eaux, la largeur de la section mouillée, la profondeur de l'eau et la hauteur du substrat meuble. Pour chacun de ces paramètres, deux séries de deux mesures ont été effectuées *in situ* dans chaque station, deux en saison sèche (janvier et juillet) et deux en saison de pluie (mars et octobre) et les valeurs moyennes ont été considérées. La vitesse d'écoulement de l'eau (V) a été déterminée dans chaque station, par la méthode indirecte, par

détermination du temps mis par un colorant neutre pour parcourir une distance connue. Elle est calculée par la formule :

$$V = \frac{d}{t} \quad \text{où}$$

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 de 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 LTM (Laboratoire de traitement des minerais de l'Institut de Recherches Géologique et Minière) et stockés à température ambiante. Les échantillons sont ensuite séchés, pesés avant les opérations de tamisage. Le taux d'encombrement du substrat, qui détermine la quantité de matières allochtones (g/kg de substrat) dans le lit du cours d'eau est calculé et la caractérisation du sédiment effectuée par granulométrie, suivie de la sédimentométrie.

Après les analyses granulométriques et sédimentométriques qui ont donné les différentes proportions de gravier (Gr), de sable (S), de limon (L) et d'argile (A), la somme des argiles et des limons (A+L) a été déterminée. Cette dernière composante correspond, d'après Intès et Le Loeuff (1986), à la fraction fine du substrat (éléments de diamètre inférieur à 20 μm) encore appelée lutite ou pélite, et mesure le degré d'envasement de celui-ci. La caractérisation granulométrique du substrat des cours d'eau est intimement liée à la géologie du bassin versant et de l'histoire climato-géologique récente (Quaternaire et Holocène), induisant de ce fait une variabilité dans la structuration régionale d'un substrat (Wasson *et al.*, 1998). Elle est aussi liée au degré d'altération du substratum géologique et au type d'utilisation des sols qui conditionnent l'approvisionnement du bassin versant en sédiments. La caractérisation d'un échantillon de sédiments se fait par l'analyse de la répartition des grains dans les différentes classes

granulométriques. De plus, les sédiments présentent également une variabilité granulométrique longitudinale. 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 (Wasson *et al.*, 1998). 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.* (2002) distinguent les substrats fins relativement fluides, en raison d'une forte teneur en eau, des substrats grossiers plus rigides. En ce qui concerne les composantes fines, elles sont définies très souvent comme des particules organiques ou inorganiques de moins de deux millimètres de diamètre, c'est-à-dire les sables (2000 à 62 μm), les limons (62 à 4 μm) et les argiles (< 4 μm) (Armitage et Wood, 1997). Cette dernière constitue une composante naturelle et intégrante des écosystèmes aquatiques, et présente dans les écosystèmes naturels, les taux temporellement variables en fonction des variations saisonnières de débit et des caractéristiques du bassin versant (Logan, 2004).

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 de APHA (1998) et Rodier *et al.* (2009). 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. Mesures *in situ*

Le taux de saturation en oxygène dissous (% de saturation), la température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$), le pH (UC), la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) et les solides totaux dissous (mg/L) ont été mesurés *in situ*, respectivement à l'aide d'un Oxymètre portatif de marque HANNA HI 9147 et d'un multimètre Combo PH et EC de marque HANNA HI 98130 et de précision 0,1.

Pour ce faire, les appareils de mesure préalablement calibrés ont été mis sous tension, leurs sondes ensuite plongées dans l'eau. La sélection de la fonction du paramètre désiré a permis d'obtenir la valeur de celui-ci sur l'écran d'affichage.

II.2.1.3.2. Mesures au laboratoire

En ce qui concerne les paramètres physicochimiques à mesurer au laboratoire (MES, turbidité, couleur, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , alcalinité et l'oxydabilité), les échantillons d'eau ont été prélevés à contre-courant, sans faire de bulles, à chaque station et à chaque campagne à l'aide de flacons en polyéthylène à double bouchage de 250 mL et 1000 mL, et transportés en enceinte réfrigérée (environ 4°C) jusqu'au laboratoire.

Au laboratoire, les MES, la turbidité et la couleur de l'eau ont été mesurées par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR 2800, aux longueurs d'onde $\lambda = 810$ nm, $\lambda = 450$ nm et $\lambda = 455$ nm respectivement. Les valeurs ont été exprimées en mg/L, en NTU et en Pt-Co respectivement.

La détermination des teneurs de l'eau en orthophosphates et en différentes formes d'azote (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) s'est faite par spectrophotométrie, au spectrophotomètre HACH DR 2800. La concentration en azote ammoniacal (exprimée en mg/L de NH_4^+) a été mesurée par la méthode de Nessler sur 25 mL d'échantillon d'eau brute et la lecture s'est faite à la longueur d'onde $\lambda = 425$ nm. Quant aux teneurs en nitrites (NO_2^-), en nitrates (NO_3^-) et en orthophosphates (PO_4^{3-}), elles ont été mesurées sur 10 ml d'échantillon en utilisant comme réactifs le Nitraver III, le Nitraver V et le Phosver III, respectivement. Les lectures se sont faites aux longueurs d'onde $\lambda = 500$ nm, $\lambda = 507$ nm et $\lambda = 530$ nm respectivement et les résultats ont été exprimés respectivement en mg/L de NO_2^- , de NO_3^- et de PO_4^{3-} .

L'alcalinité a été déterminée par volumétrie en titrant 50 mL d'échantillon d'eau avec de l'acide sulfurique N/50, en présence du rouge vert de méthyl bromocrésol comme indicateur coloré. Les résultats exprimés en mg/L de HCO_3^- sont obtenus par la formule ci-après :

$$\text{Alcalinité (mg/L de } \text{HCO}_3^-) = (\text{descente de burette de l'échantillon}) \times 20$$

L'oxydabilité a été mesurée par volumétrie. Dans un erlenmeyer de 500 ml ont été introduits 200 ml d'échantillon d'eau brute, puis 2 ml de carbonate monosodique et l'ensemble porté à ébullition sur une plaque chauffante. Dès le début de l'ébullition, 20 ml de KMnO_4 N/80 ont été ajoutés. Dix (10) minutes après le début de l'ébullition, l'erlenmeyer a été refroidi à l'eau courante, puis 5 ml de H_2SO_4 25% et 20 ml de sel de Mohr y ont été ajoutés successivement. L'échantillon décoloré a ensuite été titré au KMnO_4 N/80 jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante. L'échantillon témoin est préparé dans les mêmes conditions, mais avec de l'eau distillée. L'oxydabilité exprimée en mg/L de O_2 s'obtient par la formule ci-dessous:

$$\text{Oxydabilité (mg/L de } \text{O}_2) = \frac{(q - q_0)}{2}$$

avec, q = descente de burette de l'échantillon ; q_0 = descente de burette du témoin.

II.2.2. Echantillonnage des macroinvertébrés benthiques

La collecte des macroinvertébrés benthiques a été effectuée, à l'aide d'un troubleau de forme carrée de 30 cm de côté, muni d'un filet conique de 400 μm d'ouverture de maille et de 50 cm de profondeur, suivant l'approche multihabitat (Stark *et al.*, 2001). Ainsi, pour chaque

station, une vingtaine de coups de troubleau a été effectuée contre le sens d'écoulement des eaux sur environ 50 cm de long, équivalents à une surface approximative de 3 m². Ensuite, les organismes retenus par les mailles du filet ont été collectés à l'aide d'une paire de pinces fines et fixés dans du formol 10 %.

II.2.2.1. Traitement des spécimens de Dictyoptères au laboratoire

Au laboratoire, les dictyoptères sont triés, transvasés dans des bocaux puis lavés à l'eau de robinet pour éliminer l'excès de formol, et conservés dans l'alcool formolé 10% (Anisyutkin *et al.*, 2013). L'étude de la structure des pièces génitales mâles et femelles (plaques anales, hypandrium, et les organes génitaux), est réalisée après ramollissement des spécimens et dissection de la partie apicale de l'abdomen suivie du traitement au NaOH 10%. Après lavage à l'eau de robinet, les autres macroinvertébrés benthiques compagnes des Dictyoptères ont été transvasés dans des boîtes de Pétri, regroupés suivant leur taille et leur morphotype sous une loupe binoculaire de marque WILD M3B à éclairage épiscopique, puis identifiés grâce aux documents proposés par Anisyutkin et Yushkova 2017 ; Anisyutkin, 2000, 2005, 2015 et 2016.

II.2.2.1.1. Suivi en microcosme

Dans le but de déterminer les différents stades de développement de ces organismes benthiques ainsi que leurs durées respectives, plusieurs séries d'élevage ont été effectuées en microcosme, en introduisant des larves de Dictyoptères à l'état vivant. Ainsi, dans un microcosme constitué d'un récipient en polyéthylène transparent de 80 cm de long, 50 cm de profondeur et 40 cm de large contenant préalablement de la litière du lieu de prélèvement, les larves de Dictyoptères ont été introduites. Ces individus provenaient du cours d'eau Abouda dans lequel, tous les morphotypes étaient échantillonnés. Ce microcosme était alimenté avec de l'eau contenue dans un réservoir en polyéthylène de 10 L de contenance provenant du cours d'eau Abouda. Ce réservoir était muni d'une pompe de marque *Resum Air Pump* et qui assurait l'oxygénation permanente de l'eau. Après la mue imaginale, les individus étaient séparés par couple et par morphotype dans des bacs en polyéthylène de 40 cm de long et 15 cm de large afin de faciliter les accouplements. Après une période de 3 mois environ, les femelles gravides libéraient les oothèques par la femelle, les individus adultes mâles et femelles ont été sortis du microcosme, observés sous une loupe binoculaire de marque WILD. Les individus adultes mâles et femelles ont fait l'objet de dissection, afin de mettre en évidence les structures internes permettant de différencier les morphotypes.

II.2.3. Dissection et réalisation des dessins

Les individus adultes mâles et femelles ont fait l'objet de dissection au laboratoire en utilisant le matériel de dissection. La morphologie générale et les structures génitales ont été également mises en évidence. La réalisation des dessins des éléments de petite taille (appendices céphaliques) et des genitalia des mâles ainsi que de la femelle ont été montés entre lame et lamelle à l'aide de la glycérine gélatineuse. Ces dessins ont été réalisés à la chambre de marque LEICA DFC425 munie d'un tube à dessin. Les éléments de grande taille (pattes thoraciques et morphologie générale) ont directement été dessinés sous la même loupe précédemment décrite. Les détails ont été complétés à l'aide d'un microscope de marque LEITZ au grossissement 10X.

II.2.4. Biologie des Dictyoptères semi-aquatiques en microcosme

Le cycle de développement des différents morphotypes a été effectué, en vue de déterminer leurs différents stades de développement. Ainsi, les organismes larvaires collectés et non fixés au formol, préalablement introduits dans des flacons appropriés, ont été transvasés dans des récipients en polyéthylène de 80 cm de long, 40 cm de profondeur et 40 cm de large contenant de la litière et suivis jusqu'à la mue imaginale. Ensuite, les individus adultes ont été retirés puis transférés par couple et par morphotype dans une autre enceinte en polyéthylène plus réduite de 40 cm de long, 15 cm de large et 20 cm de profondeur, pour faciliter leur accouplement. Dans toutes ces enceintes, un aérateur électrique de marque 'RESUM' AIR PUMP AC 9903 permet l'aération permanente de l'eau. Après l'accouplement et maturation des œufs, les femelles gravides déposèrent leurs œufs sur un support.

II.2.5. Analyse et présentation des résultats

Pour évaluer l'influence de quelques facteurs abiotiques sur la distribution des organismes, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée entre les variables physicochimiques, granulométriques et hydromorphologiques. De plus, une analyse multivariée a permis d'avoir une idée sur la signification écologique de la présence ou de l'absence des organismes dans chaque site et une classification hiérarchique des organismes a permis de les regrouper en fonction de leur polluosensibilité.

Le coefficient de corrélation de rang de Spearman mesure les degrés de liaison entre les variables abiotiques d'une part, puis entre les variables abiotiques et biotiques d'autre part. Ce coefficient se calcule selon la formule suivante :

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

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.2.5.1. Coefficient de corrélation Tétrachorique

Proposé par Magnusson (1967), le coefficient de corrélation tétrachorique (r_{ψ}) a permis de mesurer le degré d'association ou d'affinité entre les taxons dominants, notamment certains macroinvertébrés benthiques (dits compagnes) et les dictyoptères. Cette formule a l'avantage de montrer que dans une station donnée, deux individus entretiennent des relations d'attraction ou de répulsion. L'affinité entre deux espèces i et j est déterminée par la relation suivante :

$$r_{\psi} = \frac{ad-bc}{\sqrt{(a+c)(b+d)(a+b)(c+d)}}$$

a = nombre d'échantillons où sont présentes à la fois les deux espèces i et j ;

b = nombre d'échantillons où est présente uniquement l'espèce i ;

c = nombre d'échantillons où est présente uniquement l'espèce j ;

d = nombre d'échantillons où n'est présente aucune des deux espèces.

Lorsque $r_{\psi} > 0$, les deux espèces s'attirent ; $r_{\psi} = 0$, il y a aucune liaison entre les deux espèces ;

$r_{\psi} < 0$, les deux espèces se repoussent.

II.2.5.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

L'objectif de l'analyse de classification hiérarchique (CAH) est de rassembler des objets dans des classes de plus en plus larges, sur la base de certaines mesures de similarité ou de distance (ici, la distance euclidienne). 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 variance approchée afin d'évaluer les distances entre les classes (Ward, 1963). Dans ce travail, l'CAH est utilisée pour regrouper les stations en fonction d'une part, de leurs similarités abiotiques, et d'autre part, en fonction de similarité des peuplements de macroinvertébrés sur la base des abondances moyennes des taxa. La distance euclidienne a été employée dans cette analyse de classification ascendante (Williams *et al.*, 1971) et la méthode de Ward utilisée comme critère d'agrégation (Ihaka et Gentleman, 1996).

II.2.5.3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Dans cette étude, l'ACP a été utilisée pour établir la typologie abiotique des stations sur la base de l'ensemble des paramètres environnementaux mesurés. 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. La matrice utilisée dans cette étude est une base ayant subi une transformation logarithmique « $\text{Log}(X + 1)$ » pour avoir une normalité approximative puis standardisée pour obtenir une échelle comparable des variables (Michael *et al.*, 2004). Le tableau de données « n » × « p » forme ainsi un nuage de « n » points dans un espace à « p » dimensions. Chaque composante principale (dimension) explique une quantité plus ou moins importante de l'information de départ. Les composantes principales sont classées par ordre décroissant de la quantité d'information qu'elles expliquent. En général, les deux à trois premières composantes principales suffisent pour expliquer 60 à 70% de l'information contenue dans la matrice de départ (Ouro-Boya, 2004). Les composantes principales sont obtenues par la diagonalisation d'une matrice qui, suivant la nature des variables initiales, est soit la matrice des corrélations, soit la matrice des covariances (Legendre et Legendre, 1979). Dans le cadre de cette étude, c'est la matrice de corrélations qui est utilisée. La phase finale de l'ACP consiste en une représentation graphique qui permet alors d'avoir un aperçu des résultats. Il existe deux types de représentations: le diagramme de dispersion des variables qui est un cercle de corrélations et le diagramme de dispersion des sites. Le pourcentage d'information

initiale expliquée par chaque composante principale est illustré sous forme d'histogramme. Le logiciel XLSTAT est utilisé pour cette analyse.

II.2.5.4. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

La caractérisation abiotique des différentes stations d'échantillonnage a été faite par l'analyse factorielle discriminante (AFD), afin de ressortir les paramètres qui discriminent les différents regroupements. La démarche consiste à produire une suite de variables discriminantes, non corrélées 2 à 2, de sorte que les observations appartenant au même groupe soient les plus proches possibles lorsqu'elles sont projetées sur les axes démographiques, et ceux des groupes différents soient éloignés les uns des autres. L'objectif est d'obtenir une représentation graphique qui permet la visualisation des proximités entre les observations appartenant au même groupe ou non. Explicative, cette technique d'analyse discriminante est descriptive et permet d'obtenir une interprétation des axes factoriels et donc de comprendre les caractéristiques qui distinguent les différents groupes. Son principe consiste à former des combinaisons linéaires des variables explicatives permettant d'affecter les « individus » à leur groupe d'origine avec un minimum d'erreur de classement (Bados, 2001 ; Desbois, 2003). Les paramètres influençant les variables de diversité ont été retenus selon les poids factoriels qui leur sont associés. Les poids ayant une valeur absolue supérieure à $|0,5|$ ont été plus spécifiquement considérés (Villanueva, 2004). Le test de permutation de Monte Carlo ($n = 1000$ permutations aléatoires) a été effectué afin d'apprécier la fiabilité de l'AFD (Manly, 1991). L'AFD a été faite à l'aide du logiciel XLSTAT 2007.

II.2.5.5. Indice de Pollution Organique (IPO)

L'IPO a été réalisé en utilisant les teneurs des polluants en cinq classes.

Le principe est 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. (Tableau 3).

Tableau 3: Limites des classes de l'IPO d'après Leclercq (2001).

Classes \ Paramètres	NH₄⁺ (mg/L)	NO₂⁻ (µg/L)	PO₄³⁻ (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



CHAPITRE III
RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats

III.1.1. Variables abiotiques

III.1.1.1. Données hydrologiques

Les variations spatiales de la vitesse d'écoulement des eaux, la largeur du lit mouillé, la profondeur et l'épaisseur du substrat meuble du fond obtenues pendant la période d'étude sont contenues dans le tableau 4. Dans l'ensemble, le cours d'eau Nga s'illustre avec des données des paramètres hydrologiques élevées. Ainsi, la valeur la plus élevée de la largeur du lit (6,95 m) est obtenue à la station Ng3, la valeur la plus petite (2 m) étant enregistrée à la station Fam2. Il en est de même de la profondeur de l'eau qui présente des données élevées dans le cours d'eau Nga, à la station Ng3 où la profondeur atteint 82,25 cm. Le relevé des données du substrat présente des valeurs plus élevées au niveau des stations Ng3 et Fam1 avec 46,8 cm et 24,4 cm respectivement, la station Ab 3 présentant la plus faible valeur (4,2 cm). Pour ce qui est de la vitesse d'écoulement des eaux, la station Nga1 s'est illustrée avec la valeur la plus élevée (0,64 m/s), la plus faible valeur étant enregistrées aux stations Ab1 et Nk2 respectivement (0,18 m/s). De façon globale, la station Ng3 se distingue par des données hydrologiques plus élevées, les stations Ab2 et Ab3 s'illustrant par des données relativement faibles.

Tableau 4: Quelques variables hydrologiques mesurées dans les différentes stations pendant la période d'étude.

Variabes	Ab1	Ab2	Ab3	Fam1	Fam2	Nkou1	Nkou2	Nkou3	Ng1	Ng2	Ng3
Largeur du lit (m)	2,3	2,5	3,6	2	2,5	2,3	2,2	2,1	4,5	5,45	6,95
Profondeur de l'eau (cm)	45,86	20	18,2	26,71	20	19,4	19,9	26,71	53	70,9	82,25
Substrat meuble (cm)	16,71	9	4,2	24,4	15	13	17	13,6	23,16	5,78	30,4
Vitesse d'écoulement (m/s)	0,17	0,23	0,17	0,31	0,27	0,4	0,17	0,23	0,55	0,25	0,42

III.1.1.2. Données granulométriques et sédimentométriques

Les données sur la granulométrie et la sédimentométrie sont consignées dans le tableau 5. Il en ressort que l'encombrement relatif (Enc) est plus important dans les stations Nkou1, Nkou2, Ng1 et Fa1 avec des taux de 6,31% ; 4,51% ; 4,51% et 4,49% respectivement. Les plus faibles taux sont enregistrés aux stations Ab1, Ab2 et Ab3 avec des valeurs respectives de 1,06% ; 0,83% et 0,05%. A l'échelle des sous-bassins versants, le cours d'eau Abouda enregistre le faible taux moyen d'encombrement relatif, avec une valeur de 0,65%, suivi des

cours d'eau Fam, Nga et Nkoumou avec des taux moyens de 3,11%, 3,32% et 4,67% respectivement.

Tableau 5: Données granulométriques des stations pendant la période d'étude.

Stations	> 6,70 mm	6,70 mm - 4,75 mm	4,75 mm - 3,35 mm	3,35 mm - 2,36 mm	2,36 mm - 1,70 mm	1,70 mm - 150 µm	150 µm - 75 µm	< 75 µm	Enc
Ab1	24,15	4,44	4,2	2,66	0,6	33,76	3,14	1,78	1,06
Ab2	1,33	5,38	4,61	3,63	3,23	73,18	7,67	1,98	0,83
Ab3	55,37	15,22	8,74	4,91	3,32	11,36	0,48	0,24	0,05
Fam1	1,12	5,17	4,4	3,42	3,03	72,97	7,48	1,78	4,49
Fam2	0,14	0,12	4,43	4,07	5,49	68,56	14,34	2,18	1,73
Nkou1	23,77	2,64	1,2	1,46	1,32	61,75	6,16	1,33	6,31
Nkou2	40,62	2,08	1,73	2,05	2,86	46,45	2,51	1,41	4,51
Nkou3	5,38	3,21	3,98	4,1	4,22	64,47	10,92	2,57	3,18
Ng1	2,49	4,96	3,71	3,95	3,19	67,87	11,12	2,04	4,51
Ng2	23,87	2,74	1,31	1,57	1,42	43,38	6,26	1,43	2,12
Ng3	27,69	7,98	7,74	6,19	4,14	37,3	6,77	2,55	3,32

La caractérisation granulométrique et sédimentométrique des substrats prélevés aux niveau des stations a permis de déterminer quatre groupes de tailles des particules, à savoir du gravier fin (GF), du sable grossier (SG), du sable fin (SF) et enfin de l'argile et du limon, qui constituent la partie fine du sédiment. De plus, cinq types de substrats ont été révélés : les types sable rocheux, roche sableux, sable vaseux, sable très vaseux et vase très sableux (Tableau 6). Ainsi, les stations Ab1 , Ab2, Nkou1, Nkou3, Ng1 et Ng2 sont essentiellement dominées par du sable et des roches. Les stations Ab3 et Nkou2 sont dominées par le type roche sableux. La stations Fam 1 est de type sableux-vaseux, la station Fam2 du type sable très vaseux et la station Ng3 a un substrat de type vase très sableuse. La station Ab3 enregistre la fraction granulométrique GF la plus importante, tandis que la station Fam2 présente la fraction la plus faible. De plus, la station Ng3 présente la fraction fine la plus importante du prélèvement. Globalement, dans l'ensemble des cours d'eau prospectés, les fractions granulométriques rocheuses et sableuses sont bien représentées.

Tableau 6 : Caractéristiques granulométrique et sédimentométrique des stations.

Stations	Granulométrie (%)			Sédimentométrie (%)	Nature du substrat
	GF	SG	SF	A+L	
Ab1	37,45	2,6	47,03	12,92	Sable rocheux
Ab2	14,04	3,23	72,18	10,55	
Nkou1	29,07	1,32	61,75	7,86	
Nkou3	17,82	4,22	64,47	13,49	
Ng1	15,78	3,19	67,87	13,16	
Ng2	44,51	1,42	45,38	8,68	
Ab3	84,24	3,32	11,72	0,72	Roche sableux
Nkou2	46,77	2,86	46,45	3,93	Sable vaseux
Fam1	14,74	3,03	72,97	9,26	Sable très vaseux
Fam2	8,76	5,49	69,23	16,52	Sable très vaseux
Ng3	4,14	9,32	37,3	49,24	Vase très sableux

A= argile, L = limon ; GF = gravier fin ; SG= sable grossier ; SF= sable fin.

III.1.1.3. Relevé des paramètres physicochimique

Le relevé des données spatiales et mensuelles des variables physicochimiques mesurés est consigné en annexe.

III.1.1.3.1. Température

Dans le cours d'eau Abouda, la température varie peu et se situe entre 20,2°C (Ab3 en janvier 2016) et 23,7°C (Ab2 en septembre 2016) (Figure 12A), avec une amplitude thermique de 3,5°C. Le test de Kruskal Wallis n'ayant montré aucune différence significative entre les valeurs, d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$), les valeurs oscillent autour d'une moyenne de 22,41°C \pm 0,74 °C. Il en est de même du cours d'eau Fam où l'amplitude thermique n'est que 2,45°C pour les valeurs de température allant de 21°C (Fam1 en janvier 2016) à 23,45°C (Fam1 février 2016) (Figure 12B). Aucune différence significative n'étant observée entre les valeurs, d'une station et d'un mois à l'autre, les données sillonnent autour d'une moyenne de 22,61°C \pm 0,63°C. L'évolution de la température est similaire dans le cours d'eau Nkoumou, avec des valeurs comprises entre 21,63°C (Nkou3 en janvier 2016) et 23,9°C (Nkou1 en février 2016) et une amplitude thermique de 2,27°C. Aucune différence significative n'étant observée entre les valeurs d'une station et d'un mois à l'autre, une moyenne de 22,95°C \pm 0,67°C a été obtenue (Figure 12C).

Le cours d'eau Nga présente des valeurs de température fluctuant entre 21,3°C (Ng2 en janvier 2016) et 23,53°C (Ng1 en février 2016) pour une amplitude thermique de 2,23°C (Figure 12D). Les valeurs n'ayant montré aucune différence significative d'une station et d'un

mois à l'autre, la valeur moyenne est de $22,76^{\circ}\text{C} \pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Toutefois, si dans l'ensemble des cours d'eau les valeurs de la température varient peu d'un mois à l'autre, elles ne montrent de différences significatives que sur le plan spatial ($p < 0,05$), notamment entre les stations Ab3, Ab1, Ng1 et Ng3.

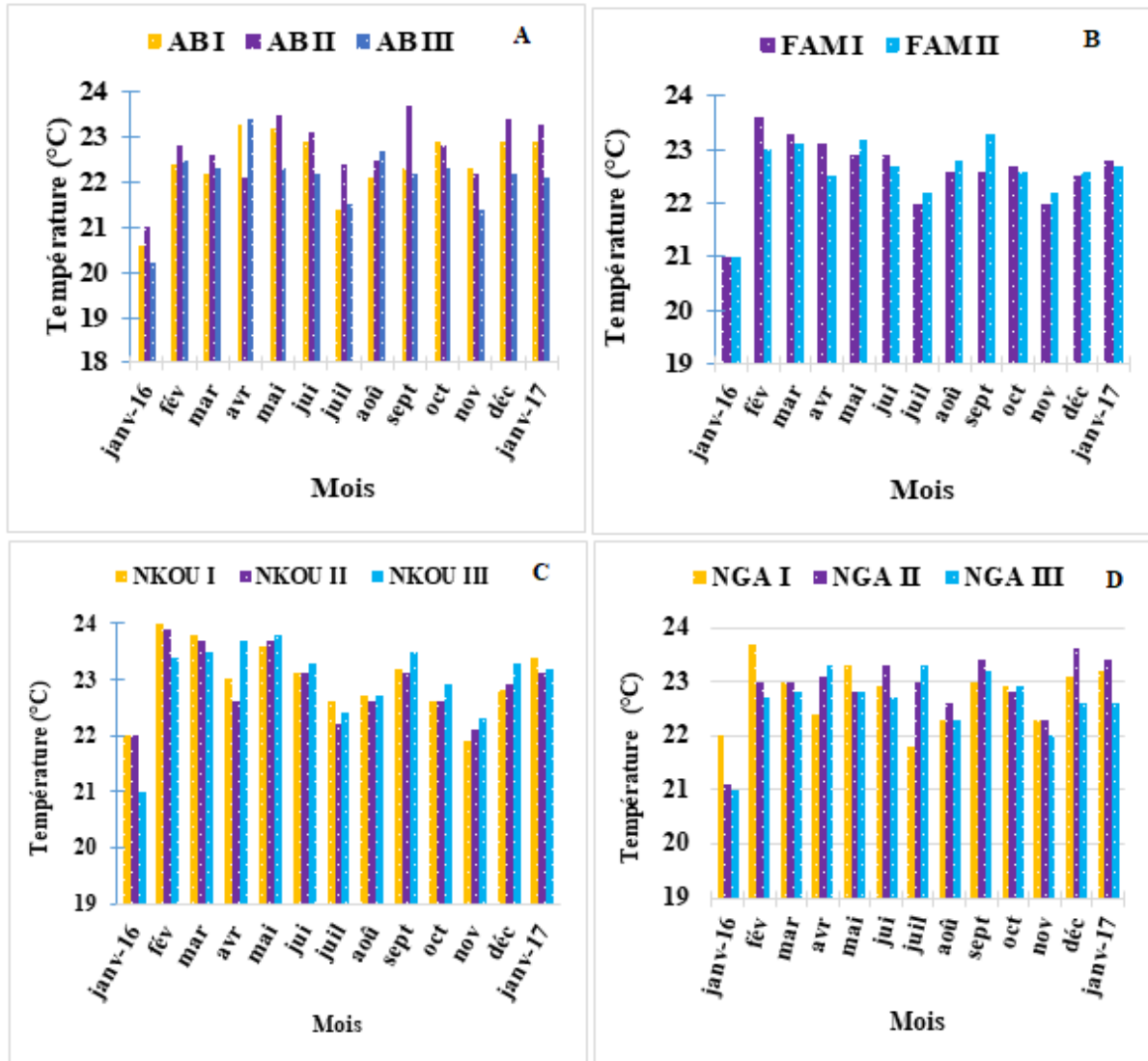


Figure 12 : Variation de la température dans les cours d'eau pendant la période d'étude : A = Abouda, B= Nkoumou, C = Fam, D = Nga.

III.1.1.3.2. Matières en suspension

Dans le cours d'eau Abouda, les teneurs en matières en suspension (MES) oscillent entre 1 mg/L à 30 mg/L (Figure 13A) avec une moyenne de $12,89 \text{ mg/L} \pm 6,69 \text{ mg/L}$. Dans le cours d'eau Fam, les valeurs les plus élevées (65 mg/L et 51 mg/L) ont été obtenues au mois de septembre tandis que le mois de février a enregistré les plus faibles valeurs 0 mg/L (Figure 13B). Dans le cours d'eau Nkoumou, les MES présentent des valeurs comprises entre 1 mg/L (stations Nkou1 aux mois de février 2016 et août 2016) et 69 mg/L (station Nkou2, au mois de

septembre 2016) (Figure 13C) . En ce qui concerne le cours d'eau Nga, les valeurs se situent entre 2 mg/L (station Ng3 aux mois d'août 2016 et décembre 2016) et 70 mg/L (station Ng3, au mois de septembre 2016) (Figure 13D). Cependant, des différences significatives ont été observées dans le cours d'eau Nga sur le plan spatio-temporel ($p < 0,05$), notamment entre les stations Ng1 et Ng2, puis entre les mois de juillet et septembre 2016.

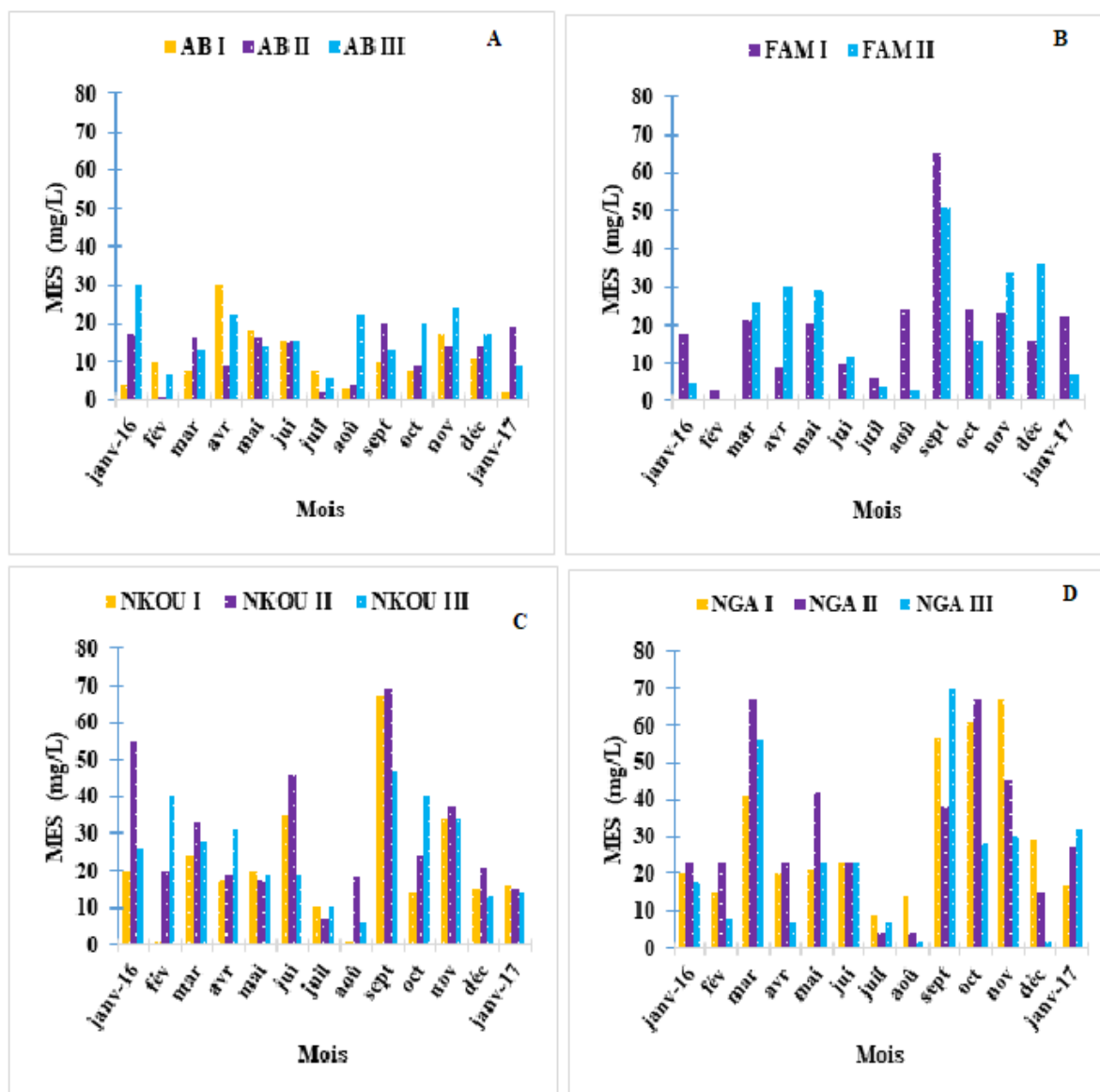


Figure 13: Variation spatiale des teneurs en MES dans les cours d'eau Abouda (A) et Fam (B) Nkoumou (C) et Nga (D) pendant la période d'étude.

III.1.1.3.3. Turbidité et Couleur

Les profils de la turbidité dans les différents cours d'eau sont sensiblement similaires. Dans le cours d'eau Abouda, les valeurs sont comprises entre 1 NTU (station Ab1, au mois de mars 2016) et 55 NTU (Ab3, au mois de novembre 2016). La valeur moyenne est $24,77 \pm 15,18$ NTU

et test de Kruskal Wallis ne montre aucune différence significatives entre les valeurs d'une station et d'un mois à l'autre ($P > 0,05$), (Figure 14A). Dans le cours d'eau Fam, les valeurs de la turbidité oscillent entre 2,8 NTU (station Fam1, au mois de mars 2016) et 144 NTU (station Fam1, au mois de septembre 2016). Aucune différence significative n'est observée entre les différentes valeurs et la moyenne est de $57,68 \pm 5,54$ NTU (Figure 14B). Dans le cours d'eau Nkoumou, les valeurs de la turbidité varient entre 3 NTU (station Nkou1, en janvier 2016) et 169 NTU (station Nkou3, en septembre). Le test de Kruskal Wallis n'ayant montré aucune différence significatives, les valeurs oscillent autour d'une moyenne de $(36,77 \pm 28,79$ NTU) (Figure 14C). Dans le cours d'eau Nga, ces valeurs évoluent entre 4 NTU (station Ng3, en décembre) et 252 NTU (station Ng2, au mois de novembre). Les fluctuations de ce paramètre présentent des différences significatives ($P < 0,05$) (Figure 14D).

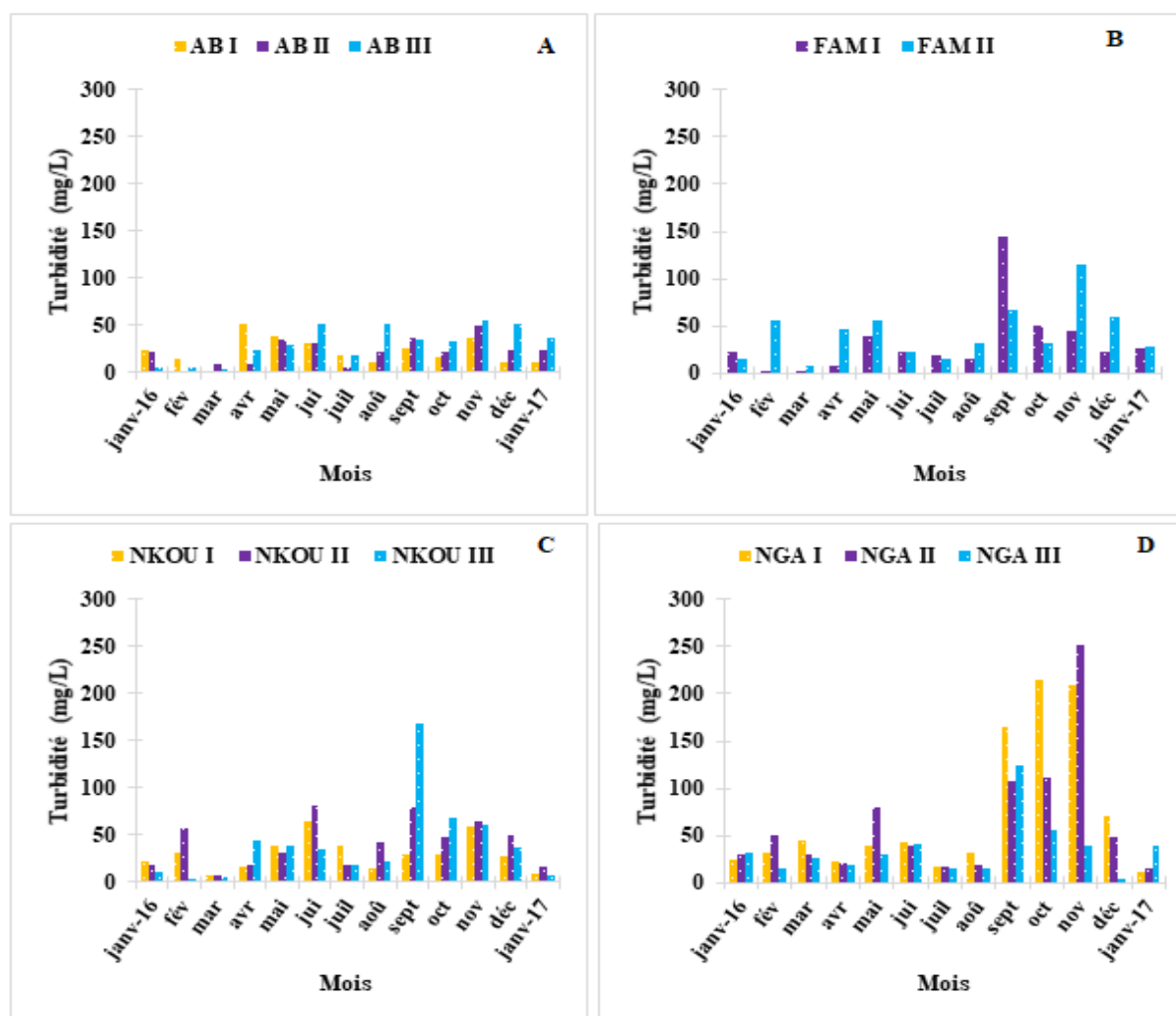


Figure 14: Variation des valeurs de la turbidité dans les cours d'eau pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Nkoumou, C = Fam, D = Nga.

Le profil de variation de la couleur est similaire dans les différents sous bassins versants. Le mois de novembre présente les valeurs les plus élevées (Ab3 et Fam2), par contre les plus faibles valeurs ont été enregistrées pendant les mois de janvier et juillet (Figure 15). Dans chaque sous- bassin versants, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été obtenue d'une station et d'un mois à l'autre.

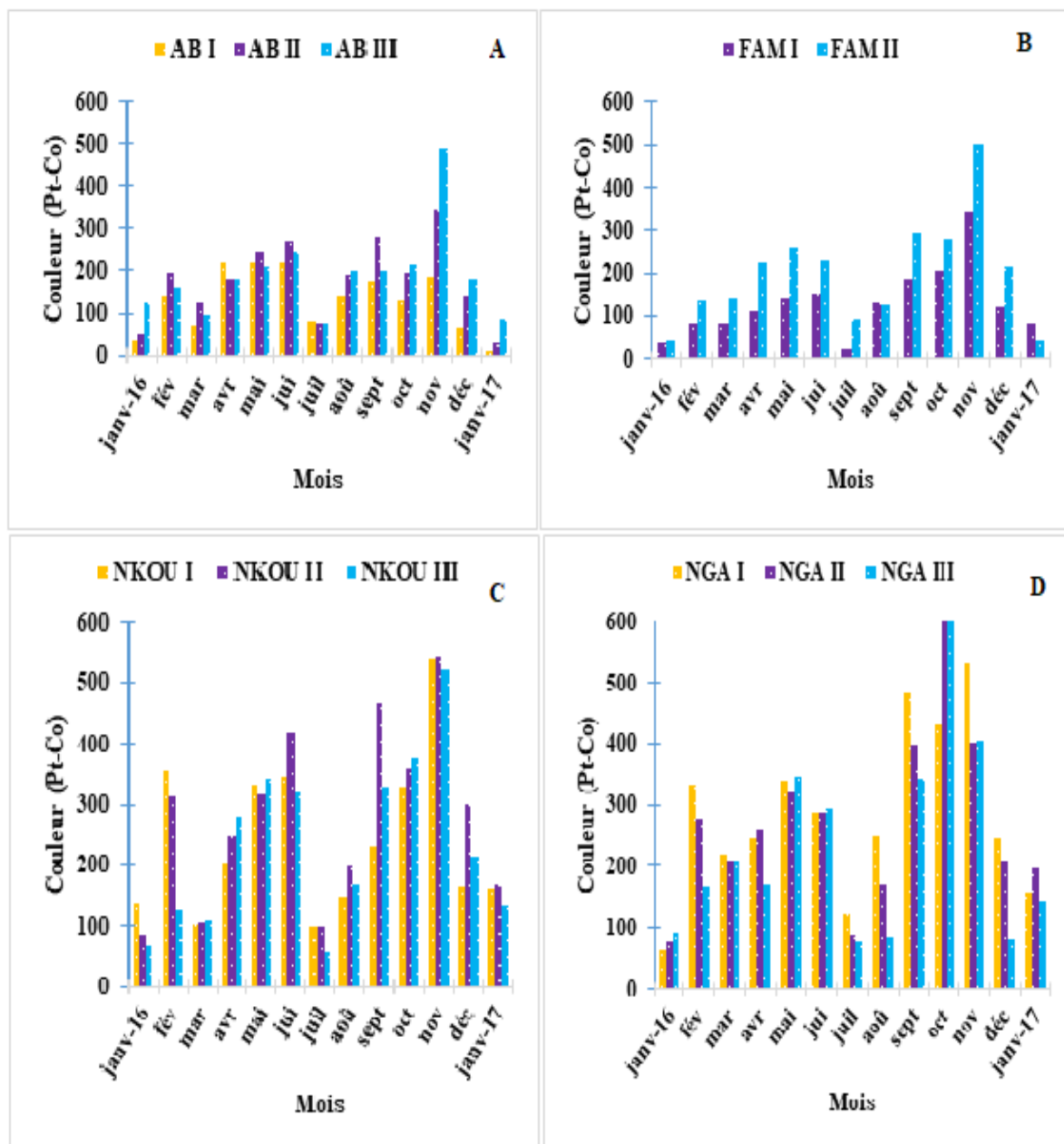


Figure 15: Variation spatio-temporelle de la couleur dans les stations pendant la période d'étude

III.1.1.3.4 Oxygène dissous

Dans chaque sous-bassin versant, le profil de variation du taux de saturation l'oxygène dissous présente la même configuration, avec des pics enregistrés au mois de janvier 2016 (98

% à la station Ab2, 97% à Fam2, 96% aux stations Nkou2 et Ng3) (Figure 16). Cependant, les mois de juillet et septembre présentent des faibles valeurs (50% à la station Ab3 en juillet et 44 % à la stations Fam2, Nkou1, Ng2, aux mois de septembre 2016 et juillet 2016 respectivement). Aucune différence significative n'a été observée entre les teneurs d'une station, d'un cours d'eau à l'autre et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$), les valeurs oscillent autour d'une moyenne de $83,25\% \pm 14,01\%$.

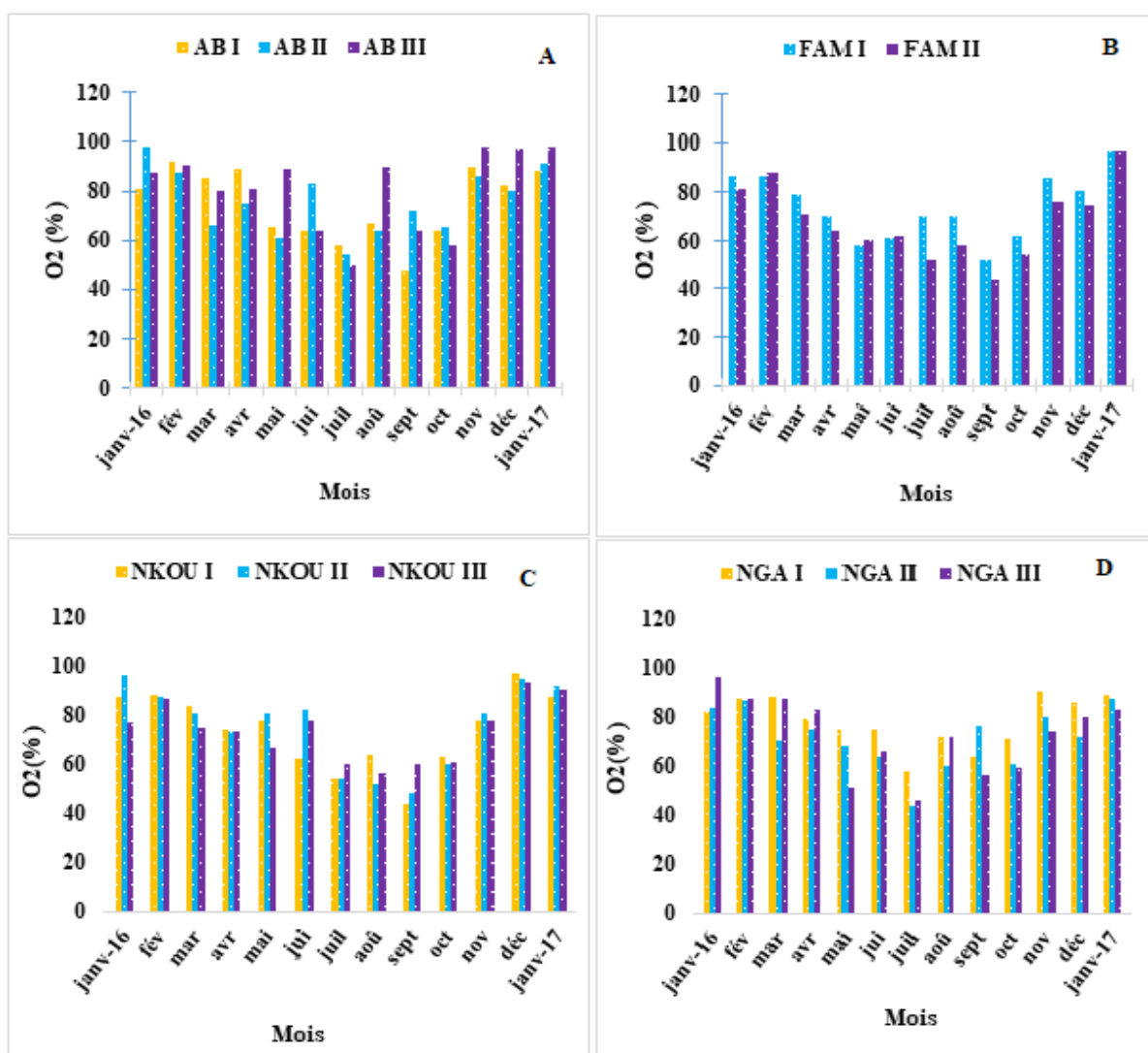


Figure 16: Variation spatio-temporelle du taux de saturation en oxygène dissous dans les cours d'eau pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III.1.1.3.5. Oxydabilité

Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda, le profil de variation de l'oxydabilité présente des valeurs qui fluctuent entre 0,79 mg/L (stations Ab1 et Ab2 en juin 2016) et 11,6 mg/L (janvier 2016, janvier 2017 et octobre 2016, à la station Ab3). Les valeurs

observées ne présentent pas de différences significatives, et s'organisent autour d'une moyenne de $5,97 \text{ mg/L} \pm 1,11 \text{ mg/L}$ (Figure 17A). Dans le sous-bassin versant du Fam, les valeurs fluctuent entre $1,12 \text{ mg/L}$ (stations Fam1 et Fam2 en mars, juin et juillet) et 29 mg/L (station Fam1 en janvier 2017). Les fluctuations des valeurs sont significativement différents ($P < 0,05$) (Figure 17B). Dans le cours d'eau Nkoumou, les teneurs de l'eau en oxydabilité sont plus élevées au mois de janvier 2017 (19 mg/L à la station Nkou2). Les fluctuations observées ne sont pas significativement différents ($P > 0,05$) et s'organisent autour d'une moyenne de $7,03 \pm 5,48 \text{ mg/L}$ (Figure 17C). Il en est de même du cours d'eau Nga, où les fortes teneurs ($22,7 \text{ mg/L}$) sont enregistrées (station Ng2 en janvier 2017) (Figure 17D). Aucune différence significative n'ayant été obtenue entre les valeurs, les données s'organisent autour d'une moyenne de $6,3 \text{ mg/L} \pm 4,1 \text{ mg/L}$.

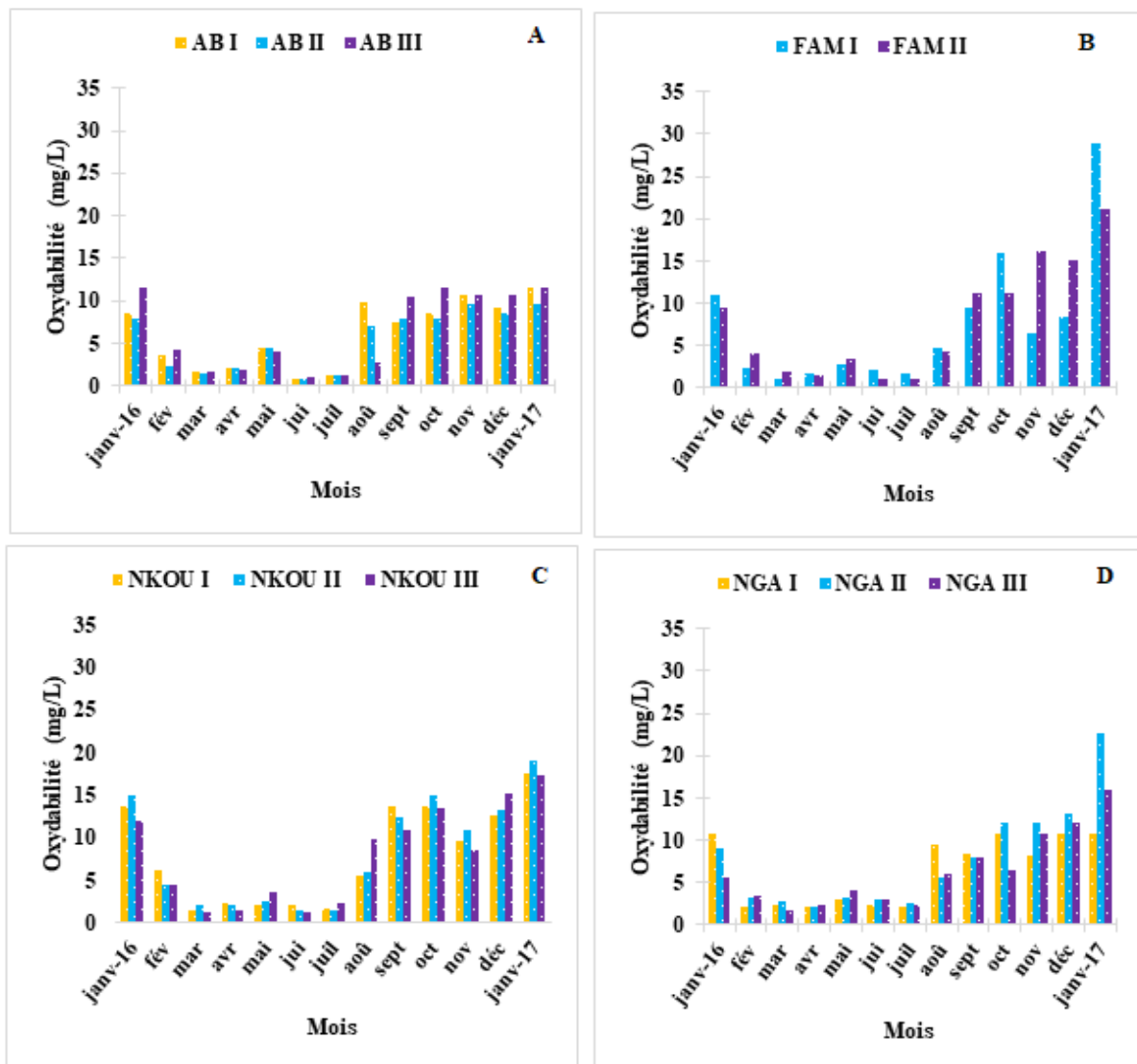


Figure 17 : Variation de l'oxydabilité dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude: A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga

III.1.1.3.6. Azote ammoniacal

Les teneurs en azote ammoniacal dans le cours d'eau Abouda, fluctuent entre 0,02 mg/L et 0,69 mg/L et s'organisent autour d'une moyenne de $0,33 \text{ mg/L} \pm 0,05 \text{ mg/L}$. Le mois d'août a enregistré la plus grande valeur à la station Ab3 et la station Ab1 présente la valeur la plus faible pendant le mois d'octobre (Figure 18A). Dans le sous bassin du cours d'eau Fam, les valeurs fluctuent entre 0,02 mg/L et 0,5 mg/L, avec une moyenne de $0,23 \text{ mg/L} \pm 0,04 \text{ mg/L}$. La valeur la plus élevée est enregistrée au mois de mai à la station Fam1, le mois de janvier 2017 présente la valeur la plus faible à la station Fam2 (Figure 18B). Dans le cours d'eau Nkoumou, les données s'échelonnent entre 0,02 mg/L et 0,8 mg/L soit une moyenne de $0,34 \pm 0,06 \text{ mg/L}$. Les mois de mai et octobre présentent les données les plus élevées aux stations Nkou1 et Nkou3 respectivement ; de plus la station Nk2 enregistre la valeur la plus faible en janvier 2017 (Figure 18C). Le cours d'eau Nga présente des valeurs comprises entre 0,04 mg/L et 0,9 mg/L. Les mois de juillet et de novembre présentent les valeurs les plus élevées alors les plus faibles valeurs sont obtenues en juin et décembre (Figure 18D). Dans les cours d'eau, malgré des fluctuations enregistrées, aucune différence significative n'a été observé d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$).

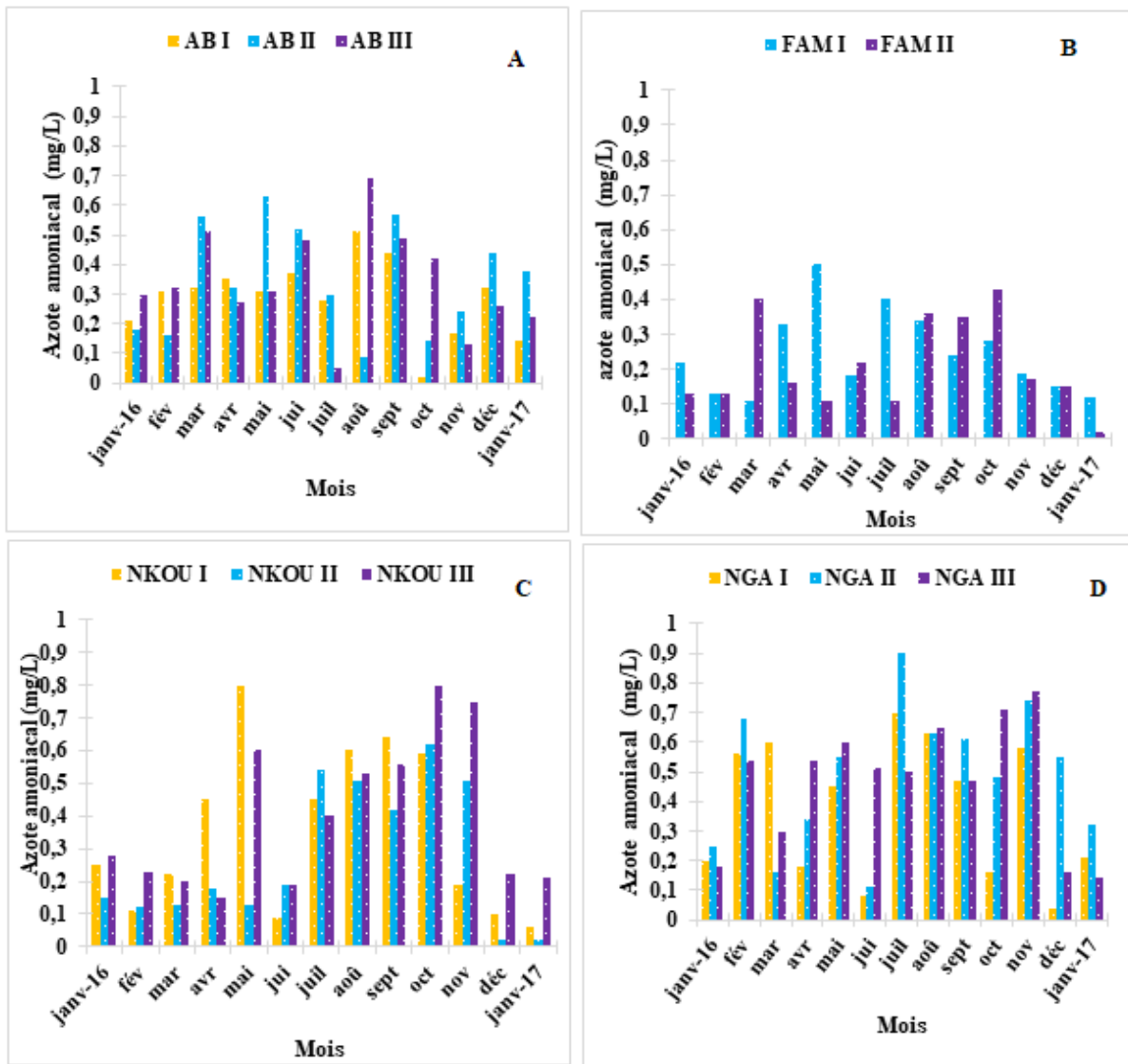


Figure 18 : Variation temporelle des teneurs en azote ammoniacal dans les cours d’eau pendant la période d’étude. Avec A = Abouda, B = Fam, C= Nkoumou, D = Nga.

III.1.1.3.7. Nitrites

Les teneurs de l’eau en nitrites dans le cours d’eau Abouda se situent entre 0,001 mg/L (station Ab1, en janvier 2016) et 0,4 mg/L (station Ab3, en mai et juin 2016), avec une moyenne de $0,063 \pm 0,028$ mg/L. (Figure 19A). Ces valeurs fluctuent dans le cours d’eau Fam entre 0,002 mg/L (station Fam2 en janvier 2017) et 0,5 mg/L (station Fam1 en mai 2016), avec une moyenne de $0,046 \pm 0,022$ mg/L (Figure 19B). Dans le cours d’eau Nkoumou, ces valeurs s’échelonnent de 0,004 mg/L (stations Nkou1 et Nkou2, en janvier 2017) et 0,6 mg/L (station Nkou1 en juin 2016), et une moyenne de $0,043 \pm 0,019$ mg/L, (Figure 19C). Dans le cours d’eau Nga, les teneurs en nitrites fluctuent entre 0,003 mg/L (station Ng1 en juillet) et 0,67 mg/L (station Ng1 en octobre 2016), avec une moyenne de $0,051 \pm 0,021$ mg/L. (Figure 19D). Dans

l'ensemble des sous-bassins versants, les variations observées ne sont pas significativement différentes d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$).

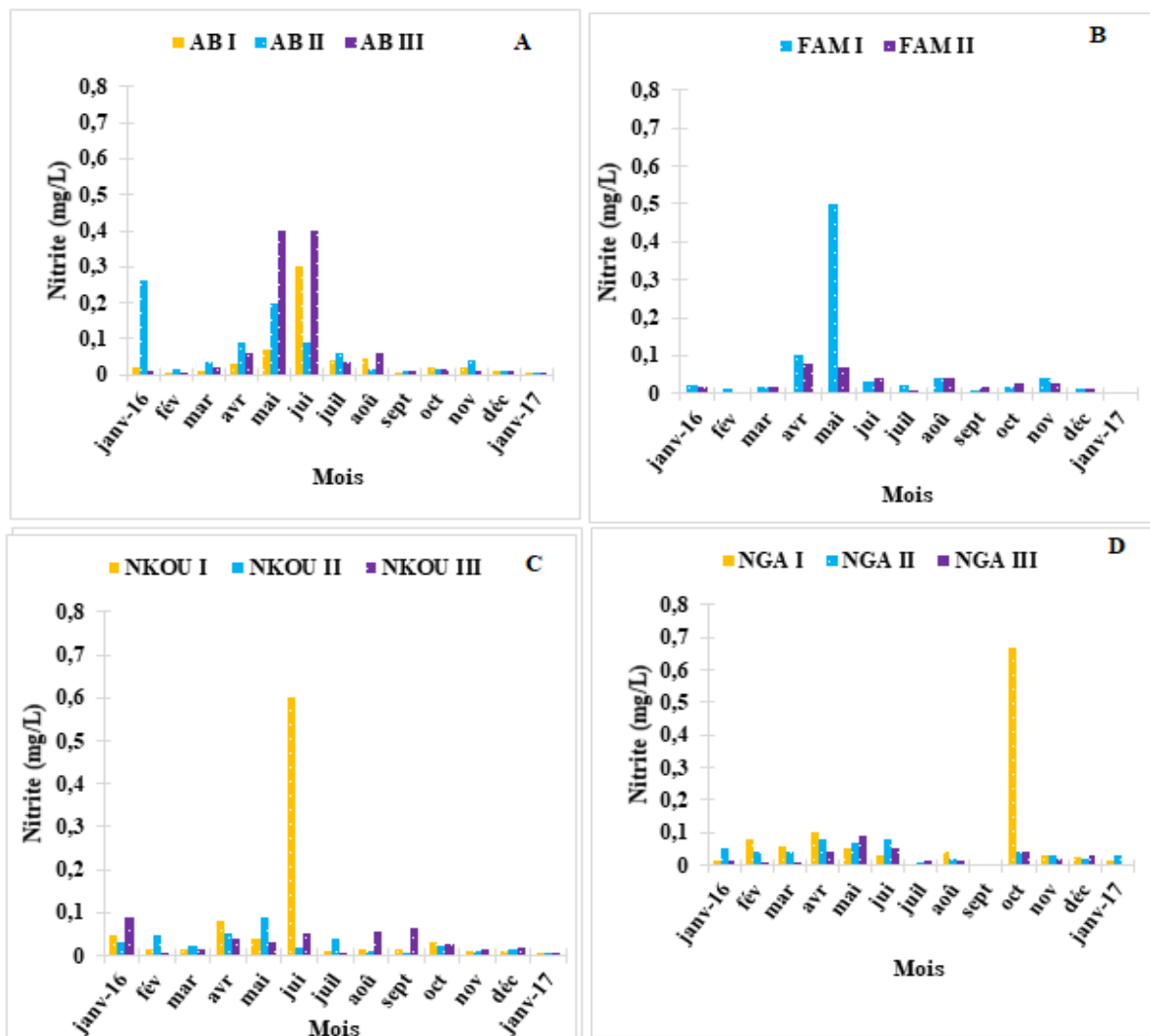


Figure 19 : Variations spatiales des teneurs en Nitrites dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude. Avec A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III. 1.1.3.8. Nitrates

Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda, les teneurs en nitrates évoluent entre 0,016 mg/L (station Ab3 en janvier 16) et 3,1 mg/L (station Ab2 en septembre et octobre 2016), avec une moyenne de $1,119 \pm 0,266$ mg/L. La station Ab2 présente des valeurs élevées aux mois de mars, septembre et octobre. Les mois de janvier 2016 et février présentent à toutes les stations des valeurs inférieures à 0,5 mg/L (Figure 20A). Dans le sous-bassin versant du Fam, les données fluctuent entre 0,004 mg/L et 2,4 mg/L, la moyenne s'organisant autour de $0,939 \pm 0,244$ mg/L (Figure 20B). Dans le sous bassin versant du cours d'eau Nkoumou, les teneurs sont comprises entre 0,001 mg/L (station Nkou1 en janvier 2016) et 3,1 mg/L (station Nkou1 en septembre 2016), avec une moyenne oscillant autour de $1,072 \pm 0,258$ mg/L (Figure 20C).

Dans le sous-bassin versant du Nga, les valeurs s'échelonnent de 0,001 mg/L (station Ng1 en janvier 2016) et 3,2 mg/L (station Ng3 en septembre 2016), et une moyenne de $1,06 \pm 0,249$ mg/L (Figure 20D). Dans l'ensemble des sous-bassins versants, les fluctuations enregistrées dans les stations et par mois ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

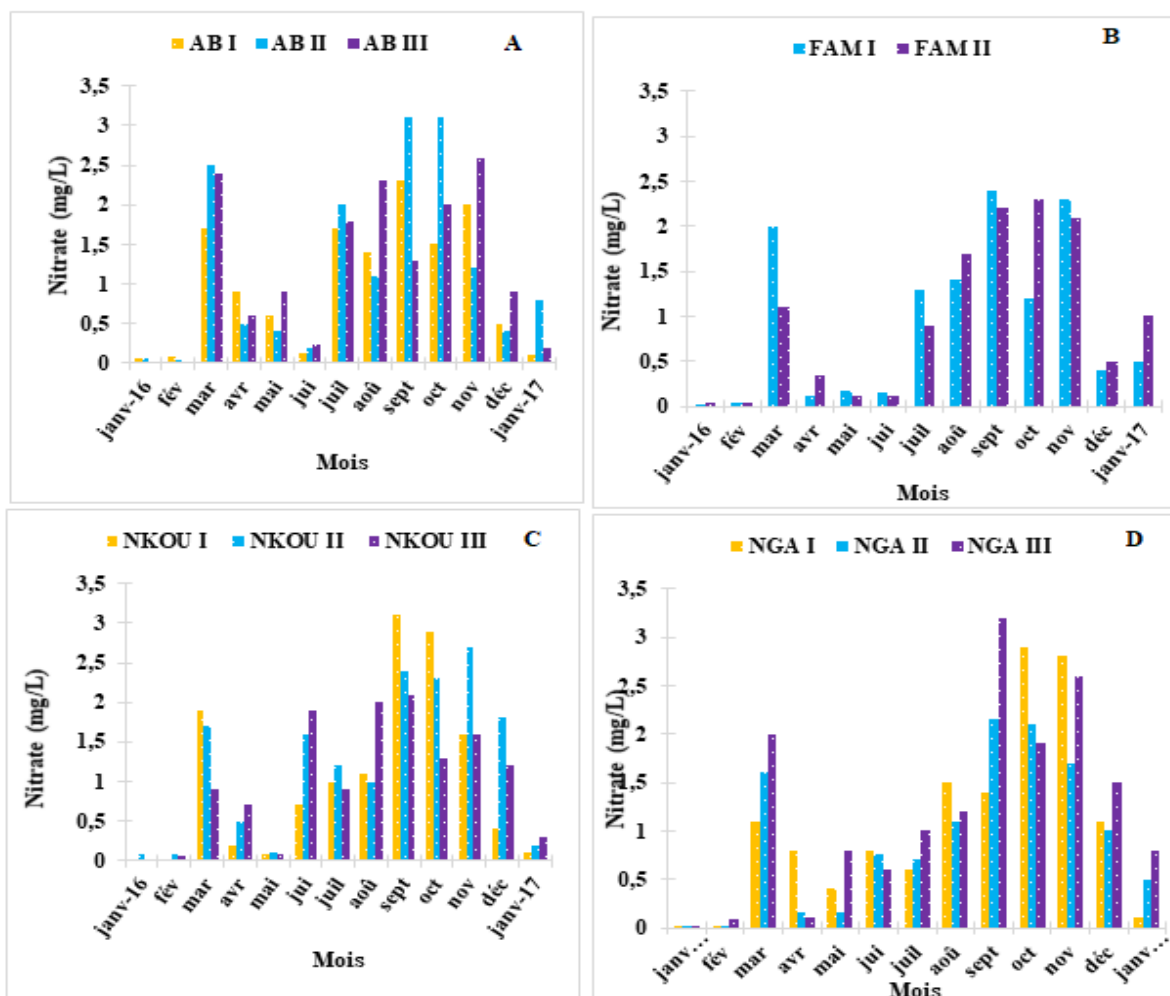


Figure 20: Variation spatiale des teneurs en Nitrates dans les sous-bassins versants

III. 1.1.3.9. Orthophosphates

Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda, le profil de variation des teneurs de l'eau en orthophosphates oscille entre 0,01 mg/L (station Ab3 en janvier 2017) et 1,1 mg/L (station Ab2 en octobre 16), avec une moyenne de $0,366 \pm 0,078$ mg/L. Pendant les mois de janvier 2016, février, mars, avril, mai, juin juillet, septembre, novembre et décembre, le relevé présente sensiblement la même configuration avec des valeurs inférieures à 0,6 mg/L à toutes les stations. (Figure 21A). Dans le sous-bassin versant du Fam, ces valeurs varient de 0,03 mg/L (station Fam2 en janvier 2017) et 0,96 mg/L (station Fam2 en août 2016), avec une moyenne de $0,317 \pm 0,076$ mg/L (Figure 21B). Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Nkoumou, les valeurs évoluent de 0,01 mg/L (station Nkou1 en mars 2016) et 0,9 mg/L (station Nkou3 en

avril 2016), avec une moyenne de $0,253 \pm 0,065$ mg/L (Figure 21C). Les teneurs des eaux du cours d'eau Nga en orthophosphates fluctuent entre 0,01 mg/L (station Ng1 en juillet 2016) et 0,91 mg/L (station Ng3 en juin 2016), pour une moyenne de $0,238 \pm 0,062$ mg/L (Figure 21D).

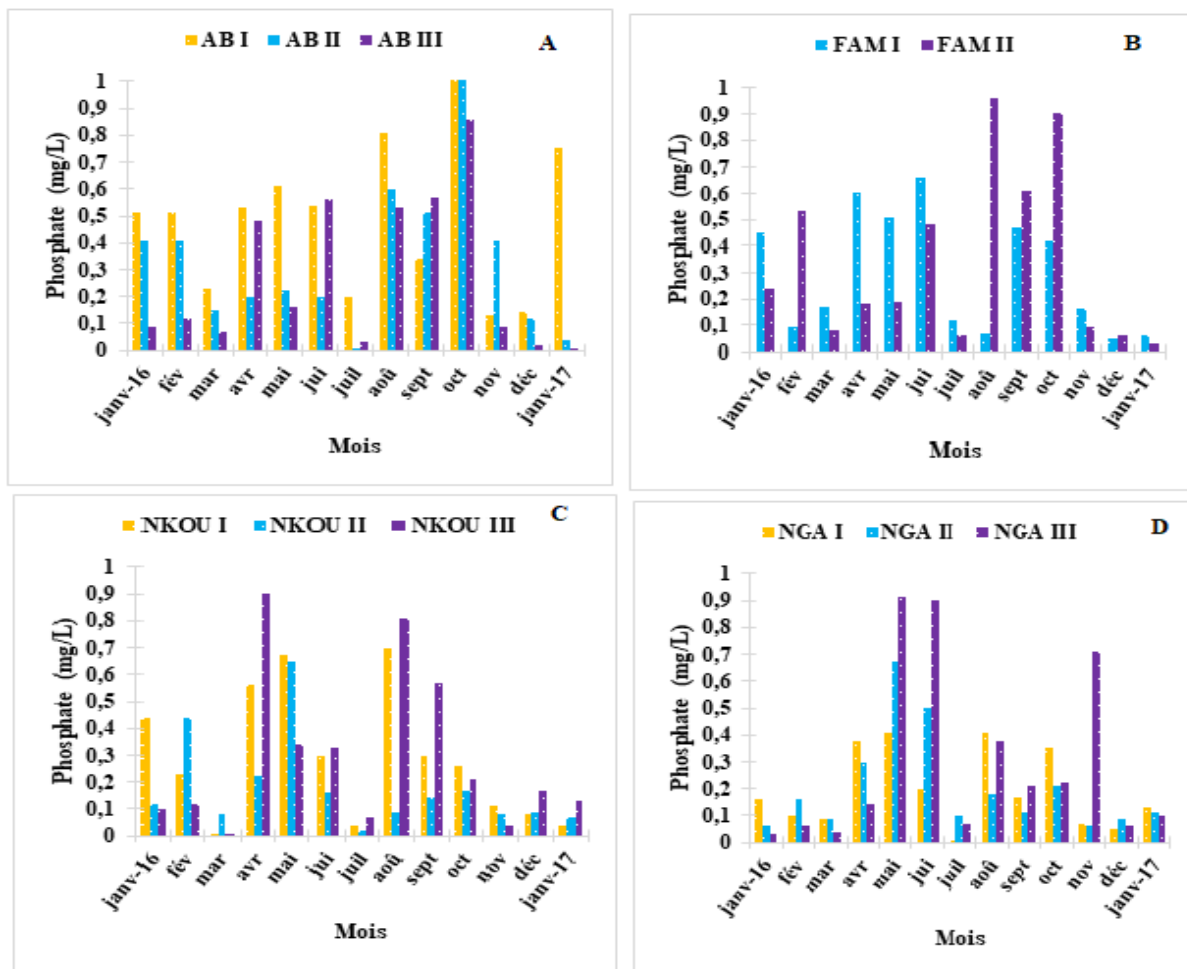


Figure 21 : Variation des teneurs des eaux en orthophosphates dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III. 1.1.3.10 CO₂ dissous

Le profil de variation des teneurs de l'eau en CO₂ dissous dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda présente des valeurs qui se situent entre 1,76 mg/L (station Ab1 en janvier 2017) et 15,84 mg/L (station Ab1 en août 2016), avec une moyenne de $7,264 \pm 0,995$ mg/L (Figure 22A). Dans le sous-bassin versant du Fam, les teneurs évoluent de 1,76 mg/L (station Fam1 en juillet, novembre et décembre 2016) à 14,08 mg/L (station Fam1 en janvier 2017), la moyenne étant de $7,313 \pm 0,977$ mg/L (Figure 22B). Les teneurs en CO₂ dissous dans le sous-bassin versant du Nkoumou s'échelonnent entre 1,76 mg/L (station Nkou1 en juillet et novembre 2016) et 12,32 mg/L (station Nkou1, Nkou2, Nkou3 en décembre 2016 et janvier 2017, janvier 2016 et mars 2016 respectivement), avec une moyenne de $7,805 \pm 0,901$ mg/L

(Figure 22C). Dans le cours d'eau Nga, les valeurs évoluent de 1,76 mg/L (aux stations Ng1 et Ng2 en novembre 2016) et 14,08 mg/L (station Ng3 en décembre 2016), avec une moyenne de $8,115 \pm 1,044$ mg/L. (Figure 22D). Toutefois, ces différentes fluctuations spatio-temporelles ne présentent pas de différences significatives ($p > 0,05$) dans l'ensemble des sous-bassins versants étudiés.

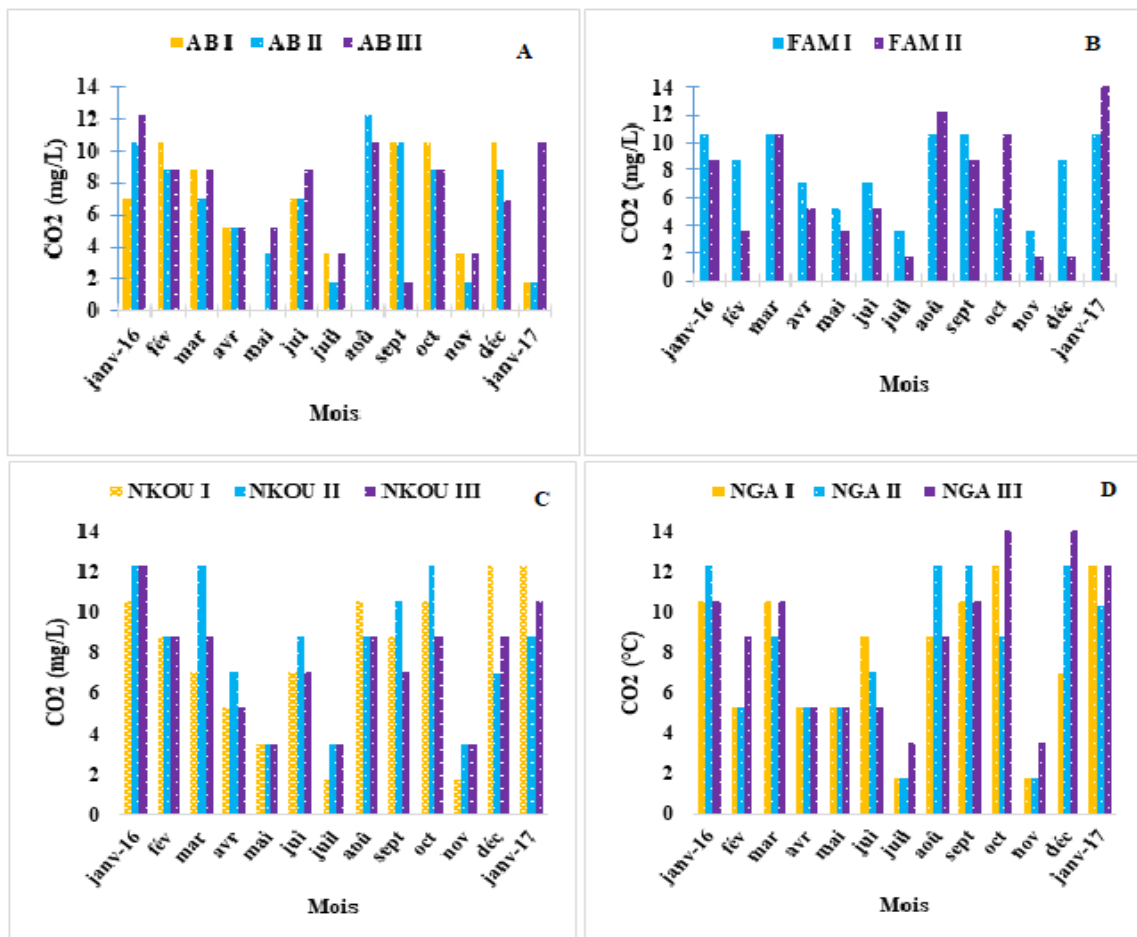


Figure 22: Variation des teneurs des eaux en CO₂ dissous dans les différentes stations pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III. 1.1.3.11 pH

Dans le sous bassin versant du cours d'eau Abouda, les valeurs du pH fluctuent entre 5,76 UC et 7,6 UC, avec une moyenne de $6,514 \pm 0,123$ UC, la valeur la plus élevée (7,6 UC) étant obtenue à la station Ab3 aux mois de janvier et février 2016 (Figure 23A). Dans le sous-bassin versant du Fam les valeurs évoluent de 5,46 UC (station Fam2 en décembre 2016) et 7,57 UC (station Fam2 en janvier 2016), avec une moyenne de $6,305 \pm 0,135$ UC (Figure 23B). Dans le cours d'eau Nkoumou, les valeurs s'échelonnent de 5,37 UC (station Nkou2 en janvier 2017) et 7,72 UC (station Nkou3 en janvier 2016), avec la moyenne $6,223 \pm 0,154$ UC (Figure 23C). Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Nga, les valeurs se situent entre 5,46 UC (station

Ng1 en janvier 2017) et 7,55 UC (station Ng2 en janvier 2016), avec une moyenne de $6,347 \pm 0,144$ UC (Figure 23D). Dans l'ensemble du bassin versant, les variations des valeurs de pH observées ne présentent pas de différences significatives d'une station et d'un mois à l'autre ($p > 0,05$)

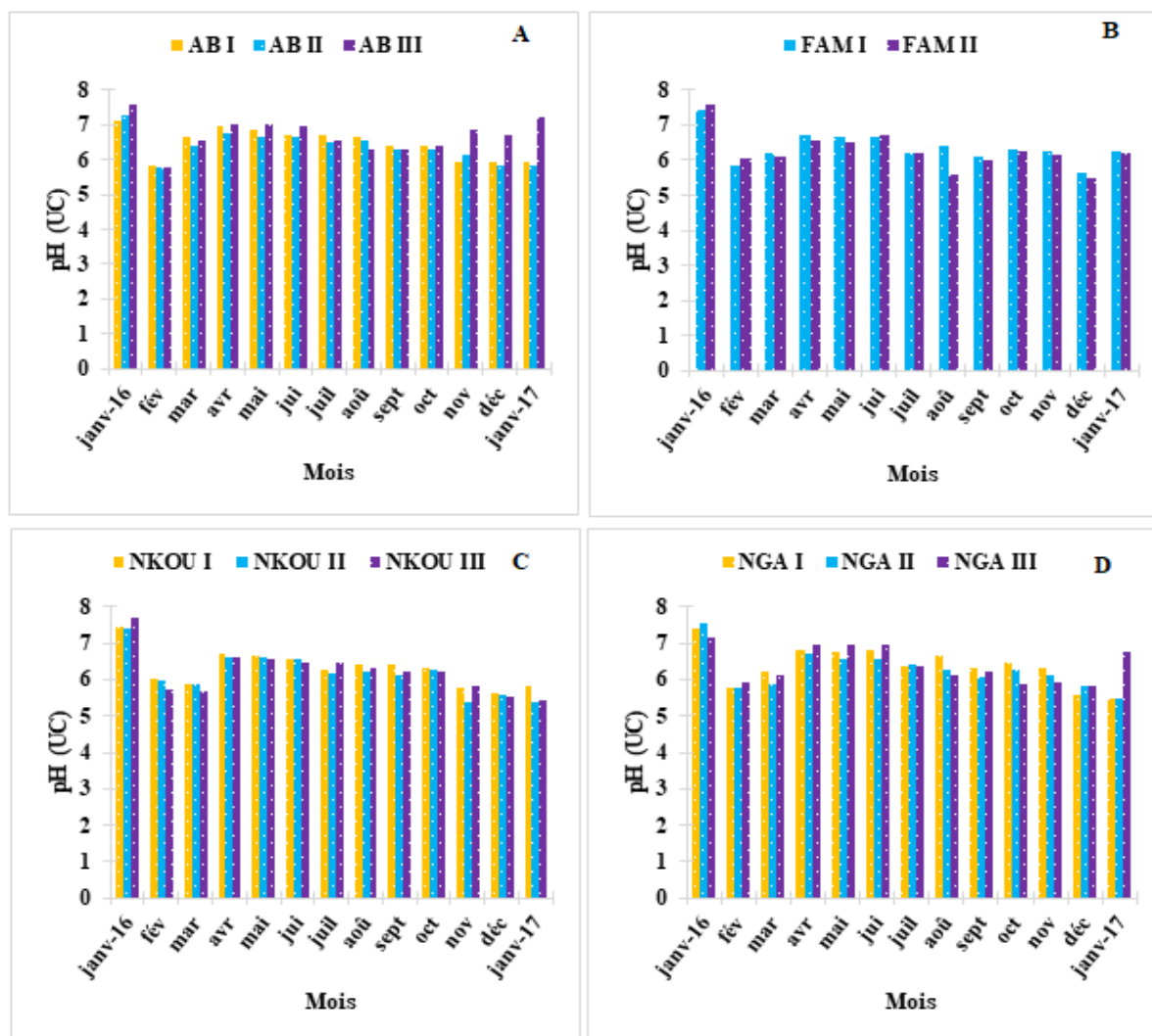


Figure 23: Variation des valeurs de pH dans les différents sous-bassins versants pendant la période d'étude: A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III.1.1.3.12 Alcalinité

Dans le sous bassin versant du cours d'eau Abouda, l'alcalinité présente des valeurs qui fluctuent entre 2 mg/L de CaCO_3 et 4 mg/L de CaCO_3 , avec une moyenne de $2,52 \pm 0,26$ mg/L de CaCO_3 . Les valeurs sont relativement faibles dans l'ensemble du sous bassin versant, les mois de février, mars, avril, juillet et janvier 2017 présentent la même configuration avec des valeurs stables dans toutes les stations (Figure 24A). Dans le sous-bassin du cours d'eau Fam, l'évolution de l'alcalinité est similaire, la moyenne étant de $2,85 \pm 0,28$ mg/L de CaCO_3 (Figure

24B). Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Nkoumou, les valeurs varient entre 2 mg/L CaCO₃ (aux stations Nkou1, Nkou2 et Nkou3 aux mois de février, mars, avril, mai, septembre et janvier 2017) et 6 mg/L CaCO₃, (station Nkou1, aux mois de janvier 2016, juin, juillet, novembre et décembre ; station Nkou2 aux mois de janvier 2016, juin août, octobre, novembre, et décembre ; station Nkou3 aux mois d'août, octobre, novembre, décembre et janvier 2017), pour une moyenne de $3,03 \pm 0,34$ mg/L de CaCO₃ (Figure 24C). Dans le cours d'eau Nga, les valeurs les plus élevées (6 mg/L de CaCO₃) sont été relevées aux stations Ng1 en juillet, Ng2 en août et Ng3 en août et janvier 2017 et la valeur moyenne est de $3,231 \pm 0,392$ mg/L de CaCO₃ (Figure 24D). Cependant, les fluctuations enregistrées au sein des différentes stations ne présentent pas des différences significatives dans l'ensemble des sous-bassins versants ($p > 0,05$).

III.1.1.3.13. Conductivité électrique.

La conductivité électrique dans le sous-bassin versant du cours d'eau Abouda évolue de 40 µS/cm (station Ab1 en janvier 2016, juin, juillet, août, octobre et décembre ; à la station Ab2 en janvier 2016, mai, juillet, août, octobre, novembre et décembre 2016 ; à la station Ab3 en janvier 2016 et juillet) et 60 µS/cm (aux stations Ab1 et Ab2 en février 2016 et janvier 2017 ; à la station Ab3 en mars, mai et novembre 2016), avec une moyenne de $47,692 \pm 2,012$ µS/cm. (Figure 25A). Dans le sous-bassin versant du cours d'eau Fam, les valeurs se situent entre 30 µS/cm (aux stations Fam1 et Fam2 en septembre 2016) et 60µS/cm (à la station Fam1 en janvier 2016, mars, avril, mai, décembre et janvier 2017), avec une moyenne de $50,769 \pm 2,486$ µS/cm. (Figure 25B). La conductivité électrique dans le cours d'eau Nkoumou, présente des valeurs qui s'organisent de 40 µS/cm aux stations Nkou1 en mars 2016.

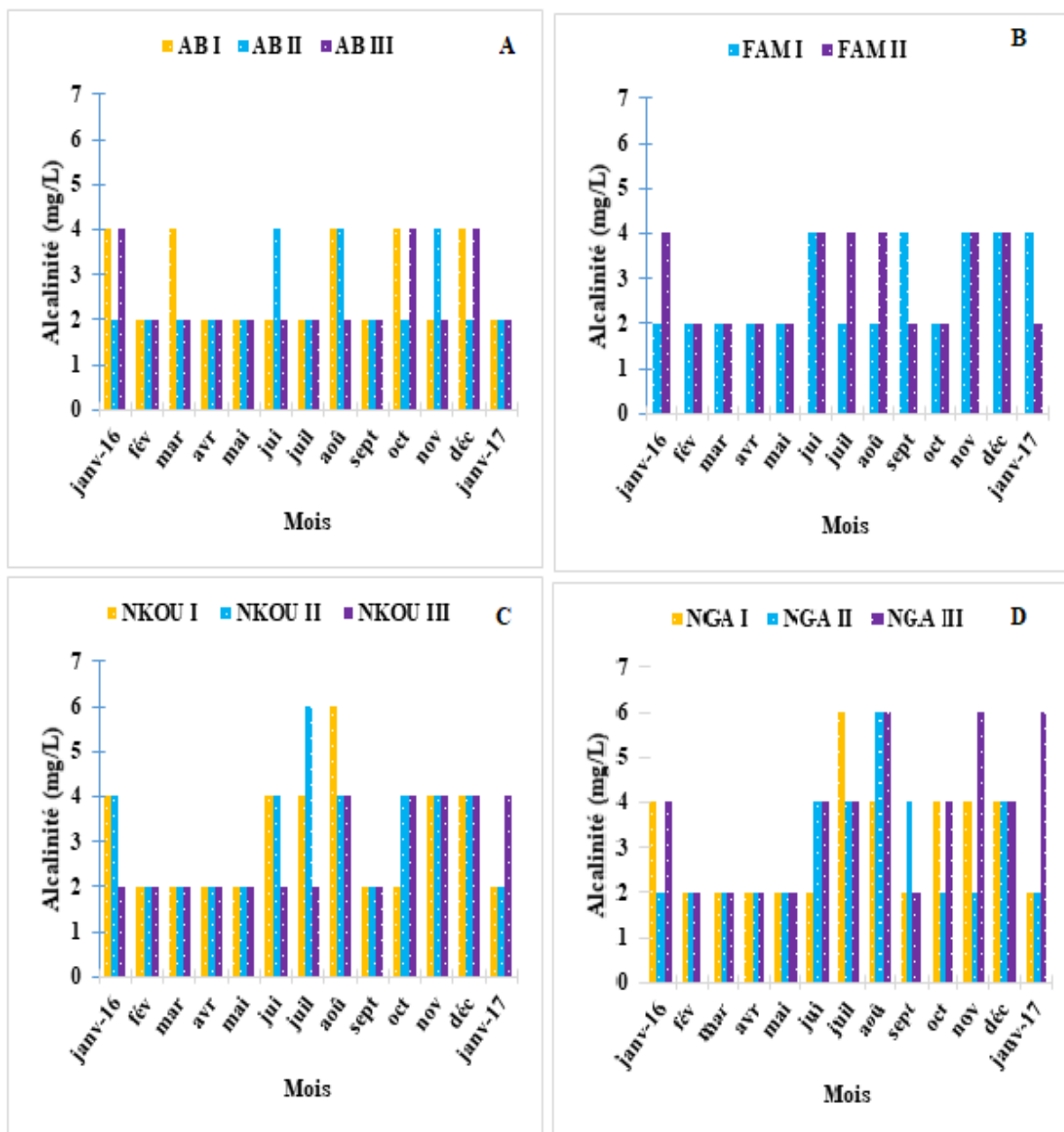


Figure 24 : Variation de l’alcalinité dans les différents cours d’eau pendant la période d’étude : A= Abouda , B= Fam , C = Nkoumou, D = Nga.

des valeurs qui s’échelonnent de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aux stations Nkou1 en mars 2016 ; Nkou3 en janvier 2016 et août 2016) et 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aux stations Nkou1 en février, avril, mai, juin et décembre 2016 ; Nkou2 en avril et décembre 2016 ; Nkou3 en février, avril, mai, décembre 2016 et janvier 2017), avec une moyenne de $51,538 \pm 1,857 \mu\text{S}/\text{cm}$. (Figure 25C.). Dans le sous-bassin versant du cours d’eau Nga, les valeurs varient très peu autour d’une moyenne de $42,051 \pm 1,72 \mu\text{S}/\text{cm}$, les valeurs les plus élevées (60 $\mu\text{S}/\text{cm}$) étant enregistrées aux mois de janvier et mars 2016 dans les stations Ng2 et Ng3 (Figure 25D). Dans l’ensemble des sous-bassins versants les fluctuations relevées entre les valeurs ne sont pas significativement différentes d’un moi et d’une station à l’autre.

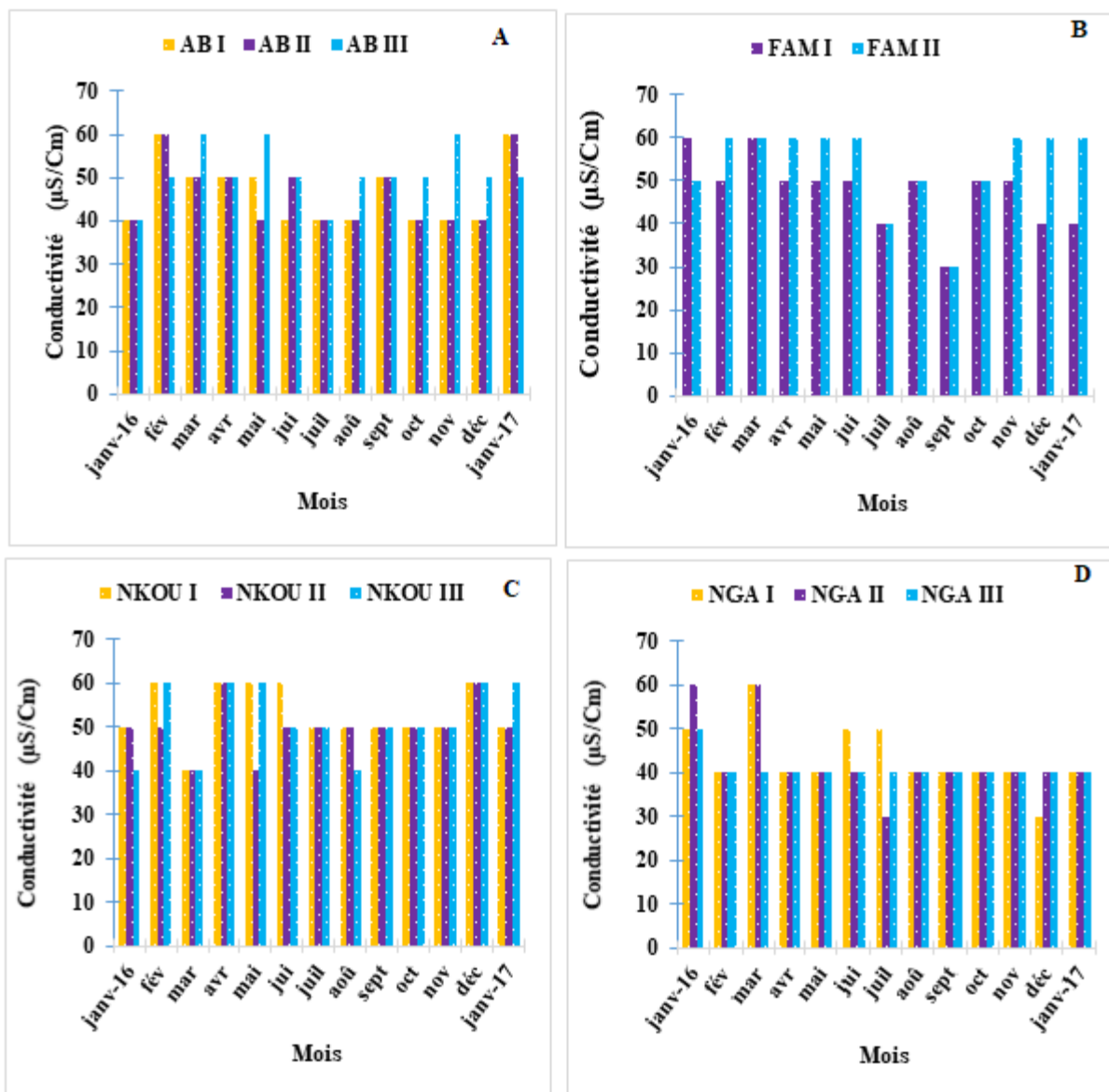


Figure 25: Variation spatiale de la conductivité électrique dans les différents sous-bassins versants pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Fam, C = Nkoumou, D = Nga.

III.1.1.3.14. Solides Totaux Dissous (TDS)

Les valeurs des TDS sont très faibles dans l'ensemble et présentent un profil de variation relativement superposable à celui de la conductivité électrique. Ces valeurs sont comprises entre 20 mg/L (aux stations Ab1 en janvier, juin, juillet, août, octobre, novembre et décembre 2016 ; Ab2 en janvier, mai, juillet, août, octobre, novembre et décembre 2016 ; Ab3 en janvier et juillet 2016) et 30 mg/L aux stations Ab1 et Ab2 en février 2016 et janvier 2017 ; Ab3 en mars et novembre 2017), avec une moyenne de $23,85 \pm 1,01$ mg/L (Figure 26A) ; ces valeurs varient de 15 mg/L (stations Fam1 et Fam2 en septembre 2016) et 30 mg/L (aux stations Fam1 en janvier et mars 2016 ; Fam2 en février, mars, avril, mai, juin, novembre, décembre 2016 et janvier 2017), avec une moyenne de $25,39 \pm 1,24$ mg/L (Figure 26B). Dans le cours d'eau

Nkoumou, les valeurs se situent entre 20 mg/L (aux stations Nkou1 et Nkou2 en mars et mai 2016 ; Nkou3 en janvier, mars et août 2016) et 30 mg/L (aux stations Nkou1 en février, avril, mai, juin et décembre 2016 ; Nkou2 en avril et décembre 2016 ; Nkou3 en février, avril, mai, décembre 2016 et janvier 2017, une moyenne de $25,769 \pm 0,928$ mg/L (Figure 26C). Dans le cours d'eau Nga, ces valeurs fluctuent entre 15 mg/L (station Ng1 en décembre 2016) et 30 mg/L (aux stations Ng1 en mars et juillet 2016 ; Ng2 en janvier 2016 ; Ng3 en mars 2016), une moyenne de $21,667 \pm 1,04$ mg/L (Figure 26D). Une différence significative a été observée dans le sous-bassin Nga sur le plan spatial entre les stations Ng2 et Ng3 ($P < 0,05$).



Figure 26: Variation des teneurs des eaux en TDS dans les différents cours d'eau pendant la période d'étude : A = Abouda, B = Fam , C = Nkoumou, D = Nga.

III.1.1.4. Caractéristiques abiotique des stations

III.1.1.4.1. Caractéristiques hydrologiques

La largeur du lit mouillée, l'épaisseur de la colonne d'eau, l'épaisseur du substrat meuble et la vitesse d'écoulement des eaux sont de façon globale faibles, à l'exception de la

vitesse d'écoulement des eaux, la station Ng3 enregistre les valeurs relativement élevées des paramètres mesurés. Les stations Ab1, Ab2, Fam2, Nkou1, et Nkou3 ont des largeurs qui n'excèdent pas 2,5 m, par rapport aux autres, dont la largeur moyenne est supérieure à 3 m. La valeur la plus élevée de la vitesse (0,55 m/s) a été obtenue à la station Ng1. Quant à l'épaisseur de la colonne d'eau, les stations Ng3, Ng2 et Ng3 enregistrent les valeurs maximales soit 82,25 cm, 70,9 cm et 53 cm respectivement. En ce qui concerne l'épaisseur du substrat meuble, les stations Ab3, Ng2 et Ab2 enregistrent les faibles valeurs avec des données de 4,2 cm, 5,78 cm et 9 cm respectivement.

Les résultats issus de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) montrent que les axes F1 et F2 cumulent 99,19% de l'inertie totale et des valeurs propres de contribution 0,079 pour F1 et 0,007 pour F2. Des quatre paramètres considérés (largeur, substrat, vitesse et profondeur de l'eau), trois caractérisent la majeure partie des stations. Ainsi, les stations Fam1, Nkou1, Nkou2 et Fam2 sont corrélées entre elles et positivement corelées à l'axe F1. Ces stations sont caractérisées par des épaisseurs relativement élevées de substrat. Quant aux stations Ng1, Ab1, Ab2, Ab3 et Ng2, elles sont corrélées entre elles et négativement corrélées à l'axe F1. Elles se caractérisent par de faibles épaisseurs de la colonne d'eau. En outre, les stations Ng3, Nk3 sont positivement corrélées à l'axe F2, et sont caractérisées par des valeurs relativement élevées de la vitesse d'écoulement des eaux et de la largeur du lit (Figure 27).

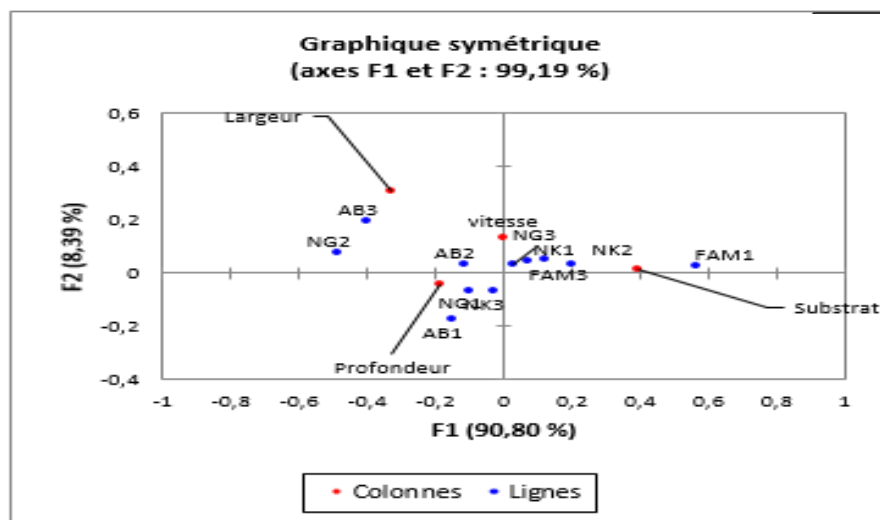


Figure 27: Analyse factorielle des correspondances des stations montrant la distribution des variables hydrologiques.

III.1.1.4.2. Caractéristiques physicochimique

L'analyse en Composantes Principales (ACP) permet d'organiser les stations d'étude en fonction des paramètres physicochimiques qui les caractérisent. Ainsi, nous remarquons que

l'axe F1 cumule 69,33% de l'inertie totale, et les stations Fam1, Ab1, Ab2, Ab3 et Nkou3 sont corrélées entre elles et positivement corrélées à cet axe. De cette corrélation, les données relativement faibles de pH, de conductivité électrique et d'orthophosphates apparaissent comme les facteurs qui caractérisent les stations Fam1 et Ab1. Les stations Ab2, Ab3 et Nkou3 se caractérisent par des valeurs relativement faibles de nitrites, d'alcalinité, de CO₂ dissous, de température et d'oxygène dissous. Les stations Nkou1 et Ng2 sont corrélées entre elles et négativement corrélées à l'axe F1 et à l'ensemble des variables précédentes, puis caractérisées par des valeurs relativement faibles de la couleur et des teneurs en MES. L'axe F2 par contre, qui cumule 21,74% de l'inertie totale, est positivement corrélié avec la station Fam2 et caractérisé par des données relativement élevées en turbidité. Les stations Nkou1, Nkou2 et Ng3 sont corrélées entre elles et négativement corrélées à l'axe F2. Elles sont caractérisées par des valeurs relativement élevées en azote ammoniacal et en nitrates (Figure 28).

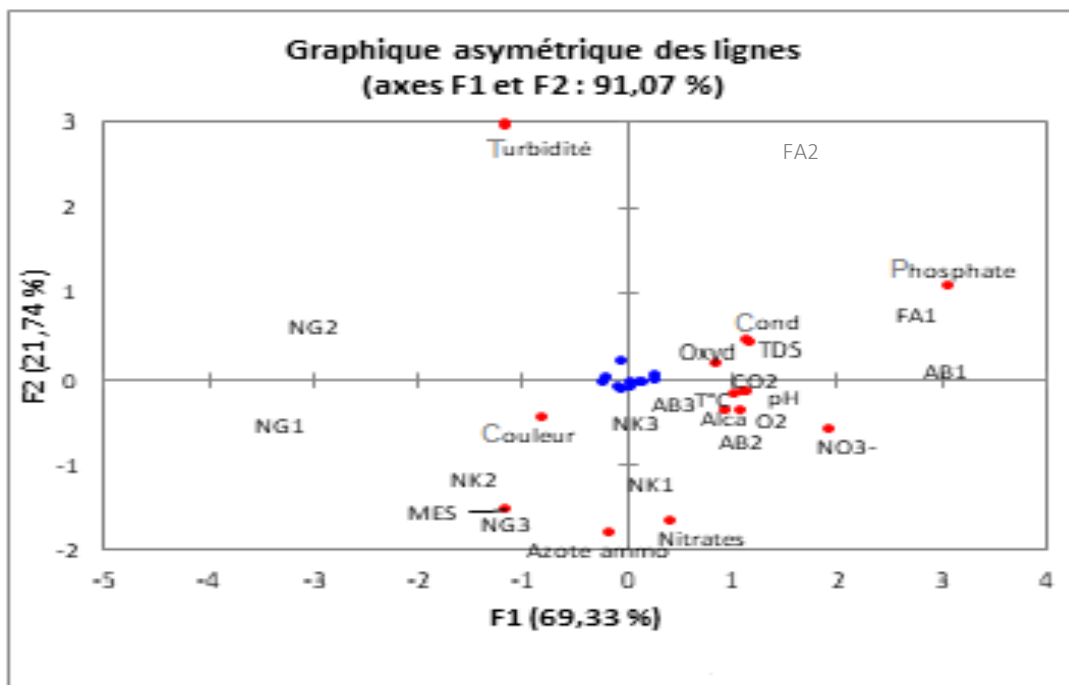


Figure 28: Caractérisation physicochimique des stations.

Le regroupement des stations sur la base de la similarité hydrologique, physicochimique et granulométrique permet d'organiser les stations en trois groupes d'affinité. Le groupe 1 (Gr 1) est constitué des stations Ab2, Ng2, Ab3, Ab1 et Nkou3. Le cours d'eau Fam et ses deux stations Fam1 et Fam2, constituent le groupe 2 (Gr 2). Le troisième groupe (Gr 3) est composé des stations Ng3, Ng1, Nkou1 et Nkou2. Dans le premier groupe, les stations se caractérisent par des largeurs relativement faibles ($l < 5m$) et un substrat à dominance sableuse puis rocheuse. Le groupe 2 quant à lui est caractérisé par un substrat essentiellement vaseux, le groupe 3 par

des eaux profondes (profondeur supérieure à 1m) et un substrat à dominance vaseuse puis sableuse (Figure 29A).

A la suite de la classification ascendante hiérarchique, une Analyse en Composantes (ACP) est réalisée pour déterminer les paramètres hydrologiques et physicochimiques qui caractérisent les différentes stations. La matrice analysée est un tableau de 19 colonnes correspondant aux variables environnementales considérées et 143 lignes représentant les échantillons prélevés dans 11 stations d'échantillonnage pendant 13 mois d'étude. L'essentiel de l'information est fourni sur les deux premiers axes factoriels F1 (33,13 %) et F2 (23,81 %) qui cumulent 56,94 % de l'inertie totale. Dans le cercle de corrélations, (Figure 29B), les matières en suspension (MES), la couleur (cou), les nitrates (nitra), la largeur (larg), l'azote ammoniacal (azote) et la profondeur (prof) sont significativement et positivement corrélés à l'axe F1. Par contre, les orthophosphates (phos), les solides totaux dissous (TDS), la conductivité électrique (cond), sont significativement et positivement corrélés entre eux, et négativement corrélés à l'axe F1. La température (temp) et l'oxydabilité (oxyd) sont quant à eux positivement et significativement corrélés à l'axe F2, contrairement au pH, aux nitrites (NO_2^-) et au taux de saturation en oxygène dissous significativement et négativement corrélés à cet axe. Par ailleurs, le dioxyde de carbone (CO_2), l'alcalinité (alca) et la vitesse (vit) ne sont significativement corrélés à aucun de ces deux axes.

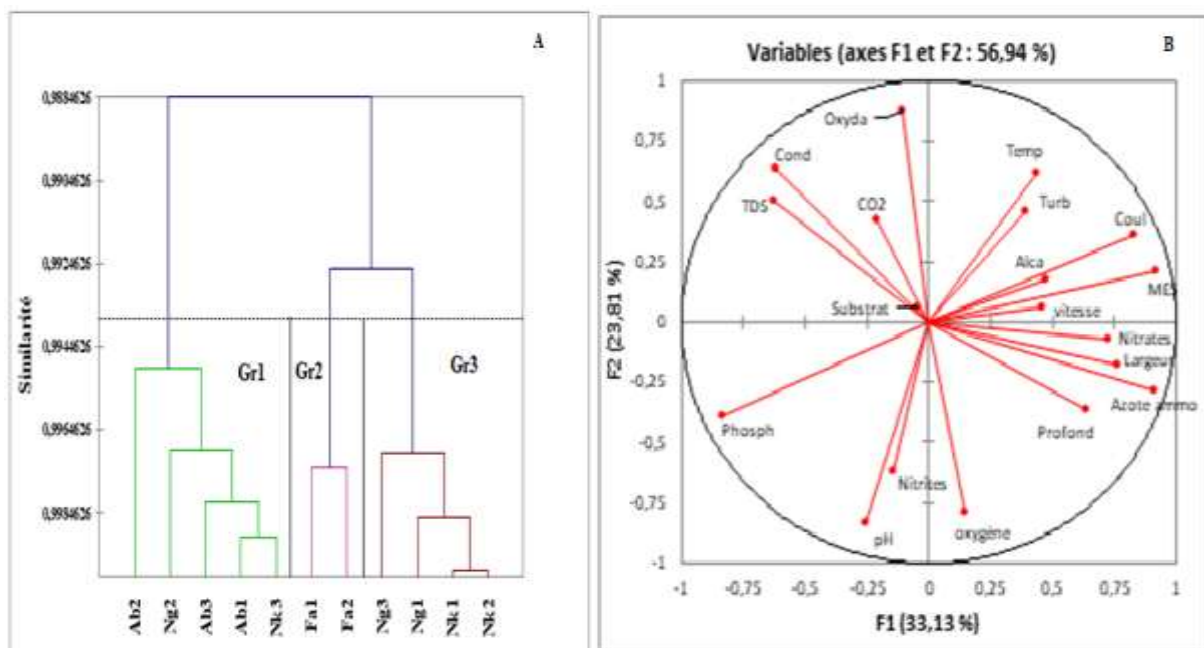


Figure 29: Répartition des stations en fonction de leur similarité hydrologique, physicochimique et granulométrique. (A) et distribution et corrélations des variables abiotique (B).

La carte factorielle présente la distribution des 11 stations d'échantillonnage en fonction de leurs caractéristiques hydrologiques, granulométriques et physicochimiques. Ainsi, trois

groupes apparaissent dans le plan factoriel constitué des axes F1 et F2. L'axe F1 discrimine en coordonnées positives le cours d'eau Nga, avec ses stations Ng1, Ng2 et Ng3, qui se caractérisent par des épaisseurs relativement élevées de la colonne d'eau et de la largeur du lit, puis des teneurs relativement élevées en nitrates liées à des fortes vitesses d'écoulement des eaux. L'axe F2 isole dans sa partie positive les stations Fam1, Fam2, Nkou1, Nkou2 et Nkou3 qui se distinguent par des faibles profondeurs et de vitesse d'écoulement des eaux et une faible minéralisation du substrat aqueux. Par contre, les stations Ab1, Ab2 et Ab3, sont isolées en coordonnées négatives à l'axe F2, et se caractérisent par des eaux bien oxygénées, faiblement turbides, des faibles épaisseurs de la colonne des eaux et un substrat essentiellement dominé par le sable et les galets (Figure 30).

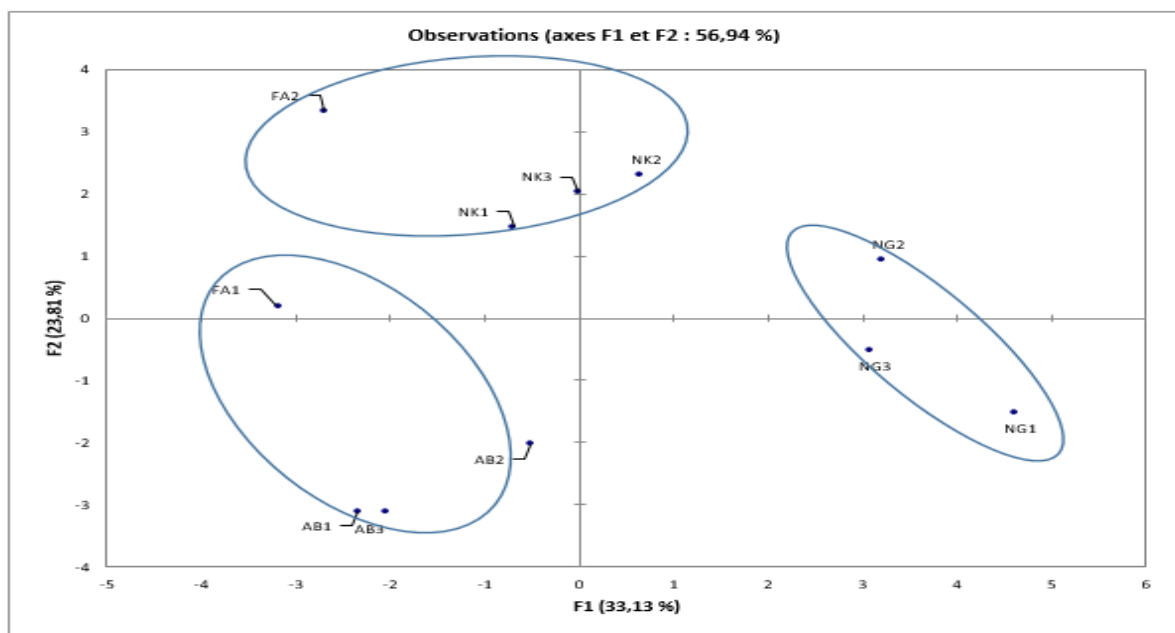


Figure 30: Caractérisations hydrologiques granulométriques et physicochimiques des stations.

III.1.2. Données biologiques

III.1.2.1. Inventaire des taxons compagnes

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 Ephemeroptères, 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., *Naboaudelus* 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 Pothamanthidae et les Caenidae ; et 4 espèces parmi lesquels *Ephéméra* sp., *Ephémérella* sp., *Pothmanthus* sp. et *Caenis* sp. avec un effectif de 576 individus. En ce qui concerne l'ordre des Trichoptères, il est représenté par trois familles, à savoir les Hydropsychidae, les Philopotamidae et les Brachycentridae, avec trois espèces identifiées dont *Hydropsyche* sp., *Philopotamantes* sp. et *Brachycentrus* sp. avec un effectif de 1651 individus. L'ordre des Plécoptères est représenté par la famille des Perlidae et une seule espèce *Perla* sp. avec un effectif de 295 individus. Parmi les familles répertoriées, les Veliidae (Rhagovellia) dominent la faune benthique avec un effectif de 977 individus, des Naucoridae (*Naucoris* sp.) avec 422 individus, des Gerridae (*Eurymetra* sp.) avec 269 individus, des Ephemerellidae (*Ephemerella* sp.) avec 202 individus, des Hydropsychidae (*Hydropsyche* sp.) avec 196 individus et des Perlidae (*Perla* sp.) avec 95 individus.

Le dépouillement des Dictyoptères a permis de faire un inventaire de 1950 larves (Figure 31) et 52 des adultes (Figure 32).

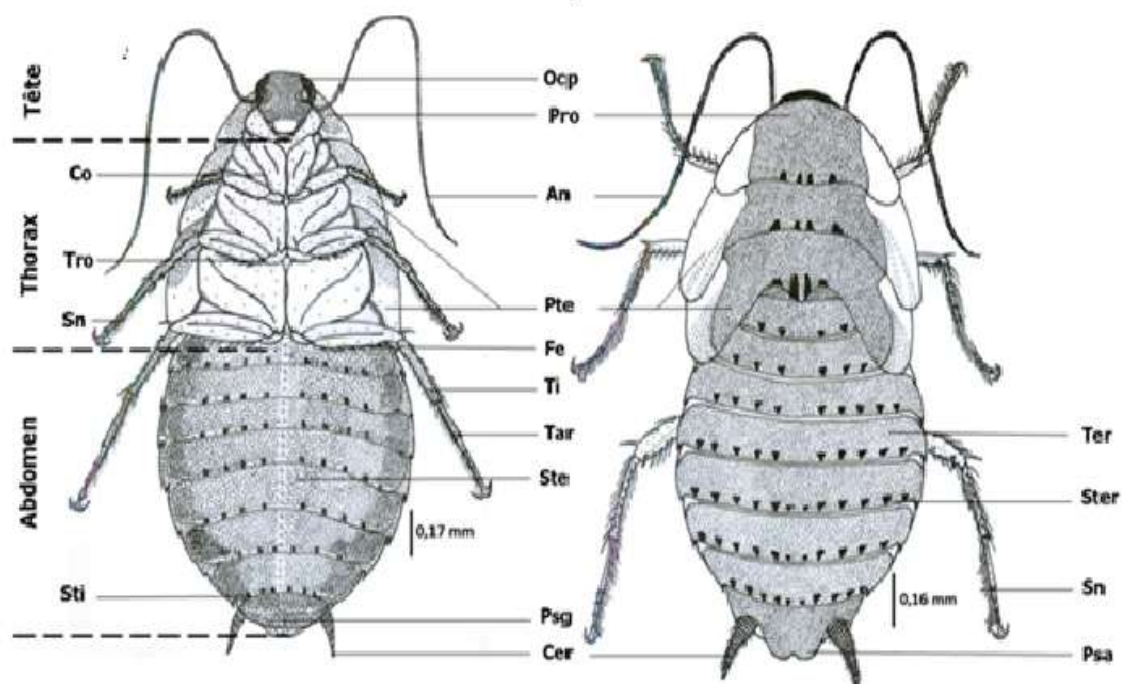


Figure 31 : Larves de Dictyoptères semi-aquatiques : Vues ventrale (A) et dorsale (B) de morphotype marron : An, antenne ; Cer, cerque ; Fe, fémur ; Co, coxa ; Ocp, œil composé ; Pro, pronotum ; Pte, ptérothèques ; Psg, plaque sous-génitale ; Psa, plaque supra-anale ; Ste, sternite ; Stig, stigmate tergale ; Tar, tarse ; Ter, tergite ; Ti, tibia ; Tro, trochanter ; Pte : ptérothèques ; Psg, plaque sous-génitale ; Sn, soies natatoires ; Sti, stigmates ; Ste, sternite ; Sty, style ; Ter, tergite.

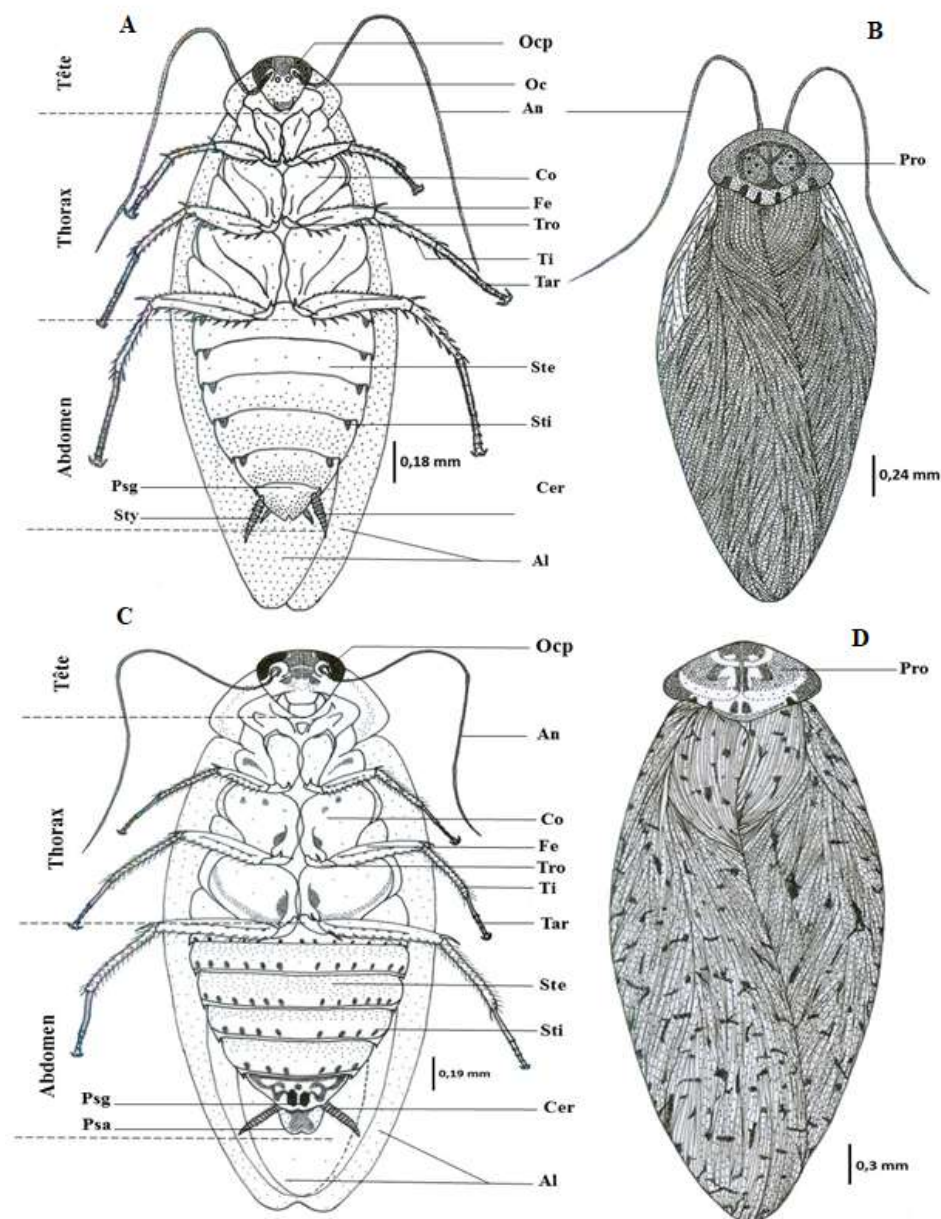


Figure 32: Imago de Dictyoptère aquatique :Vues ventrale (A) et dorsale (B) du mâle de morphotype noir; Vues ventrale (C) et dorsale (D) de la femelle de morphotype noir: Al, aile ; An, antenne ; Cer, cerque ; Fe, fémur ; Gt, glande tergale; Co, coxa ; Ocp, œil composé ; Oc, ocelle ; Pro, pronotum ; Pte, ptérothèques ; Psa, plaque supra-anale ; Ste, sternite ; Ster, stigmate tergale ; Tar, tarse ; Ti, tibia ; Tro, trochanter ; Psg, plaque sous-génitale ; Sti, stigmates ; Ste, sternite ; Sty, style ; Ter, tergite.

III.1.2.2. Description des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques récoltés

La description réalisée dans le cadre cette étude a porté essentiellement sur l'observation de la forme du pronotum, la forme de la tête, la pigmentation allaire et la structure de structures génitales mâles. A l'issus de ces observations, trois morphotypes ont été mis en évidence, les

principaux traits distinctifs portant sur la coloration du tégument et la structure des génitalia mâles.

III. 1.2.2.1. Morphotype noir

Les représentants de ce groupe sont tous de couleur noire. Ces individus sont proches du genre *Afrololampra*, Roth (1995) avec l'espèce, *A. ehrmanni*, récolté au Kenya. A quelques différences près, les larves des deux sexes présentent une coloration noire, avec les bords clairsemés s'étendant du pronotum au métanotum. Sur la face supérieure du pronotum, du mésonotum et métanotum se trouvent quatre taches noires en position axiale. Les ptérothèques observés forment deux paires de bourrelets arrondis à leur partie terminale. Toutefois, sur les fourreaux alaires du métathorax, s'organisent des ébauches de nervation. Chez les adultes, la tête présente une pigmentation faciale noire foncée, qui ne laisse pas très visibles les ocelles, le vertex laissant saillir deux bandes noires autour de la suture coronale. Le pronotum des imagos mâles dessine des ornements avec un cercle ramifié en son centre et montrant 6 taches bien distinctes. En outre, 6 taches noires surplombent la base du pronotum couvrant partiellement la tête. Chez la femelle, le pronotum présente 5 taches asymétriques à sa base et un ornement en forme de « w » renversé en son centre, caractéristique de l'espèce (Figure 33).

III. 1.2.2.2. Morphotype Marron

Les représentants de ce groupe sont de coloration marron dans les deux sexes. La tête présente une suture épicroânienne bien marquée qui divise la zone supérieure de la tête en deux parties droite et gauche. Cette suture se prolonge sur le front et se divise en deux branches, formant un « V » renversé appelées sutures post-frontales, le vertex laisse voir une pigmentation dense qui s'étend jusqu'au milieu du front par deux légères bandes noires qui entourent les ocelles. Le prothorax est surplombé d'un bouclier qui fait saillir deux bandes noires qui se prolongent sur l'abdomen au niveau de la ligne bilatérale. Les individus mâles montrent sous leur hémélytre au niveau de l'abdomen respectivement sur les tergum 4 et 5 (Figure 34), une glande tergale bien visible formée de deux bourrelets dont le premier, plus volumineux, est porté par le tergite 4 et le second, plus petit, par le tergite 5. Cette glande tergale émet des sécrétions aphrodisiaques qui stimulent et attirent les femelles lors des séquences sexuelles réalisées par le mâle.

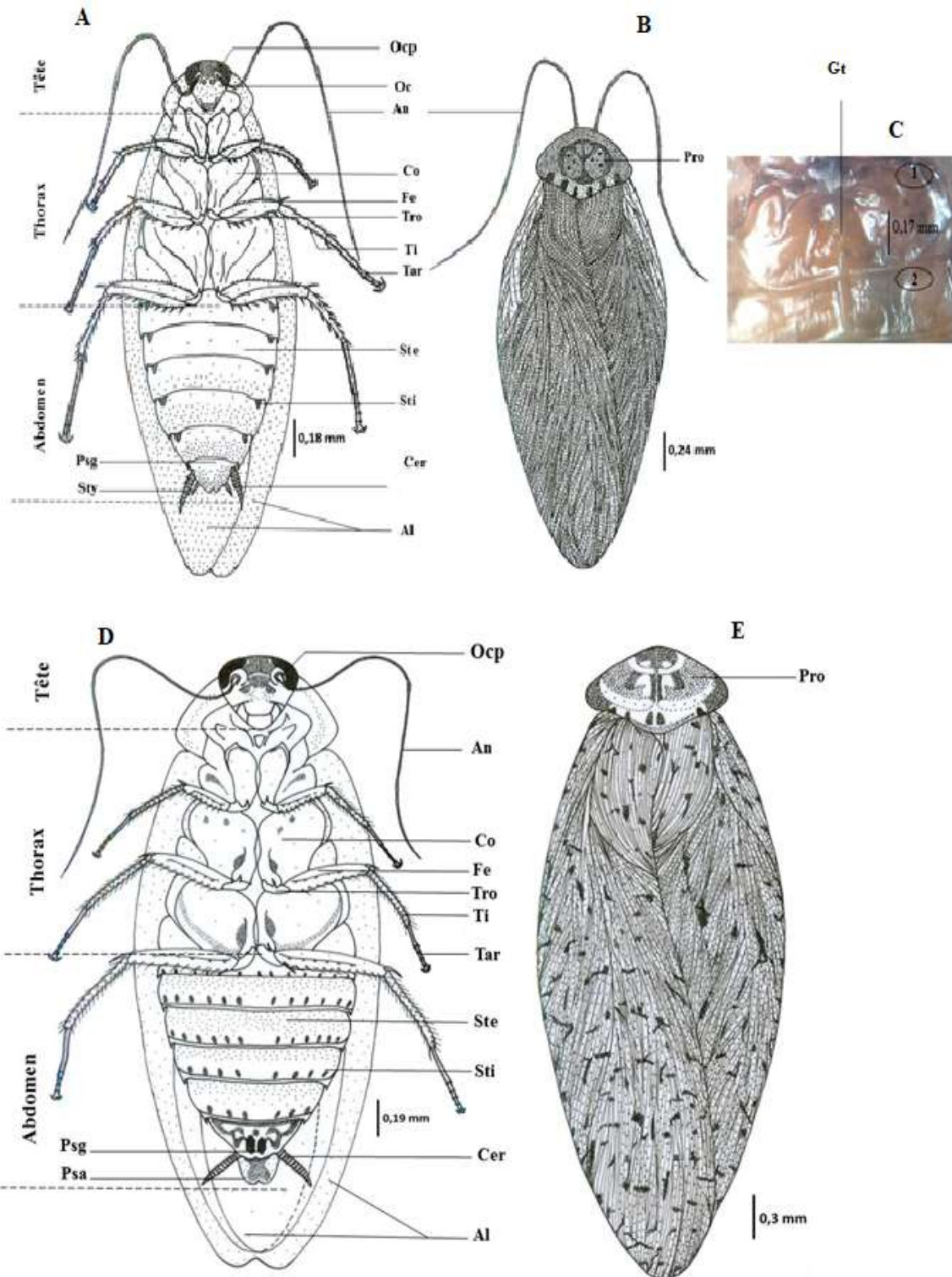


Figure 33: Morphotype noir. Vues ventrale (A) et dorsale (B) du mâle; (C) glande tergale ; Vues ventrale (D) et dorsale (E) de la femelle. C : Al, aile ; An, antenne ; Cer, cerques ; Fe, fémur ; Co, coxa ; Ocp, œil composé ; Oc, ocelle ; Pro, pronotum ; Pte, ptérothèques ; Psg, plaque sous-génitale ; Psa, plaque supra-anale ; Ste, sternite ; Sti, stigmates ; Tar, tarse ; Ti, tibia ; Tro, trochanter.

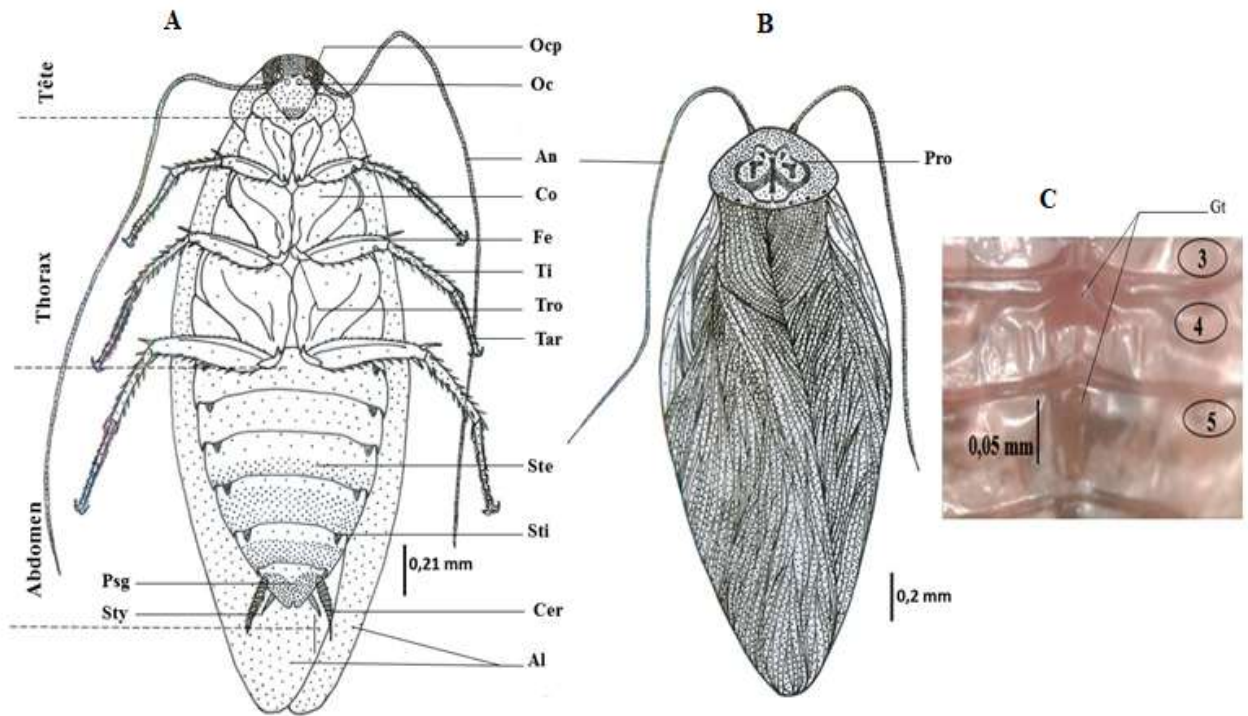


Figure 34: Imago mâle du morphotype marron : Vues ventrale (A) et dorsale (B); Glande tergale ; Al, aile ; An, antenne ; Cer, cerques ; Fe, fémur ; Gt, glande tergale; Co, coxa ; Ocp, œil composé ; Oc, ocelle ; Pro, pronotum ; Pte, ptérothèques ; Psg, plaque sous-génitale ; Psa, plaque supra-anale ; Ste, sternite ; Ster, stigmate tergale ; Tar, tarse ; Ti, tibia ; Tro, trochanter ; Psg, plaque sous-génitale ; Sti, stigmates Ste, sternite ; Sty, style ; Ter, tergite.

III.1.2.2.3. Morphotype brun

Les représentants de ce groupe ont été très rares pendant la période couvrant nos investigations sur le terrain, seulement 2 individus ont été récoltés durant ce travail, et tous étant essentiellement des mâles, aucune larve n'a également été récoltée. Les imagos mesurent 24 ± 2 mm de long environ, avec une coloration brune. La tête est rectangulaire avec de très gros yeux composés, la pigmentation des ocelles est moins dense, le vertex laisse voir une pigmentation dense qui s'étend jusqu'au milieu du front par deux légères bandes noires autour des ocelles. La suture coronale est bien visible et se prolonge jusqu'au niveau de l'insertion des antennes et se divise en deux branches (Figure 35A). Ces individus se caractérisent par leur corps effilé et une plaque supra anale qui porte deux longues cerques articulées et pubescentes. Son pronotum est ovale et porte une tache antérieure médiane bien marquée qui se prolonge jusqu'au niveau du vertex (Figure 35B).

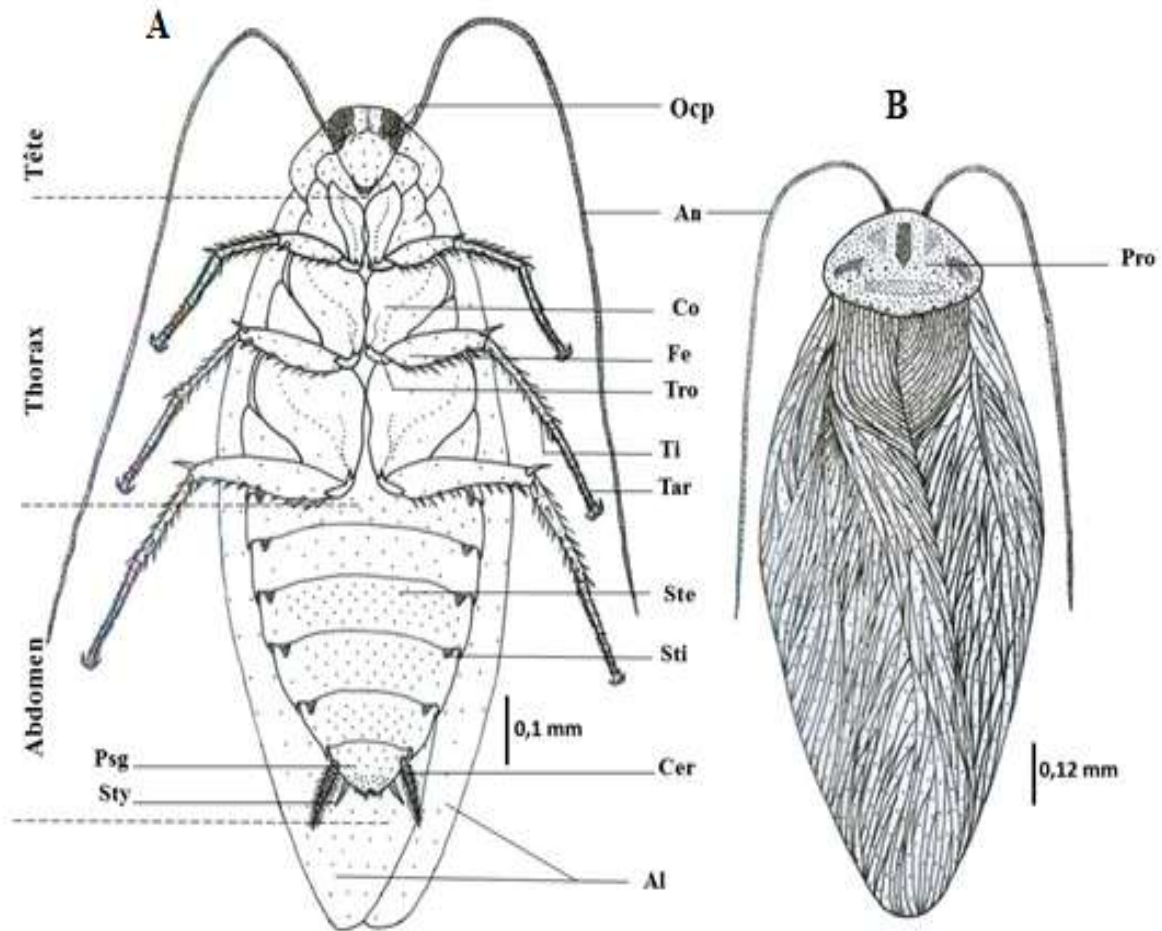


Figure 35: Imago du morphotype brun : Vues ventrale (A) et dorsale (B) de l'imago mâle. Al, aile ; An, antenne ; Ax, axillaires ; Cer, cerques ; Fe, fémur ; Co, coxa ; Ocp, œil composé ; Pro, pronotum ; Psg, plaque sous-génitale ; Psa, plaque supra-anale ; Ste, sternite ; Ster, stigmate tergale ; Tar, tarse ; Ti, tibia ; Tro, trochanter ; Psg, plaque sous-génitale ; Sti, stigmates ; Sty, style.

III.1.2.3. Description des structures externes des morphotypes

III.1.3.3.1. Antennes

Elles présentent la même structure filiforme tant chez les larves que chez les adultes. Elles ont le même nombre d'articles et diffèrent en longueur en fonction du stade de développement (Figure 36A).

III.1.2.3.2. Pattes

Les pattes des Dictyoptères ont présenté la même organisation structurale, et comportant le même nombre d'articles (Figure 36B). Chez les larves, il a été observé la présence

de deux rangées des de fines soies natatoires logées sur la face interne des tarse (Figure 36C), et qui disparaissent chez les adultes.

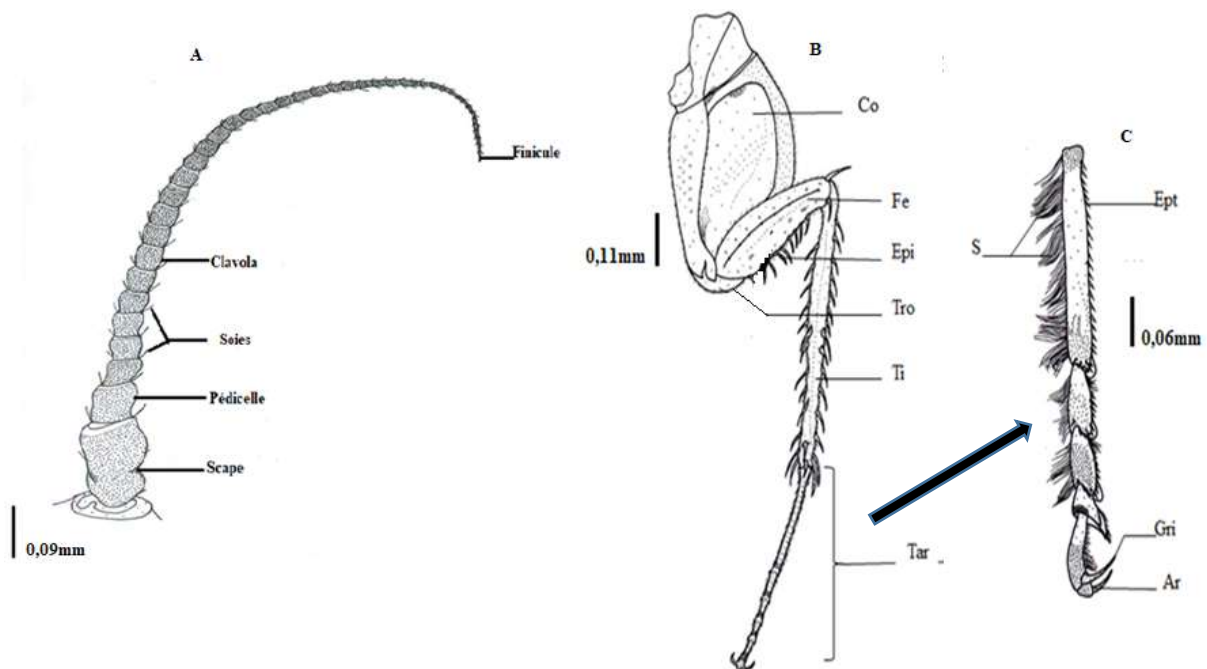


Figure 36: Structure de l'antenne (A), de la patte (B) et du tarse portant des soies natatoires (C), avec : Ar : Arolia, Co : Coxa, Epi : Epine fémorale, Ept : Epines tarsales, Gri : Griffes , S : Soies natatoires, Tar : Tarse, Ti : Tibia, Tr : Trochanter.

III.1.2.3.3. Ailes

Les observations faites au niveau de la structure des ailes a permis de constater que chez tous les imagos, l'hémélytre présente la même organisation (Figure 37A). Par contre, la nervation et la pigmentation de l'élytre ont varié. Ainsi chez le morphotype noir, l'élytre de l'imago présente une nervation serrée et pourvue d'une pigmentation dense et des taches noires (Figure 37B). Chez les individus marron, L'élytre de l'imago est sclérifiée et présente une nervation plus serrée et pourvue de taches noires (Figure 37C), et chez les imagos brun, l'élytre est sclérifiée et présente une nervation peu serrée et pourvue de taches marrons (Figure 37C).

III.1.2.3.4. Pièces buccales

Tous les organismes présentent les éléments au niveau des pièces buccales. Le mode de vie semi aquatique de ces organismes a favorisé le développement de mandibules puissantes et munies de dents, permettant le broyage de la litière (Figure 38).

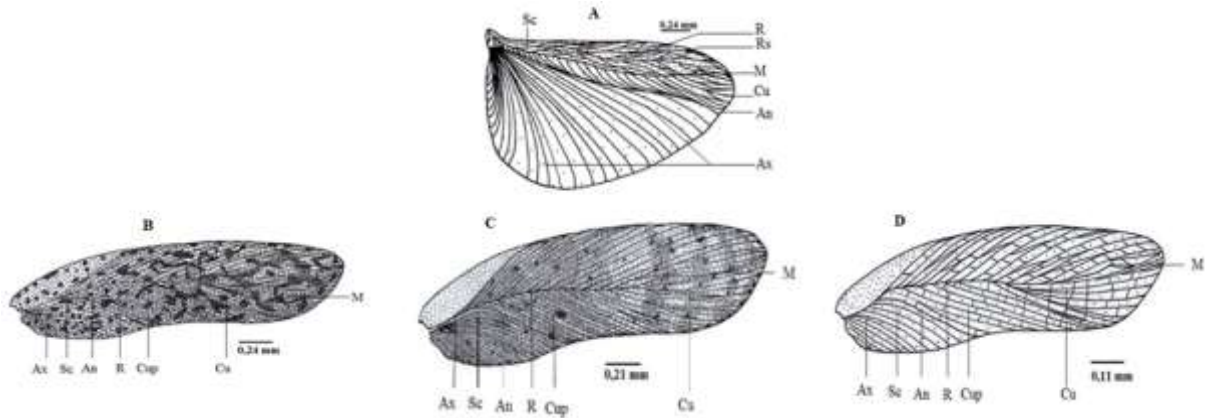


Figure 37: Structure de l' hémélytre (A) et de l' Elytre des morphotypes noir (B), marron (C) et brun (D), avec : An, anale; Ax, axillaires; Cu, cubitale; Cup, cubitale postérieure ; M, médiane ; R, radiale; Rs, secteur.

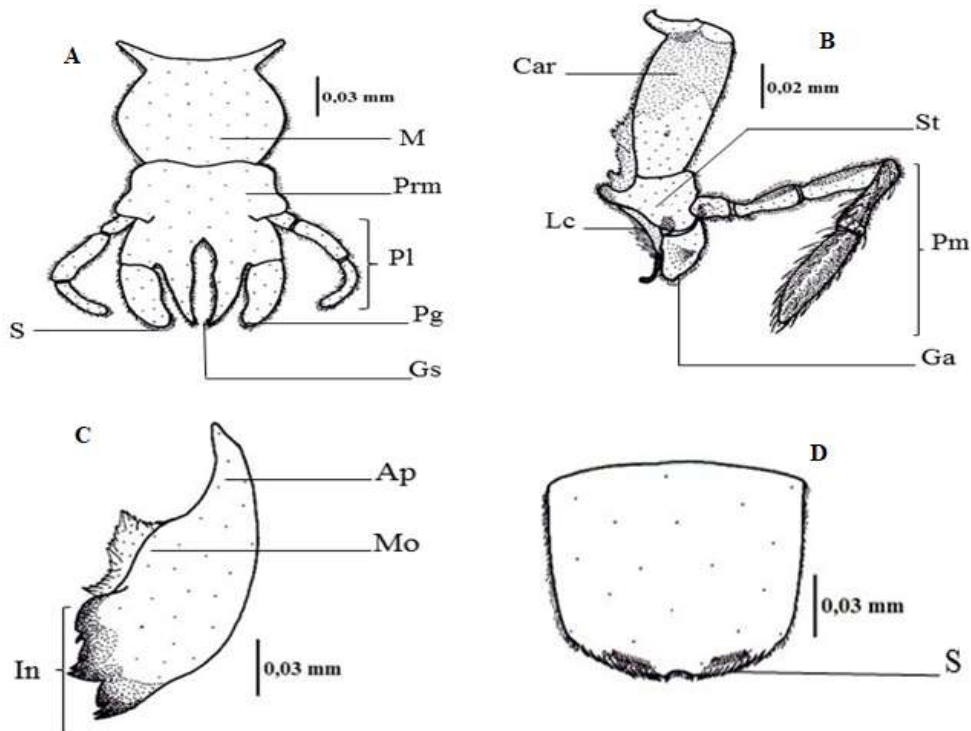


Figure 38: Pièces buccales des Dictyoptères semi-aquatiques. (A) labium, (B) maxille, (C) mandibule, (D) labre, Ap, apodème; Car, cardo; Cly, clypeus; Ga, galéa; Ge, gena Gs, glosse; In, incisive; Lab, labre ; Lb, labium ; Lc, Lacinea; M, mentum; Mdl, mandibule; Mo, molaire; Pg, paraglosse; Pl, palpe labial; Pm, palpe maxillaire; Prm, prémentum; S, soie ; St, stype.

III.1.2.4. Structures génitales des différents morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques

La structure de l'appareil génital mâle montre que la plaque supra-anale est sub-triangulaire et porte deux cerques multiarticulées peu pubescentes. Chez les individus noir et

marron, la plaque supra- anale présente la même configuration et porte deux cerques courts et épais (Figures 39A et 39B). Chez les représentants Brun, cette plaque est sub-rectangulaire et dépourvue de dépression à sa partie apicale. Elle porte une paire de cerques grêles articulées et allongées, pourvues de longues soies (Figure 39C)

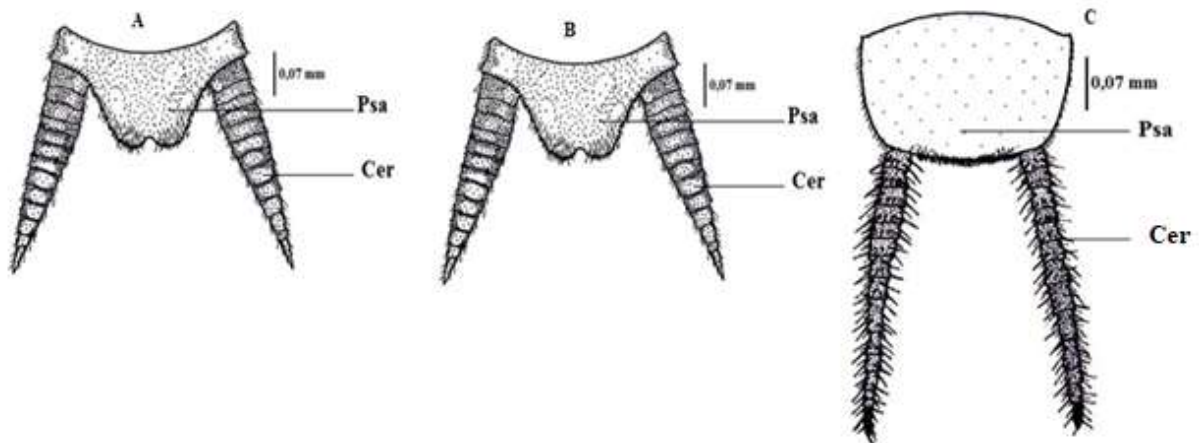


Figure 39: Structure de la Plaque supra-anale des Dictyoptères (A) Noir, (B) Marron et (C) Brun, avec :Psa, plaque supra anale ; Cer, cerque.

L'observation de la plaque sous génitale montre que chez les individus noirs, la plaque sous génitale est asymétrique et porte un seul style dans la région distale ainsi qu'une grande dépression dans la région basale (Figure 40A). Chez les individus marrons, la plaque sous génitale, est symétrique et porte deux styles courts et épais dans la région distale (Figure 40B). La plaque sous génitale est asymétrique et porte un seul style dans la région distale, ainsi qu'une grande dépression dans la région proximale et une petite dans la région distale, chez les individus bruns (Figure 40C).

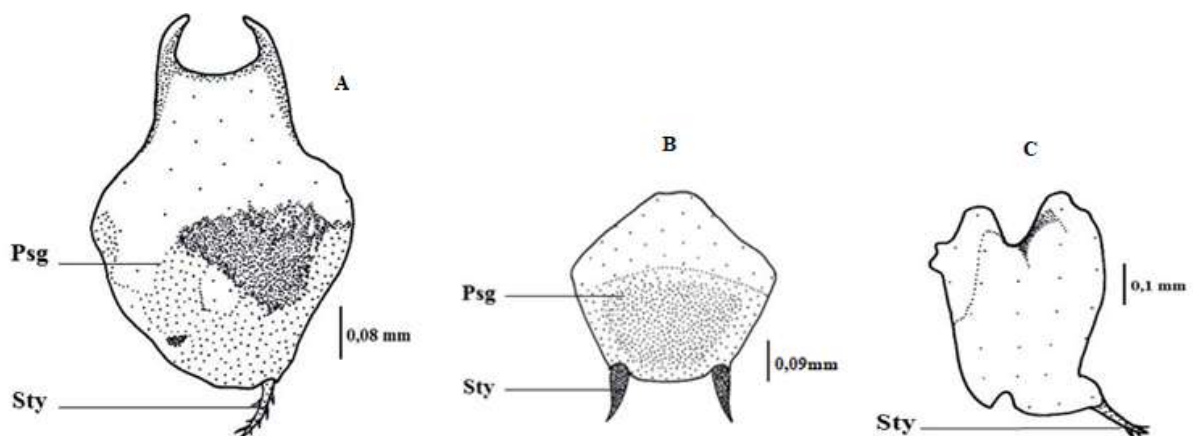


Figure 40: Plaques sous génitales des morphotypes de Dictyoptères (A) Noir, (B) Marron et (C) Brun. Avec : Psg, plaque sous génitale ; Sty, Style.

La descriptions des organes copulateurs a permis de constater que chez les individus noir, Le phallomère droit est de grande taille, muni d'un prépuce court et émoussé. Sa partie antérieure est denticulée et la partie postérieure filiforme (Figure 41A). Il est également de grande taille chez les individus marron et est muni d'un prépuce allongé et pointu dans sa partie postérieure (Figure 41B). Quant aux individus brun, Le phallomère droit est de petite taille et porte un prépuce très court (Figure 41C).

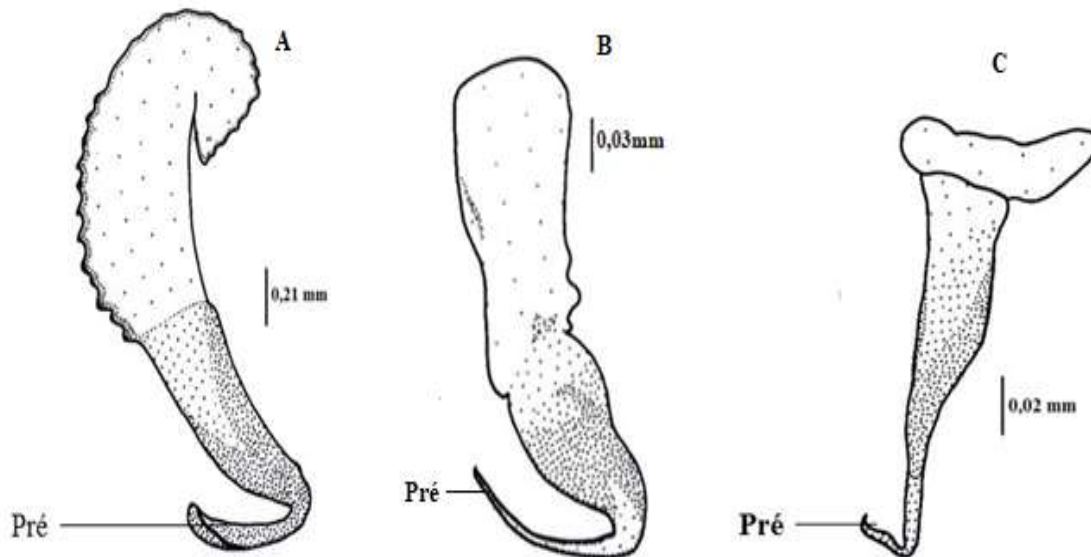


Figure 41: structure du Phallomère droit des morphotypes de Dictyoptères (A) Noir, (B) Marron et (C) Brun. : avec Pré, prépuce.

Le phallomère gauche présente une structure spiralée chez tous les morphotypes et présente des extrémités antérieures lamelleuse (Figure 42).

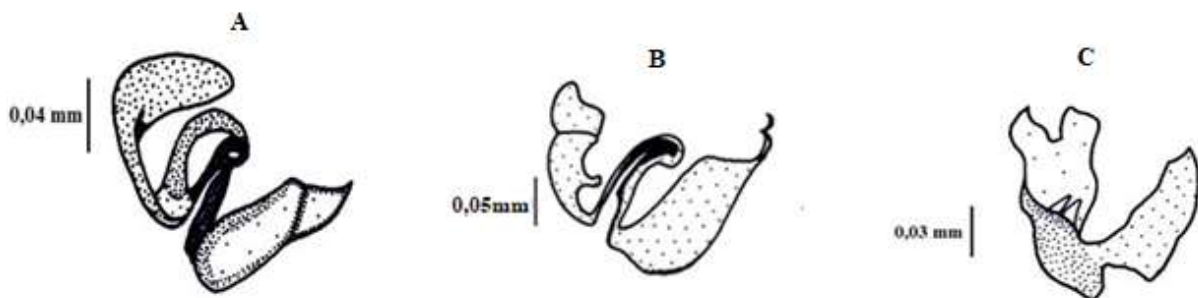


Figure 42: Structure du Phallomère gauche des morphotypes de Dictyoptères (A) Noir, (B) Marron et (C) Brun.

Le sclérite médiant est filiforme chez tous les morphotypes. Cependant, il porte un bourrelet à une de ses extrémités chez les individus noir (Figure 43A), il est fourchu dans la partie postérieure chez les individus marron (Figure 43B) et est légèrement incurvé chez les individus brun (Figure 43C).

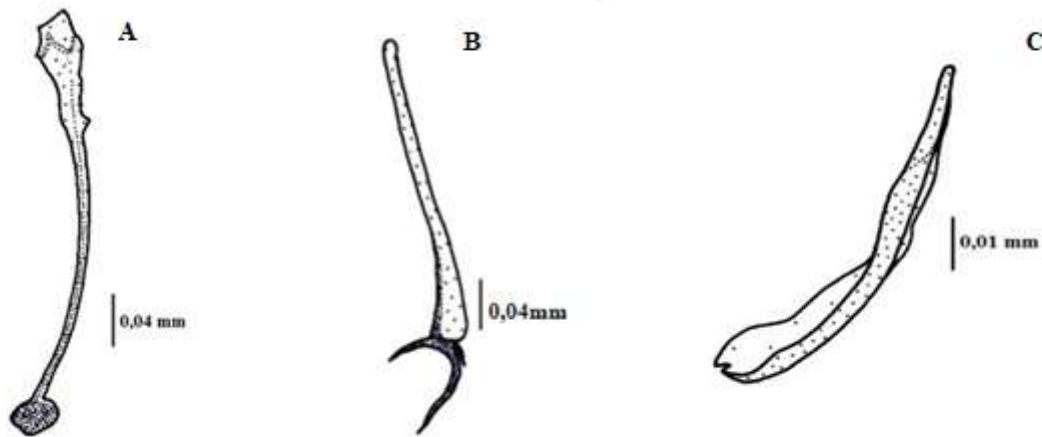


Figure 43: Structure du Sclérite médiant des morphotypes de Dictyoptères (A) Noir, (B) Marron et (C) Brun

III.1.2.5. Récapitulatif des Caractères de diagnose des différents morphotypes

Morphotype noir

- ❖ Présence de deux rangés de soies natatoire sur la face interne du tarse chez les larves ;
- ❖ Pronotum présentant des bords plus ou moins claires, s'étendant sur le mésonotum des larves;
- ❖ Présence en position axiale sur le pro, le méso et le métanotum, de quatre tâches noires deux à deux symétriques ;
- ❖ Les adultes présentent une pigmentation faciale noire foncée
- ❖ Le pronotum des imagos mâles est ovale avec présente des ornements ramifiés
- ❖ Cerques courtes, épaisses et moins pubescentes ;
- ❖ Plaque supra-anale du mâle plus ou moins triangulaire et arrondies aux bords inférieurs ;;
- ❖ Tête conique avec des yeux atteignant les 2/3 de la longueur de la tête ;
- ❖ Présence d'une glande tergale sur le 1^e tergite ;
- ❖ Plaque sous génitale du mâle asymétrique avec un seul style; avec une grande dépression dans la parties distale ;
- ❖ Phallomère droit de grande taille portant un prépuce court et émoussé, le sclérite médian très effilé et son phallomère gauche spiralé ;
- ❖ Elytre à nervation serrées, avec une pigmentation noire et dense.

Morphotype marron

- ❖ Présence de deux rangés de soies natatoire sur la face interne du tarse chez les larves ;
- ❖ Suture épicroânienne bien marquée formant un V renversé ;
- ❖ Cerques courtes et épaisses;
- ❖ Plaque supra-anale du mâle plus ou moins triangulaire et arrondies aux bords supérieurs ;
- ❖ Tête conique avec des yeux atteignant les 2/3 de la longueur de la tête ;
- ❖ Présence d'une glande tergaie sur le 3^e 4^e tergite abdominaux ;
- ❖ Plaque sous génitale du mâle symétrique avec une paire de styles courts et grêles ;
- ❖ Phallomère droit est de grande taille et porte un prépuce long et pointu ;
- ❖ Phallomère gauche spiralé, son sclérite médian est effilé et porte un processus fourchu dans sa partie postérieure;
- ❖ Elytre à nervation serrées, avec présence plus ou moins importante de taches noires.

Morphotype brun

- ❖ Têtes rectangulaire avec de très gros yeux composés, avec des yeux composés excentrés atteignant les 1/3 de la tête ;
- ❖ Corps effilé ;
- ❖ Cerques très longues et de longues soies ;
- ❖ Pronotum ovale portant trois tâches bien visibles ;
- ❖ Plaque supra-anale du mâle plus ou moins rectangulaire ;
- ❖ Plaque sous génitale du mâle asymétrique et translucide avec présence d'un seul style ;
- ❖ Phallomère droit de petite taille portant un prépuce court ;
- ❖ Phallomère gauche spiralé et lamelleuse et son sclérite médian très effilé ;
- ❖ Elytre brune avec une nervation moins serrées et une pigmentation faible.

III.1.2.6. Distribution des Dictyoptères dans les différents cours d'eau

Les Dictyoptères identifiés et classés sur la base de la couleur du tégument, la structure des génitalia et des ailes, ainsi que la longueur des cerques ont donné lieu à trois morphotypes différents dont la distribution au sein des stations est représentées dans la (figure 44). De manière globale, le morphotype marron est plus abondant, la station Ab3 enregistre la valeur les plus élevées. De plus, le morphotype noir est le seul présent dans toutes les stations, et la station Ng3 enregistre les abondances les plus faibles.

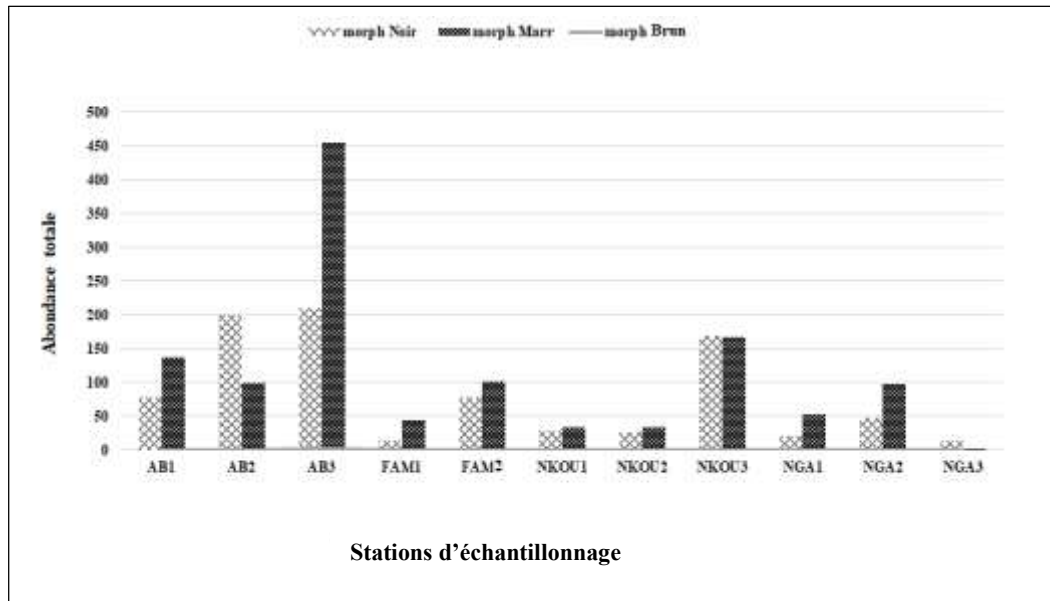


Figure 44: Abondance totale des morphotypes dans les différentes stations pendant la période d'étude.

De cette figure, il ressort que la station Ab3 du cours d'eau Abouda présente les effectifs les plus élevés des différents morphotypes, suivis de la station Nkou3 du cours d'eau Nkoumou où les abondances des morphotypes noirs et marrons sont presque identiques. Le cours d'eau Nga présente les effectifs les plus faibles. De manière générale, le morphotype marron apparaît dans toutes les stations avec des effectifs relativement élevés, à l'exception de la station Ab2 où le morphotype noir présente un effectif élevé. En ce qui concerne le morphotype brun, il est apparu dans le cours d'eau Abouda, au niveau de sa station Ab3, avec un effectif de 2 individus pendant toute la période d'étude. Sur le plan temporel, les mois de mars, août et septembre, ont enregistré des effectifs élevés, supérieurs à 80 et 40 individus respectivement pour les morphotypes marrons et noirs. En outre, les mois de février et juillet présentent des effectifs supérieurs à 20 individus par campagne pour les deux morphotypes noir et marron (Figure 45).

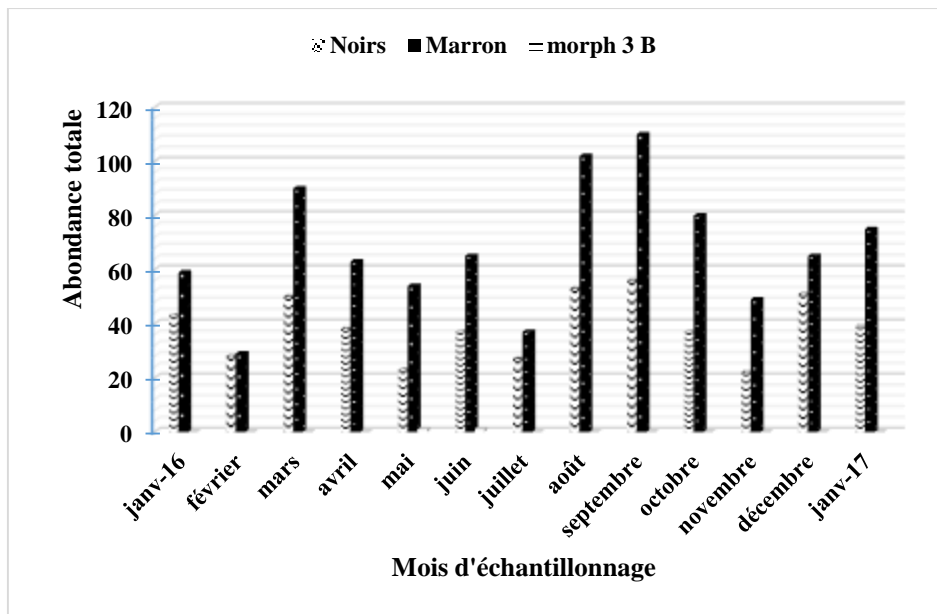


Figure 45: Abondance totale des morphotypes pendant la période d'étude.

III.1.2.7. Eléments de biologie des Dictyoptères semi-aquatiques

III.1.2.7.1. Ethologie

Les Dictyoptères semi-aquatiques sont des organismes sociaux et grégaires qui sont aussi bien influencés par la dégradation de l'habitat que par la pression des ennemis naturels comme les prédateurs (Naucoridae) qui réguleraient leurs peuplements. Ces organismes toléreraient mal la pollution et tout changement de paramètres telle que la baisse des teneurs de l'eau en oxygène dissous, l'augmentation du pH entraîneraient leur mort où leur fuite. Comme chez tous les insectes, les Dictyoptères semi-aquatiques ont un squelette externe (exosquelette) qui ne peut s'allonger, imposant de ce fait une croissance discontinue marquée par des mues successives. Lorsque l'insecte se trouve à l'étroit dans son ancienne carapace, il mue pour se débarrasser de l'ancienne cuticule et sécrète une autre plus grande. Quelques jours avant la mue, l'animal cesse de s'alimenter et se forme sur le thorax un écusson en forme de "V" renversé qui prend naissance sur le pronotum et s'ouvre sur la face supérieure du thorax. Cette étape est très importante et délicate car, pendant la mue, l'animal reste immobile pendant près de deux heures et se trouve ainsi vulnérable. Après la mue, le corps de l'animal reste très fragile et prend une couleur pâle très visible pouvant attirer l'attention des prédateurs. A la fin de la mue, l'animal mange son ancienne cuticule qui constitue son premier repas.

III.1.2.7.2. Alimentation

Les Dictyoptères semi-aquatiques sont des détritivores et/ou omnivores. Les observations faites au laboratoire ont permis de remarquer qu'en fonction du stade de

développement, ces organismes s'alimentent différemment. Ainsi, les larves, immatures et benthiques se nourrissent essentiellement des débris de végétaux et sont de ce fait, des nettoyeurs du sol. Les adultes du fait grand développement de leurs pièces buccales se nourrissent en plus des débris de végétaux, des feuilles et des fruits murs (Figure 46).

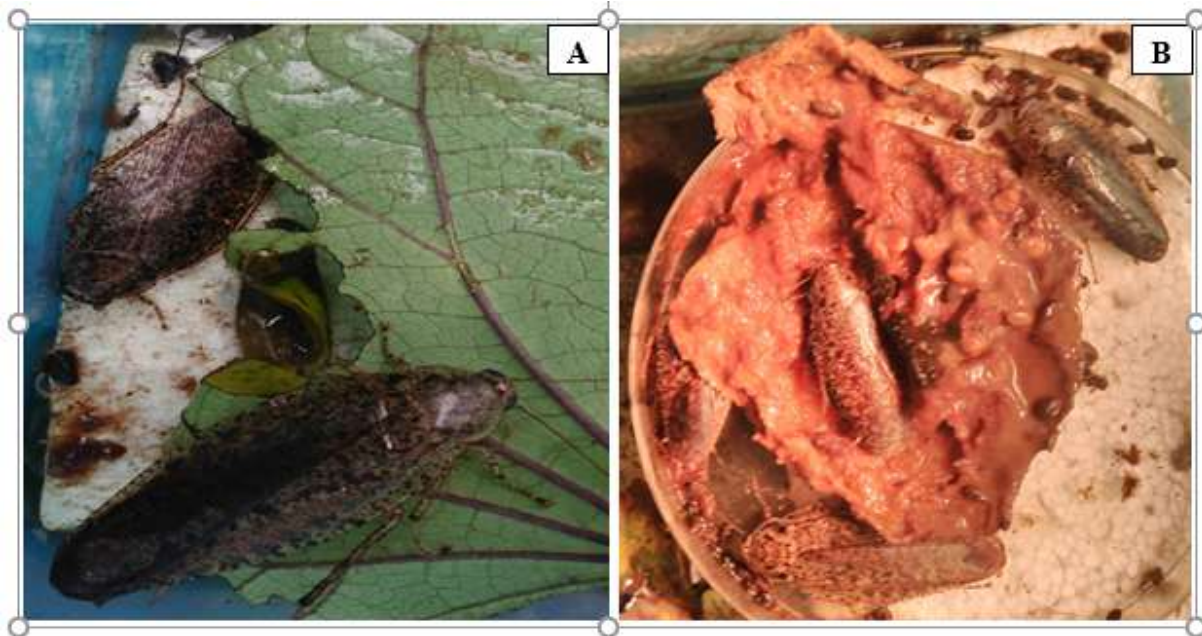


Figure 46: Fourragement sur les feuilles (A) et sur les fruits mûrs (B) dans les microcosmes au laboratoire.

III.1.2.7.3. Développement

Les données de la biologie consistent en l'observation des différents stades de développement, les séquences marquant la parade nuptiale, la reproduction et la durée du cycle de développement.

III. 1.2.7.3.1. Développement larvaire

Le développement embryonnaire constitue la première phase du développement qui s'étend de l'éclosion de l'oothèque à la mue imaginale, et se caractérise par l'absence d'ailes sur les ptérothèques thoraciques et le faible développement antennaire. De plus, en fonction du sexe, le développement des organismes varie ainsi que le nombre de stades qui passe de 6 pour les mâles à 7 pour les femelles.

III.1.2.7.3.2. Différentiation des stades de développement

Le développement embryonnaire des Dictyoptères passe par plusieurs stades qui vont de l'œuf à l'adulte, en passant par 7 stades larvaires.

III. 1.2.7.3.3. Oothèque

D'aspect réniforme (ressemble à un rein), l'oothèque de Dictyoptère se présente comme un sac limité par une coque ondulée et épaisse dont la coloration varie du marron au gris, contenant des œufs de couleur blanchâtre, disposés de façon verticale et symétrique. Il mesure en moyenne $0,2 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ de long et $0,06 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ de large (morphotype marron) et entre $0,6 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ de long et $0,2 \text{ mm} \pm 0,05$ de large (morphotype noir). Il héberge un nombre d'œufs variable, soit environ 20 œufs (morphotype noir) et 42 œufs (morphotype marron), disposés symétriquement par rapport à l'axe longitudinal (Figure 47).



Figure 47: Oothèques des morphotypes marron (A) et noir (B) des Dictyoptères.
Grossissement= 200X.

a) Larve de stade 1 (L1)

Cette larve minuscule et blanchâtre émerge après l'éclosion de l'œuf. Elle mesure environ 1,5 mm de long et ne présente pas de différenciation des structures spécialisées (pattes), seules les tâches des yeux composés sont visibles. Elle est difficile à manipuler et 25 min après l'éclosion, la cuticule se tanne et se colore rapidement pour prendre la couleur de l'Insecte.

b) Larve de stade 2 (L2)

C'est le stade le plus rapide du cycle de développement et se produit en moins d'une semaine. Cette larve de 10 jours a une taille moyenne de 3 mm environ, une forme grêle et un nombre d'articles antennaire n'atteignant pas 25 au niveau du funicule. Les sexes ne sont pas encore visibles du fait du faible développement des styles chez les individus mâles.

c) Larve de stade 3 (L3)

La taille de la larve passe à 3 mm entraînant une augmentation des segments antennaires et une différenciation des organes sexuels mâles. L'abdomen, le thorax et les ptérothèques sont bien différenciés.

d) Larves de stades 4 et 5 (L4 et L5)

Les individus de ces stades sont semblables, la taille des larves atteignant 5 mm. Elles se caractérisent par l'apparition des railleurs sur les ébauches alaires, ébauches de développement de ailles, et une marque du dimorphisme sexuel. Les femelles ont un abdomen globuleux. La différenciation entre ces deux stades n'est pas très nette.

e) Larves de stades 6 et 7 (L6 et L7)

Ces stades marquent la fin du développement larvaire avec des individus incontestablement plus gros et mesurant 30 mm à 35 mm. Ces individus (L6) pour le mâle et (L6 et L7) pour les femelles, se caractérisent par une coloration accentuée du tégument et des ptérothèque et des antennes plus longues que les stades précédents. Le dimorphisme sexuel est prononcé et les organes reproducteurs et respiratoires (stigmates respiratoires) bien différenciés.

f) Stade adulte

Les individus adultes ou imagos marquent la fin du développement de l'insecte et se particularisent par la présence des ailes. Ces individus en fonction des espèces atteignent leur maturité sexuelle 2 à 3 mois après la métamorphose et se reproduisent en milieu terrestre, mais toujours près de l'eau. La différence de taille des individus mâles et femelles constitue le signe majeur du dimorphisme sexuel. Ainsi les femelles mesurent entre 37 mm \pm 0,05 mm (morphotype marron) et 31 mm \pm 0,05 mm (morphotype noir) de long. Les mâles ont une taille plus petite que les femelles et mesurent entre 28 mm \pm 0,05 mm (morphotype marron) et 23 mm \pm 0,05 mm (morphotype noir) de long. Chez le morphotype brun, seuls les mâles ont été observés. Il est à noter que les formes larvaires du morphotype brun n'ont pas été obtenues.

III.1.2.7.4. Comportement sexuel des Dictyoptères aquatiques en microcosme

L'observation en microcosme de certaines séquences de la parade nuptiale, a permis de constater que le mâle exercerait une attraction sur la femelle par chimiotactisme positif.

III.1.2.7.4.1. Attraction de la femelle par le mâle.

À maturité sexuelle, le mâle commence à explorer les lieux. Après plusieurs minutes, il s'immobilise pour sécréter une substance dans l'air grâce à sa glande tergale. Après, la femelle se met à son tour à explorer l'enceinte, puis s'immobilise. Le mâle commence à balader ses antennes dans toutes les directions jusqu'à ce qu'il y ait contact antennaire avec la femelle.

III.1.2.7.4.2. Reconnaissance des deux partenaires par contact antennaire.

Après ce contact antennaire, le mâle se met à explorer l'ensemble du corps de la femelle à l'aide de ses antennes. Ce processus peut se renouveler plusieurs fois entraînant la fuite de la

femelle, suivi immédiatement après de la poursuite du mâle.

III.1.2.7.4.3. Parade du mâle.

Pendant cette phase, le mâle se rapproche de la femelle, par son abdomen auquel il imprime aussitôt des mouvements verticaux de faible amplitude, les antennes restant toujours en contact soit avec le corps soit avec les antennes de la femelle.

III. 1.2.7.4.4. Léchage des tergites du mâle par la femelle.

Cette phase marque l'approbation de la femelle. En effet, après des sollicitations répétées du mâle, la femelle se rapproche de ce dernier et commence à lécher les tergites du mâle.

III. 1.2.7.4.5. Accouplement.

Après le léchage des tergites, la femelle grimpe sur le dos du mâle qui aplatit son abdomen et l'étend progressivement pour mieux accueillir et accrocher les pièces génitales de la femelle grâce à son phallomère. La femelle accrochée, le mâle effectue une rotation de 180° qui dispose le couple en sens opposé. Pendant l'accouplement, le mâle reste immobile alors que la femelle plus grosse reste active et tire le mâle vers l'arrière. Le décrochage des partenaires marque la fin de l'accouplement. L'ensemble des comportements sont contenus dans la Figure 48.

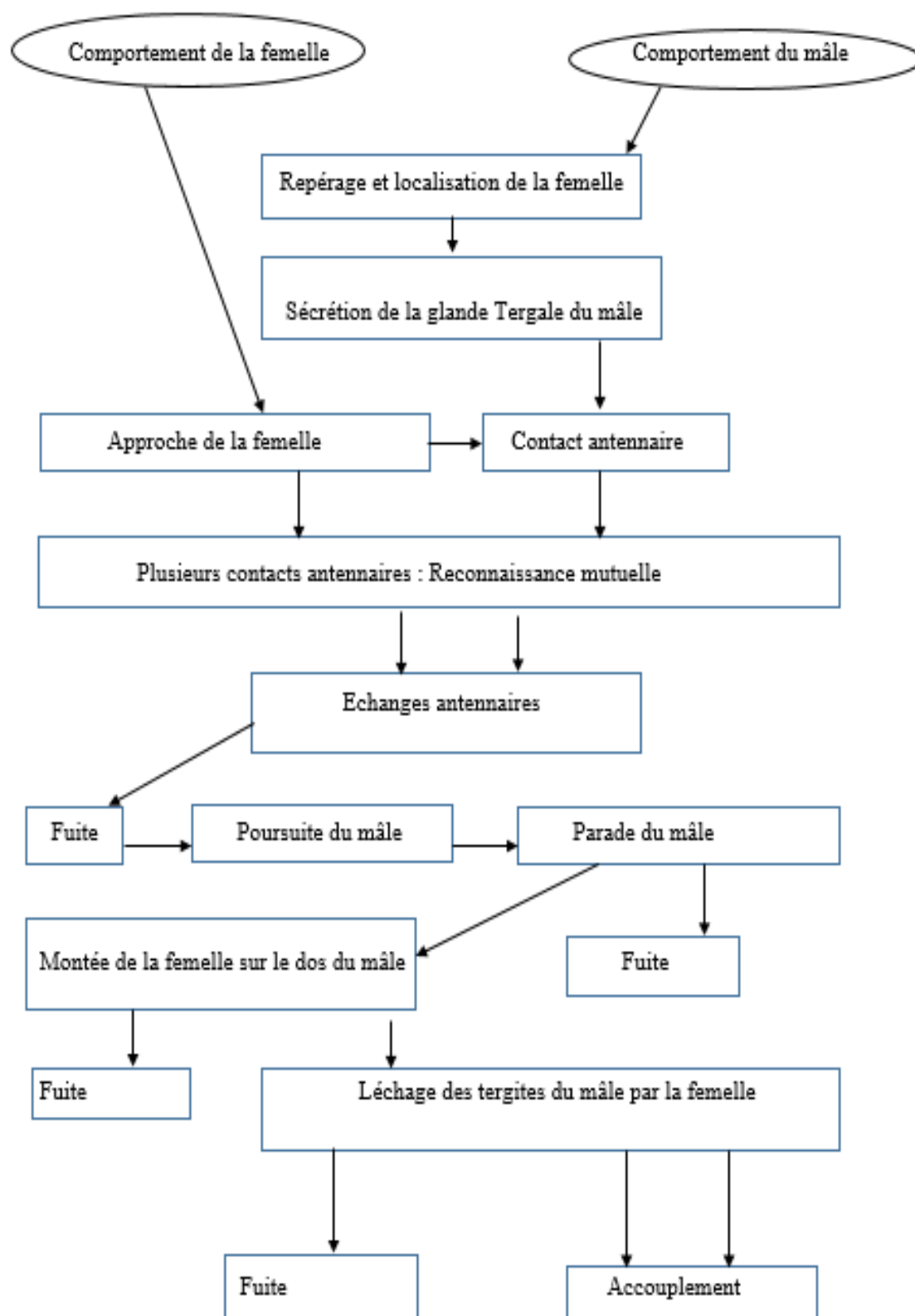


Figure 48 : Ethogramme du comportement sexuel chez les Dictyoptères aquatiques.

III.1.2.8. Distribution des Dictyoptères semi-aquatiques dans les stations d'étude

Le diagramme ci-dessous présente l'évolution des abondances totales des morphotypes dans les différentes stations pendant la période d'étude. De façon globale, deux principales classes peuvent apparaître, la première avec des abondances supérieures à 20 individus. Le premier composé de stations Ab1, Ab2, Ab3, Nkou3, Ng1 et Ng2 et la seconde avec les abondances inférieures à 20 individus regroupent les stations Fam1, Fam2, Nkou1, Nkou2 et Ng3. Par ailleurs, la station Ab3 se distingue par des abondances et une richesse taxonomique totales (> 60 individus) plus élevées. En effet, les trois morphotypes des dictyoptères y marquent leur présence à cette station. Elle est suivie par les stations Ab1, Nkou3, Ab2, Ng1 et Ng2 qui cumulent les abondances respectives de 40, 40, 20, 20, et 40 individus. Les mois d'août et octobre enregistrent les abondances les plus élevées avec 70 individus pour le morphotype marron à la station Ab3, le mois de décembre présente l'effectif le plus élevé pour le morphotype noir avec 59 individus, à la station Ab1. Pour ce qui est du morphotype brun non déterminé, 2 individus ont été récoltés à la station Ab3 (Figure 49).

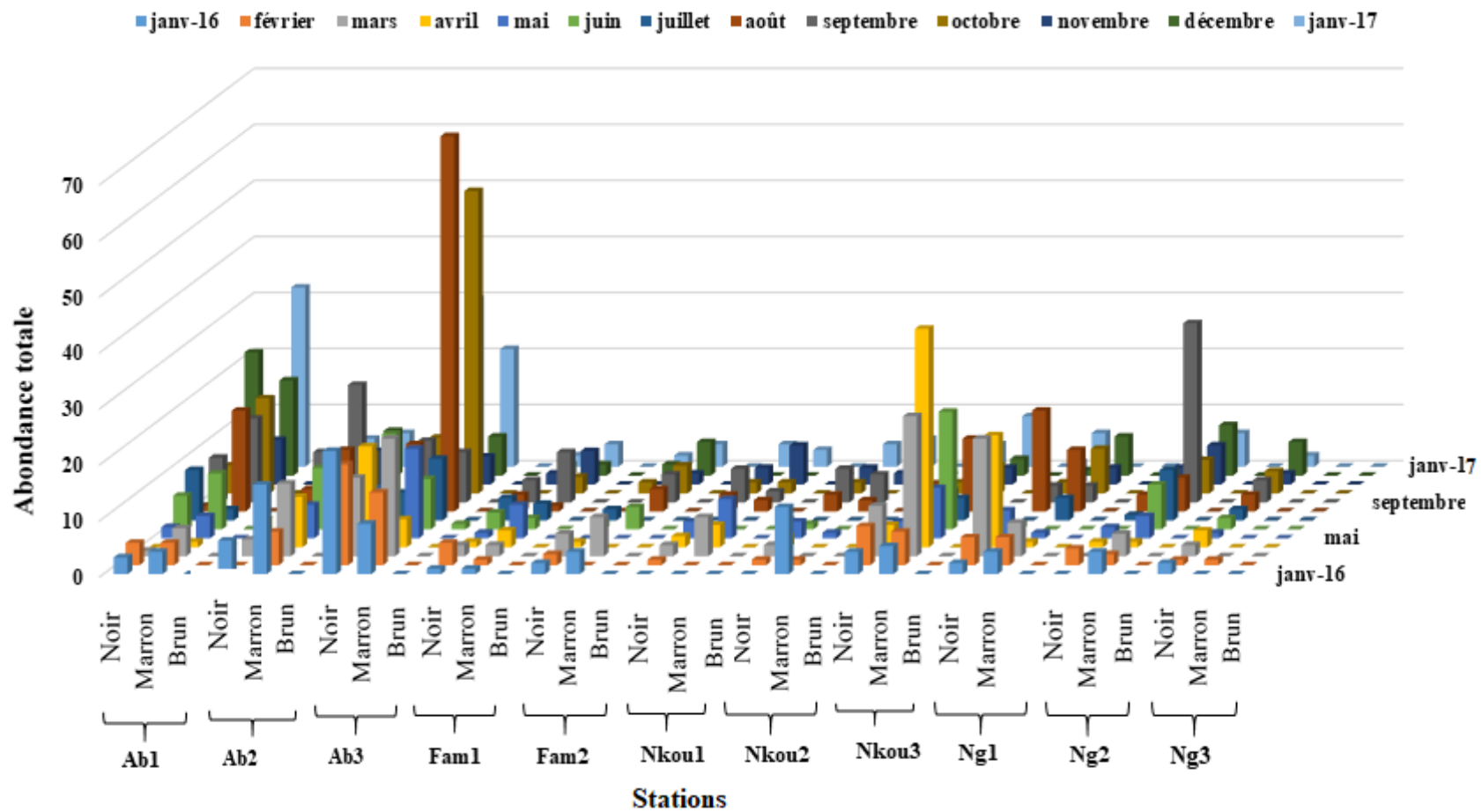


Figure 49: Diagramme en bloc présentant les abondances absolues des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques dans les stations pendant la période d'étude.

III.1.2.8.1. Distribution des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans les sous-bassins versant

La répartition des organismes montre des variations dans les différents mois au sein des stations.

III.1.2.8.1.1. Cours d'eau Abouda

La répartition des Dictyoptères semi-aquatiques et l'ensemble de ses taxons compagnes laisse ressortir la prédominance des morphotypes Noir et Marron à la station Ab1. Le morphotype marron surplante toute la faune pendant le mois de décembre 2017 avec une abondance de 42 individus. Les espèces *Plea* sp., *Perla* sp. et *Caenis* sp. se démarquent des autres avec des effectifs élevés. Les Hémiptères, représentés par les espèces *Ranatra* sp., *Paraphynovelia* sp., *Rhagotarsus* sp., mis à part les espèces *Naucoris* sp., *Eurymetra* sp. et *Rhagovelia* sp., présentent des abondances totales très faibles, inférieures à 5 individus. La distribution des organismes dans la station Ab2 montre une faune dominée par le morphotype marron et l'espèce *Eurymetra* sp. avec des abondances totales supérieures à 30 individus. Il en est de même des espèces *Rhagovelia* sp., *Ephemera* sp., *Potamanthes* sp. et *Gerris* sp. qui présentent également des effectifs relativement élevés et supérieurs à 20 individus. Les abondances totales les plus élevées sont relevées aux mois de janvier, août et septembre 2016, avec des effectifs respectifs de 40, 23 et 39 individus. Les espèces *Rhagotarsus* sp. et *Limnogonus* sp., présentent les plus faibles abondances avec des effectifs inférieurs à 10 individus. Dans la station Ab3, le morphotype noir enregistre l'abondance la plus importante au mois de mai avec des effectifs dépassant 60 individus, suivi du morphotype marron aux mois de juin, août et février qui enregistrent des effectifs supérieurs à 60 individus. Cette station est la seule qui enregistre le morphotype brun (non déterminé) pendant le mois de juin. En outre, les espèces *Eurymetra* sp., *Ephemera* sp., *Ephemerella* sp., *Potamanthus* sp., *Gerris* sp., *Hydropsyche* sp., *Philopotamantes* sp., *Caenis* sp., *Perla* sp. et *Brachycentrus* sp. reconnus polluosensibles sont bien représentés dans cette station. Les espèces *Naucoris* sp., *Ranatra* sp. qui seraient des individus prédateurs sont moins représentés avec des effectifs inférieurs à 10 ind (Figure 50).

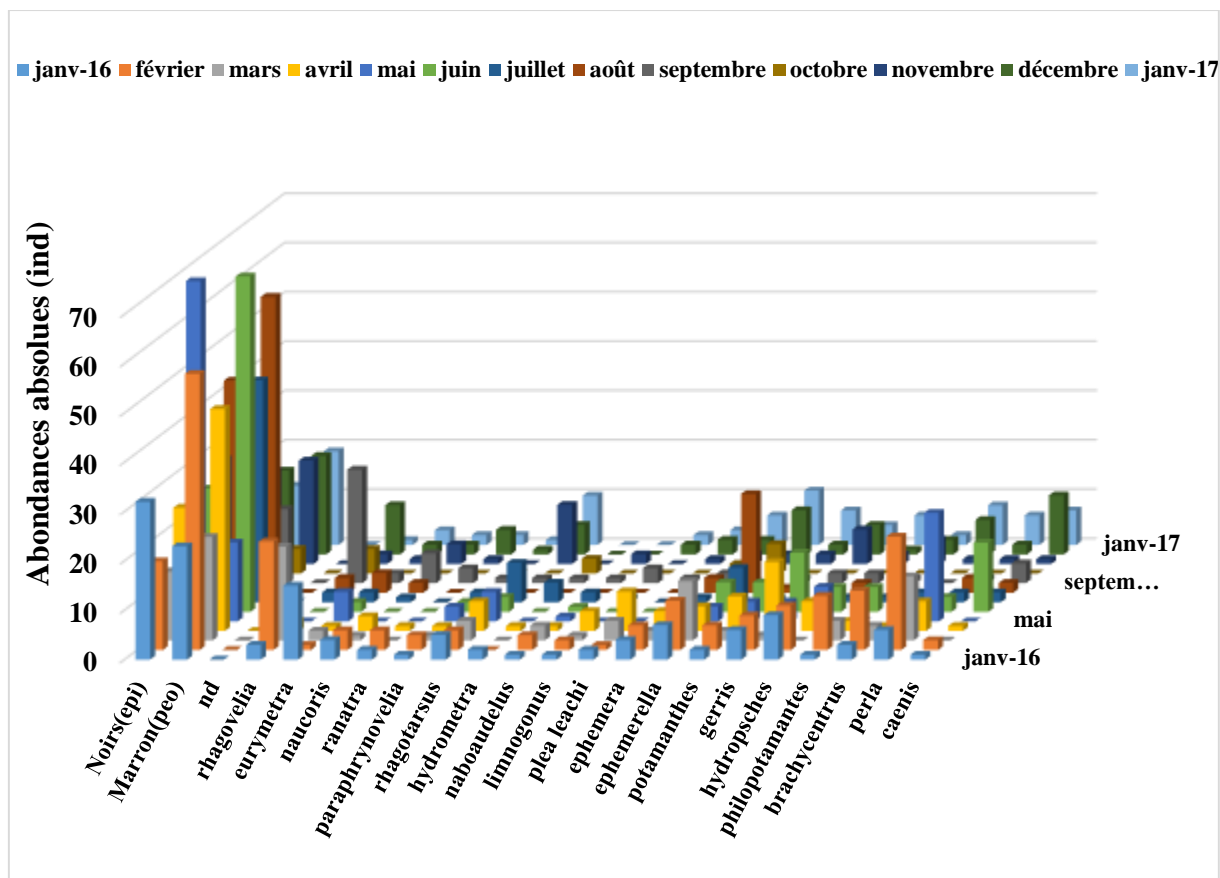


Figure 50: Répartition des morphotypes de Dictyoptères et des espèces compagnes dans le cours d'eau Abouda

III.1.2.8.1.2. Cours d'eau Fam

Dans le cours d'eau Fam, la distribution des organismes benthiques dans la station Fam1, présente une configuration uniforme, avec des effectifs inférieurs à 20 individus pour la majorité des taxons recensés, à l'exception de l'espèce *Rhagovellia* sp. qui affiche une donnée marginale avec un effectif supérieur à 80 individus obtenus au mois de janvier 2017.

La station Fam2 présente une répartition presque similaire des organismes benthiques. L'espèce *Rhagovellia* sp. s'illustre avec un effectif supérieur à 100 individus enregistré au mois de janvier 2017. Les taxons spilloosensibles (*Caenis* sp., *Perla* sp., *Hydropsyche* sp., *Ephemera* sp., *Ephemerella* sp.) sont faiblement représentés dans cette station avec des effectifs inférieurs à 10 individus (Figure 51).

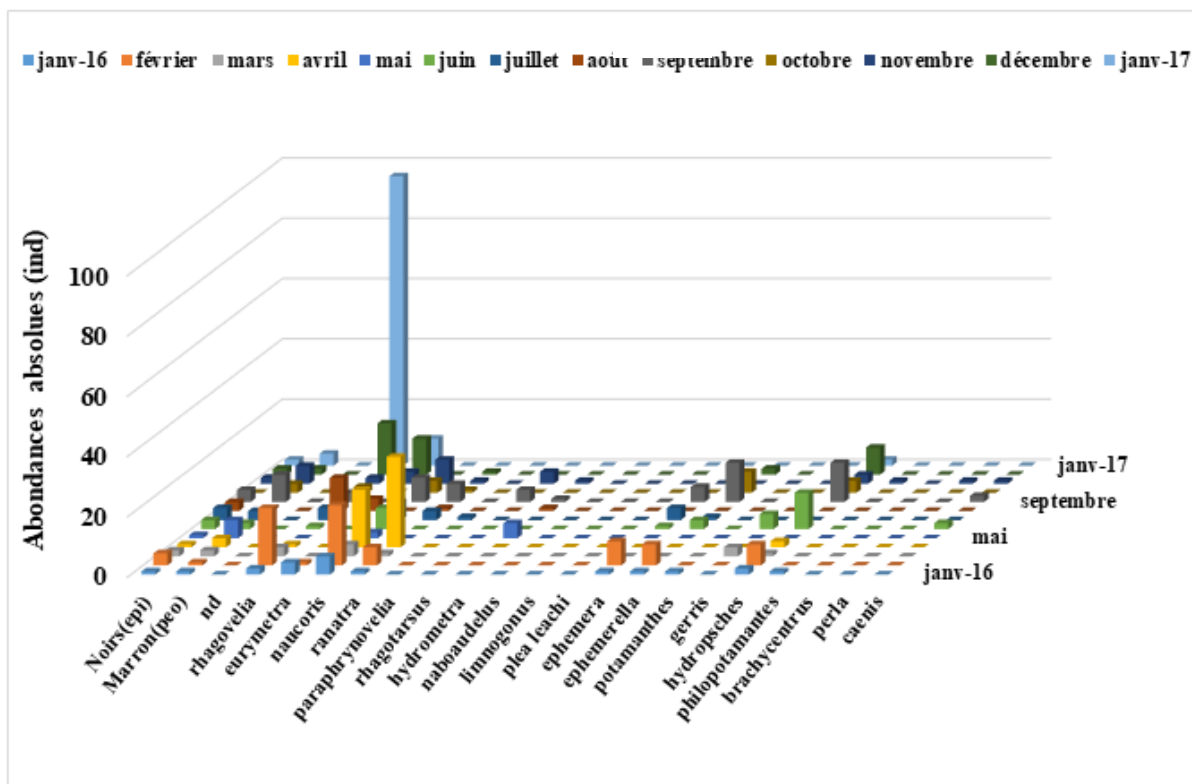


Figure 51: Distribution des Dictyoptères et leurs espèces compagnes dans le cours d'eau Fam.

III.1.2.8.3. Distribution des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans le cours d'eau Nkoumou

La distribution des organismes benthiques dans la station Nkou1 laisse apparaître deux strates. La première caractérise les morphotypes noirs et marron, associés aux taxons compagnes *Rhagovelia* sp., *Naucoris* sp. et *Ranatra* sp. Les autres taxons (polluosensibles) apparaissent de façon épisodique avec des effectifs inférieurs à 5 individus. Le mois de janvier 2017 enregistre les abondances plus élevées avec des effectifs supérieurs à 30 individus.

La faune benthique dans la station Nkou 2 est essentiellement représentée par les morphotypes noir et marron, associés aux taxons alliés *Rhagovelia* sp., *Eurymetra* sp., *Naucoris* sp., *Ranatra* sp., *Hydrometra* sp., *Plea* sp., *Ephemera* sp. et *Ephemerella* sp., dont la plupart fait partie des taxons polluosensibles. Les *Naucoris* sp. apparaissent de façon régulière dans les prélèvements et ceci durant tous les mois.

La faune benthique dans la station Nkou3 est essentiellement dominée par les morphotypes noir et marron, et dans une moindre mesure par les espèces *Ephemerella* sp. et *Hydropsyche* sp.. Ces taxons sont présents pendant toute la période d'étude, avec des effectifs atteignant 40 individus. Les morphotypes noir et marron affichent des abondances les plus élevées pendant les mois de mars et juillet. Par contre, les mois de janvier 2016 et janvier 2017 se caractérisent par des abondances relativement faibles pour l'ensemble des macroinvertébrés

benthiques. Les taxons polluossensibles sont représentés par les espèces *Ephemerella* sp. et *Hydropsyche* sp. (Figure 52).

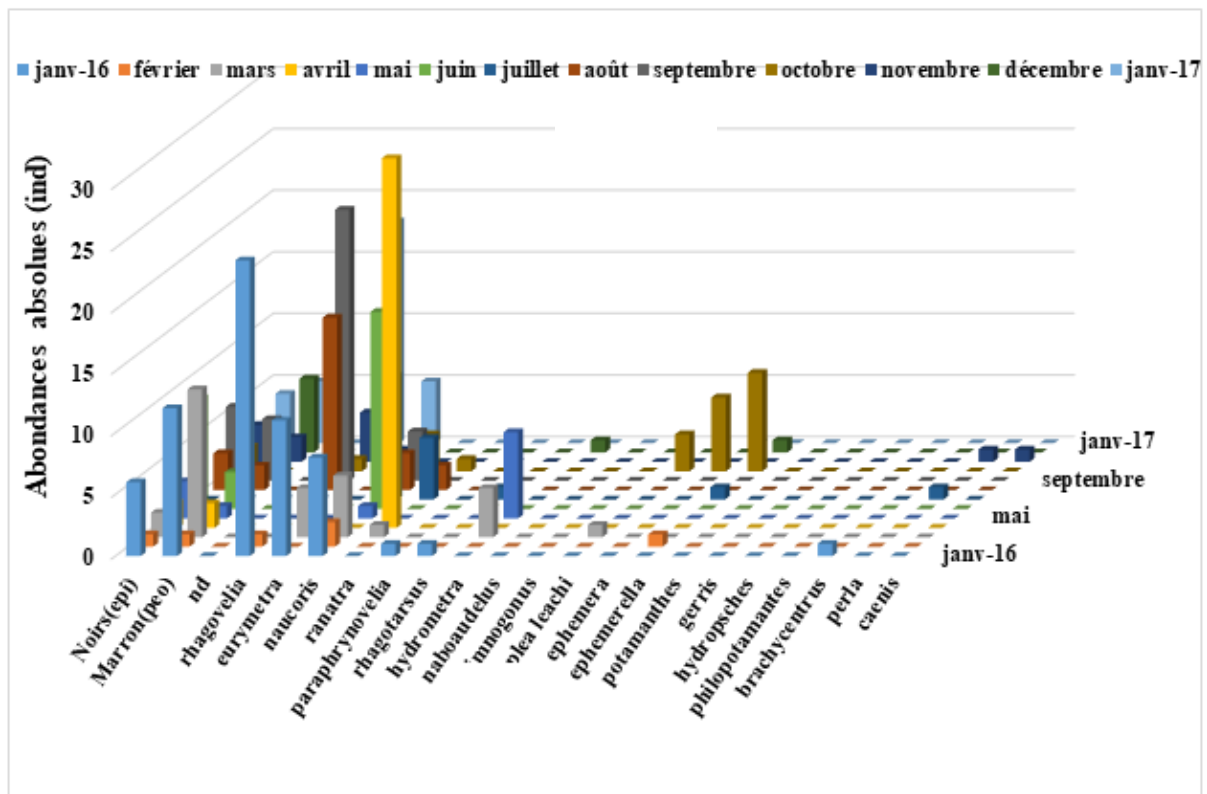


Figure 52: Distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans le cours d'eau Nkoumou.

III.1.2.8.1.4. Distribution des morphotypes de Dictyoptères semi-aquatiques et des espèces compagnes dans le cours d'eau Nga

La distribution des macroinvertébrés benthiques dans la station Ng1 est dominée par les morphotypes noir et marron, suivis des espèces *Rhagovelia* sp., *Eurymetra* sp. et *Naucoris* sp. Les taxons *Ranatra* sp., *Hydrometra* sp., *Plea* sp., *Ephemerella* sp., *Gerris* sp. et *Hydropsyche* sp. sont moins représentés avec des effectifs inférieurs à 5 individus (Figure 53). Globalement, les mois de janvier 2016, mars et juin montrent une apparition plus ou moins régulière des individus récoltés. La station Ng2 présente une faible diversification et abondance des taxons par rapport aux autres stations. Cependant, seuls les morphotypes noir, marron et le taxon *Rhagovelia* sp. apparaissent de façon constante à cette station. Bien que n'apparaissant pas de façon régulière, l'espèce *Naucoris* sp. enregistre l'abondance absolue la plus élevée (26 individus), notamment pendant le mois de janvier 2016. Les taxons polluossensibles sont très peu représentés, à l'exception des *Hydropsyche* sp. qui, malgré leur faible abondance sont quasiment présents durant la période d'étude. La répartition de la faune benthique dans la

station Ng3 présente une organisation particulière, avec une faible abondance des Dictyoptères semi-aquatiques. Le morphotype noir est néanmoins présent à tous les mois mais avec des effectifs relativement faibles, contrairement au morphotype marron qui est quasiment absent à cette station, excepté le mois de février où il se signale une seule fois. Cette station est dominée par les espèces *Rhagovelia* sp., *Eurymetra* sp., *Naucoris* sp. et *Ranatra* sp. Les taxons polluosensibles, très faiblement abondants, sont représentés par les espèces *Ephemera* sp., *Ephemerella* sp. et *Hydropsyche* sp..

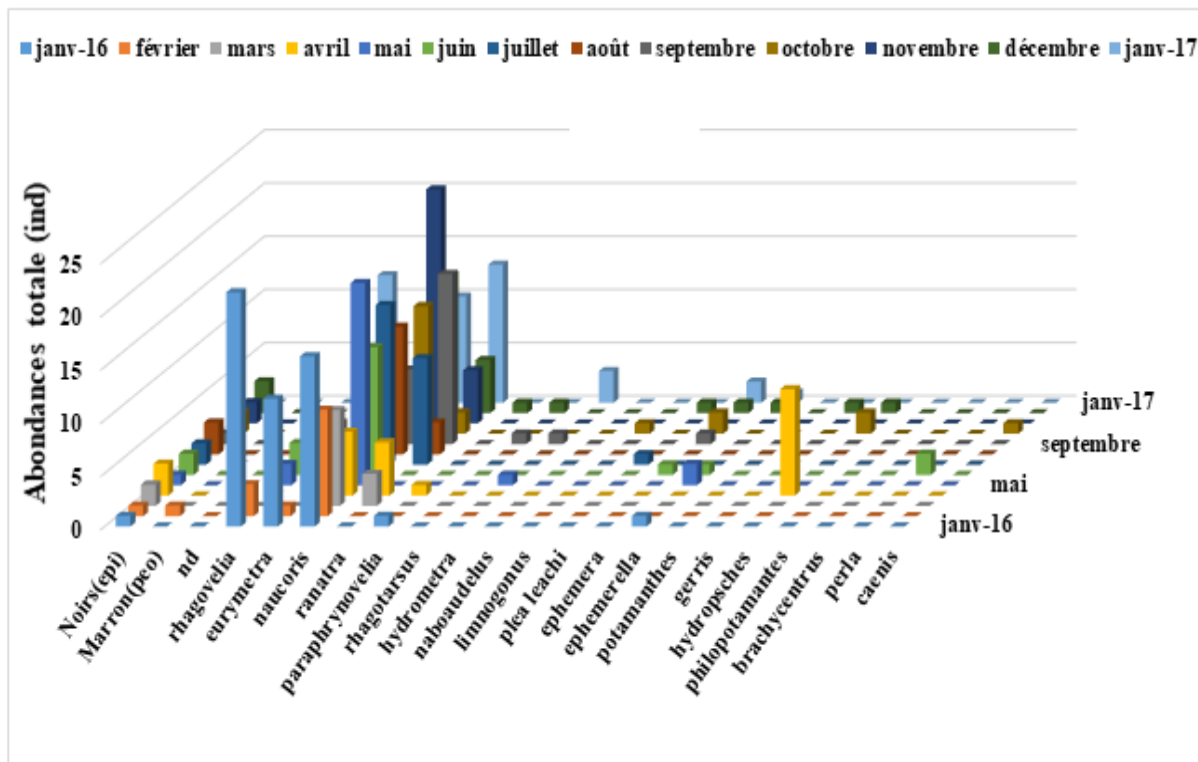


Figure 53: Distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et espèces compagnes dans le cours d'eau Nga .

III.1.2.9. Cycle de développement

Les organismes recoltés dans le cadre de cette étude sont bivoltines (deux générations par an), notamment les morphotypes noirs et marrons recoltés dans la plupart des stations, et élevés au laboratoire, une génération dure 7 mois environ (Figure 54). Le cycle commence par la ponte de l'oothèque et s'achève par la ponte de l'oothèque en passant par une succession de mues au cours desquelles l'animal atteint la maturité sexuelle. L'ensemble des séquences et les durées approximatives des différentes phases du développement sont représentés dans le Tableau 7 ci après.

Tableau 7: Durées approximatives des différentes phases de développement des Dictyoptères semi-aquatiques

Phases de développement	Durées (jours)	Taille moyenne (mm)
L1	15	1,5
L2	12	3
L3	15	3
L4	15	3
L5	18	35
L6	15	35
L7	90	37

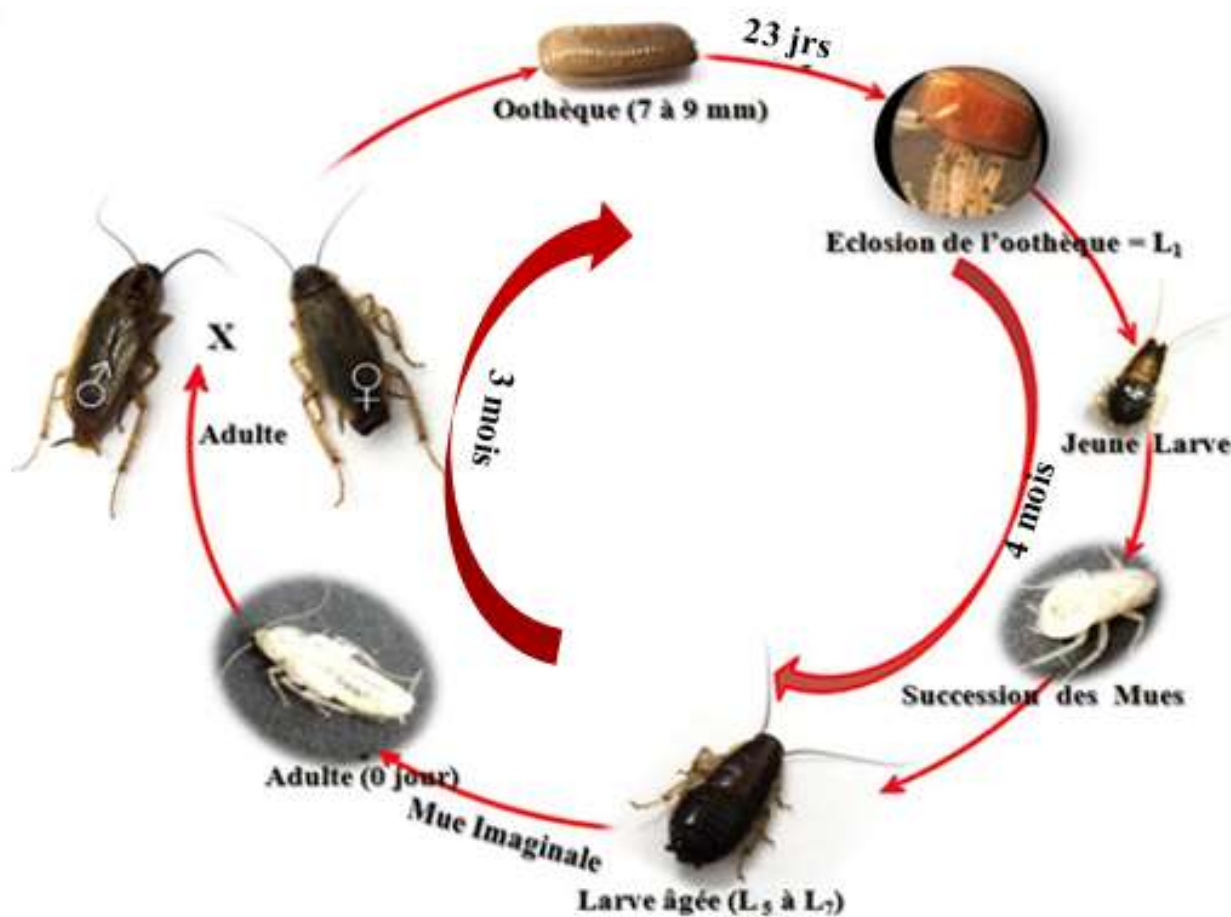


Figure 54: Cycle de développement des Dictyoptères semi-aquatiques

III.1.3. Facteurs écologiques et distribution des Dictyoptères semi-aquatiques et autres macroinvertébrés benthiques

L'étude des corrélations par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) permet de distinguer les paramètres hydromorphologiques, physicochimiques et granulométriques qui

influencent la distribution des organismes dans les cours d'eau. L'essentiel de la variance totale est fourni sur les deux premiers axes factoriels F1 (34,41 %) et F2 (21,71 %) qui cumulent 56,12 % de l'inertie totale. Dans le cercle de corrélations (Figure 55), les taxons récoltés (Hydropsychidae, Ephemerellidae, Blaberidae, Perlidae et Caenidae) sont positivement corrélés entre eux et positivement corrélés au taux de saturation en oxygène dissous. Ainsi, de tous les paramètres écologiques considérés, la teneur de l'eau en oxygène dissous apparaît être le principal facteur qui influence la distribution des organismes dans les différents cours d'eau considérés. De même, les Naucoridae sont significativement et positivement corrélés à la vitesse d'écoulement élevée, aux fortes températures, à la nature vaseuse du substrat, et aux valeurs élevées de l'oxydabilité. Les faibles teneurs en azote ammoniacal, les faibles profondeurs, la largeur du lit et les faibles valeurs en MES sont positivement et significativement corrélées à l'axe F2. Par contre, les taxons Rhagoveliidae et les Veliidae sont significativement et négativement corrélés au CO₂, bien que toutes ces variables soient négativement corrélées à l'axe F2. Par ailleurs, l'organisation globale des taxons montre que les Blaberidae ont plus d'exigence vis-à-vis des teneurs de l'eau en oxygène dissous que les Perlidae, les Ephemeridae, les Gerridae et les Ephemerellidae.

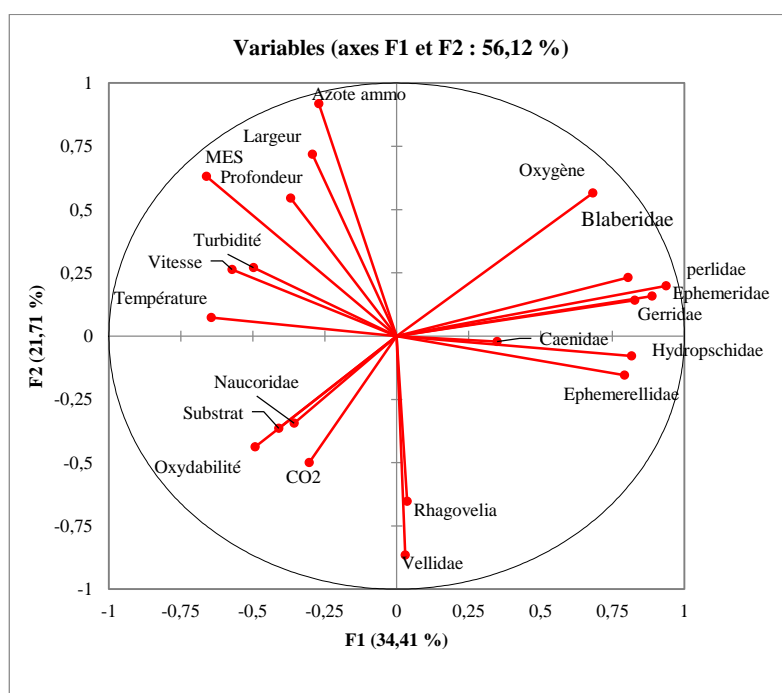


Figure 55: Relations écologiques entre Dictyoptères et autres macroinvertébrés benthiques

III.1.3.1. Associations écologiques entre les Dictyoptères aquatiques et les taxons compagnes

Le coefficient de corrélation tétrachorique entre les Dictyoptères semi-aquatiques et certaines familles de macroinvertébrés benthiques compagnes donne des valeurs consignées dans le tableau 8 . Il en résulte que les morphotypes présentent des réactions variant avec certains taxons compagnes. Ainsi, les Hémiptères à l’instar des Naucoridae et des Hydrometridae présentent des valeurs de coefficient de corrélation tétrachorique négatives, traduisant une répulsion de ces familles avec les deux morphotypes, signe d’une probable compétition au sein du même biotope. Les autres familles à l’instar des Veliidae, des Ephemeridae, des Ephemerellidae, des Hydropsychidae, les Phylopothamantidae et des Perlidae, qui sont des taxons connus pour leur sensibilité à la pollution et à la modification de l’environnement présentent des valeurs de coefficient de corrélation tétrachorique positives avec les deux morphotypes, traduisant une cohabitation de ces morphotypes et l’ensemble de ces familles. L’application du test “t” de student à l’ensemble de ses valeurs a permis de constater qu’il n’existe pas de différences significatives ($t = 0,9$ et $p = 0,37$).

Tableau 8: Valeurs du coefficient de corrélation tétrachorique obtenues entre les Dictyoptères demi-aquatiques et les familles compagnes récoltés pendant la période d’étude.

Familles	Noir	Marron	Observations
Naucoridae	-0,19	-0,11	Répulsion des deux morphotypes
Hydrométridae	-0,1	-0,2	
Potamanthidae	-0,14	0,2	Répulsion avec le noir
Pleidae	-0,23	0,19	
Nepidae	0,144	-0,2	Répulsion avec le marron
Veliidae	0,56	0,4	Cohabitation avec les deux morphotypes
Gerridae	0,11	0,25	
Ephemeridae	0,11	0,58	
Ephemerellidae	0,38	0,26	
Hydropsychidae	0,46	0,37	
Phylothamantidae	0,12	0,31	
Brachicentridae	0,39	0,32	
Perlidae	0,31	0,62	
Caenidae	0,2	0,33	

III.1.3.2. Analyse des corrélations entre les variables

L’étude réalisée a permis d’observer des corrélations positives et significatives entre les MES et l’oxydabilité ($r = 0,27$; $p < 0,05$), le taux de saturation des eaux en oxygène dissous et les Blaberidae, les Pleidae, les Ephemeridae et les Ephemerellidae ($r = 0,47$; $0,59$; $0,54$; $0,53$

; $P < 0,05$). En outre, des corrélations significatives et négatives sont notées entre les MES et les Blaberidae ($r = - 0,6$; $P < 0,05$), les MES et les Veliidae ($r = - 0,43$; $P < 0,05$), les Naucoridae et les Blaberidae ($r = - 0,59$; $P < 0,05$), entre la vitesse d'écoulement et les Ephemeridae, les Ephemerellidae, les Blaberidae et les Perlidae ($r = - 0,522, -0,442, - 0,658, - 0,595$) respectivement, entre la profondeur et les Blaberidae, les Ephemeridae, les Hydropsychidae et les Perlidae ($r = - 0,311, - 0,247, - 0,014, - 0,028$) respectivement.

III.1.3.3. Indices de diversité de Shannon et Weaver, équitabilité de Piélou et similarité de Simpson.

Les valeurs des indices de diversité de Shannon et Weaver et de l'équitabilité de Piélou présentent une évolution en dents de scie au sein des stations. Dans le cours d'eau Abouda, les indices de Shannon et Weaver et l'équitabilité de Piélou augmentent de l'amont vers l'aval, et montre que la station Ab3 est la plus diversifiée. Dans les stations des cours d'eau Fam et Nkoumou, ces indices décroissent de l'amont vers l'aval et ont une forme hyperbolique dans le cours d'eau Nga, avec une valeur élevée à la station Ng2. En outre, la station Ab3 présente une allure différente avec les stations Ab1 et Ab2 (Figure 56A). A l'ensemble des sous bassins versants, ces indices prennent des valeurs relativement élevées dans le cours d'eau Abouda, suivie des cours d'eau Nga et Nkoumou. (Figure 56B). Le cours d'eau Abouda est le plus diversifié et est celui dans lequel tous les morphotypes de Dictyoptères décrits ont été récoltés. Il en est de même de l'indice de similarité de Simpson qui enregistre la valeur élevée dans le cours d'eau Abouda.

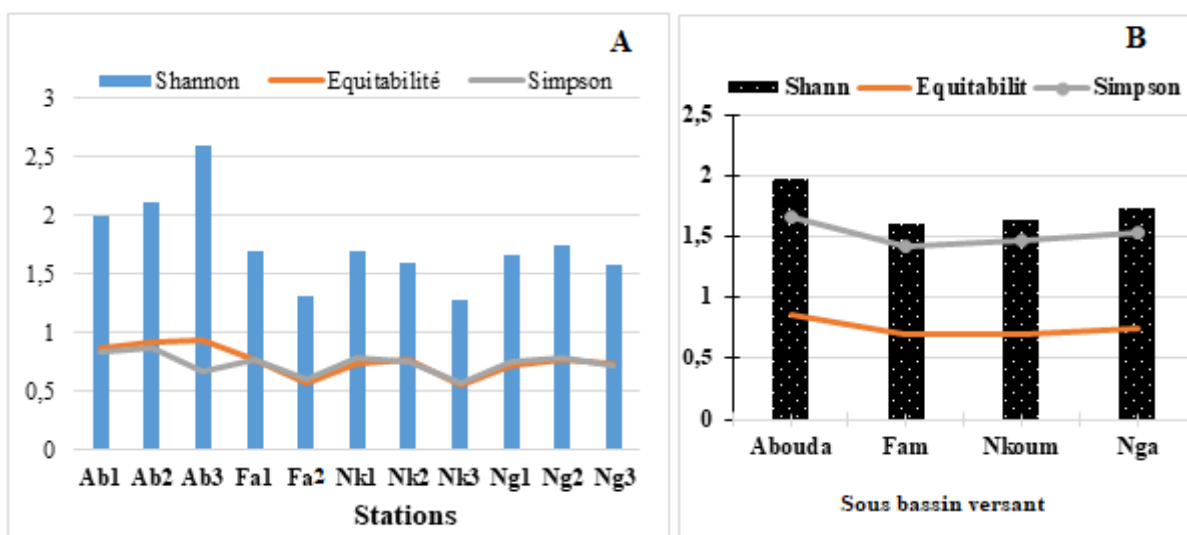


Figure 56 : Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon- Weaver, de l'équitabilité de Piélou et de la similarité de Simpson dans les différentes stations (A) et des sous-bassins versants (B) pendant la période d'étude.

III. 1.3.4. Indice de pollution organique (IPO)

Les résultats du calcul de l'indice de pollution organique (IPO) sont contenus dans le Tableau 9. Déterminé à partir des concentrations des éléments indicateurs de pollution organique, cet indice présente des valeurs qui oscillent entre 3,75 (pollution modérée) et 4,75 (pollution nulle), les mois d'octobre, novembre, décembre et janvier ayant enregistré les faibles valeurs aux stations Fam1, Fam2, Nkou3 et Ng2.

il ressort de façon globale que les cours d'eau prospectés sont sujets à une faible pollution organique. La représentation de l'évolution de la pollution organique au sein des différentes stations constituant les cours d'eau prospectés, montre que l'ensemble des valeurs est comprises dans la zone de qualité de faible à nulle.

Tableau 9: Récapitulatif des valeurs de l'indice de pollution organique dans les différentes stations pendant la période d'étude.

Variables	Ab1	Ab2	Ab3	Fam1	Fam2	Nkou1	Nkou2	Nkou3	Ng1	Ng2	Ng3
janv-16	4,25	4,25	4	4,25	4,25	4	4	4	4	4,25	4,25
Février	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,25	4,5	4,5	4,5	4,5	4,25
Mars	4,75	4,75	4,75	4,75	4,5	4,75	4,5	4,75	4,5	4,5	4,75
Avril	4,75	4,5	4,75	4,75	4,75	4,5	4,5	4,75	4,5	4,5	4,5
Mai	4,75	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Juin	4,75	4,5	4,75	4,5	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	4,5	4,5
Juillet	4,75	4,5	5	4,75	4,75	4,75	4,75	4,5	4,5	4,5	4,5
Août	4	4	4,75	4,5	4,5	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
Septembre	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4	4	4	4,25	4,25	4,25
Octobre	4,5	4,25	4	3,75	4	4	4	4	3,75	4	4,25
Novembre	4	4,25	4	4,25	3,75	4,25	4	4	4,25	4	4
Décembre	4,25	4,25	4	4,25	3,75	4	4,25	3,75	4,25	4	4
janv-17	4	4,25	4	3,75	4	4	4	3,75	4	3,75	4

III.1.3.5. Discrimination des paramètres abiotique et biotiques qui caractérisent les cours d'eau

L'Analyse Factorielle Discriminant (AFD) appliquée à l'ensemble des sous-bassins versants a permis de former sur base des données granulométriques, physicochimiques et biologiques, trois noyaux d'affinité. Le groupe 1 (Grp1) discrimine les cours d'eau Abouda et Nkoumou, ainsi les paramètres tels que l'oxygène, le pH et le substrat. Le groupe 2 (Grp 2) regroupe le cours d'eau Fam et les paramètres tels que l'oxydabilité, la conductivité électrique et les nitrates. Le groupe 3 (Grp 3) quant à lui discrimine le cours d'eau Nga et les paramètres tels que le phosphate et CO₂ dissous (Figure 57). L'organisation des organismes benthiques a permis de constater le regroupement des Dictyoptères semi-aquatiques et des macroinvertébrés

benthiques polluossensibles à l'instar de *Ephemera* sp., *plea* sp. et *Rhagovelia* sp. autour des groupes 1 et 2. Quant au groupe 3, *Naucoris* sp. et *Eurymetra* sp. ont montré des affinités pour ce groupe.

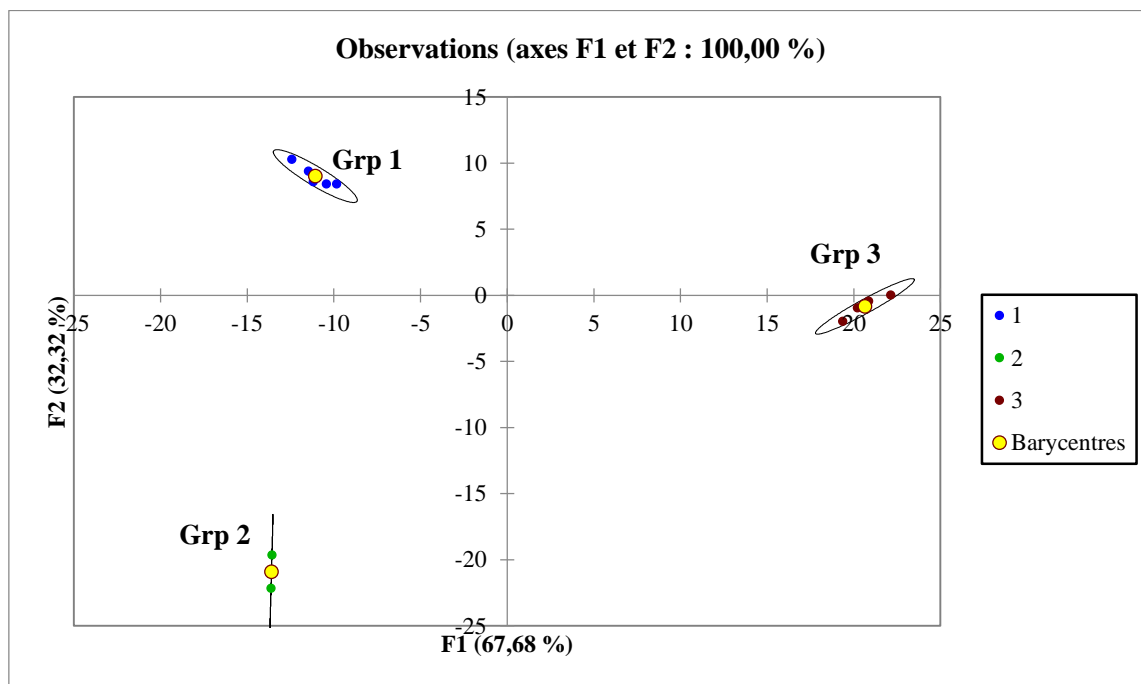


Figure 57: Analyse Factorielle Discriminante montrant les groupes discriminants des cours d'eau et les paramètres abiotiques et biotiques.

III.2. Discussion

III.2.1. Caractérisation abiotiques

III.2.1.1. Variables hydrologique, granulométrique et physicochimique

Le relevé des données hydrologiques présente des variations dans la composition et la structuration sédimentaire d'une station et d'un cours d'eau à l'eau, ceci témoignant de l'hétérogénéité structurale des lits des différents cours d'eau. En effet, la composition et la qualité du sédiment constituent un élément clé dans la structuration et l'épanouissement de la faune benthique. En outre la « qualité » du sédiment est un facteur déterminant pour le développement des macroinvertébrés benthiques et la réalisation des processus biologiques auxquels elle participe (dégradation de la matière organique et cycles biogéochimiques associés).

Dans les cours d'eau à substrat grossier, la diversité faunistique est apparue plus importante, comparée à celle des cours d'eau à substrat vaseux. En effet, dans les stations des cours d'eau à substrat dominant grossier, la diversité biologique s'est avérée plus importante que celle des stations des cours d'eau à substrat à dominance fine (vaseuse). Ces observations corroborent les travaux de Foto Menbohan *et al.*, 2017 dans la Mabounié, Liwouwou *et al.*, 2018 dans les cours d'eau Rembo Bongo, Ogooué et Nyanga, qui concluent que dans les cours d'eau de tête de bassin versant, l'assemblage de substrat grossier est favorable à la vie aquatique et au maintien d'une plus grande diversité biologique, reflet de la bonne qualité écologique du milieu. En effet dans les cours d'eau à substrats grossiers, les interstices entre les alluvions grossiers permettent le passage de filets d'eau qui assure une oxygénation en continu et limite le risque d'asphyxie des espèces sensibles (Holzer et Hinterhofer, 2011). En tant que milieu de vie et d'alimentation, le substrat grossier des cours d'eau constitue, avec les supports végétaux et les débris ligneux, un lieu de vie favorable pour de très nombreuses espèces composant les biocénoses aquatiques, ce qui favorise le stockage ou la circulation de l'eau, des substances dissoutes, de la matière organique et des organismes vivants (Brunke et Gonser, 1997). Cette observation corrobore les propos de Tachet *et al.* (2010) qui révèlent que dans les cours d'eau, la très grande majorité des espèces d'invertébrés présente des stades larvaires qui se déroulent enfouis dans les premiers centimètres du substrat (larves fousseuses). D'autres espèces vont occuper les interstices entre les sédiments, d'autres encore vont adapter leur morphologie afin d'occuper la face interne de l'abri constitué par des éléments grossiers du substrat. Les travaux de Foto Menbohan *et al.* (2017) sur la Mabounié 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 variable.

La grande diversité obtenue dans les stations Ab3, Nkou3 et Fam1 serait imputable à la diversification des microhabitats offerts par le type de substrat obtenu à ces stations. Ce résultat est en accord avec les travaux d'Evrard et Micha (1995) qui montrent que les stations à grande hétérogénéité physique de substrat, et présentant un diamètre moyen de 40 et 50 mm, sont caractérisés par une richesse et une diversité faunistique semblables à celles résultant d'une colonisation optimale de substrat par les macroinvertébrés. La faible diversification des Dictyoptères semi-aquatiques et des organismes compagnes dans la station Ng3 peut être due à la nature vaseuse du substrat de cette station. En effet, il est admis que les invertébrés benthiques ont des exigences spécifiques vis-à-vis du milieu qui les hébergent et se déplacent quand ces conditions ne sont pas remplies (Sarriquet *et al.*, 2007). Aussi, la prolifération des Hémiptères (Naucoridae) à cette station exercerait une pression de prédation sur ces organismes et seraient en partie responsables de la faible abondance des Dictyoptères.

La caractérisation hydromorphologique, composante biotique importante (Baudoin *et al.*, 2015) a permis de comprendre le fonctionnement des hydrosystèmes prospectés. La prise en compte de la qualité granulométrique du substrat de fond dans l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau a permis d'évaluer l'influence de cette composante sur l'installation de la faune benthique et la productivité des habitats. Dans le cadre de cette étude, l'analyse hydromorphologique a montré des différences dans la composition granulométrique des différents cours d'eau. Dans les cours d'eau Abouda, Nkoumou et Nga, le substrat de fond est majoritairement dominé par les roches et le sable, éléments qui seraient favorables au développement de la macrofaune aquatique et au maintien de l'équilibre écologique (Beauger 2008, Foto Menbohan *et al.*, 2017). Dans le cours d'eau Fam, le substrat est majoritairement constitué par un mélange de sable et de vase, constituant qui serait peu favorable au développement des invertébrés benthiques. Comme milieu d'accumulation de toxiques de toutes sortes, le substrat vaseux constitue une composante qui influence la distribution des organismes benthiques, alors que les substrats rocheux ou grossiers offrent des conditions meilleures pour l'installation de la macrofaune benthique (Foto Menbohan *et al.*, 2017).

En ce qui concerne la caractérisation physicochimique des eaux des cours d'eau, ce travail a permis de constater que la qualité physicochimique des eaux dans les différents sous bassins versants varie significativement. Ainsi, les valeurs relativement faibles de la température (20,2 - 23,9°C) enregistrées dans les eaux de ces cours d'eau seraient dues à la faible pénétration des rayons lumineux à la surface des cours d'eau, due à la forte présence du

couvert végétal qui constitue une barrière naturelle réduisant considérablement la pénétration des rayons de soleil dans les ruisseaux. Ces observations sont en accord avec les conclusions de Vannote *et al.* (1980) qui soulignent que dans les cours d'eau situés en zone forestière, la température de l'eau est très faible et varie peu. Ces valeurs sont largement inférieures à celles obtenues par Tchakonté *et al.* (2014) dans la zone forestière du Nsapè. En effet, les valeurs relativement élevées de la température ambiante élevée de la zone du Littoral affectent celle de l'eau. Ces faibles valeurs se rapprochent des observations de Dias *et al.* (2008), Foto Menbohan *et al.* (2012 et 2013) et Ndjama *et al.* (2017).

Les valeurs relativement faibles de la turbidité (1 NTU et 52 NTU) enregistrées dans les cours d'eau pendant la période d'étude peuvent s'expliquer par le faible apport de matières allogènes dans ces plans d'eau, et la faible charge des eaux en matières organiques. Selon Tchakonté (2016), la stabilité des bassins versants et l'abondante canopée limitent le ruissellement des eaux et l'érosion des sols forestiers, principaux facteurs naturels à l'origine de la turbidité des eaux. Ces observations sont semblables à celles de Tchakonté *et al.* (2014) sur le Nsapè, Foto Menbohan *et al.* (2012 et 2013) sur le Nga et la Mefou, des cours d'eau forestiers.

Le profil des données des matières en suspensions (MES) est relativement faible (4 mg/L et 70 mg/L), mais reste supérieur à celui de Tchakonté *et al.* (2014). Ces valeurs seraient dues aux modifications du milieu suite à l'abattage des arbres et à l'érosion des berges qui augmenteraient la quantité de matières en suspension dans les cours d'eau. Ces résultats se rapprochent de ceux de Ajeegah *et al.* (2014), mais sont très différents de ceux de Ajeegah *et al.* (2016 et 2017) dans les cours d'eau urbains. Les fortes teneurs des eaux en MES constituent selon l'AE. (2003), un facteur limitant pour l'installation de certaines communautés biologiques.

Les valeurs de la couleur (5 Pt-Co et 64 Pt-Co) seraient liées à la faible charge des eaux en matières organiques et la faible dégradation ou anthropisation des sous- bassins versants. Les résultats similaires ont été obtenus par Foto Menbohan *et al.* (2012 et 2013).

Le pourcentage de saturation en oxygène présente des valeurs satisfaisantes et une valeur moyenne de 75,3%. La bonne saturation de l'eau pourrait être imputable au faible réchauffement de celle-ci, couplé à la forte activité photosynthétique, la ventilation naturelle et la présence de radiers et méandres qui créent des conditions de turbulence et de recirculation des eaux, entraînant la réoxygénation à l'interface eau /air (Devidal *et al.*, 2007; Fernandes *et al.*, 2014). De plus, la stabilité et la faible anthropisation de ces milieux forestiers participent au maintien de la bonne oxygénation des eaux. Ces résultats se rapprochent de ceux de

Tchakonté *et al.* (2014), Foto Menbohan *et al.* (2012, 2013 et 2017) où des taux moyens supérieurs à 75% ont été enregistrés dans quelques cours d'eau forestiers. Par ailleurs, l'AE (1999) et Foto Menbohan *et al.* (2013) stipulent que les eaux ayant un taux de saturation en oxygène supérieur à 70% sont favorables à l'épanouissement de la macrofaune benthique et propice pour la production de l'eau potable, en cas de débit acceptable. De même, Esteves (1988) et Von Sperling (1996) concluent que la saturation des eaux en oxygène dissous conditionne la dynamique et la caractérisation des écosystèmes aquatiques.

Le profil de l'oxydabilité présente de faibles valeurs (0,79 - 29 mg/L) dans les cours d'eau, témoignant des faibles apports en matières organiques et inorganiques dans ces cours d'eau. Ces résultats s'opposent à ceux de Foto Menbohan (2012), Tchakonté (2016), sur les cours d'eau urbains de Yaoundé et Douala, qui ont affiché de fortes valeurs.

Les éléments minéraux azotés (NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^-) et phosphatés (PO_4^{3-}) présentent des valeurs faibles dans l'ensemble des sous-bassins versants, traduisant le faible niveau de minéralisation des eaux, leur bonne oxygénation et la faible anthropisation des sous-bassins versants. Ces résultats sont similaires à ceux de Foto Menbohan *et al.* (2013) et Tchakonté *et al.* (2014) obtenus dans quelques cours d'eau forestiers.

Les relevés de pH sont relativement faibles (5,37UC- 7,72 UC), et seraient liées à la nature du substratum du sol et aux faibles concentrations de l'eau en CO_2 dissous. En effet, Nola *et al.* (1999) et Arienzo *et al.* (2001) soulignent que le pH de l'eau est étroitement lié à la nature du sol de son bassin versant. De plus, la dissolution du dioxyde de carbone atmosphérique, couplée à l'activité métabolique des organismes biologiques présents dans les cours d'eau, contribuent à la conversion des carbonates en bicarbonates, favorisant l'acidification du milieu (Ajeegah *et al.*, 2016). Nos résultats se rapprochent de ceux de Foto Menbohan *et al.* (2013) et Tchakonté *et al.* (2014) obtenus dans les cours d'eau forestiers. Selon Ramade (2005), le pH des eaux naturelles ne doit pas être inférieur à 6 UC, sauf en cas d'apport régulier d'acide sulfurique par les pluies dites acides.

Les valeurs relativement faibles de l'alcalinité obtenues dans l'ensemble des stations des cours d'eau (2 - 24,1mg/L), seraient attribuables à la faible minéralisation et la faible acidité des eaux. A ce propos, Lévêque et Balian (2005) et Rodier *et al.* (2009) soulignent que les variations de l'alcalinité d'une eau sont étroitement liées au degré de minéralisation et d'oxydation des composés organiques. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Tchakonté *et al.* (2014) sur le Nsapè.

Les valeurs de la conductivité électrique (30 - 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et des TDS (15 - 30 mg/L) obtenues dans les cours d'eau sont relativement faibles, et seraient liées à la faible

minéralisation des eaux, et à la faible pression anthropique qui est exercée dans ces sous-bassins versants. Ces observations sont en accord avec Lecerf (2005) et Moss (2007) qui affirment que, dans les cours d'eau situés en zone forestière, la faible minéralisation des eaux est due en partie à la transformation rapide des éléments biogènes de l'écosystème forestier. En effet, selon Esteves (1998), la conductivité électrique est une variable importante dans la caractérisation et la détection des sources de pollution dans les cours d'eau. Ces résultats sont sensiblement supérieurs à ceux de Tchakonté *et al.* (2014) et inférieurs à ceux de Foto Menbohan *et al.* (2013).

III.2.2. Taxon compagnes et Dictyoptères semi-aquatiques

L'analyse quantitative des macroinvertébrés benthiques qualifiés de "compagnes" montre que des 04 Ordres recensés, les Hémiptères enregistrent la plus grande abondance relative (61,34%), et constituent par ailleurs le groupe le plus diversifié. Généralement connus comme des prédateurs compte tenu de leur appareil buccal, la nature précise de leurs proies varie d'une espèce à l'autre. La présente constante des Veliidae dans les cours d'eau serait liée à la structure des organes natatoires qui leur permettent de patiner à la surface des cours d'eau dans des conditions de stabilité du milieu (Tachet *et al.*, 2006). Par ailleurs, la présence des espèces *Rhagovelia* sp., *Eurymetra* sp. et *Parahydrovelia* sp. dans toutes les stations du cours d'eau Abouda, Nkoumou et les secteurs amont des cours d'eau Fam et Nga, laisse entrevoir que ces taxons présenteraient une certaine sensibilité à l'altération de la qualité physique et chimique du milieu. En effet, Tchakonté (2016) souligne que dans les cours d'eau forestiers, la faible anthropisation des bassins versants entraîne la stabilité des substrats, maintenant ainsi l'hétérogénéité et la stabilité des niches écologiques pouvant héberger une faune diversifiée. Ceci montre que la stabilité écologique des stations de ces cours d'eau, serait favorable à l'installation d'une grande diversité taxonomique de la macrofaune benthique sensible aux modifications des conditions de l'environnement. Cette observation est en accord avec les résultats des analyses physicochimiques et édaphiques. En outre, le coefficient de corrélation tétrachorique montre les Dictyoptères semi-aquatiques partagent harmonieusement le biotope avec les familles de macroinvertébrés benthiques sensibles à la pollution.

L'analyse du coefficient de corrélation tétrachorique montre que les Dictyoptères entretiennent avec ce groupe 'polluossensible' une cohabitation harmonieuse, montrant à cet effet que les Dictyoptères semi-aquatiques n'affectionneraient que les milieux de bonne qualité écologique. Les travaux de Foto Menbohan (2012) sur le Mfoundi renforcent cette assertion, car les résultats des études menées dans cet hydrosystème perturbé par les activités anthropiques de toutes sortes, ne signalent aucune présence des Dictyoptère semi-aquatiques. Les

corrélations significatives et positives observées entre le taux de saturation en oxygène dissous, les Ephemeraeidae, les Perlidae, les Hydropsychidae, les Ephemerellidae, groupes polluosensibles (EPT) et les Dictyoptères semi-aquatiques, montrent que ces organismes constituent un modèle qui permet de traduire l'intégrité écologique de ces cours d'eau, l'oxygénation apparaissant comme le facteur écologique clé régulant leur développement.

La forte abondance des larves d'Hydropsychidae dans les stations des cours d'eau Abouda et Nkoumou, malgré la faible connaissance de leur écologie, en raison des difficultés rencontrées dans la détermination des adultes (Bournaud *et al.*, 1982), se présente comme un groupe bien diversifié dont les genres et les espèces occupent une large répartition dans la plupart des milieux lotiques non soumis aux polluants chimiques (Illies, 1953). Ces organismes rhéophiles construisent leurs filets dans les interstices des substrats pierreux ou entre les tiges de Bryophytes des cours d'eau de faible profondeur, permettant la filtration d'un maximum d'organismes et de particules entraînés au fil de l'eau (Verneaux et Faessel, 1976). Les cours d'eau étudiés offrent ainsi des conditions écologiques propices pour l'épanouissement des Dictyoptères semi-aquatiques. De plus, les associations écologiques positives observées à travers le calcul du coefficient de corrélation tétrachorique entre les Dictyoptères et les Hydropsychidae les Ephemeraeidae, les Ephemerellidae, les Perlidae et les Ceanidae montrent que ces organismes sont sensibles à la qualité du substrat du fond et toute modification entraînerait leur disparition ou une baisse de diversité et d'abondance. Cette observation se trouve confortée par les faibles valeurs de pollution organique enregistrées dans l'ensemble des cours d'eau prospectés.

En ce qui concerne les organismes décrits, des variations importantes observées tant sur la pigmentation tégumentaire que sur la structure des organes génitaux ont permis de mettre en évidence trois morphotypes.

Le groupe des individus de pigmentation noire se distingue des deux autres par le tagme céphalique qui présente une pigmentation faciale noire et foncée, rendant difficile la différenciation des ocelles. Cependant, le vertex laisse voir deux bandes noires autour de la suture coronale. A propos des pièces buccales, ces individus montrent la même organisation, un labium pourvu de courtes soies, les mandibules coupantes, dures, fortement chitinisées, portant 3 dents pourvues de muscles puissants. Le pronotum des mâles présente des ornements avec un cercle ramifié en son centre montrant 6 taches bien distinctes. De plus, 6 taches noires surplombent la base du pronotum et couvrent partiellement la tête, alors que chez la femelle, il présente 5 taches asymétriques à sa base et un ornement en forme de « w » renversé en son

centre. Ces individus sont proches de l'espèce *Africalolampra erubescens* (Gerstaecker, 1883). Les organes génitaux, la structure de l'appareil génital mâle montre une plaque supra-anale de forme triangulaire qui porte deux cerques multiarticulées et pubescentes, proche des observations de Anisyutkin, 2016 avec l'espèce *Africalolampra erubescens* (Gerstaecker, 1883). La plaque sous génitale quant à elle est asymétrique et porte un seul style, caractéristique du groupe. et le phallomère droit est de grande taille, avec un prépuce court et émoussé. Le phallomère gauche est spiralé et son sclérite médiant est en forme de stylet portant un bourrelet dans sa région antérieure. Les observations pareilles ont été faites par Anisyutkin, 2016 avec l'espèce *Gurneya rothi*.

Chez les individus marron, la structure de l'appareil génital mâle montre une plaque supra-anale, sub-triangulaire munie de deux cerques multiarticulées peu pubescentes. En ce qui concerne la plaque sous génitale, elle est symétrique et pourvue de deux styles courts et épais. L'observation similaire a été faite par Anisyutkin, 1999 avec l'espèce *Placoblatta rugosa*. Son phallomère droit et gauche est de grande taille et se rapproche des observations de Anisyutkin, 1999 avec l'espèce *Pseudophorapsis marginaliata*.

Les représentants bruns ont une tête plus longue que large et présente une suture épicroânienne bien marquée qui divise la zone supérieure de la tête en deux parties droite et gauche, le vertex quant à lui ne laisse voir aucune pigmentation autour de la suture coronale. Les individus mâles, ont une plaque supra-anale sub-rectangulaire portant une paire de cerques grêles et allongées, pourvues de longues soies. La plaque sous génitale est asymétrique et ne présente qu'un seul style dans la région distale ainsi qu'une grande dépression dans la région basale. Le constat pareil a été fait par Anisyutkin, 2016 avec l'espèce *Africalolampra erubescens* (Gerstaecker, 1883).

Bien que n'étant représenté que par l'espèce *Perla* sp., les Plécoptères qui constituent le groupe faunistique le plus sensible à la pollution sont bien représentés. Cette présence remarquable traduit une parfaite intégrité de cet hydrosystème aquatique. En effet, Rios et Bailey (2006) et Song *et al.* (2009) mentionnent que les Plécoptères constituent une part importante de la richesse spécifique et de l'abondance des macroinvertébrés benthiques dans les cours d'eau non-soumis aux perturbations anthropiques. De plus, les Plécoptères sont très sensibles à la variation des teneurs en oxygène dissous et possèdent une respiration branchiale qui les rend très exigeants vis-à-vis de l'oxygène pour leur épanouissement. Cette oxyphilie et sensibilité s'expriment par une plus grande diversité spécifique dans les cours d'eau forestiers (Ruffoni, 2009). En outre, leurs branchies sont externes et en perpétuel contact avec le milieu aqueux, ce qui les rend vulnérables aux pollutions chimiques ou même mécaniques pouvant

entraîner le colmatage des organes respiratoires Tchakonté (2016). Cette observation avait déjà été faite par Biram à Ngon 2014 dans le cours d'eau Abouda, Mbohou Njoya (2014) dans le Djobo'o, Dzavi (2014) dans le Konglo et Tchouapi (2016) dans le Mbeme.

III.2.3. Ecologie et distribution des Dictyoptères semi-aquatiques

La distribution des Dictyoptères dans les cours d'eau, les individus marron ont été les plus représentés. Cette forte dominance peut être due au grand pouvoir reproducteur des femelles de ce groupe. En effet, les oothèques des femelles marronnes possèdent un nombre élevé d'œufs, ce qui donne une probabilité élevée pour ces individus de survivre après l'éclosion des œufs, contrairement aux autres dont le nombre est réduit, presque de moitié. De plus, la coloration marronne du tégument assure à ces individus, une forte capacité de camouflage, leur permettant d'échapper à certains prédateurs.

Sur le plan physicochimique, les faibles valeurs de la température, les taux de saturation élevés enregistrés dans les cours d'eau témoignent du caractère peu perturbé des cours d'eau prospectés, caractérisés par une forte activité photosynthétique dans les sous-bassins versants. Aussi, l'absence d'apport en matières organiques d'origine anthropique contribue au maintien de la bonne oxygénation de ces eaux (Tchakonté, 2016). De plus, des corrélations significatives et positives observées entre le taux de saturation en oxygène dissous, les Ephemerae, les Perlidae, les Hydropsychidae et les Ephemerellidae, et les Dictyoptères semi-aquatiques, montrent que ces organismes peuvent constituer un modèle qui permettrait de traduire l'intégrité écologique de ces cours d'eau et partant de cours d'eau forestiers. L'oxygénation satisfaisante et la qualité du substrat constitueraient ainsi les facteurs écologiques importants qui influenceraient le développement et l'épanouissement de cette faune benthique. Cette assertion se trouve confortée par les résultats du coefficient de corrélation tétrachorique qui montre de fortes liaisons entre les Dictyoptères semi-aquatiques et les groupes d'organismes compagnes qui ont des exigences pour une oxygénation satisfaisante. Les valeurs relativement faibles des indicateurs de pollution organique tels que l'oxydabilité et les teneurs en CO₂ dissous traduisent le caractère peu perturbé de ces écosystèmes aquatiques. La forte richesse taxonomique relevée dans le cours d'eau Abouda serait liée à la nature du substrat grossier et à la diversification des niches écologiques (Foto Menbohan *et al.*, 2017).

L'Analyse en Composantes Principales a mis en exergue les associations significatives et positives entre certains taxons de macroinvertébrés benthiques polluosensibles tels que *Hydropsyche* sp., *Ephemerella* sp., *Ephemerella* sp. et *Perla* sp. et les Dictyoptères semi-aquatiques. Cette observation montre que les facteurs physicochimiques et biologiques tels que le taux d'oxygénation des eaux, les teneurs en azotes ammoniacal, en MES, et l'oxydabilité ont

un poids très important dans l'épanouissement de la faune benthique. De plus, les espèces à l'instar de *Eurymetra* sp., *Hydropsyche* sp., *Ephemera* sp., *Ephemerella* sp. et *Perla* sp., auraient les mêmes exigences écologiques et constitueraient de ce fait les principaux organismes compagnes des Dictyoptères semi-aquatiques. Les Naucoridae par contre apparaissent comme des prédateurs et seraient des régulateurs de la population des Dictyoptères semi-aquatiques dans les cours d'eau prospectés. Cette observation se trouve confortée par la valeur négative du coefficient de corrélation tétrachorique observée entre les Dictyoptères semi-aquatiques et les Naucoridae. Malgré la forte amplitude de variation des abondances des taxa dans nos échantillons, la carte factorielle de l'AFD et la Classification ascendante hiérarchique ont permis de ressortir trois noyaux d'affinités, tenant compte des caractéristiques granulométriques, biologiques et physicochimiques. Du point de vue fonctionnel, l'analyse globale des trois groupes montre que le groupe 1 constitué des stations (Ab1, Ng2, Ab3, Ab1 et Nkou3), regroupe des facteurs tels que les taux d'oxygénation satisfaisants et une diversification des microhabitats indispensables au développement de la faune benthique. Les autres groupes sont moins diversifiés et dominés par des substrats de fond qui ne favoriseraient pas la vie benthique.

La structure organisationnelle de la communauté de macroinvertébrés a été analysée à travers le calcul des indices de diversité (Shannon et Weaver), l'équitabilité de Piélou et le coefficient de similarité de Sørensen. Les valeurs élevées de l'indice de diversité de Shannon et Weaver et de l'équitabilité de Piélou dans les cours d'eau prospectés, permettent d'affirmer que la communauté de macroinvertébrés benthiques est bien diversifiée et bien organisée. En effet il est établi que les cours d'eau situés en zone forestière sont sous l'influence de la canopée et présente une forte diversité biologique. De plus, les travaux de Tonkin *et al.* (2013) réalisés dans certains cours d'eau de la Nouvelle Zélande, ont également montré que les indices de diversité étaient plus élevés dans les sites forestiers ayant une forte canopée, ce qui corrobore les travaux de Biram à Ngon (2014).



**CONCLUSION RECOMMANDATIONS
ET PERSPECTIVES**

L'étude bioécologique des Dictyoptères semi-aquatiques a été menée dans quatre cours d'eau forestiers, affluents de la Mefou qui alimente une partie de la ville de Yaoundé en eau potable.

L'analyse des variables environnementales telle que la granulométrie a permis de regrouper nos cours d'eau en fonction de la nature du substrat dominant. Il ressort que les cours d'eau dans lesquels le substrat dominant est grossier à l'instar du cours d'eau Abouda, le cours supérieur du Nga et la portion avale du cours d'eau Nkoumou, enregistrent une grande diversité d'invertébrés benthiques indicateurs de la bonne qualité écologique des eaux, ainsi que des Dictyoptères semi-aquatiques. Par contre, dans le cours d'eau Fam et le secteur inférieur du Nga, nous avons enregistré de faibles abondances et diversités des organismes benthiques, dues à la nature vaseuse du substrat et à quelques activités anthropiques qui accentuent l'accumulation de la vase dans ces cours d'eau. Dans l'ensemble, les facteurs abiotiques montrent que les eaux de ces cours d'eau sont faiblement minéralisées, avec de basses températures, de fortes teneurs en oxygène dissous, une pollution organique allant de modérée à nulle et de faibles teneurs en composés azotés. Ces paramètres montrent à suffisance que les cours d'eau prospectés remplissent les conditions favorables au développement de la faune benthique en général et dictyoptérienne en particulier.

L'inventaire de la faune benthique montre un peuplement riche et diversifié avec un total de 7645 individus compagnes et 2002 Dictyoptères semi-aquatiques, tous appartenant à l'embranchement des Arthropodes. Les indices de diversité de Shannon et Weaver, l'équitabilité de Pielou ainsi que l'indice de Simpson montrent des valeurs relativement élevées dans l'ensemble des cours d'eau prospectés, traduisant de ce fait une grande diversification des niches écologiques pouvant être colonisées par les invertébrés benthiques. La description des Dictyoptères semi-aquatiques a permis de mettre en évidence des structures spécialisées telles que les stigmates respiratoires et les soies natatoires, rencontrées exclusivement chez les larves, qui leur permettraient de vivre et de se déplacer dans l'eau. Trois morphotypes ont été décrits, tous étant probablement des espèces nouvelles.

Du point de vue fonctionnel, l'analyse d'ordination comme l'ACP montre que les Dictyoptères semi-aquatiques, les Perlidae, les Ephemerae, les Hydropsychidae et les Ephemerellidae présentent des dépendances vis-à-vis des teneurs élevées en oxygène dissous, aux basses températures, aux vitesses moyennes d'écoulement d'eaux, à la qualité du substrat et aux faibles profondeurs de la colonne des eaux. En outre, les Naucoridae apparaissent comme des prédateurs naturels des Dictyoptères semi-aquatiques, assertion confortée par le coefficient de corrélation tétrachorique qui présente une liaison négative traduisant une répulsion au sein

d'un même biotope, entre ces groupes. L'organisation granulométrique, physicochimique et biologique répartit les stations en trois groupes d'affinités comme le confirme l'Analyse Hiérarchique de Classification (ACH).

L'ensemble des résultats montre que le cours d'eau prospectés maintient une bonne intégrité écologique et dispose une diversité de microhabitats, indispensable à l'installation et à l'épanouissement d'une faune benthique riche et diversifiée. Par ailleurs, la forte abondance des Naucoridae obtenue dans la partie aval du Nga et la faible abondance des Dictyoptères semi-aquatiques montrent que les Naucoridae seraient des régulateurs naturels des peuplements de ces derniers. Les Dictyoptères semi-aquatiques se développent dans les cours d'eau forestiers, qualifiés de références dans lesquels les Perlidae, les Ephemerellidae, les Ephemeridae, les Caenidae et les Hydropsychidae se développent harmonieusement. Cette cohabitation harmonieuse permet de placer les Dictyoptères semi-aquatiques et les taxons compagnes comme faisant partis des indicateurs de la bonne santé écologique des cours d'eau forestiers du Cameroun.

Fort de ce qui précède, nous disons qu'il est urgent pour les pouvoirs publics de mettre sur pied des moyens de protection des hydrosystèmes qui conserve encore une bonne intégrité écologique et héberge une faune de Dictyoptères semi-aquatique diversifiée ainsi que des organismes polluosensibles. Aux chercheurs, d'accentuer les travaux dans les cours d'eau forestiers qui sont loin des perturbations anthropiques et qui hébergeraient des taxons endémiques encore inconnus.

La réalisation de ce travail a suscité des questionnements dont l'absence de réponses ouvre à coup sûr de nouveaux axes de recherche qui se résument à. Proposer une clé dichotomique d'identification des Dictyoptères semi-aquatiques et étudier la diversité de ces organismes benthiques dans l'ensembles des cours d'eau forestiers camerounais puis évaluer le pouvoir bioindicateur des Dictyoptères semi-aquatiques à travers les essais de toxicité en microcosme.

A decorative horizontal banner with a light blue background featuring a pattern of water droplets. The banner has a black border and rounded corners with a slight shadow effect. The text "REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES" is centered within the banner in a bold, black, serif font.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AE. (1999).** Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau : Grilles de seuils par usage et fonction, 1(B): 23 p.
- AE. (2003).** Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau: grilles d'évaluation. Version 2 du Seq-Eau, Agences de l'Eau, 40 p.
- Ajeegah, G.A., Kekeunou, S., Njiawouo Pountigni, E.N. et Foto Menbohan, S. (2014).** Morphologie et abondance des stades de développement d'*Ilyocoris cimicoïdes* Linné 1758 (Heteroptera: Naucoridae) dans un lac anthropisé en zone tropicale (Cameroun). *Journal of Applied Biosciences* 79, 6926-6937.
- Ajeegah, G.A., Enah, D.A. et Foto Menbohan, S. (2016).** Chironomid bio-ecology in an anthropized aquatic ecosystem in Yaoundé (Cameroon): community diversity and relationship with the environmental variables of the water system. *Entomology and Applied Science Letters* 3(5), 196-203.
- Ajeegah, G.A., Enah, D.A. et Foto Menbohan, S. (2017).** A Study of the Morphological Structure of Chironomidae (Diptera) in a Tropical Urban Polluted Water System. *International Journal of Sciences* 6, 9 p.
- Amoros, C. et Petts GE. (1993).** Hydrosystèmes fluviaux. Collection d'écologie, Editions Masson, 300 p.
- Allan, J.D. (2004).** Landscape and rivers cape: the influence of land use on stream ecosystems. *Annals Review of Ecological Systems* 35, 257-284.
- Angelier, E. (2003).** Ecology of streams and rivers. Science Publisher, Inc. Enfield. pp 211-213.
- Anisyutkin, L.N. (1999).** Cockroaches of the subfamily Epilamprinae (Dictyoptera, Blaberidae) from the Indochina Peninsula. *Entomological Review* 79 (4), 434-454.
- Anisyutkin, L.N. (2000).** New cockroaches of the subfamily Epilamprinae, with description of a new genus *Rhabdoblattella* (Dictyoptera: Blaberidae). *Zoosystematica Rossica* 8(2), 251-255.
- Anisyutkin, L.N. (2005).** Two new species of Epilamprinae from Vietnam and Cambodia (Dictyoptera, Blattina: Blaberidae). *Zoosystematica Rossica* 14(1), 37- 40.
- Anisyutkin, L.N. (2014).** On cockroaches of subfamily Epilamprinae (Dictyoptera: Blaberidae) from South India and Sri Lanke, with description of new taxa. *Zootaxa* 3847(3), 301-332.
- Anisyutkin, L.N. (2015).** New and little known Epilamprinae (Dictyoptera: Blaberidae) from the collections of the Muséum d'histoire naturelle de Genève and the Zoological Institute of Saint Petersburg. Part 1. *Revue Suisse de Zoologie* 122(2), 283-296.

- Anisyutkin, L.N. (2016).** New and little known Epilamprinae (Dictyoptera: Blaberidae) from the Muséum d'histoire naturelle de Genève and the Zoological Institute RAS, Saint Petersburg. Part 2. *Revue Suisse de Zoologie* 123(1), 139-152.
- Anisyutkin, L.N, et Yushkova OV. (2017).** New data on cockroaches of the subfamily Epilamprinae (Dictyoptera: Blaberidae) from India and Sri Lanka, with description of new species and genital complex of *Aptera fusca* (Thunberg, 1784). *Zootaxa* 4236(1), 041-064.
- APHA (American Public Health Association). (1998).** Standard method for examination of water and wastewater. 20th Edn., Washington, DC, 1150 p.
- Apouamoun Yiagnigni, M. (2006).** Hydrologie et transports solides dans un écosystème forestier anthropisé : exemple du bassin versant de la Mefou (Centre – sud Cameroun). Mémoire de DEA, Université de Yaoundé I, 52 p.
- Arienzo, M., Adamo, P., Bianco, M.R. et Violante, P. (2001).** Impact of land use and urban runoff on the contamination of the Sarno River Basin in Southern Italy. *Water, Air and Soil Pollution* 131, 349-366.
- Armitage, P. et Wood P. (1997).** Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental management*, 203-207.
- Azoui, I., Frah, N., Habbachi, W., Ouakid, M.L. et Nia, B. (2016).** Biodiversity and population dynamics of litter-dwelling cockroaches in Belezma National Park (Algeria). *Turkish Journal of Zoology* 40, 231-240.
- Bachelier, G. (1959).** *Etude pédologique des sols de Yaoundé ; contribution à l'étude pédologique des sols ferrallitiques.* *Agronomie Tropicale XIV* 3, 279-305.
- Bardos, M. (2001).** Analyse discriminante: application au risque et scoring financier. Dunod, Paris, 224 p.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. et Stribling, J.B. (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, D. C., EPA 841 – B – 99-002. 11 chapter and 4 appendices, 664 p.
- Barbault, R. (2000).** *Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère.* 5^e édition, Dunod, Paris, 202-205.
- Baudoin, J.M., Boutet-Berry, L., Kreutzenberger, K., Lamanad, F., Malavoi, J.R., Marmonier, P., Pénil, C., Rivière, C., Sadot, M. et Tual, M. (2015).** Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau : protocole de recueil des données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur des cours d'eau prospectables à pied, 49 p.

- Beauger, A. (2008).** Bio-évaluation de la qualité de l'eau: établissement d'un protocole d'échantillonnage simplifié, basé sur la collecte des macroinertébrés benthiques sur les seuils des rivières à charge de fond graveleuse. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal et Université d'Auvergne, 121 p.
- Bell, W.J., Roth, L.M. et Nalepa, C.A. (2007).** Cockroaches: *Ecology, Behavior, and Natural History*. Baltimore, MD, USA: Johns Hopkins University Press, 280-286.
- Bellmann, H., et Luquet, G. (1995).** Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 383 p.
- Bhat, S.A., Meraj, G., Yaseen, S., Bhat, A.R., et Pandit, A.K. (2013).** Assessing the impact of anthropogenic activities on spatio-temporal variation of water quality in Anchar Lake, Kashmir Himalayas. *International Journal of Environmental Sciences* 3, 1625-1640.
- Biram à Ngon, E.B. (2014).** Structure et diversité des macroinvertébrés benthiques dans le cours d'eau Abouda, affluent du Nga à Yaoundé. Mémoire de Master. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, 51 p.
- Braud, S. et Alber, A. (2012).** Impacts des ouvrages transversaux sur la continuité sédimentaire des cours d'eau. DREAL Centre, 59 p.
- Brossut, R. (1973).** Evolution du système glandulaire exocrine céphalique des Blattaria et des Isoptera. *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 2, 35-54.
- Brossut, R., Dubois, P., Rigaud, J. et Sreng. (1975).** Etude biochimique de la sécrétion des glandes tergales de Blattaria. *Insect Biochemistry* 5, 719-732.
- Brunke, M., Gonser, T. (2003).** The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater biology* 37, 1-33.
- Bode, R.W., Novak, M.A. et Abele, L.E. (1996).** Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State, Albany (New York). NYS Department of Environmental Conservation, 89 p.
- Bode, R.W., Novak, M.A., Abele, L.E., Heitzman, D.L. et Smith, A.J. (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, 41p. and 13 appendices.
- Bolivard, I. (1914).** Dermapteros y Ortopteros de Marruecos. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, VIII: 157-239.
- Bonett, E.D., et Finot A. (1885).** Catalogue raisonné des Orthoptères de la régence de Tunis. *Revue de Sciences Naturelle de Montpellier*, pl. VII et XVI, VI: 193-232 et 333-367.

- Bournaud, M., Tachet, H. et Perrin, J.F. (1982).** Les hydropsychidae (Trichoptera) du haut-rhone entre Genève et Lyon. *Annales de Limnologie* 18(1), 61-80.
- Camacho, A.I. (1992).** The natural history of biospeleology. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Monografias 7, 680 p.
- CEAEQ. (2007).** Détermination des Orthophosphates dans l'eau: méthode calorimétrique automatisée à l'acide ascorbique. Centre d'Expertise en Analyses Environnementales du Québec, MA. 3030-P1.0, Revue, 3, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 12 p.
- Chapman, K.H. (1938)** . Orthoptera collected in the Atlas montains, Morocco, 1934-1936. Parts I-II. *Proceedings of the Entomological Society of London (B)*, VII: 89-102.
- Charvet, S., Kosmala, A. et Statzner, B. (1998).** Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: perspectives for a general tool in stream management. *Archiv Fu Hydrobiologia* 142, 415-432.
- Cherairia, M. (2004).** Les Blattes dans l'est algérien (Guelma) inventaire biométrie et biotopologie. Mémoire de Magistère. Université de Annaba (Algérie), 139 p.
- Chopard, L. (1920).** Recherches sur la conformation et le développement des derniers segments abdominaux des Orthoptères. Thèse, Faculté des Sciences de Paris, Oberthur, Rennes, 157 p.
- Chopard, L. (1929).** Note sur les Orthoptères du Hoggar. Bulletin de la Société histories Naturelle. Atelier de formation et de recherche. N° XX, 234-246
- Chopard, L. (1940)** . Contribution à l'étude de la faune des Orthoptères du Nord de l'Afrique. *Annales de la Société Entomologique de France*. CIX, 155-169.
- Chopard, L. (1943).** Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. Faune de l'empire Français. Edition Librairie Larousse. Paris, 447 p.
- Chopard, L. (1949).** Ordre des Dictyoptères. In traité de Zoologie. *Insectes*. Tome IX. Edited by P.P. Grassé. Masson, Paris, 355-407.
- 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.
- Culp, J.M., Wrona, F.J. et Davies, R.W. (1986).** Response of stream benthos and drift to fine sediment deposition versus transport. *Canadian Journal of Zoology* 64, 1345-1351.
- Colas, F., Vigneron, A., Felten, V. et 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.

- Cornwell, P.B. (1968).** The cockroach.. A laboratory insect and industrial pest. Vol I, 116 p.
- Covich, A.P., Palmer, M.A. et Crowl, T.D. (1999).** The role of benthic invertebrate in freshwater ecosystems. *Biosciences* 42, 119-127.
- Dajoz, R. (2000).** Précis d'Ecologie. 7^{ème} édition, Dunod, Paris, France, 615 p.
- Dajoz, R. (2007).** Les insectes et la forêt, 2ème édition. Lavoisier, 648 p.
- Desbois, D. (2003).** L'analyse discriminante avec SPSS pour Windows. *La Revue Modulad* 30, 1-49.
- Devidal, S., Richard-Sirois, C., Pouet, M-F. 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, 51 p.
- Dias, R.J.P., Wieloch, A.H. et D'Agosto, M. (2008).** The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68(2), 13 p.
- Dodds, W.K. et Whiles, M.R. (2010).** Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications of Limnology. 2nd edition, *Elsevier Academic Press*, California, USA, 812 p.
- Durand, J.R. et Lévêque, C. (1981).** Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne. Tome II. Edition de l'ORSTOM, Paris, 517 p.
- Durier, V. et Rivault, C. (2003).** Amélioration in German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) le contrôle de la population par la distribution fragmentée de gel appâts. *Journal of Economic Entomology* 96, 1254-1258.
- 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, Faculté des Sciences, 49 p.
- Ebling, W. (1978) .** Urban entomology. University of California. *Division of Agricultural Science. Berkeley, CA.*
- Esteves, F.A. (1988).** *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro : interciência 575 p.
- Evrard, M. et Micha, J.C. (1995).** Relation entre la diversité du substrat et la diversité faunistique dans un bief belge de la rivière Meuse. *Annales de Limnologie* 310, 93-103.
- Fernandes, J.F., De-Souza, A.L.T. et Tanaka, M.O. (2014).** Can the structure of a riparian forest remnant influence stream water quality? A tropical case study. *Hydrobiologia* 724, 175-185.

- Finot, A. (1895)** . Faune de l'Algérie et de la Tunisie. Insectes Orthoptères. *Annales de la Société Entomologique de France*. LXIV, 57-120, 401-552, pL10.
- Foto Menbohan, S., Koji, E., Ajeegah, G., Bilong Bilong, C.F. et Njiné, T. (2012)**. Impact of dam construction on the diversity of benthic macroinvertebrates community in a periurban stream in Cameroon. *International Journal of Biosciences* 2(11), 137-145.
- Foto Menbohan, S., Tchakonté, S., AJeegah, G., Zébazé Togouet, S.H., Bilong Bilong, C.F. et Njiné, T. (2013)**. Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (cameroon). *International Journal of Biotechnology* 2(5), 91-104.
- Foto Menbohan, S., Mboye, B.R., Mbega, J.D. et Ajeegah, G.A. (2017)**. Santé Écologique de Quelques Cours d'eau du Bassin Hydrographique de la Mabounié au Gabon: Essai de Typologie par les Variables Physicochimiques et Hydromorphologiques. *European Journal of Scientific Research* 148(1), 93-105.
- Friedrich, G., Chapman, D. et Beim, A. (1992)**. 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 & Hall, 171-238.
- 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* 88(1), 77-93. Doi : 10.1002/iroh.200390007
- Gaujous, D. (1993)**. La pollution dans les milieux aquatiques. Aide-mémoire. Editions Technique et Documentation, 212 p.
- Giller, P.S. et Malmqvist, B. (1999)**. The biology of rivers and streams. Oxford University Press, Oxford, 296 p.
- Globe suisse. (2006)**. Hydrologie : Un projet scolaire d'étude de l'eau. 1^{ère} Édition, 146 p.
- Gordon, D.G. (1996)**. The Complete cockroach : a comprehensive guide to the most despised (and least understood) creature on earth. Ten Speed Press. Berkeley, 178 p.
- Grandcolas, P. (1994)**. Blattaria (Insecta : Dictyoptera) of Saudi Arabia : a preliminary report. In Büttiker W. & Krupp F. (eds), Fauna of Saoudi Arabia, 40-58. Riyadh, Basle: NCWCD, Pro Enthomologia.
- Grandcolas, P. et Deleporte, P. (1996)**. The origin of Protistan symbionts in termites and cockroaches: a phylogenetic analysis. *Cladistics* 12, 93-98.
- Grandcolas, P. (1998)**. The evolutionary interplay of social behaviour, resource use and antipredator behavior in Zetoborinae, Blaberinae, Gyninae and Diplopterinae cockroaches: a phylogenetic analysis. *Cladistics* 14, 117-127.

- Grimaldi, D. et Engel, M.S. (2005).** Evolution of the insects. Cambridge University Press XV+, 755 p.
- Guthrie, D.M. et Tindalla, R. (1968).** The biology of the cockroach. London : *Edward Arnold*, 408 p.
- 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.
- Habes, D. (2006).** Evaluation d'un insecticide inorganique, l'Acide Borique à l'égard d'un modèle à intérêt médicale (*Blattella germanica*) : Inventaire, Toxicité, Analyse des résidus, structure de l'intestin et activités enzymatiques. Thèse de Doctorat. Université de Annaba (Algérie), 121 p.
- Hamman, P.J. et Gold, R.E. (1994).** Cockroaches Recognition and Control. *Texas Agricultural Extension Service*. The Texas A & M University System.
- 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, 139-144.
- Hasch, J.J. et Zumofen, M. (1999) .** Notions d'hygiène hospitalière, 210 p.
- Hebard, M. (1929) .** Studies in Malayan Blattidae (Orthoptera). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 81, 1-109.
- Hecky, R.E. (2000).** A biogeochemical comparison of Lakes Superior in Malawi, and the limnological consequences of an endless summer. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 3, 23-33.
- Hellawell, J.M. (1986).** Biological indication of freshwater pollution and environmental management. *Elsevier*, 546 p.
- Hilsenhoff, W.L. (1988).** "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index". *Journal of North America Benthological Society* 7, 65-68.
- Holzer, G. et Hinterhofer, M. (2011).** La reproduction de la truite de rivière - Identification, cartographie et mesure des frayères. FIBER, Bureau suisse de conseil pour la pêche. Acte de colloque, 49 p.
- Hooper, B., Peck, D., et Klemm, D.J. (2005).** Environmental monitoring and assessment program of surface waters. Western Pilot Study Field operations manual for wade able stream unpublished draft, USEPA, Washington D.C, 242 p.

- Imms, A.D. (1957).** A General textbook of entomology. 9th ed. Revised by O. W. Richards and R. G. Davies. Methuen and Co. Ltd., London, 886 p.
- Hörnig, M.K., Haug, C., Karl, J., Herd, k.J. et Haug, J.T. (2014).** New insights into dictyopteran early development: smallest Palaeozoic roachoid nymph found so far. *Palaeodiversity* 7, 159-165.
- Huber, L. (1974).** Taxonomic and ontogenetic studies of cockroaches (Blattaria). *University of Kansas Sciences Bulletin* 50, 233-332.
- Ihaka, R. et Gentleman, R. (1996).** R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5, 299-314.
- INC. (1980).** Carte topographique de Yaoundé et ses environs au 1/50000, Yaoundé : Institut Nationale de Cartographie, feuille 3d.
- 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.
- Intès, A. et Le Loeuff, P. (1986).** Les Annélides polychètes de Côte d'Ivoire. IV- Relation faune-sédiments. *Océanographie Tropicale* 21, 53-88.
- Illies, J. (1953).** Die Besiedlung der Fulda (Insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. *Berlin. limnol. Flussstn Freudenthal* 5, 1-28.
- Jain, S. (2012).** Assessment of water quality at the three Stations of Chambal River. *International Journal of Environmental Sciences* 3, 881-884.
- Jones, J.I., Murphy, J.F., Collins, A.L., Sear, D.A., Naden, P.S. et Armitage, P.D. (2011).** The impact of fine sediment on Macro invertebrates, 1054-1071.
- Jullian, E., Hirbe, A., Ker, B.N. et Liu, R.Z. (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.
- Kaiser, L. (1999).** Le comportement des insectes. *Annales de la Société Entomologique de France*. (N.S), Section 4 : Comportement, 35 (suppl.), 136-147.
- Kirby, W.F. (1904).** A Synonymic Catalogue of Orthoptera. Vol. I. Orthoptera Euplexoptera, Cursoria, et Gressoria (Forfi culidae, Hemimeridae, Blattidae, Mantidae, Phasmidae). *British Museum, London*, 501 p.
- Kodjo. (1998).** Recherche pour la maîtrise du ruissellement pluvial à Yaoundé. Thèse de Doctorat 3eme cycle, Université de Yaoundé, 210 p.
- 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.
- Kuete, M. (1987).** Etude géomorphologique du massif de Yaoundé. Thèse de Doctorat 3eme cycle, Université de Bordeaux, 279 p.
- 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 Paul Sabatier, Toulouse III, 159 p.
- LECLERCQ, L. (2001).** Les eaux courantes : caractéristiques et moyens d'étude, dans Les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, DGRNE : 67- 82.
- Legendre, L. et Legendre, P. (1979).** *Ecologie Numérique*. Masson (Eds), Paris (France), 1-2, 247 p.
- Legendre, L. et Legendre, P. (1984).** *Écologie numérique*. Deuxième édition revue et augmentée. Tome 1: Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec, xv + 260 p.
- Lévêque, C. et Balian, E.V. (2005).** Conservation of freshwater Biodiversity: does the real world meet scientific dream? *Hydrobiologia* 542, 25-26.
- Logan, O. (2004).** Effects of fine sediment deposition on benthic invertebrate communities. Thesis, 155 p.
- Linné, C. (1758)** . Systema naturae, ed X, I. 424-425.
- Linné, C. (1767)** . Systema naturae, ed XII 687-689.
- Liwouwou, J.F., Adandedjan, D., Mbega, D. et Lalèyè, P. (2018).** Comparative characterization of some physicochemical and hydromorphological parameters from three rivers of Gabon: Rembo Bongo, Ogooué and Nyanga. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 5(4): 186-201. DOI: <http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2018.05.04.019>.
- Lopes, S.M., Oliveira, E.H. et Tarli, D.V. (2014).** New species of Blaberidae and Ectobiidae (Blattaria) from Brazil. *Zoologia* 31, 170-174.
- Lopes, SM., Oliveira, E.H. et Assumpção, M. (2014).** Two new species of Blaberidae (Blattaria) collected in the Santa Lúcia Station, Espírito Santo State, Brazil. *Zootaxa* 3779 (4), 487- 92.
- Magnusson, D. (1967).** Test Theory. Addison-Wesley, Reading, MA, 270 p.

- Malavoi, J.R. (2009).** Ouvrages transversaux sur les cours d'eau : impacts hydromorphologiques et écologiques et principes de restauration globale. 88ème congrès de l'ASTEE Nice, 15 p.
- Malavoi, J.R. et Souchon. (2002).** Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 365(366), 357-372.
- Malavoi, J.R., Garnier, C.C., Landon, N., Recking, A. et Baran, P. (2011).** Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. Onema, 216 p.
- Masna, F., Habbachi, W., Mecheri, H., Ouakid, M.L., Adamou, A.E. et Benhissen, S. (2014).** Inventaire des blattes forestières des pinèdes de la région de Djelfa. *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes* 7, 1-6 (in French).
- Mbohounjoya, Z. (2014).** Diversité des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Djobo, affluent du Nyong à Mbankomo. Mémoire de Master, Université Yaoundé I, 63 p.
- Mcclelland, W.T. et Brusven, M.A. (1980).** Effects of sedimentation on the behavior and distribution of riffle insects in a laboratory stream. *Aquatic Insects* 2, 161-169.
- McKittrick, F.A. (1964).** Evolutionary studies of cockroaches. Memoirs of the Cornell Agricultural Experiment Station 389, 197 p.
- Medamn, 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.
- Merritt, R.W., Cummins, K.W. et Berg, M.B. (2008).** An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 4th edition, Kendall Hunt Publishing, Dubuque, Iowa, U.S.A, 1159 p.
- Messikh, A. (1994).** Inventaire des Dictyoptères dans la région de Annaba. Mémoire de DES Biologie Animale. Université de Annaba (Algérie), 40 p.
- Meyer, J.L., Paul, M.J. et Taulbee, W.K. (2005).** Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of North America Benthological Society* 24, 602-612.
- Michael, S., Ian, S., Litay, R., Robert, A., Claire, N.W., Albania, G. et Mark, C. (2004).** Relationship between macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic. *Water Research* 38, 863-874.
- Miller, H.K. et Fisk, F.W. (1971).** Taxonomic implications of the comparative morphology of cockroach proventricule. *Annals of the entomological Society of America* 64, 671-687.
- Moisan, J. et Pelletier, L. (2008).** Guide de surveillance biologique basé sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec - Cours d'eau peu profonds à

- substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, 86 p.
- Moisan, J. (2010).** *Guide d'identification des principaux Macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 - surveillance volontaire des cours peu profonds*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable, 82 p.
- Monk, B.E. et Pembrok, A.C. (1987).** Cockroach dematias: an occupational hazard. *BRI. MED. J.*, 294 : 935. de l'Environnement et des Parcs, ISBN-13 : 978-2-550-58416-2, 82 p.
- 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.
- Moudallal, S. (1997).** *Les ressources hydrauliques au Liban*. 1^{re} édition, Beyrouth, Liban, 62 p.
- Moss, B. (2007).** The art and science of Lake Restoration. *Hydrobiologia* 58, 15-28.
- Ndjama, J., Ajeegah, G., Nkoue, N., Wirming, J., Biram à Ngon, E.B., Eyong, G., Ako, A., Bello, M., Ntchantcho, T. et Hell, J. (2017).** Physico-chemical and biological characteristics of the Nkolbisson artificial lake in Yaounde, Cameroon. *Journal of Water resource and Protection* 9, 1547-1563.
- Neveu, A., Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P. et Papy, F. (2001).** L'eau dans l'espace rural. Vie et Milieu Aquatique, Paris: INRA, France, 105 p.
- 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* 31, 9-13.
- Numani, M.A. (2015).** Emperor Jahangir's method of observation and approaches to investigation of Kashmir ecology : 'An appraisal of his deep sense of sensitivity' towards nature : *Journal of Ecology and Natural Environment* 7(3), 72-80.
- Nyame, M.D. (2017).** Taxonomie des Blattodea aquatiques et influence de quelques facteurs écologiques sur la distribution de leurs morphotypes dans le cours d'eau Abouda à Mbankomo (région du Centre). Mémoire de Master. Faculté des Sciences. Université de Yaoundé1, 52 p.
- Olivier, D., Gessner, O.M., 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.

- Onguene, M. (1993).** Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun) : Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon jaune en relation avec l'évolution du modèle. Thèse de Doctorat d'état, Université de Paris VI, 254 p.
- Ouro-Boya, B.S. (2004).** Evaluation de l'état d'une eau de rivière par l'analyse multidimensionnelle utilisant des paramètres caractéristiques de la matière organique dissoute. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, France, 216 p.
- Philippeau, G. (1992).** Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Service des Etudes Statistiques-ITCF, 63 p.
- Pielou, E.C. (1966).** The measurement of diversity in different type of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13, 131-144.
- Point, H. (1999).** Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential, Water framework Directive Common Implementation, Strategy Working group 2, Ecological status (Ecostat), 28 p.
- Porchet, J., Ganty, C., Gudmundsson, I., Bigler, T., Goy, O., Juge, R. et Lachavanne, J.B. (2010).** Évaluation de la durabilité de la gestion des ressources en eau dans la région lémanique : Le bassin des Dranses. Rapport étude LEMANO, 280 p.
- Potera, C. (1997) .** Working the bugs out of asthma. *Environmental Health Perspectives* 105(11), 1192-1194.
- Qazi Hussain, A. et Ashok, K.P. (2012).** Academic Journals. La revue Macroinvertébrés dans les cours d'eau: Un examen de certains facteurs écologiques. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 4(7), 114-123.
- Ramade, F. (2005).** Elementys d'écologie : écologie appliquée, 6^{ème} édition, Paris, Dunod.
- Rehn, J.A.G. (1931).** African and Malagasy Blattidae (Orthoptera), Part I. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 83, 305-387.
- Rehn, J.A.G. (1937).** African and Malagasy Blattidae (Orthoptera), Part III. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 84, 405-511.
- Rehn, J.A.G. (1945).** Man's uninvited fellow - traveller - the cockroach. *Scientific Monthly* 61, 265-276.
- Rhen, J.A.G. et Hebard, M. (1927).** The Orthoptera of the West Indies. No. I, Blattellidae. *American Museum of Natural History* 54, 1-320.
- Rios, S.L. et Bailey, R.C. (2006).** Relationships between riparian vegetation and stream benthic communities at three spatial scales. *Hydrobiologia* 553, 153-160.

- Rivault, C. Cloarec, A., Mathieu, N. et Blane, N. (1995).** La ville au risque de l'écologie, les blattes en milieu urbain. *Rapport final. Appel d'offre N=° 93070* du Ministère de l'Environnement, 101 p.
- Rodier, J., Legube, B., Marlet, N. et Brunet, R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9^e édition, Dunod, Paris, France, 1579 p.
- Rodriguez, S. (2011).** Géodynamique et sédimentologie des systèmes fluviaux. Cours Magistral, Université François Rabelais, 12 p.
- Ross, M.H., Bert, B.L. et Keil, C.B. (1984).** Population growth and behavior of *Blattella germanica* (L.) (Orthoptera : Blattellidae) in experimentally established shipboard infestations. *Annal Entomological Society of America* 77, 740-752.
- Roth, L.M. (1970).** Evolution and taxonomic significance of reproduction in Blattaria. *Annual Review of Entomology* 15, 75-96.
- Roth, L.M. (1981).** the non- Australian species of "Calolampra" (Dictyoptera, Blattaria: Blaberidae). *Entomologica Scandinavica* 12, 405-425.
- Roth, L.M. (1985).** A taxonomic revision of the genus *Blattella* Caudell (Dictyoptera, Blattaria: Blattellidae). *Entomologica Scandinavica Supplement* 22, 1-221.
- Roth, L.M. (1995).** *Africalolampra ehrmanni* new genus and species, and the male of *Paraplecta parva* Princis (Blattaria: Blaberidae). *Psyche* 102, 89-98.
- Roth, L.M. (2003).** Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects* 37, 1-186.
- Roth, L.M., Bell, W.J. et Nalepa, C.A. (2007).** Ecologie, Comportement, et Histoire Naturelle, 246 p.
- Rust, M.K., Owens, J.M. et Reiersen, D.A. (1995)** . Understanding and Controlling the German Cocroache. *New York Oxford. Oxford University Press*, 430 p.
- Ruffoni, A. (2009).** Les plécoptères (Insecta, Plecoptera). *Revue Scientifique de Bourgogne-Nature*, 18-26.
- Santoir, C. (1995).** Eds, Atlas régional Sud Cameroun. Cameroun: ORSTOM et MINREST, 53 p.
- Sarriquet, P.E., 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 Application* Y, 23, 815-828.
- Schal, C., Gautier, J.Y. et Bell, W.J. (1984).** Behavioral ecology of cockroaches. *Biological Reviews Cambridge Philosophical Society* 59, 209-254.

- Schal, C. et Bell, W.J. (1986).** Vertical community structure and resource utilization in neotropical forest cockroaches. *Ecological / Entomology* 11, 411-423.
- 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, 117 p.
- Soulard, B. (2007).** Ecologie fondamentale : Eau et milieux humide. Semaine Européenne Athens. Ecole des Mines de Paris, 66 p.
- Song, M.Y., Leprieur, F., Thomas, A., Lek-Ang, S., Chon, T.S. 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.D., Boothroyd, K.G., Harding, J.S., Maxted, J.R. et Scarsbrook, M.R. (2001).** Protocols for Sampling Macroinvertebrates in Wadeable Streams. New Zealand Macroinvertebrates working group, report no.1, Ministry for the Environment and Sustainable Management, fund project, 5103, 57 p.
- Suchel, J.B. (1972).** Le climat du Cameroun. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Bordeaux III, 186 p.
- Suren, M. et Jowett. (2010).** Effects of deposited sediment on invertebrate drift: An experimental study. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 725-737.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. et Usseglio-Polatera, P. (2006).** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie et écologie. CNRS édition, Paris, 588 p.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. et Usseglio-Polatera, P. (2010).** Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, 607 p.
- Tanaka, A. (1976).** Stages in the embryonic development of the German cockroach *Blattella germanica* (Blattaria, Blattellidae). *Kontyû* 44, 512-525.
- Tchakonté, S., Ajeegah, G., Dramane, D., Camara, A.I., Konan, K.M. et Ngassam, P. (2014).** Impact of anthropogenic activities on water quality and Freshwater Shrimps diversity and distribution in five rivers in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 2(4), 183-194.
- 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, Université de Yaoundé I, 179 p.

- Tchouapi, Y.L. (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.
- Tine, S.M. (2013).** Etude de la biodiversité des Blattes dans les régions semi-arides et arides et évaluation de l'impact d'insecticides chez *Blattella germanica* et *Blatta orientalis* (Dictyoptera, Blattellidae). Université Badji Mokhtar - Annaba. Faculté des sciences. Thèse, 197 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, 243-280.
- Tonkin, J.D., Death, R.G. et Collier, K.J. (2013).** Do productivity and disturbance interact to modulate macroinvertebrate diversity in streams? *Hydrobiologia* 701, 159-172.
- Torres, P.F. (2015).** Orden Blattodea *Revista* 48, 1-154.
- Touron, P.H. (2014).** Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques des rivières de la Guadeloupe et réponses aux perturbations anthropiques. Université Paul sabatier-Toulouse III, 256 p.
- Vaneck, T.W. (1997)** . Fuzzy Guidance Control for An Autonomous Boat IEEE. *Journal of Control Systems* 17(2), 43-51.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. et Cushing, C.E. (1980).** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130-137.
- Verneaux, J. (1980).** Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales. Principales méthodes biologiques. In : P. Pesson, (Eds), la pollution des eaux continentales. *Incidences sur les biocénoses aquatiques*, Paris : Bordas, 23 p.
- Verneaux, J. et Faessel, B. (1976).** Larves du genre Hydro Psyche (Trichoptères Hydropsychidae) Taxonomie, tonnées Biologiques et écologiques. *Annales de Limnologie* 12(1), 7-16.
- Villanueva, M.C. (2004).** Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest: adaptations aux pressions environnementales. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique (Toulouse), 219 p.
- Von Sperling, M. (1996).** *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte : universidade Federal de Minas Gerais, 1, 243 p.
- Water Framework Directive (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), 28p. et 2 annexes, [<http://cwss.www.de/workshops/wfd/Ecological-Classification-Guidance.pdf>].
- Wang, Z., Wu, K. et Che, Y. (2013).** New record of the cockroach genus *Pseudophoraspis* (Blaberidae, Epilamprinae) from China with descriptions of three new species. *Zookeys*, 273, 1-14. Doit : 10.3897/Zookeys, 273.4122.
- Ward, J.H. (1963).** Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association* 58, 1-236.
- 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.
- Wasson, J.G., Chandesris, A., Pella, H., Sauquet, E. et Mengin N. (2006).** Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive Européenne Cadre sur l'Eau. Typologie des cours d'eau de la France métropolitaine, *Cemagref, Lyon BEA/LHQ*, 63 p.
- Wheal, C. (1991).** Fresh water pollution. Nairobi. United Nations Environment Program. UNEP/GEMS Environment Library N° 6, Montréal, Canada, 36 p.
- Weisser, W.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: Springer-Verlag, 3-24.
- Wentworth, C.K. (1922).** A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30, 377-392.
- Williams, W.T., Lance, G.N., Dale, M.B. et Clifford, H.T. (1971).** Controversy concerning the criteria for taxonomic strategies. *Computer Journal* 14, 1-162.
- 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*, 145-162.
- Xu, M., Wang, Z., Duan, X. et Pan, B. (2013).** Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia* 703, 176-189.
- Yémélé Tsago, C. (2010).** Macroinvertébrés benthiques d'un cours d'eau peu anthropisé : Le Fam. Mémoire de Master, Faculté de Sciences. Université de Yaoundé I, 52 p.



ANNEXE

Annexe : Récapitulatif des valeurs physicochimiques

		Ab1	Ab2	Ab3	Fam1	Fam2	Nkou 1	Nkou2	Nkou3	Ng1	Ng2	Ng3
Temp	Max-Min	23,5 - 20,8	23,7 - 21	23,4 - 20	23,6 -21,2	23,2 - 21	23,8 -21,9	23,9 -21	24,7 - 21	24,7 - 21,8	23,7 - 21	23,6- 21
	Moy±σ	22,45 ± 0,74	22,81 ± 0,71	22,08 ± 0,79	22,55 ± 0,62	22,59 ± 0,57	22,94 ± 0,58	23,07 ± 0,88	23,07 ± 0,88	22,79 ± 0,66	22,87 ± 0,59	22,61 ± 0,59
Oxy	Max-Min	92-48	98 - 61	98 -58	97 - 52	97 - 52	97 - 44	96 - 48	93 -56	93 - 56	90 - 58	87 - 59
	Moy±σ	76,38 ± 13,49	78,65 ± 11,05	83,56 ± 13,55	74,08 ± 13,28	69,65 ± 13,44	73,86 ± 15,45	76,12 ± 16,1	74,9 ± 11,59	74,9 ± 11,59	79,23 ± 9,85	73,89 ± 9,32
CO ₂	Max-Min	17,6 - 3,52	15,84 - 1,76	15,84 - 3,53	17,6 -3,52	15,84 - 1,76	15,84 - 1,76	17,6 - 3,52	15,84 - 3,52	15,84 -3,52	15,84 - 1,76	15,84 -1,76
	Moy±σ	9,883 ± 4,4	7,72 ± 4,46	9,46 ± 3,56	10,56 ± 4,49	9,75 ± 5,21	10,01 ± 4,84	10,01 ± 4,28	10,02 ± 4,45	10,02 ± 4,45	8,25 ± 3,89	10,02 ± 4,48
Coul	Max-Min	222 - 11	345 -29	490 -76	343 - 24	1082 - 44	539 - 100	542 - 87	520 - 58	520 -58	1012 - 63	1006 - 75
	Moy±σ	129,85 ± 73,35	178,54 ± 93,41	189,23 ± 105,2	130,77 ± 82,87	235,62 ± 265,5	242,15 ± 129,57	278,69 ± 145,41	233,31 ± 139,59	233,31 ± 139,59	354,15 ± 273,99	317,23 ± 251,81
MES	Max-Min	30 - 2	84 - 1	70 - 6	65 -3	76 -0	142- 1	149 -7	47 -6	47 -6	164 -9	177 -4
	Moy±σ	11,1 ± 7,55	20,38 ± 21,79	21,92 ± 16,62	20,1 ± 15,27	23,77 ± 23,92	26,85 ± 36,1	35,46 ± 36,65	25,15 ± 12,86	25,15 ± 12,86	46,46,± 50,11	42,62 ± 46,78
Cond	Max-Min	293 -40	342 -40	368 -40	320 -20	423 -20	404 -10	354 -10	396 -10	396 -10	322- 30	314 -30
	Moy±σ	66,85 ± 68,76	70,69 ± 82,22	77,85 ± 87,57	79,46 ± 84,96	90,31 ± 103,37	81,46 ± 98,94	75,31 ± 86,12	79,38 ± 96,91	79,38 ± 96,91	78,13 ± 78,13	68,77 ± 77,95
TDS	Max-Min	146,5 -20	171 -20	184 - 20	160 -10	211,5 -10	202 -5	177 -5	198 -5	198 -5	161- 15	157 -15
	Moy±σ	33,42 ± 34,38	35,38 ± 41,11	41,62 ± 44,33	40,15 ± 42,42	45,5 ± 51,53	41,1 ± 49,35	38 ± 42,95	39,69 ± 48,46	39,69 ± 48,46	33,92 ± 38,9	34,38 ± 38,97

Annexe suite : Récapitulatif des données physicochimiques

Alca	Max-Min	20,4 - 2	20,1 - 2	24,2 - 2	20,1 - 2	22,1 - 2	20, 4 - 2	24,1 - 2	22,2 - 2	24, 1 - 2	20,1 - 2	24,1 - 2
	Moy±σ	7,38 ±7,18	7,54 ±7,17	7,85 ±7,85	7,85 ±7,59	7,85 ±7,89	7,85 ±7,5	8 ±7,62	8 ±7,39	8 ± 9,3	8 ±8,29	7,69 ±7,56
pH	Max-Min	8,11 - 5,81	7,26 - 5,76	7,6 - 5,8	7,43 - 5,63	7,57 - 5,46	7,47 - 5,62	7,39 - 5,37	7,72 - 5,42	7,72 - 5,42	7,4 - 5,46	8,55 - 5,5
	Moy±σ	6,53 ±0,62	6,38 ±0,42	6,71 ±0,47	6,35 ±0,45	6,27 ±0,53	6,27 ±0,47	6,16 ±0,56	6,21 ±0,61	6,21 ±0,61	6,36 ±0,53	6,34 ±0,75
Turb	Max-Min	52 -1,2	49 - 2	55 - 3,31	144 -2,8	510 - 7,45	64 -6,22	81 - 7,46	169 - 3	169 - 3	214 - 11	252 -16
	Moy±σ	22,02±14,25	21,92±13,76	31,56±17,52	32,1±36,77	83,26±134,31	29,55±17,59	41,11±24,78	39,65±43,99	39,65±43,99	70,3 ± 73,9	76,3±74,56
Nitrites	Max-Min	0,6 - 0,001	0,2 - 0,003	0,4 - 0,002	0,7 - 0,006	0,08 - 0,002	0,6 - 0,004	0,09 - 0,004	0,09 - 0,006	0,09 - 0,006	0,67 - 0,003	0,08 - 0,004
	Moy±σ	0,07±0,16	0,05±0,05	0,08±0,14	0,08±0,19	0,03±0,02	0,07±0,16	0,028±0,02	0,03±0,03	0,03±0,03	0,09±0,18	0,04±0,03
Phos	Max-Min	1,72 - 0,13	1,1 - 0,01	1,04 - 0,01	1,87 - 0,05	1,65 - 0,03	1,65 - 0,01	0,91 - 0,02	0,9 - 0,01	0,9 - 0,01	0,71 - 0,01	0,67 - 0,06
	Moy±σ	0,6±0,44	0,38±0,31	0,46±0,39	0,54±0,63	0,44±0,48	0,4±0,45	0,2±0,24	0,29±0,29	0,29±0,29	0,23±0,2	0,2±0,19
Nitrates	Max-Min	5,2 - 0,054	5 - 0,046	4,4 -0,016	3,4 - 0,004	1,7 - 0,032	2 - 0,19	2,7 -0,17	2,4 - 0,45	2,16 - 0,45	2,01 - 0,45	2,3 - 0,11
	Moy±σ	1,33±1,47	1,43±1,59	1,59±1,53	0,99±1,06	0,57±0,54	0,99±0,59	1,39±0,78	1,49±0,61	1,67±0,53	1,44±0,54	1,21±7,72
Azote	Max-Min	0,51 - 0,02	1,01 - 0,14	0,69 - 0,05	0,5 - 0,11	0,43 - 0,02	0,8 - 0,06	0,9 - 0,02	0,8 - 0,15	0,8 - 0,15	2,47 - 0,04	0,9 - 0,11
	Moy±σ	0,29±0,13	0,42±0,24	0,34±0,17	0,25±0,12	0,2±0,12	0,38±0,28	0,32±0,28	0,39±0,23	0,39±0,23	0,61±0,63	0,48±0,24
Oxyd	Max-Min	11,5 - 0,79	9,7 - 0,79	11,6 -0,97	29 -1,12	21,1 - 1,12	17,6 - 1,48	19 - 1,34	17,3 - 1,14	17,3 - 1,14	10,7 - 1,14	22,7 - 2,18
	Moy±σ	6,11±3,93	5,44±3,47	6,39±4,61	7,46±7,89	7,72±6,61	7,85±5,81	8,11±6,32	7,81±5,76	7,81±5,76	6,3±4,1	7,65±6,1

Temp : température, Oxy : oxygène dissous, CO₂ : dioxyde de carbone, Coul : couleur, MES : matières en suspension, Cond : conductivité, TDS : solide totaux dissous, Alca : alcalinité, pH : potentiel d'Hydrogène, Turb : turbidité, Phos : orthophosphates, Oxyd : oxydabilité, Max : maximum, Min : minimum, Moy : moyenne, ±σ : écart-type.

TIRÉ À PART DE LA PUBLICATION