

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTÉ DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ÉCOLOGIE
LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

**Biodiversité et écologie des monogènes ectoparasites de
quelques poissons Cyprinidae du genre *Enteromius*
Cope, 1867 dans la Région du Centre, Cameroun**

THÈSE

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

Option : Parasitologie et Écologie

Par

ONANA NGONO Michel Thierry

Matricule : 10Q0574

Master ès-Sciences en Biologie des Organismes Animaux

Sous la direction de

TOMBI Jeannette Épouse BOLL

Maître de Conférences

Année 2025



UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTÉ DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

BP : 812 - Tél : (237) 222-56-59
(237) 233-46-96

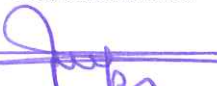

ATTESTATION DE CORRECTION

Conformément à l'autorisation de soutenance de thèse de Doctorat/Ph.D N° 049-2025/UYI/CRFD/SVSE/25 du 12 mai 2025 de Monsieur le Recteur de l'Université de Yaoundé I, la thèse intitulée « Biodiversité et écologie des monogènes ectoparasites de quelques poissons Cyprinidae du genre *Enteromius* Cope, 1867 dans la Région du Centre, Cameroun » a été présentée et soutenue publiquement le 7 juillet 2025 par l'étudiant ONANA NGONO Michel Thierry, Matricule : 10Q0574. Le document final a été corrigé suivant les recommandations du jury.

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

Fait à Yaoundé le 23 JUIL 2025

Les Membres


Sévilor KEKEUNOU, Ph.D
Professor
University of Yaounde I

Prof. Njiokou

Le Président du Jury


A. U. ANENA

Le Chef de Département


Pr. Sévilor KEKEUNOU
Faculté des Sciences
Université de Yaoundé I

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTÉ DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ÉCOLOGIE
LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

**Biodiversité et écologie des monogènes ectoparasites de
quelques poissons Cyprinidae du genre *Enteromius*
Cope, 1867 dans la Région du Centre, Cameroun**

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le 07 juillet 2025

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

Option : Parasitologie et Écologie

Par

ONANA NGONO Michel Thierry

Matricule : 10Q0574

Master ès-Sciences en Biologie des Organismes Animaux

Jurys

Président : **FOMENA Abraham**, *Professeur* ; Université de Yaoundé I


Rapporteur : **TOMBI Jeannette**, *Maître de Conférences*, Université de Yaoundé I

Membres : **KEKEUNOU Sélivor**, *Professeur*, Université de Yaoundé I

NJIOKOU Flobert, *Professeur*, Université de Yaoundé I

SUMO Laurentine, *Maître de Conférences*, Université D'Ebolowa

Année 2025

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

ANNÉE ACADEMIQUE 2024/2025

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 16 janvier 2025

ADMINISTRATION

1. **DOYEN** : OWONO OWONO Luc Calvin, *Professeur*
2. **VICE-DOYEN / DPSAA** : NDJIGUI Paul-Désiré, *Professeur*
3. **VICE-DOYEN / DSSE** : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*
4. **VICE-DOYEN / DRC** : NOUNDJEU Pierre, *Maître de Conférences*
5. **Chef Division Administrative et Financière** : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*
6. **Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité DAARS** : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (44)

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

37.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
38.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
39.	MADIESSE KEMGNE Eugénie Aimée	Chargée de Cours	En poste
40.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
41.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargée de Cours	En poste
42.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
43.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste
44.	WOGUIA Alice Louise	Chargée de Cours	En poste
2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (50)			
1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En poste
3.	DZEUFJET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En poste
4.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeure	<i>CD et Vice Doyen/FMSB/UIYI</i>
5.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	MEGNEKOU Rosette	Professeure	En poste
7.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
10.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE</i>
11.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
12.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
13.	ATSAMO Albert Donatien	Maître de Conférences	En poste
14.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
17.	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Maître de Conférences	En poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît	Maître de Conférences	En poste
20.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
21.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
22.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
23.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
24.	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
25.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Maître de Conférences	En poste

26.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
27.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
28.	TADU Zephyrin	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
31.	YEDE	Maître de Conférences	En poste
32.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Chargée de Cours	En poste
33.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
34.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
35.	FEUGANG YOUNSSI François	Chargé de Cours	En poste
36.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargée de Cours	En poste
37.	FOSSI TANKOUA Olivia Epse DJEUTCHOUANG SAYANG	Chargée de Cours	En poste
38.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
39.	KOGA MANG Dobarra	Chargé de Cours	En poste
40.	LEME BANOCK Lucie	Chargée de Cours	En poste
41.	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste
42.	METCHI DONFACK Mireille Flaure EPSE GHOUMO	Chargée de Cours	En poste
43.	NDENGUE Jean De Matha	Chargé de Cours	En poste
44.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
45.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Cheffe Div. U. Bamenda</i>
46.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	ZEMO GAMO Franklin	Chargé de Cours	En poste
49.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (37)			
1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	BIYE Elvire Hortense	Professeure	En poste
3.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4.	MBOLO Marie	Professeure	En poste
5.	NDONGO BEKOLO	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	DJEUANI Astride Carole	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
12.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
13.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	<i>CT/MINRESI</i>

14.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
15.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16.	ONANA Jean Michel	Maître de Conférences	En poste
17.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Chargé de Cours	En poste
18.	GONMADGE Christelle	Chargé de Cours	En poste
19.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20.	MANGA NDJAGA JUDE	Chargé de Cours	En poste
21.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargée de Cours	En poste
22.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargée de Cours	En poste
23.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie Claude	Chargée de Cours	<i>En détachement/UNESCO MALI</i>
24.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
25.	KABELONG BANAHOU Louis- Paul-Roger	Chargé de Cours	En poste
26.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
27.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
28.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
29.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
30.	TEMEGNE NONO Carine	Chargée de Cours	En poste
31.	BOLIE Hubert	Assistant	En poste
33.	MACHE NKOUANDEU Pasma	Assistante	En poste
34.	MAFFO FOKOU Adèle	Assistante	En poste
35.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste
36.	NTONMEN YPNKEU Amandine Flore	Assistante	En poste
37.	ONANA EBODE Clotaire	Assistant	En poste

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

1.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancelor/UB</i>
5.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Professeur	En poste
6.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste
7.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
8.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
9.	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
10.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
11.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
12.	MBEY Jean Aimé	Maître de Conférences	En poste
13.	NDI Julius NSAMI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département</i>
14.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>Sénatrice/SENAT</i>

15.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
16.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
17.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
18.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
19.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
20.	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste
21.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
22.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
23.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
24.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
25.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
26.	BOYOM TATCHEMO Franck W.	Assistant	En Poste
27.	DANTIO NGUELA Christian Brice	Assistant	En poste
28.	LEKENE NGOUATEU Reine	Assistant	En poste
5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (33)			
1	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>DEPE/Univ. Bertoua</i>
2	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UIYI</i>
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département/UDS</i>
4	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Recteur UBertoua/ Chef de Département</i>
5	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
6	MKOUNGA Pierre	Professeur	En poste
7	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Director/HTTTC/UBda</i>
8	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
10	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
11	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
12	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
13	NGOMO Orléans	Maître de <conférences	En poste
14	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
15	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>Chef Div./MINESUP</i>
16	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>Dir ENS/Uté Bertoua</i>
17	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
18	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
19	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
20	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Maître de Conférences	En poste
21	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
22	MELONG Radius	Chargé de Cours	En poste

23	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
24	MUNVERA MFIFEN Aristide	Chargé de Cours	En poste
25	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
26	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
27	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
28	SIELINOU TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
29	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
30	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	TSAMO TONTSA Armelle	Chargée de Cours	En poste
32	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste
34	NGUEMDJO CHIMEZE Valery Wilfried	Assistant	En poste
6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1)			
1.	BODO Bertrand	Professeur	<i>Chef de Département</i>

7- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)			
1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division des SI/MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général Académique/ MINESUP</i>
3.	NDOUNDAM René	Professeur	En poste
4.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Maître de Conférences	<i>CTI/MINFOPRA</i>
5.	MELATAGIA YONTA Paulin	Maitre de Conférences	En poste
6.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
7.	AMINOU HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
8.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargée de Cours	En Poste
9.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
10.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
11.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Chargé de Cours	En poste
12.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
13.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
14.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
15.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	<i>Chef de Département/Génie Info./U Ebolowa</i>
16.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
17.	NZEKON NZEKO'O Armel Jacques	Chargé de Cours	En poste

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

29.	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric	Chargé de Cours	En poste
30.	EBODE ATANGANA Pie Désiré	Assistant	En poste
31.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
32.	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
33.	MAMA ASSANDJE Prosper	Assistant	En poste
34.	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
35.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
36.	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste

9 - DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Professeure	En poste
3.	MUNE MUNE Martin Alain	Professeur	En poste
4.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeure	<i>Vice-Doyen / DSSE</i>
5.	RIWOM Sara Honorine	Professeure	En poste
6.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Professeur	En poste
7.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	<i>Doyen/FASA/Uds</i>
8.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
9.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
10.	TCHIKOUA Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>
11.	EHETH Jean Samuel	Chargé de Cours	En poste
12.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
13.	EZO'O MENGO Fabrice Téléstor	Chargé de Cours	En poste
14.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
15.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
16.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargée de Cours	<i>Cheffe de service / DAAC / UYI</i>

17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	NKOUÉ TONG Abraham	Chargé de Cours	En poste
19.	NGOUE NAM Romial Joël	Chargé de Cours	En poste
20.	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Chargé de Cours	En poste
21.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargée de Cours	En poste
22.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Chargée de Cours	En poste
23.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
24.	ZO'O EZO'O Fabrice Télesfor	Assistant	En poste
25.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistante	En poste

10. DEPARTEMENT DE PHYSIQUE (PHY) (45)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	BIYA MOTTO Frédéric	Professeur	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
3.	DJUIDJE KENMOE Epse ALOYEM	Professeur	En poste
4.	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
5.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
6.	EYEBE FOU DA Jean sire	Professeur	En poste
7.	FEWO Serge Ibraïd	Professeur	En poste
8.	HONA Jacques	Professeur	En poste
9.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
10.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	<i>Chef de Département/Uni. Bertoua</i>
11.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
12.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
13.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre / IRGM / MINRESI</i>
14.	SIEWE SIEWE Martin	Professeur	En poste
15.	SIMO Elie	Professeur	En poste
16.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FS/Univ/Bda</i>
17.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
18.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
19.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
20.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Professeur	En poste
21.	ENYEGUE A NYAM épse BELINGA	Maître de Conférences	<i>Cheffe de Div./ENSPY</i>
22.	FOUEJIO David	Maître de Conférences	<i>Chef Cell/MINADER</i>
23.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste

24.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
25.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
26.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
27.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	<i>Secrétaire Générale /UYII</i>
29.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférences	<i>Absente de son poste</i>
30.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
31.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
32.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
33.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
34.	EDONGUE Hervais	Chargé de Cours	En poste
35.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
36.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
37.	NGA ONGODO Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Chef de Div./DIPD/UYI
39.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Chargé de Cours	En poste
40.	TCHAPET NJAFA Jean-Pierre	Chargé de Cours	Chef Ser. Adj./FLASH/UYI
41.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
42.	TOGUEU MOTCHEYO Alain Bertrand	Chargé de Cours	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
44.	ETEME Armand Sylvin	Assistant	En poste
45.	NGO MOUELLAS épouse LOTHIN	Assistante	En poste
46.	TCHODIMOU Carole	Assistant	En poste
47.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

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

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

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

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS

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

Soit un total de **360 (94)** dont :

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

() = Nombre de Femmes **94**

ENSEIGNANTS SOUS CONTRAT DE COLLABORATION

1.	BELL JOSEPH MARTIN	547019U	17/06/1957	Sakbayeme	M	10/11/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
2.	DJOUFAC WOUMFO EMMANUEL	547069Z	09/01/1957	Ngaoundéré	M	04/05/1990	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
3.	FOMENA ABRAHAM	546778X	10/11/1958	Batcham	M	01/12/1986	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
4.	GHOGOMU TIH RAPH	547004-K	23/12/1956	BAMBALANG	M	13/10/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
5.	KAMTCHOING PIERRES	143299X	13/09/1955	Nkongsamba	M	01/10/1988	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
6.	NGADJUI TCHALEU BONAVENTURE	546959-G	15/09/1953	FONTSIGA	M	12/08/1982	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
7.	NGO BILONG ANASTASIE épse TIH	546164-I	27/12/1955	MBANGA	F	28/07/2000	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	MC
8.	NKENGFAK EPHRAIM AUGUSTIN	546948-F	17/06/1955	YAOUNDE	M	01/09/1983	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION	PR
9.	NDIKONTAR MAURICE KOR	169784G	09/05/1958	Mbaa	M	10/01/1991	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE	PR
10.	NJIOKOU FLOBERT	547321H	11/06/1958	Nkongsamba	M	03/05/1993	RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE	PR
11.	BENG NEE NINTCHOM PENLAP VERONIQUE	546643B	07/01/1957	Melong I	F	02/10/1992	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION	PR
12.	FOKOU ELIE	546725J	08/06/1957	Fiéla- Bamendjinda	M	01/04/1988	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
13.	TCHOUANKEU JEAN CLAUDE	547295-E	06/01/1959	Douala	M	01/12/1989	RETRAITE-CONTRAT DE COLLABORATION EN COURS DE FINALISATION	PR
14.	BOYOMO ONANA						CONTRATS TRAITES LORS DU CONSEIL D'UNIVERSITE DU 12 JUILLET 2024	MC
15.	WANDJI JEAN	162242M	09/06/1958	Bangou	M			UYI
16.	YOUMBI EMMANUEL	547332Z	12/02/1959	Bangou	M	Bangou		PR
17.	NGODO MELINGUI JEAN	500475X	05/09/1958	Endoum		20/10/2005		MC
18.	KOFANE TIMOLEON CREPIN							PR
19.	NGAMENI EMMANUEL	547277-C	24/04/1959	Mbanga	M			PR
20.	BITOM DIEUDONNE	547050X	23/11/1958	Ambam	M			PR

Dédicace

À

*Ma famille en reconnaissance à tous les
sacrifices consentis pour mon instruction*

Remerciements

Sachant qu'une main ne saurait attacher un fagot (sagesse africaine), l'accomplissement de ce travail me donne l'opportunité d'exprimer ma gratitude à l'endroit de tous ceux qui ont participé à sa réalisation.

Au **Professeure TOMBI Jeannette Épouse BOLL**, j'exprime ma profonde reconnaissance pour la confiance qu'elle a placée en ma modeste personne en m'acceptant comme étudiant depuis le Master. Elle a initié mes pas dans la connaissance des parasites de poissons en mettant à ma disposition la documentation et matériels de manipulation. Telle une boussole, elle m'a dirigé au cours des différentes étapes de la réalisation de ce travail. Durant la rédaction des articles de cette thèse, sa supervision m'a été d'un grand intérêt. Je n'oublierai jamais le grand cœur d'une Dame attentionnée, compréhensive, ouverte et tolérante. Je suis honoré d'avoir fait mes premiers pas dans la recherche à ses côtés. Je lui serai éternellement reconnaissant.

Au **Professeur JUSTINE Jean-Lou**, chef de la section Helminthologie du Museum National d'Histoire Naturelle de Paris, je dis merci d'avoir répondu promptement et favorablement à nos correspondances. Il a gracieusement réceptionné, enregistré et conservé nos échantillons de parasites au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris. Un tel altruisme à notre égard suscite admiration. Merci Professeur.

Je remercie **Professeur FOMENA Abraham** qui m'a toujours servi de « modèle d'Homme de sciences ». Ses enseignements et ses conseils m'ont été d'une grande aide. J'ai toujours apprécié sa rigueur et son humeur. Son intervention en tant qu'examineur de ce travail à mi-parcours (état d'avancement des travaux) m'a permis d'améliorer ce document. Merci Professeur.

Au **Professeur LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît**, j'adresse mes remerciements pour ses critiques pertinentes lesquelles m'ont permis d'améliorer la qualité de ce travail. Malgré ses multiples sollicitations, il s'est toujours signalé disponible. Il a été l'examineur de mon mémoire de Master et le modérateur de mon séminaire d'animation scientifique organisé par le Département de Biologie et Physiologie Animales, des étapes cruciales de ma formation scientifique. J'ai pu apprécier durant nos entretiens, sa conception originale de la parasitologie. Qu'il soit persuadé de ma profonde reconnaissance.

Au **Professeur NJIOKOU Flobert** qui a participé activement à ma formation académique, m'a fait honneur en lisant mon projet de thèse et mon sujet spécial, et m'a évalué lors de l'état

d'avancement des travaux de thèse. Ainsi, il a suivi de près diverses étapes de l'élaboration de ce travail. Merci Professeur.

Professeure GOUNOUE Raceline, merci pour ses petites expressions d'encouragements de tous les jours ; celles-ci m'ont servi de source de motivation chaque fois que j'éprouvassse de difficultés dans ce travail.

Professeur KEKEUNOU Sevilor, Chef de Département de Biologie et Physiologie Animales, je dis merci pour la qualité de vos enseignements et pour tous les conseils pratiques sur la manière de conduire les travaux de thèse de Doctorat/Ph.D.

Merci à tous les enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, en particulier ceux du Département de Biologie et Physiologie Animales (BPA), pour leur implication dans ma formation scientifique. Que chacun d'eux soit récompensé au centuple de son effort.

Au **Docteur EYAMO Jos**, j'exprime ma gratitude pour les conseils et encouragements à mon égard, lesquels m'ont servis de motivation, lorsque des circonstances imprévues me conduisirent à la poursuite d'autres horizons. Et, je formule le vœu de pouvoir bénéficier encore de ses conseils.

J'adresse mes vifs remerciements à **M. AKOUMBA John Francis**, **M. NDONGO Ivan** et **Mlle SANDJE BWAME Agnès Solange** pour la précieuse aide et le judicieux soutien qu'ils m'ont toujours accordés tout au long de ce travail.

Mademoiselle **NGAKU Anaïs**, je te remercie pour ta contribution dans le convoiement de nos échantillons de monogènes jusqu'au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Je remercie mes camarades de laboratoire **M. MOAFON KPOUMIE Hervé Giresse**, **Mlle KENMOE NGUEUBOU Anne Mimosette**, **M. ADAMOU NDAM Abdel Azizi** et **Mlle DJIOGNE Maïva** pour leur assistance. Leurs remarques, critiques constructives et suggestions m'ont servi de voies d'amélioration.

A Mesdemoiselles **MBENGUE Ange Raphael**, **NGO MBOCK Louise**, **NGO HIOL Marceline Bouquet** et au **Dr MBAGA Donatien Serge**, je dis merci pour leur participation dans la rédaction d'un article de cette thèse.

Madame MANGA Marcelline (Mère chérie) et **M. NGONO Thomas Romain** (Patony), merci pour leurs apports multiples dans la réalisation de ce travail. Leur soutien, encadrement et prières m'ont été d'une précieuse aide. Merci pour tous les sacrifices consentis pour mon éducation.

Madame FOUA Marguerite Epse ESSIMI (Mantrita) et **M. ESSIMI NTERE Marcel** (Passeli), j'ai peur de ne jamais pouvoir les remercier pour l'appui financier et matériel qu'ils m'ont apportés durant ma formation académique et particulièrement dans la réalisation de ce travail.

Que **Messieurs FOUA NGONO Emmanuel Kisito, BIDZA Emmanuel, NGONO Lucien, ESIMI NTERE Charles** et **MEKONGO Nazaire** trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance, pour tous les sacrifices consentis, pour le soutien moral et matériel qu'ils m'ont apportés durant mon parcours universitaire.

Je n'oublierai pas d'adresser mes remerciements à mes cousins **BONTYPE, LAVI, SAMEDI** et **MARA** pour m'avoir accompagné lors des captures des spécimens hôtes le long de la rivière Cesala.

Que tous ceux qui de près ou de loin m'ont apporté une aide quelconque, trouvent ici l'expression de ma parfaite reconnaissance.

Sommaire

Liste protocolaire de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I	i
Dédicace	xv
Remerciements	xvi
Sommaire	xix
Liste des figures	xxii
Liste des tableaux	xxv
Liste des annexes	xxvii
Résumé	xxviii
Abstract	xxx
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE DE LITTÉRATURE	5
I-1- Généralités sur les hôtes des parasites étudiés	6
I-1-1- Systématique des hôtes	6
I-1-2- Caractères généraux des poissons Cyprinidae	7
I-1-3- Biodiversité des Cyprinidae du genre <i>Enteromius</i> au Cameroun	7
I-2- Généralités sur les monogènes	7
I-2-1- Données taxinomiques sur les monogènes	7
I-2-2- Caractères morpho-anatomiques des monogènes	8
I-2-3- Caractéristiques des monogènes des genres <i>Dactylogyrus</i> et <i>Dogielius</i>	12
I-2-4- Cycle de développement des monogènes	13
I-3- Données historiques sur les monogènes ectoparasites des poissons du genre <i>Enteromius</i> au Cameroun	14
I-4- Spécificité parasitaire	15
I-5- Pathogénicité des monogènes	15
I-6- Contrôle des infections causées par des monogènes	16
CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES	18

II-1- Cadre d'étude	19
II-1-1- Données climatiques et hydrographiques	19
II-1-2- Données ichtyologiques de la rivière Cesala	20
II-1-3- Sols et végétation	21
II-2- Matériel et méthodes	21
II-2-1- Description des poissons hôtes	21
II-2-2-Pêche et conservation des poissons hôtes	23
II-2-3- Caractérisation morphologique des monogènes	23
II-2-4- Prise des paramètres biométriques, détermination du sexe et délimitation des classes de taille chez le poisson hôte	25
II-2-5- Détermination du nombre de filaments et de la surface branchiale colonisable.....	26
II-2-6- Recherche, montage et identification des monogènes	26
II-2-7- Présentation des différents gradients de ségrégation des monogènes.....	26
II-2-8- Analyses des données	27
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	30
III-1- Résultats	31
III-1-1- Caractérisation morpho-anatomique des monogènes récoltés.....	31
III-1-2- Analyse de la structure du biotope des monogènes branchiaux étudiés et de la condition physiologique d' <i>Enteromius guirali</i>	54
III-1-3- Caractérisation de la distribution spatio-temporelle des monogènes branchiaux d' <i>Enteromius aspilus</i> et <i>Enteromius guirali</i>	73
III-2- Discussion	102
III-2-1- Systématique des monogènes étudiés.....	102
III-2-2- Biotope des monogènes branchiaux, relation taille/masse et coefficient de condition d' <i>Enteromius guirali</i> et/ou <i>Enteromius aspilus</i>	104
III-2-3- Distribution des monogènes branchiaux étudiés et impact des monogènes sur la physiologie d' <i>Enteromius guirali</i>	108
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	117

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	120
ANNEXES	141
PUBLICATIONS ISSUES DE CETTE THESE.....	144

Liste des figures

Figure 1. Organisation morpho-anatomique d'un monogène du genre <i>Dactylogyrus</i>	10
Figure 2. Morphologie d'un crochet et d'un crocheton des monogènes du genre <i>Dactylogyrus</i>	11
Figure 3. Types de crochets ou hamuli des monogènes du genre <i>Dactylogyrus</i>	12
Figure 4. Cycle de développement d'un monogène	13
Figure 5. Localisation géographique des points de prélèvement.....	19
Figure 6. Photographies de deux points de prélèvement	20
Figure 7. Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d' <i>Enteromius guirali</i>	21
Figure 8. Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d' <i>Enteromius aspilus</i>	22
Figure 9. Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d' <i>Enteromius camptacanthus</i>	23
Figure 10. Technique de mensuration des pièces haptorales des monogènes <i>Dactylogyridae</i>	24
Figure 11. Cartographie d'un arc branchial présentant les gradients de ségrégation des monogènes	27
Figure 12. Photographies de <i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp. : morphologie générale et hapteur	32
Figure 13. Photographies de <i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp. : organe copulateur mâle et organe copulateur femelle.....	33
Figure 14. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp.....	34
Figure 15. Photographie de la morphologie générale de <i>Dactylogyrus aspili</i>	37
Figure 16. photographie du hapteur de <i>Dactylogyrus aspilus</i>	37
Figure 17. Photographies du complexe copulateur mâle et organe copulateur femelle de <i>Dactylogyrus aspili</i>	38
Figure 18. Dessins des pièces sclérifiées du hapteur, du complexe copulateur mâle et de l'organe reproducteur femelle de <i>Dactylogyrus aspili</i>	39
Figure 19. Photographies de la morphologie générale, du hapteur et de l'organe copulateur mâle de <i>Dactylogyrus mendehei</i>	41
Figure 20. Dessins du hapteur et du complexe copulateur mâle de <i>Dactylogyrus mendehei</i>	42
Figure 21. Photographie de la morphologie générale de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	44
Figure 22. Photographie des pièces du hapteur de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	44
Figure 23. Photographies du complexe copulateur mâle et de l'organe reproducteur femelle de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	46

Figure 24. Dessins des pièces sclérifiées du hapté, du complexe copulateur mâle et de l'organe reproducteur femelle de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	47
Figure 25. Photographie de la morphologie générale de <i>Dactylogyrus valeti</i>	49
Figure 26. Photographies du hapté de <i>Dactylogyrus valeti</i>	50
Figure 27. Photographies du complexe copulateur mâle et de l'organe copulateur femelle de <i>Dactylogyrus valeti</i>	50
Figure 28. Dessins des pièces sclérifiées du hapté, complexe copulateur mâle et de l'organe copulateur femelle de <i>Dactylogyrus valeti</i>	52
Figure 29. Analyse en Composantes Principales des données morphométriques	53
Figure 30. Variation des caractères morphométriques des populations de monogènes étudiés dans la rivière Cesala	54
Figure 31. Évolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la longueur standard d' <i>Enteromius aspilus</i>	55
Figure 32. Évolution de la surface filamenteuse totale et par côté en fonction de la longueur standard d' <i>Enteromius aspilus</i>	56
Figure 33. Évolution du nombre de filaments branchiaux de chaque arc en fonction de la taille d' <i>Enteromius aspilus</i>	57
Figure 34. Évolution de la surface branchiale par holobranchie en fonction de la taille de l'hôte	58
Figure 35. Évolution du nombre de filaments par hémibranchie en fonction de la taille d' <i>Enteromius aspilus</i>	60
Figure 36. Évolution de la surface de chaque hémibranchie en fonction de la taille du poisson	61
Figure 37. Évolution du nombre de filaments total et par côté en fonction de la taille d' <i>Enteromius guirali</i>	62
Figure 38. Évolution de la surface branchiale totale et par côté en fonction de la taille d' <i>Enteromius guirali</i>	63
Figure 39. Évolution du nombre de filaments par arc en fonction de la taille du poisson	64
Figure 40. Évolution de la surface branchiale de chaque arc en fonction de la taille du poisson	65
Figure 41. Variation du nombre moyen de filaments branchiaux par hémibranchie	66
Figure 42. Évolution du nombre de filaments branchiaux par hémibranchie en fonction de la taille du poisson	67
Figure 43. Variation de la surface branchiale par hémibranchie	68

Figure 44. Évolution de la surface branchiale de chaque hémibranchie en fonction de la taille du poisson	68
Figure 45. Variation de la masse corporelle en fonction de la taille du poisson	69
Figure 46. Variation de la masse corporelle en fonction de la taille des spécimens femelles	70
Figure 47. Variation de la masse corporelle en fonction de la taille des spécimens mâles	71
Figure 48. Variation mensuelle du coefficient de condition chez <i>Enteromius guirali</i>	72
Figure 49. Variation mensuelle du coefficient de condition en fonction du sexe	73
Figure 50. Évolution du taux d'infestation et du nombre de parasites par hôte en fonction de la longueur standard chez <i>Enteromius aspilus</i>	75
Figure 51. Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne en fonction de l'hémibranchie chez <i>Enteromius aspilus</i>	78
Figure 52. Évolution du taux d'infestation et du nombre de parasites par hôte en fonction de la taille chez <i>Enteromius guirali</i>	84
Figure 53. Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne en fonction de l'hémibranchie chez <i>Enteromius guirali</i>	87
Figure 54. Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté à travers le gradient longitudinal	88
Figure 55. Variation mensuelle du taux d'infestation de <i>Dactylogyrus mendehei</i>	93
Figure 56. Variation mensuelle du taux d'infestation de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	94
Figure 57. Variation mensuelle de l'intensité moyenne de <i>Dactylogyrus mendehei</i>	95
Figure 58. Variation mensuelle de l'intensité moyenne de <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	96
Figure 59. Modèles mensuels d'occupation des arcs branchiaux par <i>Dactylogyrus mendehei</i>	97
Figure 60. Modèles d'occupation des arcs branchiaux par <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	98
Figure 61. Relation entre le coefficient de condition d' <i>Enteromius guirali</i> et la densité parasitaire	99
Figure 62. Variation du coefficient de condition d' <i>Enteromius guirali</i> en fonction de la densité parasitaire au cours de la petite saison sèche, la grande saison des pluies, la grande saison sèche et la petite saison des pluies	101

Liste des tableaux

Tableau I. Liste des espèces du genre <i>Enteromius</i> des eaux douces et saumâtres du Cameroun	9
Tableau II. Liste des monogènes récoltés sur les Cyprinidae du genre <i>Enteromius</i> au Cameroun	14
Tableau III. Variables prises en compte dans l'Analyse en Composantes Principales	25
Tableau IV. Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des études menées sur les monogènes branchiaux d' <i>Enteromius aspilus</i>	35
Tableau V. Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des deux études menées sur les monogènes branchiaux d' <i>Enteromius guirali</i>	45
Tableau VI. Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des deux études menées sur <i>Dactylogyrus valeti</i>	51
Tableau VII. Résultats du test t de Welch comparant le nombre total moyen de filaments inter-arcs	57
Tableau VIII. Résultats du test t de Welch relatifs à la comparaison des surfaces filamenteuses inter-arcs	58
Tableau IX. Valeurs de p obtenues par le test t de Welch comparant deux à deux les nombres moyens des filaments inter-hémibranchies de toute la cavité branchiale d' <i>Enteromius aspilus</i>	59
Tableau X. Valeurs de p obtenues par le test t de Welch comparant deux à deux les surfaces filamenteuses inter-hémibranchies de toute la cavité branchiale d' <i>Enteromius aspilus</i>	61
Tableau XI. Résultats du test t de Welch comparant le nombre total moyen de filaments inter-arcs de la cavité branchiale d' <i>Enteromius guirali</i>	64
Tableau XII. Résultats du test t de Welch comparant les surfaces filamenteuses inter-arcs	65
Tableau XIII. Valeurs de p obtenues après comparaison des nombres moyens des filaments inter-hémibranchies par le test t de Welch	66
Tableau XIV. Valeurs de p obtenues après comparaison des surfaces filamenteuses moyennes des différentes hémibranchies de la cavité branchiale d' <i>Enteromius guirali</i> prises deux à deux par le test t de Welch	69

Tableau XV. Taux d'infestation, intensité moyenne, variance et ratio parasites/hôte de chaque espèce de monogène	74
Tableau XVI. Résultats des tests χ^2 et U de Mann Whitney comparant les taux d'infestation et les intensités moyennes des deux hémibranchies de chaque arc	77
Tableau XVII. Taux d'infestation et intensités moyennes de <i>Dactylogyrus aspili</i> et <i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp. sur le gradient longitudinal.....	80
Tableau XVIII. Valeurs des probabilités obtenues par le test U de Mann-Whitney comparant les intensités moyennes de la xénocommunauté étudiée.....	81
Tableau XIX. Taux d'infestation et intensités moyennes de <i>Dactylogyrus aspili</i> et <i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp. sur le gradient vertical	82
Tableau XX. Résultats des tests χ^2 et U de Mann Whitney comparant les taux d'infestation et intensités moyennes respectivement.....	88
Tableau XXI. Résultats du test U de Mann-Whitney relatifs à la comparaison des intensités moyennes intersectorielles de la xénocommunauté étudiée.....	89
Tableau XXII. Taux d'infestation et intensités moyennes de <i>Dactylogyrus mendehei</i> et <i>Dactylogyrus nyongensis</i> sur les différents secteurs	90
Tableau XXIII. Valeurs des probabilités obtenues par le test U de Mann-Whitney comparant deux à deux les intensités moyennes par zone filamenteuse de la xénocommunauté étudiée	91
Tableau XXIV. Taux d'infestation et intensités moyennes de chaque espèce de monogène sur les différentes zones filamenteuses	92
Tableau XXV. Valeurs de p obtenues en comparant les intensités moyennes saisonnnières de <i>Dactylogyrus mendehei</i> deux à deux par le test U de Mann-Whitney.....	95
Tableau XXVI. Valeurs de p obtenues en comparant les intensités moyennes saisonnnières de <i>Dactylogyrus nyongensis</i> deux à deux par le test U de Mann-Whitney.....	97
Tableau XXVII. Evolution de la condition physiologique d' <i>Enteromius guirali</i> en fonction de la densité parasitaire	100

Liste des annexes

Annexe 1. Profil d'infestation des arcs branchiaux d' <i>Enteromius guirali</i> par <i>Dactylogyrus mendehei</i>	142
Annexe 2. Profil d'infestation des arcs branchiaux d' <i>Enteromius guirali</i> par <i>Dactylogyrus nyongensis</i>	143

Résumé

En Afrique, la famille des Cyprinidae compte un peu plus de 520 espèces autochtones. Au Cameroun, une trentaine d'entre elles se rattachent au genre *Enteromius* au rang desquelles *Enteromius aspilus*, *E. guirali* et *E. camptacanthus*, très prisées par les populations de l'Arrondissement de Sa'a. Comme tout organisme vivant, ces vertébrés sont soumis à diverses pressions dont le parasitisme. Les monogènes parasitent principalement les branchies de Téléostéens. L'helminthofaune de certaines espèces ichthyques retrouvées au Cameroun demeure partiellement connue. Le but de ce travail est d'inventorier les monogènes branchiaux de trois espèces ichthyques du genre *Enteromius* et d'étudier quelques aspects de l'écologie de ces helminthes. Les poissons examinés ont été capturés le long de la rivière Cesala à l'aide des cannes à pêche ou des épuisettes et conservés dans la glace pour des études systématiques ou dans une solution de formol 8% pour les études écologiques. L'ensemble a été transporté au laboratoire de Parasitologie et Ecologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. La manipulation a débuté par la prise des paramètres biométriques et la dissection du système branchial. Lors des études systématiques, le monogène a été monté entre lame et lamelle dans une goutte de picrate d'ammonium glycérimé. Les dessins des pièces sclérifiées ont été réalisés sur le logiciel Corel Draw software et leurs mensurations prises sur le logiciel AmScope software. Dans la partie écologie, le nombre de filaments par hémibranchie a été compté de l'extrémité ventrale vers l'extrémité dorsale. Les photos des hémibranchies antérieure et postérieure de chaque arc ont été prises sous une loupe numérique au grossissement 1x et les correspondances en surface filamenteuse ont été obtenues à l'aide du logiciel *ImageJ* software. Tous les monogènes de chaque filament ont été collectés séparément et montés entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. L'identification spécifique des monogènes de chaque filament a été faite au microscope optique et l'analyse des données sur des logiciels appropriés. Au total, cinq espèces de monogènes appartenant au genre *Dactylogyrus* ont été inventoriées avec une infestation bispécifique sur les branchies d'*E. aspilus* et *E. guirali* et monospécifique sur celles d'*E. camptacanthus*. *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. a été trouvé sur les branchies d'*E. aspilus*. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis de confirmer le statut taxinomique de *Dactylogyrus aspili*, *D. nyongensis*, *D. mendehei* et *D. valeti*. La structure du biotope de ces helminthes a été étudiée sur 136 spécimens de l'espèce *E. guirali* et 64 spécimens d'*E. aspilus* en tenant compte du nombre de filaments branchiaux et de la surface branchiale. Il en découle que le système branchial de ces hôtes est doté d'une symétrie bilatérale et se modifie progressivement au cours de la croissance du poisson. La distribution des monogènes branchiaux

sur leur biotope a été étudiée sur 100 spécimens d'*E. guirali* et 64 spécimens de l'espèce *E. aspilus*. *Dactylogyrus mendehei*, *D. nyongensis*, *D. aspili*, *D. cesalaensis* n. sp. ont été des espèces principales. Les taux d'infestation ont été plus élevés chez les jeunes spécimens. La charge parasitaire a augmenté avec la taille de l'hôte. Le côté, l'arc et le sexe de l'hôte n'ont eu aucune influence sur la répartition des monogènes. L'équipartition a été le modèle d'exploitation des deux faces de chaque arc par *D. mendehei*, *D. aspili* et *D. cesalaensis* n. sp. tandis que *D. nyongensis* s'est fixé préférentiellement sur les hémibranchies antérieure de l'arc III et postérieures des arcs I, II et IV. Les secteurs médians ont été plus exploités par *D. mendehei* (tous les arcs), *D. cesalaensis* n. sp. (arcs I, II) et *D. nyongensis* (arcs III, IV). Les secteurs ventraux des arcs III et IV ont été plus parasités par *D. cesalaensis* n. sp.. L'équipartition de *D. aspili* a été observée sur le gradient longitudinal. Les zones filamenteuses distale et basale ont été respectivement les plus et moins parasitées par *D. aspili*, *D. mendehei* et *D. nyongensis*. Le suivi mensuel des indices écologiques de *D. mendehei* et *D. nyongensis* a révélé que les conditions biotiques et abiotiques de la rivière Cesala s'avèrent favorables à leur développement permanent. *Dactylogyrus mendehei* a infesté le même nombre d'hôtes à chaque saison mais a été plus abondant durant la petite saison pluvieuse. *Dactylogyrus nyongensis* a parasité moins de poissons en grande saison sèche avec des charges plus faibles pendant la grande saison sèche et plus élevées au cours de la grande saison des pluies. La relation entre le coefficient de condition de l'hôte et le parasitisme par les monogènes a indiqué que la présence des *Dactylogyrus* sur les branchies d'*E. guirali* dégrade son état physiologique. Cette thèse contribue à la connaissance des monogènes branchiaux d'*E. aspilus*, *E. guirali* et *E. camptacanthus* en actualisant et complétant les données sur leur taxinomie et leur écologie d'une part, et concourt éventuellement à l'amélioration de la gestion de l'activité piscicole en précisant la catégorie d'hôtes plus vulnérables aux infections par les monogènes et les périodes annuelles propices au traitement des hôtes d'autre part.

Mots clés : Cameroun, eau douce, Téléostéens, Monogenea, *Dactylogyrus*, taxinomie, écologie.

Abstract

In Africa, the family Cyprinidae comprises just over 520 indigenous species. In Cameroon, around thirty species belong to the genus *Enteromius*, including *Enteromius aspilus*, *E. guirali* and *E. camptacanthus*, which are prized by riverside populations of Sa'a subdivision. Like all living organisms, these vertebrates are subject to various pressures, including parasitism. Monogeneans are fish ectoparasites which infested commonly gill filament. Gill monogeneans of certain fish species found in Cameroon remains only partially known. The aim of the current work is to carry out the morphological description of gill monogeneans of three fish species and investigate some ecological aspects of these parasites. Fish were caught along the Cesala River using fishing rods or gillnets and kept in icebox for systematic studies or immediately fixed with formalin solution (8%) for ecological studies. The captured fish were transported to the Parasitology and Ecology laboratory of the Faculty of Science at University of Yaoundé I. Handling began with determining of biometric parameters and the dissection of gill system. For systematic studies, each monogenean was mounted between slide and coverslip in a drop of glycerin ammonium picrate mixture. Drawings of the sclerotized parts were made using Corel Draw software and their measurements taken using AmScope software. For ecological studies, the filaments number per hemibranch was counted following the dorso-ventral direction. Pictures of anterior and posterior hemibranches of each gill arch were taken under digital stereomicroscope at 1x magnification. Filamentous surface correspondences of each hemibranch were obtained using ImageJ software. All monogeneans from each filament were collected separately and mounted between slide and coverslip in a drop of water. Monogeneans were identified under the optical microscope by observing haptoral and genital sclerotized parts. Five monogeneans species belonging to the genus *Dactylogyrus* Diesing, 1850 were inventoried with bispecific infestation on the gills of *E. aspilus* and *E. guirali*, and monospecific on those of *E. camptacanthus*. *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. was encountered on *E. aspilus* gill system. Principal Component Analysis (PCA) was used to confirm the taxonomic status of *D. aspili*, *D. nyongensis*, *D. mendehei* and *D. valeti*. The structure of the gill biotope of these monogeneans was studied on 136 specimens of the species *E. guirali* and 64 specimens of *E. aspilus*, based on the number of gill filaments and gill surface. It was found that the gill system of these hosts is bilaterally symmetrical and progressively changed as the fish grows. The distribution of gill monogeneans was studied in 100 specimens of *E. guirali* and 64 specimens of *E. aspilus*. *Dactylogyrus mendehei*, *D. nyongensis*, *D. aspili* and *D. cesalaensis* n. sp. were more frequent species. Infestation rates progressively decreased with host size while the reverse phenomenon was

observed for parasitic load. The side, gill arch and sex of the host had no influence the distribution of monogenean. Both sides of each gill arch were similarly infested by *D. mendehei*, *D. aspili* and *D. cesalaensis* n. sp. while *D. nyongensis* exploited preferentially the anterior hemibranch of arch III and the posterior hemibranch of gills arches I, II and IV. Median sectors were more exploited by *D. mendehei* (all gills arches), *D. cesalaensis* n. sp. (arches I, II) and *D. nyongensis* (arches III, IV). The ventral sectors of gills arches III and IV were more infested by *D. cesalaensis* n. sp. Equipartition of *D. aspili* was observed along the longitudinal partitioning. Distal and basal filamentous zones were respectively the most and least parasitized by *D. aspili*, *D. mendehei* and *D. nyongensis*. Monthly monitoring of infestation rates and parasitic loads of *D. mendehei* and *D. nyongensis* revealed that biotic and abiotic conditions of the Cesala River were favourable to their permanent development. *Dactylogyrus mendehei* infested the same number of hosts in each season but was more abundant during the small rainy season. *Dactylogyrus nyongensis* parasitized fewer fish during the long dry season, with lower loads during the long dry season and higher loads during the long rainy season. The relationship between the host condition coefficient and parasitism by monogenean indicated that the presence of *Dactylogyrus* on the gills of *E. guirali* degrades its health. This thesis contributes to our knowledge of the gill monogeneans of *E. aspilus*, *E. guirali* and *E. camptacanthus* by updating and completing the data available on their taxonomy and ecology on the one hand, and possibly helps to improve fish farming management by specifying the host category most vulnerable to infection by monogeneans and best annual periods for treating hosts on the other hand.

Key words: Cameroon, freshwater, Teleost, Monogenea, *Dactylogyrus*, taxonomy, ecology.

INTRODUCTION

Les milieux aquatiques renferment habituellement une grande variété de formes de vie. Les écosystèmes d'eau douce couvrent moins de 1% de la surface terrestre et abritent près de 12% d'animaux et 2,4% de toutes les espèces connues sur la terre (**Revenga et al.**, 2000). Parmi les groupes fauniques qui peuplent les milieux aquatiques, les poissons comptent environ 36 983 espèces décrites (**Fricke et al.**, 2024). En Afrique, les écosystèmes des eaux douce et saumâtre abritent un peu plus de 3 500 espèces de poissons (dont plus de 1500 se trouvent en Afrique Centrale) réparties en 95 familles et 493 genres (**Lévêque et al.**, 2008). La famille des Cyprinidae regroupe plus de 520 espèces autochtones africaines réparties en 28 genres (**Paugy & Lévêque**, 2006). Le genre *Enteromius* **Cope**, 1867 compte 211 espèces de petite taille (**Hayes & Armbruster**, 2017) avec une trentaine au Cameroun. Cette richesse en ressources halieutiques des cours d'eau africains contribue non seulement à l'alimentation, mais représente également une source de revenus pour les populations. En effet, les poissons jouent un rôle crucial dans l'alimentation des milliards de consommateurs dans le monde (**FAO**, 2012). Le poisson de consommation est une excellente source de divers nutriments tels que les protéines, les vitamines et les éléments minéraux (**Adjanké**, 2011).

De nos jours, divers systèmes de production œuvrent en vue de l'augmentation des quantités de ressources halieutiques. La production naturelle des poissons n'étant plus à mesure de ravitailler les marchés et les ménages, l'intérêt se penche dans les activités piscicoles (**FAO**, 2012). Le développement des systèmes de production piscicole nécessite la mobilisation de diverses informations parmi lesquelles la sélection d'espèces ichtyologiques présentant des aptitudes qui favorisent leur domestication (**Bégout & Lagardère**, 2004), la répartition spatio-temporelle des infracommunautés hébergées par des poissons (**Combes**, 1995) et la connaissance des menaces auxquelles sont exposés ces vertébrés (**Birgi**, 1987). Le parasitisme est l'un des principaux freins à l'activité piscicole (**Bilong Bilong**, 1995). Les parasites infligent aux poissons hôtes des dommages qui affectent plus ou moins leur santé (**Sindermann**, 1986 ; **Reed et al.**, 2012).

La classe des Monogenea **Carus**, 1963 est constituée des Plathelminthes qui vivent principalement fixés sur les filaments branchiaux des poissons (**Euzet & Combes**, 1980). Ce sont des métazoaires triploblastiques dépourvus de cœlome. Leur corps aplati dorso-ventralement et non métamérisé présente une symétrie bilatérale. La taille de ces helminthes varie entre quelques dizaines de micromètres et quelques millimètres. Les monogènes se caractérisent par la présence d'un organe de fixation particulier appelé hapter, différencié dans la région postérieure du corps. En plus de la morphologie des pièces hapterales, ces helminthes se distinguent spécifiquement par la morphologie de leurs organes copulateurs (**Wong et al.**, 2006).

L'infestation des poissons par les monogènes représente un danger pour la santé de ces hôtes (**Reed et al.**, 2012). En effet, leur haptère exerce une action mécanique pouvant conduire à des lésions branchiales et cutanées (**Ogawa**, 2002) prédisposant l'hôte à la contamination par d'autres germes pathogènes tels que les bactéries, les champignons et les virus (**Dezfuli et al.**, 2007). Ainsi, les infestations par les monogènes peuvent être fatales aussi bien pour les alevins que pour les individus adultes (**Prost**, 1963 ; **Birgi**, 1988).

Diverses études ont montré qu'en infestation polyspécifique, certaines espèces de monogènes partagent leur biotope afin de coexister (**Rubio-Godoy**, 2008 ; **Tombi et al.**, 2014, 2015, 2016 a, 2017 ; **Ndongo et al.**, 2022). Ces parasites représentent de précieux outils permettant de mener divers types d'études écologiques relatives au mode de colonisation d'un microhabitat (**Tombi & Bilong Bilong**, 2013). En effet, les études sur la microécologie de ces helminthes ont indiqué qu'ils sont non seulement spécifiques à certains sites d'infestation (**Tombi et al.**, 2015, 2016 a, 2017), mais exploitent leur biotope de manière à respecter son modèle d'hétérogénéité (**Tombi & Bilong Bilong**, 2004).

Au Cameroun, des travaux taxinomiques et/ou écologiques menés sur les monogènes des poissons (**Birgi & Euzet**, 1983 ; **Birgi & Lambert**, 1987 ; **Birgi**, 1988 ; **Bilong Bilong**, 1995 ; **Nack et al.**, 2005, 2010, 2016 ; **Bidja-Nyom**, 2012 ; **Bahanak et al.**, 2016, 2017 ; **Bassock et al.**, 2016, 2017 ; **Mbondi et al.**, 2017, 2022 ; **Akoumba et al.**, 2017 ; **Ndongo et al.**, 2023) ont contribué à la connaissance de la biodiversité des monogènes de plusieurs espèces ichtyques. Malgré ces investigations, la faune de monogènes de diverses espèces de téléostéens reste inconnue car les cours d'eau de certaines localités demeurent inexplorées.

Le réseau hydrographique de la Région du Centre-Cameroun et plus précisément de l'Arrondissement de Sa'a présente une faune ichtyque riche en espèces du genre *Enteromius*. Jusqu'à date, aucune étude n'a été localement enregistrée sur leurs monogènes. Une bonne connaissance de ces invertébrés permet d'actualiser voire de compléter les données sur leur taxinomie et leur écologie et de contribuer éventuellement à l'amélioration de la gestion de l'activité piscicole. C'est dans cette optique que nous avons entrepris des travaux de recherche sur les monogènes branchiaux de trois espèces de cyprinidés du genre *Enteromius*.

La présence d'espèces ichtyques du genre *Enteromius* dans la rivière Cesala à Lebamzip a suscité ce questionnement phare : les caractères morpho-anatomiques et aspects écologiques des monogènes branchiaux sont-ils entièrement étudiés chez les poissons du genre *Enteromius* capturés

dans la rivière Cesala ? De ce qui précède, trois questions spécifiques de recherche ont été formulées telles que : **1)** toutes les caractéristiques morphométriques des espèces de monogènes branchiaux des poissons du genre *Enteromius* rencontrés dans la rivière Cesala sont-elles décrites ? **2)** comment évoluent la structure du biotope des monogènes étudiés ainsi que la condition physiologique de leurs hôtes ? **3)** de quoi dépend la distribution spatio-temporelle des monogènes branchiaux des poissons du genre *Enteromius* capturés dans la rivière Cesala ?

A la suite de ce questionnement, une hypothèse de recherche principale a été formulée : la faune des monogènes branchiaux de certaines espèces ichtyologiques du genre *Enteromius* capturées dans la rivière Cesala est insuffisamment connue et, le mode de répartition de ces ectoparasites à travers leur biotope dépend des facteurs intrinsèques et/ou physiologiques de l'hôte ainsi que des variations saisonnières. Cette hypothèse principale a été subdivisée en trois hypothèses spécifiques telles que : **i)** certaines données morphométriques des monogènes des poissons du genre *Enteromius* rencontrés dans la rivière Cesala demeurent inconnues. **ii)** La structure du biotope des monogènes et la condition physiologique de leurs hôtes présentent des variabilités spécifiques ou individuelles. **iii)** La distribution des infracommunautés branchiales des poissons du genre *Enteromius* capturés dans la rivière Cesala dépend du modèle d'hétérogénéité du biotope, du sexe et de la condition physiologique des individus hôtes ainsi que des variations saisonnières.

L'objectif général du travail est d'étudier la biodiversité et quelques aspects écologiques des monogènes de trois espèces ichtyques du genre *Enteromius* dans l'Arrondissement de Sa'a, Région du Centre, Cameroun. Pour atteindre cet objectif, trois objectifs spécifiques ont été définis à savoir :

- 1)** effectuer une caractérisation morpho-anatomique des monogènes branchiaux de trois espèces ichtyques du genre *Enteromius* capturés dans la rivière Cesala ;
- 2)** analyser la variabilité de la structure du biotope des monogènes branchiaux et la condition physiologique d'*Enteromius guirali* et/ou *Enteromius aspilus* ;
- 3)** caractériser la distribution spatio-temporelle des monogènes branchiaux d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* capturés dans la rivière Cesala.

Hormis l'introduction et la conclusion, cette thèse s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre expose la revue de la littérature ; le deuxième présente le cadre d'étude ainsi que le matériel et les méthodes ; le troisième donne des résultats et leur discussion.

CHAPITRE I : REVUE DE LITTÉRATURE

I-1- Généralités sur les hôtes des parasites étudiés

Les poissons constituent numériquement le plus grand groupe de vertébrés avec environ 36 983 espèces dont 18 821 vivent en eau douce (**Fricke et al.**, 2024). La famille des Cyprinidés est l'une des plus diversifiée avec plus de 3000 espèces peuplant les eaux douces et saumâtres d'Afrique, d'Amérique, d'Asie et d'Europe (**Lévêque et al.**, 1992). **Yang et al.** (2015) ont placé les poissons appartenant précédemment au genre *Barbus* **Cuvier & Cloquet**, 1816 dans le genre *Enteromius* **Cope**, 1867. En Afrique, les représentants du genre *Enteromius* ont été décrits dans les eaux douces et saumâtres de diverses localités (**Lévêque & Paugy**, 2006 ; **Stiassny et al.**, 2007 ; **Vivien**, 2012 ; **Ledevroun & Vreven**, 2016 ; **Moelants**, 2018 ; **Mamonekene et al.**, 2018 ; **Schmidt et al.**, 2018 ; **Maetens et al.**, 2020 ; **Martin & Chakona**, 2019 ; **Englmaier et al.**, 2020, 2024 ; **Kambikambi et al.**, 2021 ; **Prokofiev et al.**, 2021 ; **Kisekelwa et al.**, 2022 ; **Fricke et al.**, 2024 ; **Scheepers et al.**, 2024).

I-1-1- Systématique des hôtes

Les hôtes des parasites étudiés dans le présent travail sont des animaux aquatiques à squelette osseux, pourvus de mâchoires, de nageoires et des branchies. Leur corps est recouvert d'écailles. Selon **Daget** (1962), **Lévêque et al.** (1991 ; 1992 ; 2008), **Stiassny et al.** (2007) et **Yang et al.** (2015), leur position systématique justifiée jusqu'au niveau générique est :

- **Règne** : Animalia **Linnaeus**, 1758 (animaux pluricellulaires triploblastiques à symétrie bilatérale) ;
- **Classe** : Actinopterygii **Klein**, 1885 (poissons à nageoires rayonnées) ;
- **Super ordre** : Teleostei **Müller**, 1845 (poissons osseux pourvus d'une mâchoire) ;
- **Ordre** : Cypriniforme **Fang**, 1930 (poissons possédant un appareil Weber et présentant une seule nageoire dorsale) ;
- **Famille** : Cyprinidae **Rafinesque**, 1815 (poissons à corps recouvert d'écailles ; les nageoires dorsale précédée d'un rayon osseux et anale armée d'un fort aiguillon) ;
- **Genre** : *Enteromius* **Cope**, 1867 (poissons de petite taille aux écailles à stries divergentes peu nombreuses ; présence de sept à huit rayons branchus à la nageoire dorsale ; branchiospines peu développées en général et peu nombreuses ; 0, 1 ou 2 paires de barbillons).

I-1-2- Caractères généraux des poissons Cyprinidae

Les cyprinidés se caractérisent par un corps allongé, recouvert d'écailles cycloïdes (rondes ou ovales à bord postérieur lisse) et une tête nue. Leur corps est plus ou moins coloré et leurs nageoires sont rayonnées. Les nageoires anale et dorsale sont respectivement armées d'un fort aiguillon (**Vivien, 2012**). Les nageoires pectorales et pelviennes sont insérées sur les flancs et au milieu de l'abdomen respectivement. Les cyprinidés possèdent un appareil de Weber qui relie la vessie gazeuse au système olfactif et intervient dans la réception des sons (**Lévêque & Daget, 1984 ; Lévêque et al., 1992**). La cavité buccale est dépourvue de dents et l'estomac est réduit. Les mâchoires supérieures sont protractiles et les os pharyngiens inférieurs portent 1 à 3 rangées de dents peu nombreuses (**Stiassny et al., 2007**). Ces dents pharyngées, présentes uniquement chez certaines espèces, permettent d'effectuer des mouvements de mastication contre la plaque de mastication d'origine crânienne (**Levêque et al., 1992**). La vessie gazeuse, bien développée chez l'adulte et reliée à l'œsophage, est capable de stocker les gaz permettant ainsi au poisson de se déplacer plus librement et rapidement dans son milieu (**Stiassny et al., 2007 ; Vivien, 2012**). La reproduction se fait sans accouplement. En effet, femelle et mâle déposent leurs gamètes dans l'eau et la fécondation a lieu dans le milieu extérieur (**Léopold, 2004**). Toutefois, certaines espèces sont ovipares et certaines d'entre elles construisent des nids et gardent leurs œufs (**Levêque et al., 1991 ; 1992**).

I-1-3- Biodiversité des Cyprinidae du genre *Enteromius* au Cameroun

Les eaux douces et saumâtres camerounaises abritent environ 601 espèces de poissons (**Fishbase.se**, consulté le 15/08/2023). Parmi celles-ci, on compte huit (08) genres et quatre-vingt-quatre (84) espèces appartenant à la famille Cyprinidae. Le genre *Enteromius* est représenté par une trentaine d'espèces (**tableau I**) généralement de petite taille (**Vivien, 2012 ; Scheepers et al., 2024**).

I-2- Généralités sur les monogènes

I-2-1- Données taxinomiques sur les monogènes

Sur la base de certains critères morphologiques, **Price (1937)** subdivise la classe des Monogenea en deux sous-classes : Monopisthocotylea **Odhner, 1912** (un unique organe de fixation armé de crochets) et Polyopisthocotylea **Odhner, 1912** (plusieurs organes de fixation munis de pinces et de ventouses). L'identification des familles de monogènes est basée sur la morphologie et le nombre des pièces sclérifiées du système d'accrochage mais aussi sur la forme des sclérites

génétales (**Whittington**, 2005). La classification justifiée des monogènes étudiés jusqu'au rang générique est la suivante :

- **Règne** : Animalia **Linnaeus**, 1758 (organismes animaux pluricellulaires) ;
- **Embranchement** : Plathelminthes **Claus**, 1887 (métazoaires triploblastiques dépourvus de coelome, corps vermiforme aplati dorso-ventralement présentant une symétrie bilatérale ; différenciation antéro-postérieure du corps par céphalisation) ;
- **Sous-Embranchement** : Neodermata **Ehlers**, 1985 (épiderme cilié chez le ver adulte remplacé par un tégument ou syncytium) ;
- **Classe** : Monogenea **Carus**, 1863 (ectoparasite holoxène, corps non métamérisé) ;
- **Sous-Classe** : Monopisthocotylea **Odhner**, 1912 (un seul organe de fixation armé de crochets) ;
- **Ordre** : Dactylogyridae **Bychowsky**, 1937 (présence de 14 crochets, un à deux barres transversales, vésicules séminales fusiformes) ;
- **Famille** : Ancyrocephalidae **Bychowsky & Nagibina**, 1968 (monogènes de petite taille caractérisés par l'absence de squamodisque, ectoparasite des poissons) ;
- **Genre** : *Dactylogyrus* **Diesing**, 1850 (ectoparasites essentiellement branchiaux, gripus formé d'un manche et d'une garde disproportionnés) ;
- **Genre** : *Dogielius* **Bychowsky**, 1936 (ectoparasites branchiaux des poissons d'eau douce ; gripus formé d'un manche et d'une garde très réduits).

Plus de 25 000 espèces de monogènes ont déjà été décrites dans le monde (**Reed et al.**, 2012). L'ordre des Dactylogyridae est l'un des plus importants groupes des monogènes, parasites de poissons avec environ 2 921 espèces décrites dans 240 genres et 15 familles (**Lambert**, 1980).

I-2-2- Caractères morpho-anatomiques des monogènes

L'organisation générale des monogènes (**figure 1**) est caractérisée par un corps plus ou moins allongé, présentant une symétrie bilatérale. Encore appelée prohaptor, la région céphalique d'un monogène est de nature glandulaire. Elle accentue la fixation de l'animal sur son hôte (**Rohde**, 1994). En plus des glandes et des organes céphaliques, on y retrouve des ocelles ou taches oculaires, les organes sensoriels, l'ouverture buccale et les pores excréteurs. Le tube digestif s'ouvre à l'extérieur, uniquement par une bouche médio-ventrale qui fait suite à un pharynx musculeux aboutissant à un court œsophage (**Ogawa & Egusa**, 1977). Le système nerveux forme une bande sus-œsophagienne.

Tableau I : Liste des espèces du genre *Enteromius* des eaux douces et saumâtres du Cameroun

1- <i>Enteromius ablabes</i> Bleeker , 1863
2- <i>Enteromius aboinensis</i> Boulenger , 1911
3- <i>Enteromius aspilus</i> Boulenger , 1907
4- <i>Enteromius atromaculatus</i> Nichols & Griscom , 1917
5- <i>Enteromius baudoni</i> Boulenger , 1918
6- <i>Enteromius bourdarii</i> Pellegrin , 1928
7- <i>Enteromius brazzai</i> Pellegrin , 1901
8- <i>Enteromius callipterus</i> Boulenger , 1907
9- <i>Enteromius camptacanthus</i> Bleeker , 1863
10- <i>Enteromius chlorotaenia</i> Boulenger , 1911
11- <i>Enteromius guirali</i> Thominot , 1886
12- <i>Enteromius holotaenia</i> Boulenger , 1904
13- <i>Enteromius humeralis</i> Boulenger , 1904
14- <i>Enteromius jae</i> Boulenger , 1903
15- <i>Enteromius leonensis</i> Boulenger , 1915
16- <i>Enteromius macinensis</i> Daget , 1954
17- <i>Enteromius macrops</i> Boulenger , 1911
18- <i>Enteromius martorelli</i> Roman , 1971
19- <i>Enteromius miolepis</i> Boulenger , 1902
20- <i>Enteromius nigriensis</i> Boulenger , 1902
21- <i>Enteromius nounensis</i> Van Den Bergh Teugels , 1998
22- <i>Enteromius parajae</i> Van Den Bergh Teugels , 1998
23- <i>Enteromius perince</i> Rüppell , 1835
24- <i>Enteromius punctitaeniatus</i> Daget , 1954
25- <i>Enteromius rubrostigma</i> Poll & Lambert , 1964
26- <i>Enteromius sensitivus</i> Roberts , 2010
27- <i>Enteromius stigmatopygus</i> Boulenger , 1903
28- <i>Enteromius sublineatus</i> Daget , 1954
29- <i>Enteromius taeniurus</i> Boulenger , 1903
30- <i>Enteromius tegulifer</i> Chasseur , 1936
31- <i>Enteromius thysi</i> Trewavas , 1974
32- <i>Enteromius trispilomimus</i> Boulenger , 1907
33- <i>Enteromius yeiensis</i> Johnsen , 1926
34- <i>Enteromius zalbiensis</i> Blache & Miton , 1960

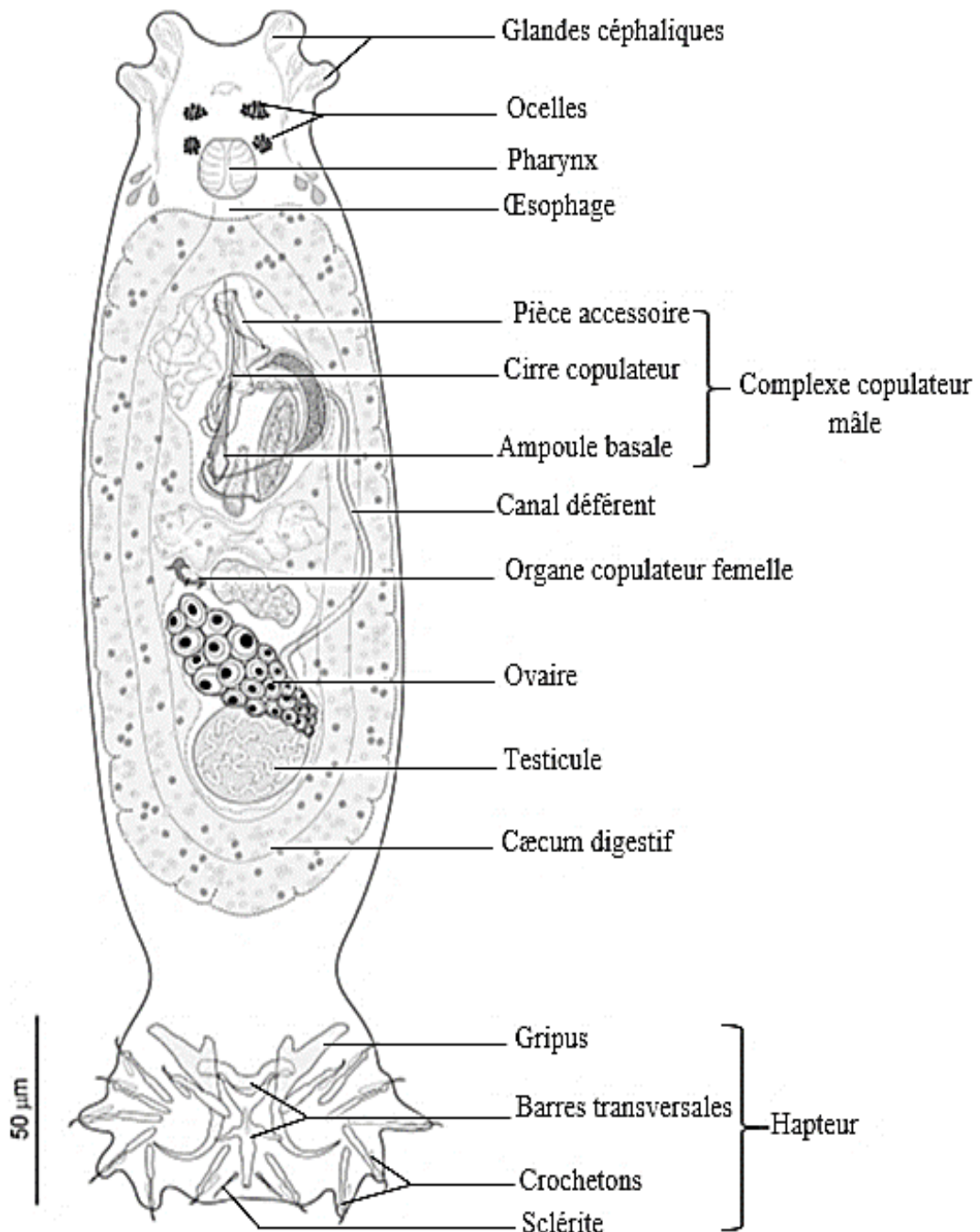


Figure 1 : Organisation morpho-anatomique d'un monogène du genre *Dactylogyrus* (Řehulková *et al.*, 2020 modifié)

Sur le tronc se retrouvent essentiellement les appareils reproducteurs et deux cæcums digestifs latéraux. Ces derniers sont des prolongements pharyngiens qui forment des branches simples s'étalant jusqu'à la partie postérieure du corps où elles peuvent s'unir ou non (Yamada *et al.*, 2009 ;

figure 1). Les organes reproducteurs mâle et femelle s'individualisent sur les tiers antérieur et médian ou postérieur de l'animal respectivement (**Ogawa & Egusa, 1977**).

Au niveau de la partie postérieure s'observe un organe de fixation caractéristique appelé hapter ou opisthohapter. L'armature de fixation des Dactylogyridae est constituée d'une ou de deux paires de crochets (gripi ou hamuli), de six à huit paires de crochetons (uncinuli) et d'une à deux barres transversales (dorsale et ventrale) (**Euzet & Prost, 1981**). La morphologie et l'organisation des pièces sclérifiées hapterales représentent un important critère de diagnose chez les monogènes (**Birgi, 1987**).

Les crochets et les crochetons (**figure 2**) représentent des principaux éléments de fixation des monogènes Dactylogyridae sur leur hôte (**Lambert, 1977**). Ils sont constitués de pièces dont la forme et/ou la taille sont caractéristiques d'une espèce de monogène (**Gussev, 1976**).

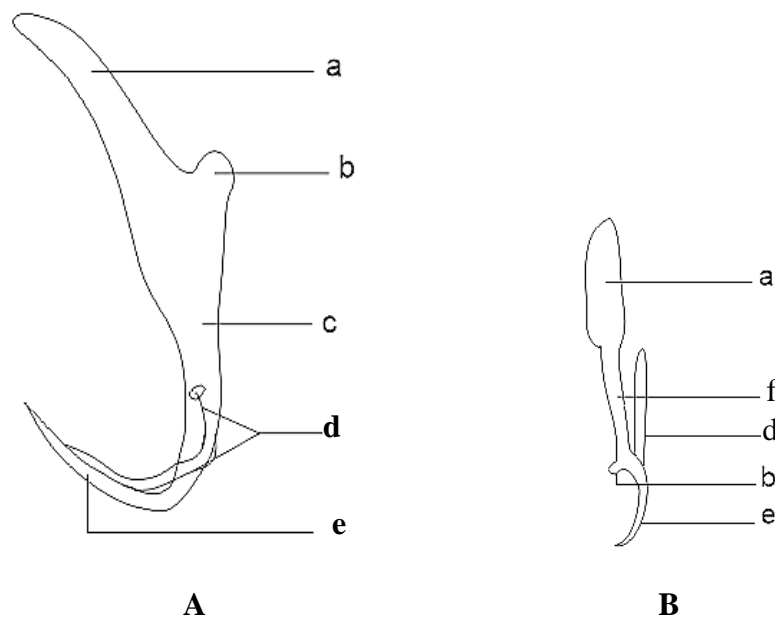


Figure 2 : Morphologie d'un crochet (**A**) et d'un crocheton (**B**) des monogènes du genre *Dactylogyrus* (**Gussev, 1962** modifié)

Légende : a = manche ; b = garde ; c = lame ; d = filament ; e = pointe ; f = hampe

En fonction de la forme du manche, de la garde et de la lame, **Gussev (1962)** subdivise les monogènes Dactylogyridae en trois groupes : le type *Dactylogyrus wunderi*, le type *Dactylogyrus robustus* et le type *Dactylogyrus falcatus* (**figure 3**).

Les crochets des monogènes *Dactylogyridae* sont généralement médians et latéraux (**Gussev**, 1962). Selon la position qu'ils occupent au niveau du hapter, la numérotation des sept paires de crochets des *Dactylogyrus* adoptée à **ICOPA IV** (1978) est la suivante :

- sur le plan médian, les crochets antérieurs constituent la première paire (paire I) et ceux postérieurs, la deuxième paire (paire II) ;
- sur le plan latéral, les paires de crochets III et IV se situent dorsalement et les paires de crochets V, VI et VII ventralement.

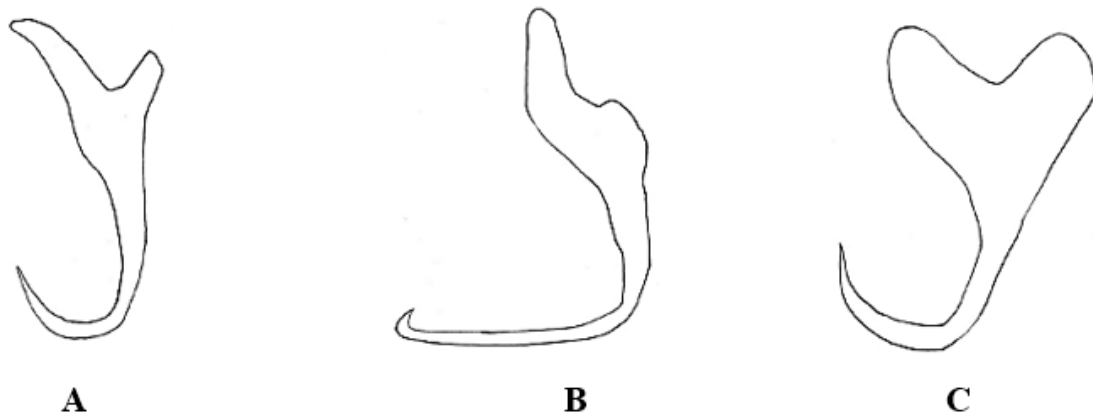


Figure 3 : Types de crochets ou hamuli des monogènes du genre *Dactylogyrus* (**Gussev**, 1962)

Légende : **A** = type *Dactylogyrus wunderi*, **B** = type *Dactylogyrus falcatus* ; **C** = type *Dactylogyrus robustus*

I-2-3- Caractéristiques des monogènes des genres *Dactylogyrus* et *Dogielius*

Les monogènes des genres *Dactylogyrus* et *Dogielius* sont des parasites de poissons qui vivent essentiellement fixés sur les filaments branchiaux ou lamelles primaires (**Euzet & Combes**, 1980) mais aussi sur la peau et dans la cavité buccale (**Euzet & Combes**, 1998).

I-2-3-1- Genre *Dactylogyrus*

Selon **Gibson et al.** (1996), le genre *Dactylogyrus* est numériquement le plus représenté de la classe des Monogenea avec plus de 900 espèces décrites majoritairement sur les branchies de poissons d'eau douce. Ce sont des animaux à corps plus ou moins allongé. Sur la partie antérieure de leur corps s'individualisent deux paires d'ocelles. Leur opisthohapter comprend une paire de crochets dorsaux ou gripi, sept paires de crochets ou uncinuli, deux barres transversales et une paire de sclérites qui représentent les ébauches des gripi ventraux (**Price**, 1967 ; **Řehulková et al.**, 2023). Chaque gripius comprend à sa base un manche et une garde disproportionnés, une lame médiane munie ou non de fins filaments et terminée par une pointe distale (**Cribb et al.**, 2002). La barre transversale dorsale se positionne entre les grands crochets dorsaux tandis que la barre ventrale, plus souvent réduite, se situe au voisinage des sclérites R (**Euzet & Prost**, 1981). L'organe

reproducteur mâle sclérifié est constitué d'un pénis tubulaire associé à une pièce accessoire munie d'une ampoule basale (Řehulková *et al.*, 2020 ; 2023). On note la présence d'un ou de deux réservoirs prostatiques (Price, 1967 ; Ogawa & Egusa, 1977). Le testicule est postérieur. Le vagin, peu sclérifié et de position variable, s'ouvre latéralement ou ventralement (Birgi, 1987). Le réceptacle séminal est une simple dilatation du conduit vaginal. Selon Bychowsky (1957), les ovaires se situent antérieurement au testicule sur la partie médiane de l'animal.

I-2-3-2- Genre *Dogielius*

Les représentants du genre *Dogielius* sont uniquement des parasites des poissons d'eau douce d'Afrique (Paperna, 1979) et d'Asie (Gussev, 1976). Leur organe de fixation postérieur est constitué d'une paire de crochets caractéristiques, de sept paires de crochetons réduits et de deux barres transversales. Chaque gripus est formé d'une garde et d'un manche très réduits ; d'une lame et d'une pointe très développées.

I-2-4- Cycle de développement des monogènes

Les monogènes sont ovipares exception faite des espèces de la famille des Gyrodactylidae Cobbold, 1864 qui sont vivipares. Ils sont hermaphrodites mais incapables d'autofécondation dans la plupart des cas. Leur complexe copulateur présente un ou plusieurs testicules et un seul ovaire. En général, le cycle de développement des monogènes est direct ou holoxène (figure 4).

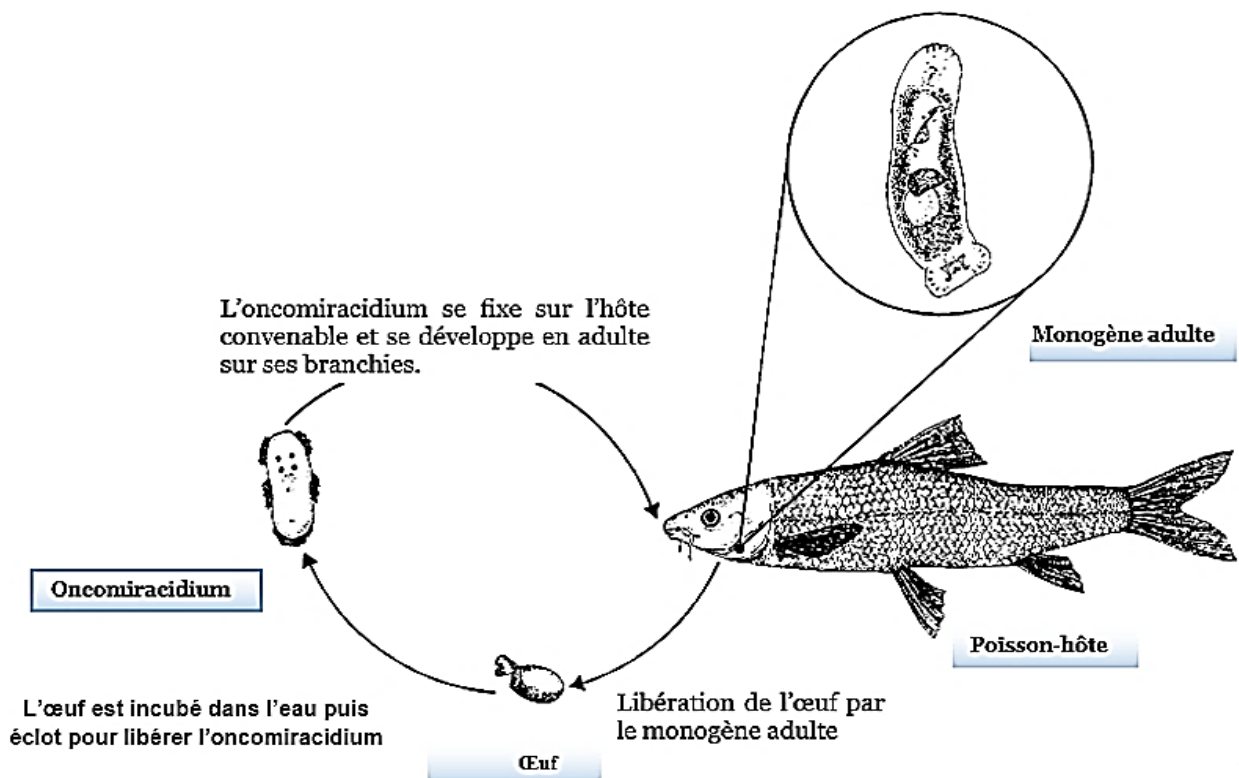


Figure 4 : Cycle de développement d'un monogène (Lambert & El Gharbi, 1995 modifié)

Après fécondation, l'œuf mature libéré dans le milieu aquatique éclot et libère une larve ciliée mobile appelée oncomiracidium qui nage à la recherche d'un hôte convenable. Une fois fixée sur ce dernier, elle se métamorphose en adulte (**Silan *et al.*, 1999**). Les représentants de la famille des Gyrodactylidae sont vivipares et pratiquent la polyembryonie (**Cable & Harris, 2002**).

I-3- Données historiques sur les monogènes ectoparasites des poissons du genre *Enteromius* au Cameroun

Au Cameroun, les travaux de **Birgi & Lambert (1987)** ont permis d'inventorier et de décrire quatorze espèces de monogènes ectoparasites (**tableau II**). Diverses études écologiques ont été menées sur les monogènes branchiaux d'*Enteromius martorelli* et *E. camptacanthus*. Ces études ont concerné la structure des communautés parasitaires de ces hôtes (**Tombi, 2005 ; Tombi & Bilong Bilong, 2004 ; Tombi & Bilong Bilong, 2013 ; Tombi *et al.*, 2016 b**), la répartition longitudinale des monogènes (**Bilong Bilong & Tombi, 2005**) et les associations interspécifiques (**Tombi *et al.*, 2011**).

Tableau II : Liste des monogènes récoltés sur les Cyprinidae du genre *Enteromius* au Cameroun

Espèce hôte type	Espèce de monogènes
<i>Enteromius aspilus</i> Boulenger, 1907	<i>Dactylogyrus aspili</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus mendehei</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus nyongensis</i> Birgi & Lambert, 1987
<i>Enteromius guirali</i> Thominot, 1886	<i>Dactylogyrus mendehei</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus nyongensis</i> Birgi & Lambert, 1987
<i>Enteromius martorelli</i> Roman, 1971	<i>Dactylogyrus bopeleti</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus maillardi</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus insolitus</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus simplex</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dogielius martorellii</i> Birgi & Lambert, 1987
<i>Enteromius camptacanthus</i> Bleeker, 1863	<i>Dactylogyrus amieti</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus valeti</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dogielius njinei</i> Birgi & Lambert, 1987
<i>Enteromius jae</i> Boulenger, 1903	<i>Dactylogyrus kii</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyrus jaei</i> Birgi & Lambert, 1987
	<i>Dactylogyroïdes biradius</i> Birgi & Lambert, 1987

I-4- Spécificité parasitaire

Considérant la spécificité d'un parasite comme son degré d'adaptation à un ou plusieurs hôtes (**Bates & Kennedy**, 1991 ; **Lebarbenchon et al.**, 2007), les parasites qui utilisent une gamme restreinte d'hôtes sont dits spécialistes tandis que les parasites généralistes se développent sur des hôtes taxinomiquement différents (**Euzet & Combes**, 1980). Les concepts de spécialiste et de généraliste étant relatifs, **Kitahara & Fuji** (1994) et **Caira et al.** (2003) reconnaissent quatre types de spécificité. Les espèces qui ne parasitent qu'une seule espèce hôte ont une spécificité oïoxène. Celles qui parasitent les hôtes appartenant à plusieurs espèces présentent une spécificité mésosténoxène si leurs hôtes appartiennent à un seul genre et une spécificité métasténoxène si leurs hôtes sont rattachés à une seule famille. Les espèces parasites qui colonisent les hôtes issus de plusieurs familles sont qualifiées d'euryxènes.

Les monogènes sont des parasites à spécificité oïoxène ou mésosténoxène (**Birgi & Lambert**, 1987 ; **Caira et al.**, 2003). Les espèces à spécificité stricte représentent de véritables marqueurs biologiques (**Bilong Bilong**, 1995). Les communautés parasitaires hébergées par une espèce hôte peuvent varier dans le temps et en fonction de la zone géographique (**Norton & Carpenter**, 1998). Ainsi d'après ces auteurs, en fonction des zones ou des périodes considérées, les mêmes espèces hôtes n'hébergent pas toujours les mêmes communautés de parasites.

I-5- Pathogénicité des monogènes

En milieu naturel, les monogènes sont généralement en équilibre avec les poissons hôtes (**Abowei & Ezekiel**, 2011). Cependant, ces helminthes provoquent d'énormes pertes en aquaculture à cause de leur cycle de développement direct et court, de leur contagiosité facile et du confinement des hôtes (**Birgi**, 1988 ; **Adou et al.**, 2017). Même si dans la plupart des cas les dommages tissulaires sur les sites de fixation des monogènes sont peu perceptibles (**Dezfuli et al.**, 2007), l'action mécanique exercée par leur haptéur peut provoquer l'irritation, la destruction des branchies et de la peau de leurs hôtes (**Ogawa**, 2002). Ces dommages prédisposent l'individu hôte aux infections secondaires par d'autres pathogènes tels que les bactéries, les champignons et les virus (**Reed et al.**, 2012). En outre, le mode de reproduction par polyembryonie des Gyrodactylidae favorise l'augmentation rapide du nombre de parasites (**Cable & Harris**, 2002). Une telle accumulation de parasites sur le poisson hôte accentue leur effet pathogène entraînant la léthargie, la perte de poids et même la mort de ce dernier.

Plusieurs cas d'épizooties ou d'effets pathogènes ont été répertoriés dans la littérature. En Chine, de nombreuses mortalités ont été enregistrées dans les étangs d'élevage de *Carassius*

intermedius **Linnaeus**, 1758 (poisson rouge) dues aux infestations par le monogène *Dactylogyrus intermedius* **Wegener**, 1910 (**Wang et al.**, 2010). *Diplectanum lacustris* **Thurston & Paperna**, 1969 entraîne le développement d'une hyperplasie branchiale chez *Lates albertianus* **Worthington**, 1929 dans les conditions d'élevage marine (**Paperna**, 1991). Le développement rapide de *Dactylogyrus vastator* **Nybelin**, 1924 sur les branchies des alevins de son hôte entraîne une hyperplasie sévère de l'épithélium des filaments branchiaux qui dans certains cas conduit à la mort du poisson. Chez *Ctenopharyngodon idella* (**Valenciennes**, 1944), la prolifération épithéliale et/ou l'enroulement des filaments branchiaux ont été observés au niveau du site de fixation de *Dactylogyrus lamellatus* **Achmerov**, 1952 (**Molnar**, 1972) causant un déficit respiratoire et par conséquent la mort de l'hôte par asphyxie. *Dactylogyrus extensus* **Mueller & Van Cleave**, 1932 provoque des lésions tissulaires à la base des filaments branchiaux de son hôte. Ces lésions peuvent être fatales aussi bien pour les alevins que pour les individus adultes (**Prost**, 1963).

I-6- Contrôle des infections causées par des monogènes

Les parasitoses causées par les monogènes représentent l'un des principaux freins aux activités piscicoles. Des stratégies efficaces de lutte contre ces affections ont été mises sur pied. Il s'agit des traitements prophylactiques et thérapeutiques par balnéation des poissons dans l'eau où les produits chimiques ou naturels ont été dilués (**Schmahl**, 1993). Pour les parasitoses dues aux espèces ovipares, il est nécessaire de vidanger, nettoyer et désinfecter régulièrement les étangs piscicoles à cause de la résistance des œufs (**Ogawa**, 2002).

Différentes molécules anthelminthiques de synthèse associées aux moyens préventifs tels que le contrôle de la qualité de l'eau et une bonne gestion des dispositifs d'élevage sont couramment utilisées pour contrôler les infestations causées par des monogènes (**Thoney & Hargis**, 1991) ; c'est le cas du peroxyde d'hydrogène (**Ogawa**, 2002) et du permanganate de potassium (**Rach et al.**, 2003) qui provoquent une destruction rapide des monogènes ectoparasites de poissons. Le mébendazole qui est un anthelminthique à large spectre, tue les monogènes en provoquant des dommages nerveux, musculaires et tégumentaires (**Buchmann & Bjerregaard**, 1990). Le praziquantel représente le traitement de choix contre ces helminthes chez lesquels il entraîne la paralysie des muscles contractiles et la destruction du tégument (**Soler-jiménez et al.**, 2017). Les dérivés de triazine sont aussi efficaces dans le traitement des infestations par *D. vastator*, *D. extensus*, *Pseudodactylogyrus bini* **Kikuchi**, 1929 et *Gyrodactylus arcuatus* **Bychowsky**, 1933 (**Schmahl**, 1993). Malheureusement, les problèmes de résistance des parasites aux traitements, de contamination de l'environnement et de toxicité dues à l'utilisation des anthelminthiques chimiques ont été enregistrés (**Wang et al.**, 2010).

De plus en plus, les extraits de plantes médicinales sont utilisés pour contrôler les infections dues aux monogènes ; c'est par exemple le cas des extraits de *Radix angelicae pubescentis* qui permettent de lutter efficacement contre les monogènes du genre *Dactylogyrus* (**Wang et al.**, 2010). Les extraits méthanoliques des graines de *Piper guineense* (Piperaceae) sont efficaces sur les monogènes parasites de la peau et des branchies du poisson rouge (*Carassius auratus* **Linnaeus**, 1758). Selon **El-Galil & Aboelhadid** (2012), les gousses et les huiles essentielles d'ail (*Allium sativum* **Linnaeus**, 1758) ont un effet antiparasitaire efficient à 100% contre les monogènes du genre *Gyrodactylus*, parasites branchiaux d'*Oreochromis niloticus* **Linnaeus**, 1758.

CHAPITRE II : CADRE D'ETUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1- Cadre d'étude

La présente étude a été menée de juin 2020 à août 2021 à Lebamzip, une localité de l'Arrondissement de Sa'a, Département de la Lékié, Région du Centre, à une quarantaine de kilomètres de Yaoundé, capitale politique de la République du Cameroun. Les poissons examinés ont été capturés le long de la rivière Cesala (**figure 5**), entre 4°24' - 4°26' latitude Nord et 11°28' - 11°59' longitude Est dans le bassin de la Sanaga.

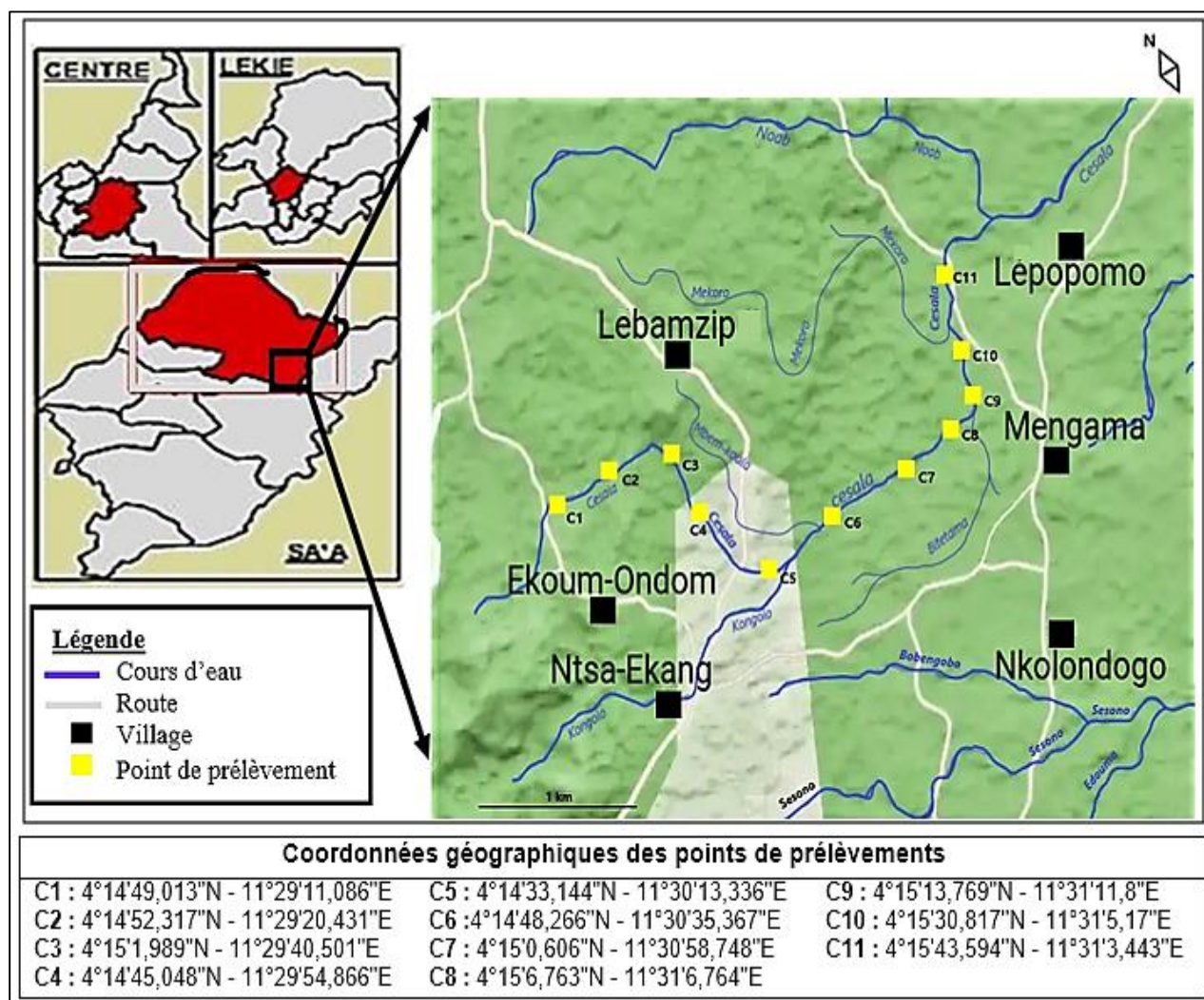


Figure 5 : Localisation géographique des points de prélèvement (**mapbox** consulté 08/12/2022)

II-1-1- Données climatiques et hydrographiques

L'Arrondissement de Sa'a est soumis à un climat de type équatorial de transition avec deux saisons de pluies (une grande : de mi-août à novembre et une petite : de mi-mars à mai) et deux saisons sèches (une grande : de décembre à mi-mars et une petite : de juin à mi-août) (**Olivry, 1986**). La température annuelle est peu variable et la pluviométrie importante. La rivière Cesala est un sous affluent de la Sanaga. Elle présente un régime hydrographique de type équatorial (**Olivry et al.**,

1994), une largeur de 2 - 7 m et une profondeur de 0,25 - 0,85 m. La couleur de l'eau varie avec le type d'affluent (sombre pour les affluents de forêt et blanchâtre pour les affluents de savane). Elle dépend aussi de la saison (roussâtre en saison pluvieuse et plus claire en saison sèche) (**figure 6**).



A



B

Figure 6 : Photographies de deux points de prélèvement : **A**= point de coordonnées 4°26'25'' latitude Nord - 11°52'18'' longitude Est (photo prise le 27 janvier 2021) ; **B**= point de coordonnées 4°25'29'' longitude Nord - 11°52'00'' latitude Est (photo prise le 12 mai 2021)

Sur le cours supérieur de la rivière Cesala, quelques ruisseaux jouent le rôle d'affluents parmi lesquels, les cours d'eau Kongolo et Idoumla sont les plus importants. Le cours moyen de Cesala reçoit des eaux sombres des ruisseaux de forêt (Mbem-Koula et Mekoro) et blanchâtres des ruisseaux de savane (Bitetama et autres). Dans son cours inférieur, Cesala traverse la savane arbustive puis pénètre dans une forêt cacaoyère et se déverse dans la rivière Afamba (affluent de la Sanaga). Dans cette dernière partie, Cesala reçoit principalement des eaux des ruisseaux Noab, Mendim-pouba, Sessono, etc.

II-1-2- Données ichthyologiques de la rivière Cesala

Le mélange des eaux provenant de divers affluents aurait positivement contribué à diversifier les espèces ichthyologiques rencontrées dans la rivière Cesala. Les spécimens couramment recensés appartiennent aux familles des Cyprinidae (genres *Enteromius* **Cope**, 1867 et *Raiamas* **Jordan**, 1919), Cichlidae (genres *Hemichromis* **Peters**, 1857 et *Oreochromis* **Günther**, 1889) et Clariidae (genre *Clarias* **Scopoli**, 1777). Comme la majorité des cours d'eau du bassin de la Sanaga, la rivière

Cesala n'a connu que des épisodes sans ampleur de pêche traditionnelle dont l'objectif premier est de nourrir les populations riveraines.

II-1-3- Sols et végétation

Cesala s'écoule sur un domaine des sols ferrallitiques et argilo-terreux présentant un bon potentiel de fertilité. C'est une zone occupée par une forêt semi-caducifoliée et des étendues de savane arbustive favorables à l'exploitation agricole (Elong, 2004). Le couvert végétal initial a été progressivement remplacé par de très grandes étendues de cultures de rente telles que le cacao (*Theobroma cacao*), la banane douce (*Musa paradisiaca*), des safoutiers (*Dacryodes edulis*), avocatiers (*Persea americana*), orangers (*Citrus sinensis*), mandariniers (*Citrus reticulata*) et des cultures vivrières comme le manioc (*manihot esculenta*), le maïs (*Zea mays*), l'arachide (*arachis hypogaea*). En plus du paysage « domestique » particulièrement artificiel, les espèces arborées sont essentiellement constituées des Sterculaceae (*Cola altissima*, *Cola cordifolia* et *Cola gigantea*) et d'Ulmaceae (*Celtis adolfi-frideci* et *Celtis zenkeri*). Les végétaux appartenant aux genres *Pandanus*, *Raphia*, *Mitvagyzae*, *Uapaca* occupent les bas-fonds marécageux. Ces plantes ont été identifiées par un botaaniste du Département de Biologie et Physiologie Végétale de l'Université de Yaoundé 1.

II-2- Matériel et méthodes

II-2-1- Description des poissons hôtes

II-2-1-1- *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (figure 7)

Enteromius guirali est endémique du Cameroun, Gabon et de la République démocratique du Congo (Vivien, 2012) mais aussi d'Angola et de la Basse Guinée (Moelants, 2018). C'est une espèce benthopélagique qui vit en eau douce. Sa longueur standard maximale est de 155 millimètres.



Figure 7 : Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d'*Enteromius guirali*

La partie dorsale de cette espèce est plus foncée tendant au noir, les flancs moins foncés ont une couleur jaune-doré alors que la partie ventrale est blanchâtre (figure 7). Les nageoires pectorales

s'insèrent sur les flancs. Sa nageoire dorsale présente une épine et 10 à 11 rayons mous (**Vivien, 2012**). Quant à la nageoire anale, elle ne possède aucune épine mais présente sept rayons mous. La ligne latérale est complète car toutes les écailles de la ligne latérale sont perforées. Cette dernière est formée de 22 à 26 écailles. L'ouverture buccale est sub-infère, munie de deux paires de barbillons de mme longueur et bordée de lèvres mobiles ne formant pas de lobe mentonnier (**Daget, 1962 ; Lévêque & Daget, 1984**).

II-2-1-2- *Enteromius aspilus* Boulenger, 1907

Cette espèce ichthyique benthopélagique se rencontre au Cameroun, au Congo et en Côte d'Ivoire (**Vivien, 2012**). A l'âge adulte, la longueur standard d'un spécimen atteint environ 130 millimètres. Dorsalement verdâtre, son corps est blanchâtre sur la partie ventrale (**figure 8**). Les écailles des flancs sont légèrement colorées en jaune-doré.



Figure 8: Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d'*Enteromius aspilus*

Enteromius aspilus est un petit poisson dont le corps est légèrement comprimé latéralement. Son ouverture buccale sub-infère est dépourvue de barbillons (**Lévêque & Daget, 1984**). On note la présence de nombreuses écailles formant des stries radiaires. Sur un spécimen vivant, les nageoires anale, pectorales et pelviennes sont incolores tandis que la caudale et la dorsale sont rosâtres ou rougeâtres (**figure 8**). La nageoire dorsale dont les bords sont concaves et la pointe noirâtre, est caractéristique. Son dernier rayon non serratulé mesure au maximum une fois la taille de la tête. La ligne latérale est complète et parcourt 24 à 27 écailles (**Lévêque & Daget, 1984 ; Stiassny et al., 2007**).

II-2-1-3- *Enteromius camptacanthus* Bleeker, 1863

Cette espèce est rencontrée au Cameroun et dans les bassins du Congo et du delta au Niger (**Lévêque et al., 2008 ; Vivien, 2012**). Elle est benthopélagique et abonde dans les eaux douces des zones forestières. A l'âge adulte, sa longueur standard atteint environ 125 millimètres. Son corps est vert-olive sur la partie dorsale, jaune-doré au niveau des flancs et blanchâtre sur la partie ventrale

(figure 9). Les écailles de la ligne latérale sont perforées à leur base présentant de petites taches noires. Une grande tache foncée est observable au milieu du pédoncule caudal (Vivien, 2012). Cette tache se prolonge vers l'avant par une bande noire située au-dessus de la ligne latérale. Elle s'élargit un peu en avant pour donner une seconde grande tache allongée derrière l'opercule. Il existe des variations dans la taille et la forme des taches ainsi que dans celles de la bande noire. Les nageoires sur le vivant sont incolores avec une base rose ou rougeâtre. Ce poisson est muni de deux paires de longs barbillons d'inégale longueur.



Figure 9 : Photographie d'une vue latérale d'un spécimen d'*Enteromius camptacanthus*

II-2-2-Pêche et conservation des poissons hôtes

Les poissons ont été capturés à l'aide des cannes à pêche ou des épuisettes à mailles serrées mesurant 4 mm de diamètre. Une fois sorti de l'eau, chaque spécimen a été décérébré. Les poissons destinés aux études systématiques ont été conservés dans une glacière contenant des blocs de glace tandis que ceux destinés aux études écologiques ont été fixés dans une solution de formol 8% contenue dans des bocaux fermés. L'ensemble a été transporté au laboratoire de Parasitologie et Écologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Les poissons frais ont été transférés dans un congélateur.

II-2-3- Caractérisation morphologique des monogènes

Après décongélation, la cavité branchiale a été ouverte en utilisant une paire de ciseaux et les branchies des poissons conservés dans la glace ont été prélevées à l'aide d'une pince à bouts fins puis examinées minutieusement, filament après filament sous une loupe binoculaire de marque NOVEL. Les monogènes fixés et/ou détachés des filaments branchiaux ont été prélevés individuellement à l'aide d'une aiguille montée sur mandrin et déposés sur une lame porte-objets. Après élimination de l'excédent d'eau, une goutte de picrate d'ammonium glycérolé a été déposée sur le monogène et l'ensemble a été recouvert d'une lamelle couvre-objets. La préparation a été scellée avec du vernis à ongle, 48 heures plus tard. Les photos des spécimens ont été prises en

utilisant un microscope optique de marque Yvimen system équipé d'une camera MU1803 connectée à un ordinateur. Sur la base de ces photos, les dessins des pièces sclérifiées haptorales et génitales ont été réalisés sur le logiciel Corel Draw X4 (version 14.0.0.701; Corel Corporation). Leurs mensurations ont été prises grâce au logiciel AmScope MU1803 Software suivant la technique proposée par **Gussev** (1962) et utilisée par **Birgi & Lambert** (1987). Toutes les mesures ont été exprimées en micromètres (μm) sous la forme : moyenne \pm écart-type. La dénomination et la numérotation des pièces sclérifiées du haptéur ont été celles adoptées à ICOPA IV (**figure 10**) avec R ou sclérite ventral désignant l'ébauche de l'hamulus ventral (**Euzet & Prost**, 1981). La détermination du type de crochet a été conforme à celle de **Gussev** (1962).

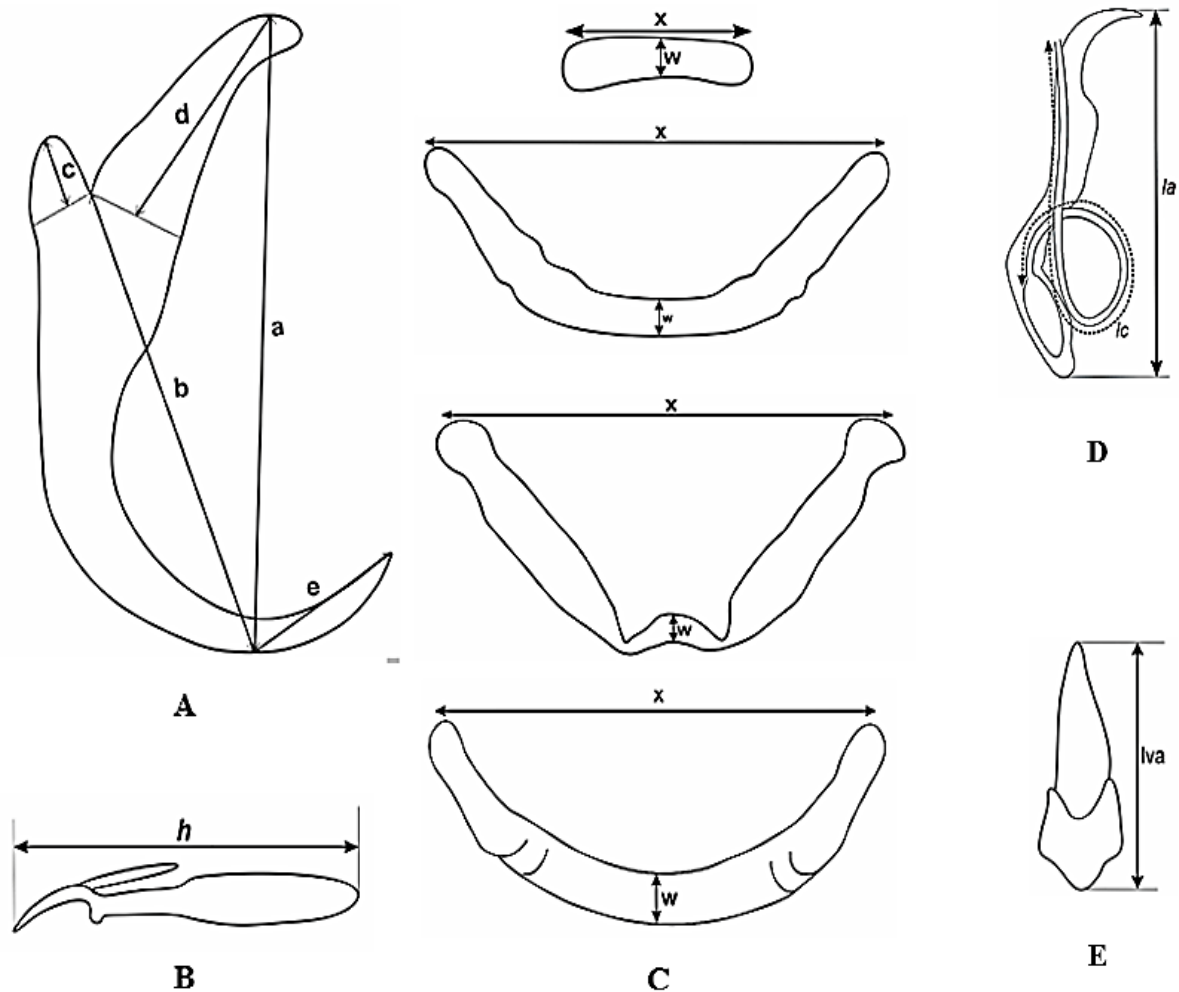


Figure 10 : Technique de mensuration des pièces haptorales des monogènes Dactylogyridae
(**Gussev**, 1962)

Légende : **A** = hamulus ou gripus ; **B** = crocheton ; **C** = barres transversales ; **D** = appareil copulateur mâle ; **E** = vagin ; **a** = longueur totale des crochets ; **b** = longueur de la lame ; **c** = longueur du manche ; **d** = longueur de la garde ; **e** = longueur de la pointe ; **h** = longueur des crochetons ; **x** = longueur des barres transversales ; **w** = largeur des barres transversales ; **lc** = longueur du cirre ; **la** = longueur de la pièce accessoire ; **lva** = longueur du vagin

Les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales ont été soumises à une Analyse en Composantes Principales (ACP). Au total, seize (16) variables quantitatives ont été sélectionnées (**tableau III**) et analysées à l'aide du logiciel SPSS. Afin de minimiser les variations de taille des pièces sclérifiées liées au stade de développement de chaque monogène (**Pariselle & Euzet, 2009**), toutes les mensurations ont été divisées par la longueur des crochets II dont la taille varie très peu pour les monogènes appartenant à une même espèce.

Tableau III : Variables prises en compte dans l'Analyse en Composantes Principales (ACP)

Sclérite	Code	Variable
Hamulus ou gripus	a	longueur totale du crochet
	b	longueur de la lame
	c	longueur du manche
	d	longueur de la garde
	e	longueur de la pointe
Crochetons	I	longueur totale du crocheton I
	III	longueur totale du crocheton III
	IV	longueur totale du crocheton IV
	V	longueur totale du crocheton V
	VI	longueur totale du crocheton VI
	VII	longueur totale du crocheton VII
Barre dorsale	W	largeur de la pièce transversale
	X	longueur de la pièce transversale
Pénis	La	longueur de la pièce accessoire
	Lc	longueur du cirre
Vagin	Lva	longueur du vagin

II-2-4- Prise des paramètres biométriques, détermination du sexe et délimitation des classes de taille chez le poisson hôte

Après avoir été retiré du formol, le spécimen hôte a été rincé à l'eau de robinet pour éliminer le fixateur. Sa longueur standard (distance comprise entre l'extrémité du museau et la base de la nageoire caudale) a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse. Sa masse a été évaluée à l'aide d'une balance électronique de marque CAMRY EHA251 et son sexe a été déterminé par observation des gonades à l'œil nu ou à la loupe binoculaire en cas de besoin. Les testicules sont filiformes, de

couleur blanc laiteux tandis que les ovaires ont un aspect granuleux, de couleur rosâtre. *Enteromius guirali* atteint la maturité sexuelle à un âge qui correspond en général à une longueur standard moyenne d'environ 65 mm (**Daget & Stauch**, 1968). En ce qui concerne cette espèce ichthyque, les spécimens échantillonnés ont été sur cette base divisés en deux classes. La classe I (40 mm < LS < 65 mm) constituée de poissons immatures ou de petite taille et la classe II (65 mm ≤ LS < 100 mm) qui regroupe les hôtes adultes ou de grande taille.

II-2-5- Détermination du nombre de filaments et de la surface branchiale colonisable

Pour chaque côté, l'opercule du poisson a été sectionné à l'aide d'une paire de ciseaux à bouts fins afin de prélever les divers arcs branchiaux qui ont été placés individuellement dans des boîtes de Pétri étiquetées de 1 à 4, contenant de l'eau de robinet. Le nombre de filaments par hémibranchie de chaque arc a été compté de l'extrémité ventrale vers l'extrémité dorsale selon **Tombi et al.** (2016 b). Les photos des hémibranchies antérieures et postérieures de chaque arc ont été prises sous une loupe numérique (LCD digital microscope 4.3 inch 1080P) au grossissement 1x. Les correspondances en surface filamenteuse par hémibranchie ont été obtenues à l'aide du logiciel ImageJ software (ij150-win-jre6). Pour chaque holobranchie, la surface filamenteuse de l'hémibranchie antérieure a été additionnée à celle de l'hémibranchie postérieure. La somme des surfaces filamenteuses des quatre arcs branchiaux d'un même côté du spécimen a donné la surface totale unilatérale. La surface filamenteuse totale d'un poisson a été obtenue en additionnant les valeurs des surfaces totales unilatérales droite et gauche (**Bilong Bilong & Tombi**, 2004).

II-2-6- Recherche, montage et identification des monogènes

Sous une loupe binoculaire de marque NOVEL, chaque hémibranchie a été minutieusement examinée filament après filament. Tous les monogènes de chaque filament branchial ont été collectés séparément et montés entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. L'identification des espèces parasites a été faite au microscope optique (Yvimen System) par l'observation des pièces sclérifiées haptorales et génitales conformément aux descriptions proposées par **Birgi & Lambert** (1987).

II-2-7- Présentation des différents gradients de ségrégation des monogènes

La détermination du site d'infestation de chaque monogène observé a pris en compte le côté du poisson ainsi que les différents gradients de ségrégation des monogènes définis par **Rohde** (1977) avec quelques modifications conformément à la **figure 11**. En effet, un côté du poisson possède quatre holobranchies désignées I, II, III, IV dans le sens antéropostérieur (gradient transversal). Chaque holobranchie ou arc branchial présente deux faces ou hémibranchies (gradient latéral) dont

l'une antérieure et l'autre postérieure par rapport à l'axe longitudinal du poisson. Chaque hémibranchie est constituée d'un certain nombre de filaments ou lamelles primaires. Pour chaque hémibranchie, trois secteurs (gradient longitudinal) ont été définis en divisant le nombre de filaments par 3. Trois portions équidistantes appelées chacune zone filamenteuse (gradient vertical) ont été déterminées sur chaque filament.

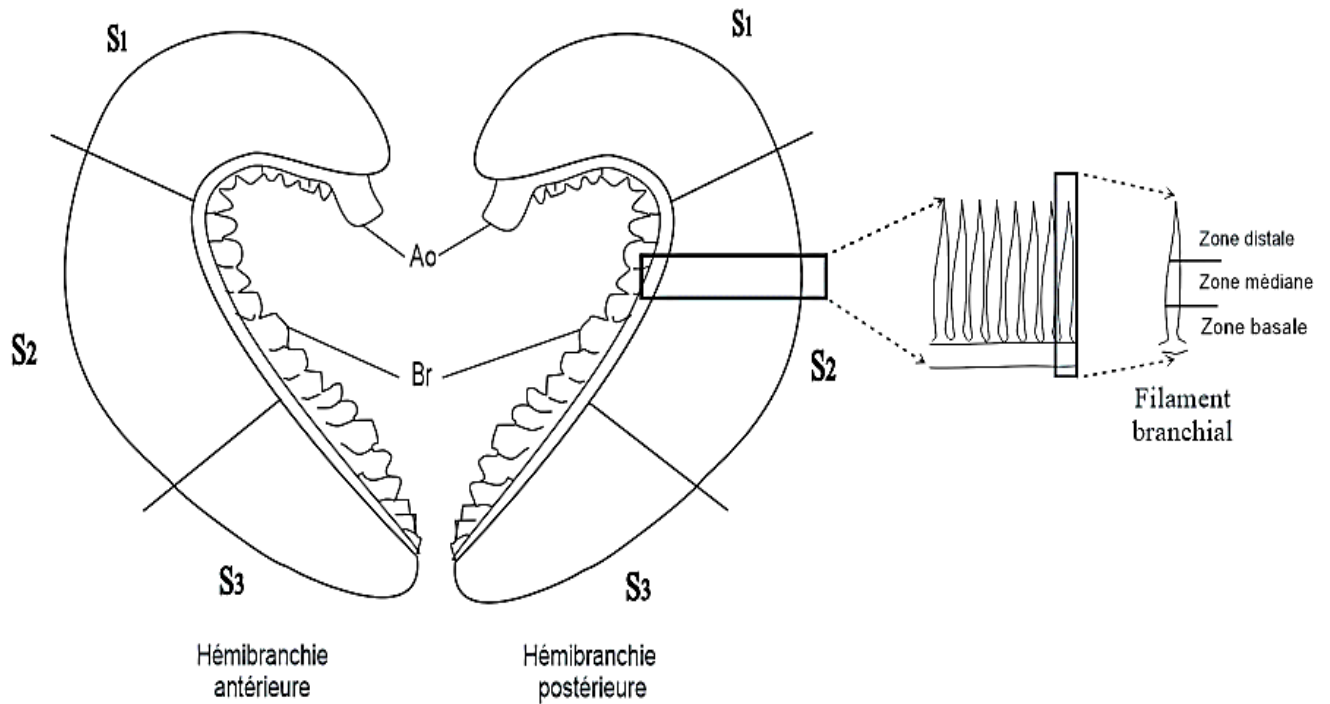


Figure 11 : Cartographie d'un arc branchial présentant les gradients de ségrégation des monogènes (**Rohde**, 1977 modifié)

Légende : **Ao** = Arc osseux ; **Br** = branchiospines ; **S1** = secteur dorsal ; **S2** = secteur médian ; **S3** = secteur ventral

Cette démarche a permis de déterminer le nombre de filaments branchiaux, la surface branchiale et le nombre de monogènes de chaque espèce par côté (gauche et droit), arc (I, II, III, IV) et hémibranchie (antérieure et postérieure).

II-2-8- Analyses des données

Les courbes montrant l'évolution du nombre de filaments branchiaux et de la surface branchiale ont été réalisées sur Excel 2016. Les variables métriques analysées étant indépendantes et les variances des échantillons inégales, la comparaison de plus de deux moyennes a été faite à l'aide du test F de Welch tandis que le test t de Welch a été utilisé pour comparer deux moyennes.

Le terme prévalence (P) désigne le rapport en pourcentage entre le nombre d'individus d'une espèce hôte infestés par une espèce de parasite donnée sur le nombre total d'individus de l'espèce

hôte examinée (**Bush et al.**, 1997). Prenant en considération la valeur de la prévalence (P), une espèce parasite a été qualifiée principale (fréquente) si $P > 50\%$, secondaire (peu fréquente) si $10\% \leq P \leq 50\%$ et rare (satellite) si $P < 10\%$ (**Valtonen et al.**, 1997).

L'intensité moyenne (I_m) est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite récoltés dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes hébergeant cette espèce parasite (**Bush et al.**, 1997). L'intensité moyenne (I_m) a été forte lorsque $I_m > 100$, moyenne si $50 < I_m \leq 100$, faible si $10 < I_m \leq 50$ et très faible si $I_m \leq 10$ (**Bilong Bilong & Njiné**, 1998).

La densité parasitaire (d) désigne le rapport entre le nombre de parasites et la masse du poisson (**Bouah et al.**, 2021).

La sex - ratio est le rapport numérique entre les mâles et les femelles. Cette valeur est généralement voisine de 1 à la naissance (**Dajoz**, 2000).

L'indice de dispersion de Fischer (s^2/μ ; avec s^2 : variance et μ : moyenne) a permis de déterminer le mode de répartition des parasites.

L'indice Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) a permis de mesurer la cohérence entre toutes les variables quantitatives retenues pour l'Analyse en Composantes Principales (ACP) afin d'évaluer la ressemblance entre les monogènes récoltés. Cet indice varie entre 0 et 1, une valeur de KMO supérieure ou égale à 0,6 traduit la séparation entre les variables analysées (meilleure qualité de l'échantillon) (**Berger**, 2021).

Le test d'uniformité de χ^2 a été utilisé pour comparer deux ou plusieurs prévalences. Les variables quantitatives analysées étant indépendantes, les tests U de Mann-Whitney et H de Kruskal-Wallis ont respectivement permis de comparer deux et plusieurs intensités moyennes.

La relation longueur/masse a été étudiée par la loi puissance de formule $P = aLS^b$; avec **a** : constante désignant l'ordonnée à l'origine de la droite de régression ; **b** : coefficient de la croissance relative de la masse ou coefficient d'allométrie (type statique) ; **P** : masse du poisson en grammes et **LS** : longueur standard du poisson en centimètres (**Froese**, 2006). Une transformation logarithmique a été appliquée à ces variables afin d'obtenir la forme logarithmique de l'équation de la loi d'allométrie, $\log(P) = \log a + b \log(LS)$

Le coefficient de condition (**K**) de Fulton a été calculé par la formule $K = \frac{P}{LS^3} \times 100$; avec **P** : la masse du poisson en grammes et **LS** : la longueur standard du poisson en centimètres (**Froese**, 2006). Ce coefficient a permis d'apprécier l'effet pathogène des monogènes sur *E. guirali* dans le cours d'eau Cesala.

Le facteur de condition relatif (**Kr**) a été calculé en tenant compte du mois de prélèvement, de la saison et du sexe de l'hôte selon la formule $Kr = \frac{P}{aLS^b}$; avec **b** : coefficient d'allométrie et **a** : constance (**Abba et al.**, 2010). Cette étude a permis d'établir la période annuelle de forte vulnérabilité et le rapport de l'effet pathogène en fonction du sexe d'*E. guirali*.

La croissance d'*E. guirali* a été appréciée en tenant compte du coefficient d'allométrie (**Bagenal & Tesch**, 1978 ; **Abba et al.**, 2010). Généralement, le coefficient d'allométrie *b* tend vers 3 (**Hajje et al.**, 2009). Si *b* = 3, le modèle de croissance du poisson tend vers l'isométrie et si *b* ≠ 3, la croissance du spécimen tend vers l'allométrie ou l'asymétrie (**De-Robertis & Williams**, 2008). Dans ce dernier cas, l'allométrie est positive ou majorante lorsque *b* > 3 (la croissance en masse est plus importante que la croissance de la taille) et négative ou minorante lorsque *b* < 3 (la croissance en taille du poisson est plus importante que la croissance de la masse). Le test *t* de Student a été utilisé afin de révéler si l'écart entre la valeur du coefficient d'allométrie calculée et 3 (seuil d'isométrie) est significatif.

Tous les tests statistiques ont été réalisés sur les logiciels PAST version 2.11 et SPSS Statistics 26. La différence a été statistiquement significative lorsque $p < 0,05$.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III-1- Résultats

III-1-1- Caractérisation morpho-anatomique des monogènes récoltés

L'inventaire taxinomique des monogènes a été réalisé sur les branchies d'*Enteromius aspilus* **Boulenger**, 1907, *Enteromius guirali* **Thominot**, 1886 et *Enteromius camptacanthus* **Bleeker**, 1863. Ce travail a rendu possible la description d'une et la redescription de quatre espèces de monogènes appartenant au genre *Dactylogyrus* **Diesing**, 1850.

III-1-1-1- Monogènes récoltés chez *Enteromius aspilus*

III-1-1-1-1- *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. (figures 12 & 13)

Hôte type : *Enteromius aspilus* **Boulenger**, 1907

Site d'infestation : Filament branchial

Localité-type : Lebamzip (rivière Cesala)

Spécimens types : 01 Holotype (**HEL2066**) et 01 Paratype (**HEL2067**) ont été déposés au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Nombre de parasites étudiés : 06 individus

Prévalence : 9,43 % (05 poissons parasités sur 53 examinés)

Description :

Les individus adultes ont en moyenne mesuré $585 \pm 31,34 \mu\text{m}$ de long et $95,33 \pm 7,23 \mu\text{m}$ de large au niveau de l'ovaire. Les glandes céphaliques et des ocelles ont été bien observables sur la partie antérieure (**figure 12A**). Le haptère comprend une paire de crochets dorsaux ou gripi, des barres transversales (dorsale et ventrale) et 14 crochetons marginaux regroupés en sept (07) paires (**figure 14A**). Les gripi dorsaux sont de grande taille. Ils présentent un minuscule manche et une garde allongée. Leur lame est droite et robuste sur sa partie supérieure puis incurvée, mince et perforée dans sa région basale laissant traverser de fins filaments qui se prolongent jusqu'à la pointe peu effilée. La barre transversale dorsale est constituée de deux bras presque symétriques, arrondis à leurs extrémités et reliés à leur base par une mince pièce convexe (**figures 12B & 14A**). La barre transversale ventrale est une mince lame. Les sclérites (**R**) n'ont pas été observés. Tous les crochetons marginaux ou uncinuli sont munis d'un fin filament en arrière de la lame. Le complexe copulateur mâle de ce monogène est constitué d'un pénis tubulaire soudé à une pièce accessoire qui a l'allure d'une petite flamme (**figures 13A & 14B**). Le pénis débute par une ampoule ovale, fait un tour de spire dans le sens horaire avant de coulisser dans la pièce accessoire. Le vagin a la forme d'une lame de poignard (**figures 13B & 14C**) avec un orifice vaginal médian. Les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales sont rendues sur le **tableau IV**.

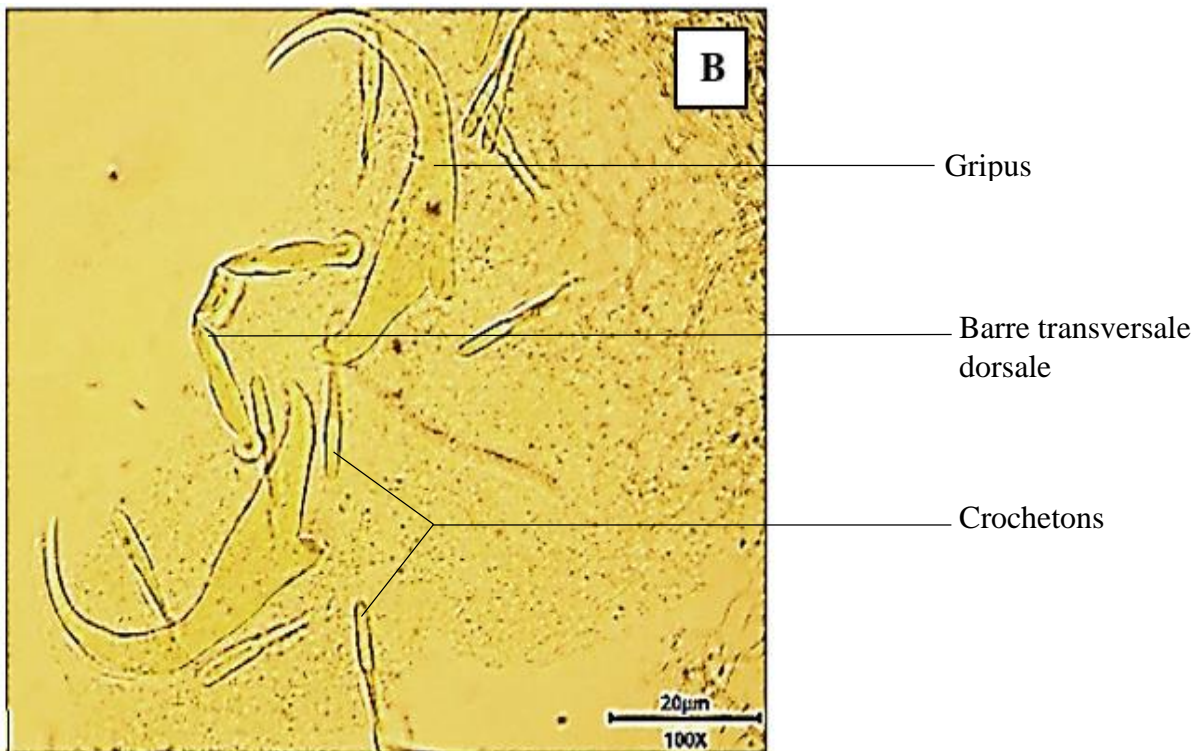
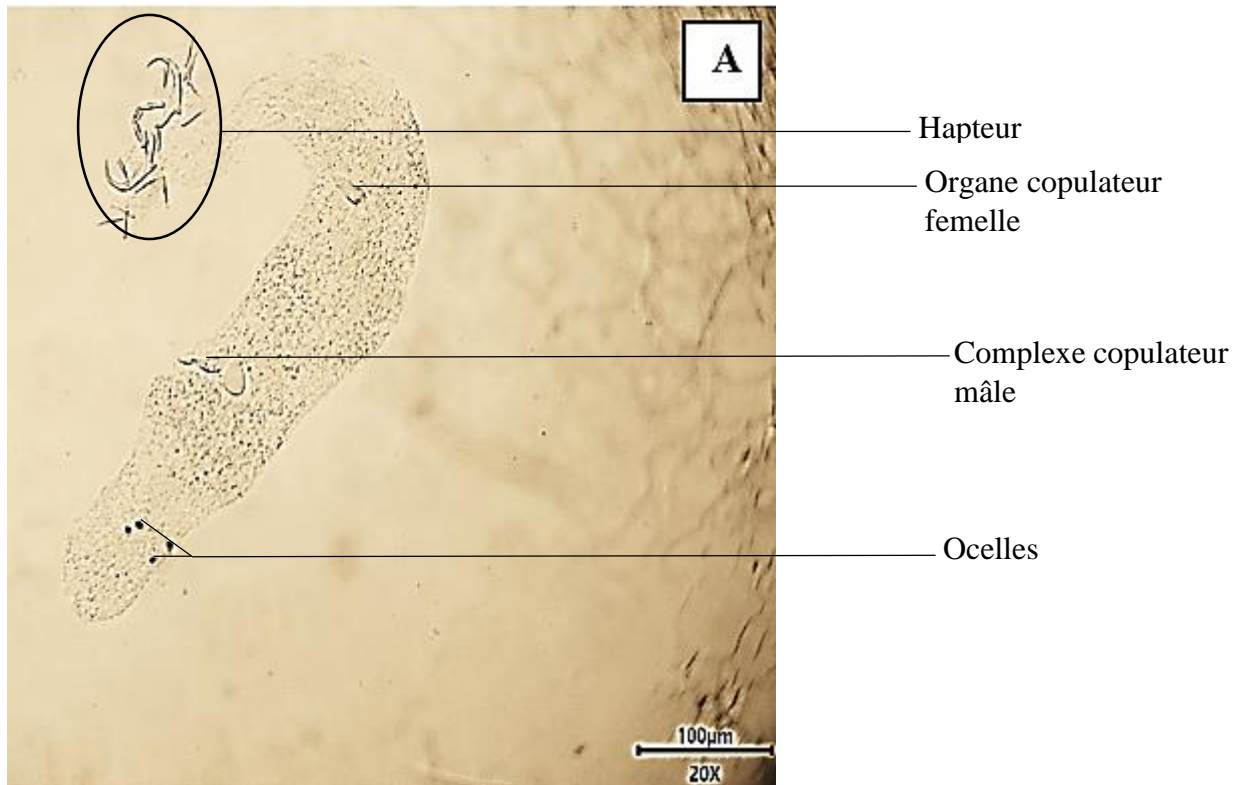


Figure 12 : Photographies de *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. : morphologie générale (A) et hapteur (B)

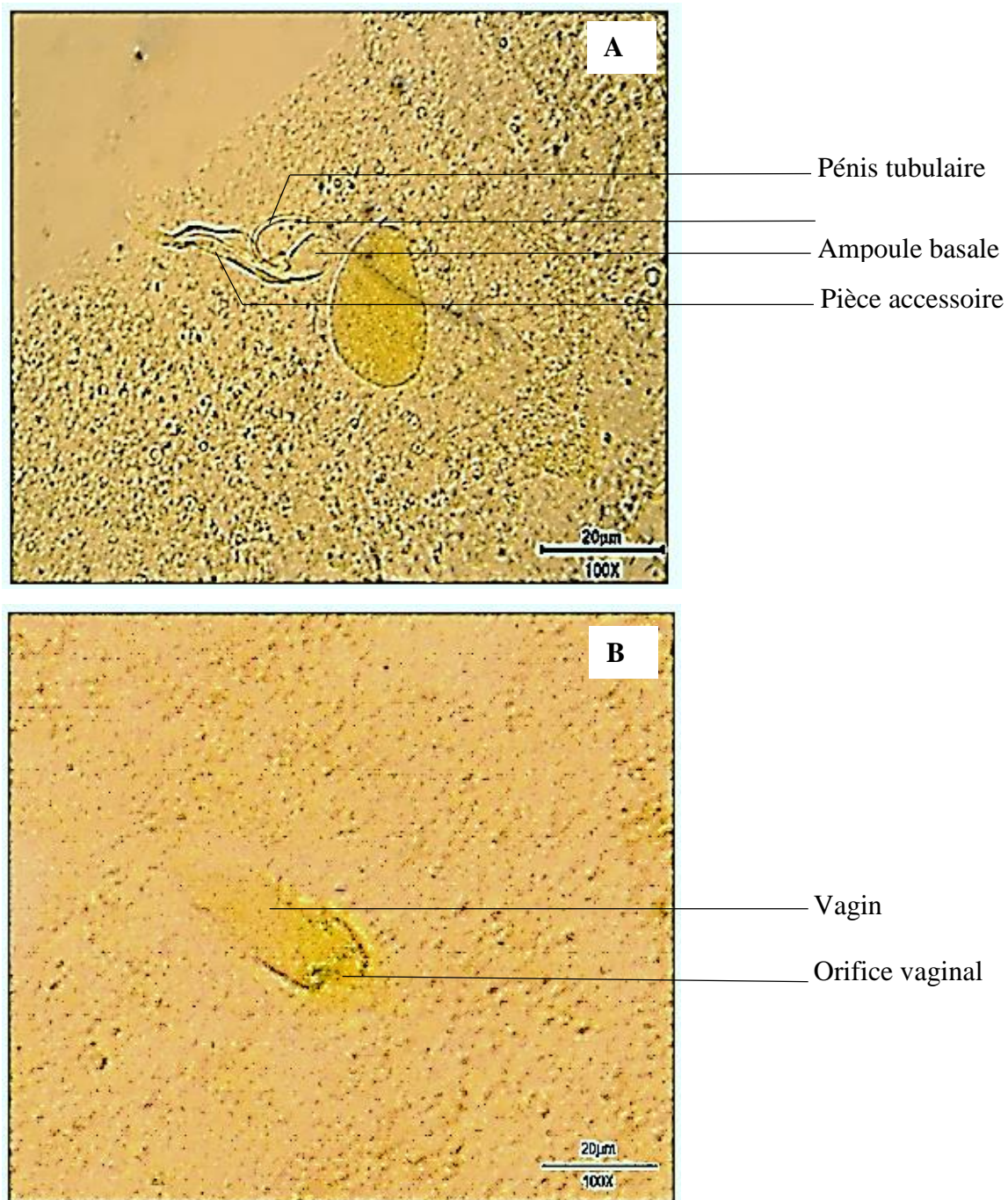


Figure 13 : Photographies de *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. : organe copulateur mâle (A) et organe copulateur femelle (B)

Remarques

De tous les monogènes décrits chez les poissons du genre *Enteromius*, le parasite en cours de description se rapproche de *Dactylogyrus insolitus* **Birgi & Lambert, 1987** et *Dactylogyrus mendehei* **Birgi & Lambert, 1987**, parasites respectifs d'*E. martorelli* et *E. guirali*, par l'aspect du complexe copulateur mâle caractérisé par un cirre copulateur ou pénis qui débute par une ampoule ovale, forme un tour de spire dans le sens horaire puis coulisse dans la pièce accessoire de type

flamme. Son organe copulateur femelle, en forme d'une lame de poignard, le rapproche de *D. insolitus* et *Dactylogyrus simplex* Birgi & Lambert, 1987 retrouvés chez *E. martorelli*. Il s'éloigne de ces congénères par la morphologie et la taille des pièces des gripi. Chez l'espèce en cours de description, les gripi présentent une garde peu allongée, une lame droite et épaisse à sa partie supérieure puis incurvée et amincie dans sa partie basale perforée par de fins filaments qui se prolongent jusqu'à la pointe peu effilée. Chez *D. simplex*, le gripus se caractérise par une garde allongée, une lame arquée dont la moitié du parcours forme un angle de 45° avec une pointe très effilée tandis que *D. insolitus* présente une garde robuste, une lame fortement coudée à mi-longueur et une longue pointe effilée (Birgi & Lambert, 1987). D'autres différences existent sur la morphologie de la barre transversale dorsale. Chez le monogène en cours de description, cette barre est formée de deux bras presque symétriques, arrondis à leurs extrémités et reliés à leur base par une mince pièce convexe tandis que celle-ci est simple chez *D. simplex* et en forme de Y chez *D. insolitus* (Birgi & Lambert, 1987). Le parasite en cours de description se distingue des trois *Dactylogyrus* décrits par Birgi & Lambert (1987) sur *E. aspilus* par les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales (tableau IV) et par leur morphologie (figures 14, 18, 20 & 24). Nous considérons cette espèce comme nouvelle pour la Science et proposons de la nommer *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. en référence à la rivière où la présente étude a été menée.

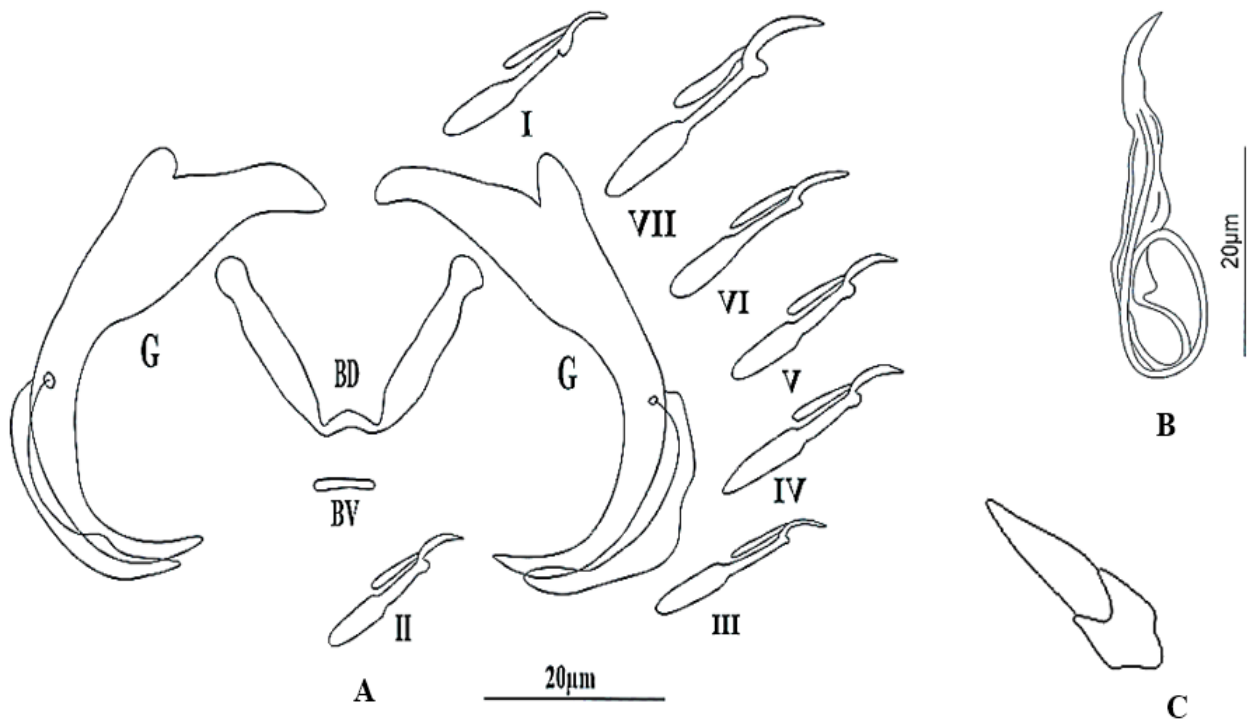


Figure 14 : Dessins des pièces sclérifiées de *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp.

Légende : A = haptor ; B = complexe copulateur mâle ; C = organe copulateur femelle ; BD = barre dorsale ; BV = barre ventrale ; G = gripi ; I, II, III, IV, V, VI et VII = crochets

Tableau IV : Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des études menées sur les monogènes branchiaux d'*Enteromius aspilus*

Parasite Mesure		Présent travail		Birgi & Lambert (1987)		
		<i>Dactylogyrus cesalaensis</i> n. sp.	<i>D. aspili</i>	<i>D. aspili</i>	<i>D. mendehei</i>	<i>D. nyongensis</i>
a		43,17 ± 0,98 (42-45)	38,81 ± 1,26 (37-41)	40-50	35-39	35-45
b		35,33 ± 0,82 (34-36)	33,80 ± 0,68 (33-35)	30-32	28-32	24-30
c		2,83 ± 0,41 (2-3)	4,80 ± 0,41 (4-5)	2-4	3-5	1-3
d		14,67 ± 1,37 (13-16)	15,73 ± 0,88 (14-17)	18-20	15-20	13-20
e		13,67 ± 0,82 (13-15)	12,20 ± 0,56 (11-13)	11-13	10-12	10-12
I		20,67 ± 0,52 (20-21)	34,12 ± 1,51 (31-37)	43-48	18-24	17-22
II		20,43 ± 0,41 (20-21)	15,21 ± 1,01 (13-17)	18-20	18-24	17-22
III		20,52 ± 1,22 (19-22)	18,40 ± 2,20 (15-23)	23-26	18-24	17-22
IV		20,21 ± 1,33 (19-22)	16,87 ± 2,03 (13-20)	23-26	18-24	17-22
V		20,17 ± 0,98 (19-21)	19,03 ± 1,56 (15-22)	25-27	18-24	17-22
VI		22,17 ± 0,75 (21-23)	24,33 ± 0,98 (23-26)	31-38	18-24	17-22
VII		20,67 ± 1,37 (19-23)	22,20 ± 1,86 (18-25)	37-42	18-24	17-22
Barre dorsale	w _d	2,33 ± 0,52 (2-3)	1,07 ± 0,26 (1-2)	5-10	3-5	-
	x _d	35,17 ± 2,23 (31-37)	32,27 ± 3,90 (21-38)	50-62	45-50	45-58
Barre ventrale	w _v	1,5 ± 0,71 (1-2)	-	-	-	-
	x _v	8,5 ± 0,71 (8-9)	-	-	-	-
La		37,83 ± 1,47 (36-40)	33,07 ± 0,8 (32-35)	30-35	35-45	28-32
Lc		62,33 ± 1,63 (60-64)	48,40 ± 0,91 (47-50)	50	65-70	60-65
lva		32,33 ± 1,37 (30-34)	27,61 ± 1,80 (25-31)	-	-	20-30

Légende : **a** = longueur totale du crochet ; **b** = longueur de la lame ; **c** = longueur du manche ; **d** = longueur de la garde ; **e** = longueur de la pointe ; **I, II, III, IV, V, VI, VII** = longueur totale des différents crochetons ; **x_d** = longueur de la barre transversale dorsale ; **x_v** = longueur de la barre transversale ventrale ; **w_d** = largeur de la barre transversale dorsale ; **w_v** = largeur de la barre transversale ventrale **lc** = longueur du cirre ; **la** = longueur de la pièce accessoire ; **lva** = longueur du vagi

III-1-1-1-2- *Dactylogyrus aspili* Birgi & Lambert, 1987 (figures 15, 16, 17 & 18)

Hôte type : *Enteromius aspilus* Boulenger, 1907

Site d'infestation : Filament branchial

Localité-type : Ebogo (fleuve Nyong)

Autre localité : Lebamzip (rivière Cesala)

Spécimens types : 01 Holotype (**HEL2063**) et 02 Paratypes (**HEL2064** et **HEL2065**) ont été déposés au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Nombre de parasites étudiés : 38 individus

Prévalence : 58,49 % (31 poissons parasités sur 53 examinés)

Redescription :

Les spécimens adultes de cette espèce ont un corps allongé (**figure 15**) mesurant en moyenne $496,01 \pm 90,94 \mu\text{m}$ de long et $62,93 \pm 10,89 \mu\text{m}$ de large au niveau de l'ovaire. Les crochets dorsaux présentent un minuscule manche et une longue garde. Leur lame allongée et peu incurvée est perforée au niveau de sa courbure et traversée par de fins filaments qui se prolongent jusqu'à l'arrière de la pointe très aiguillée. La barre transversale dorsale a la forme d'un V (**figure 16**). Ses deux bras presque symétriques, sont reliés par une fine jonction déformable. La longueur moyenne de chacun des deux bras est $23,33 \pm 1,59 \mu\text{m}$. La première paire de crochetons qui est la plus développée, présente un manche très allongé sans hampe, une garde arrondie et une pointe effilée dépourvue de filament dorsal. Les autres crochetons marginaux sont morphologiquement semblables (manche peu allongé, garde arrondie, hampe plus longue que la pointe, présence de courts filaments dorsaux). Les sclérites R en forme de virgule (manche presque rectiligne et lame pointue munie de courts filaments dorsaux) ont une longueur moyenne d'environ $9,32 \pm 1,07 \mu\text{m}$. Le complexe copulateur mâle est constitué d'un pénis tubulaire accolé à une pièce accessoire de type flamme (**figures 17 & 18**). Ce pénis ou cirre copulateur débute par une ampoule ovale protégée par la partie proximale de la pièce accessoire. Il forme ensuite une boucle puis longe la partie médiane de la pièce accessoire. Cette dernière est épaisse à la base, amincie sur la partie moyenne et se termine par une lame crochue d'environ $8,03 \pm 0,17 \mu\text{m}$ (**figures 17 & 18**). L'appareil copulateur femelle très sclérifié, est constitué d'une pièce foliacée aux extrémités épineuses (**figures 17 & 18**) et d'un court conduit aboutissant au réceptacle séminal. Les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales sont rendues sur le **tableau IV**.

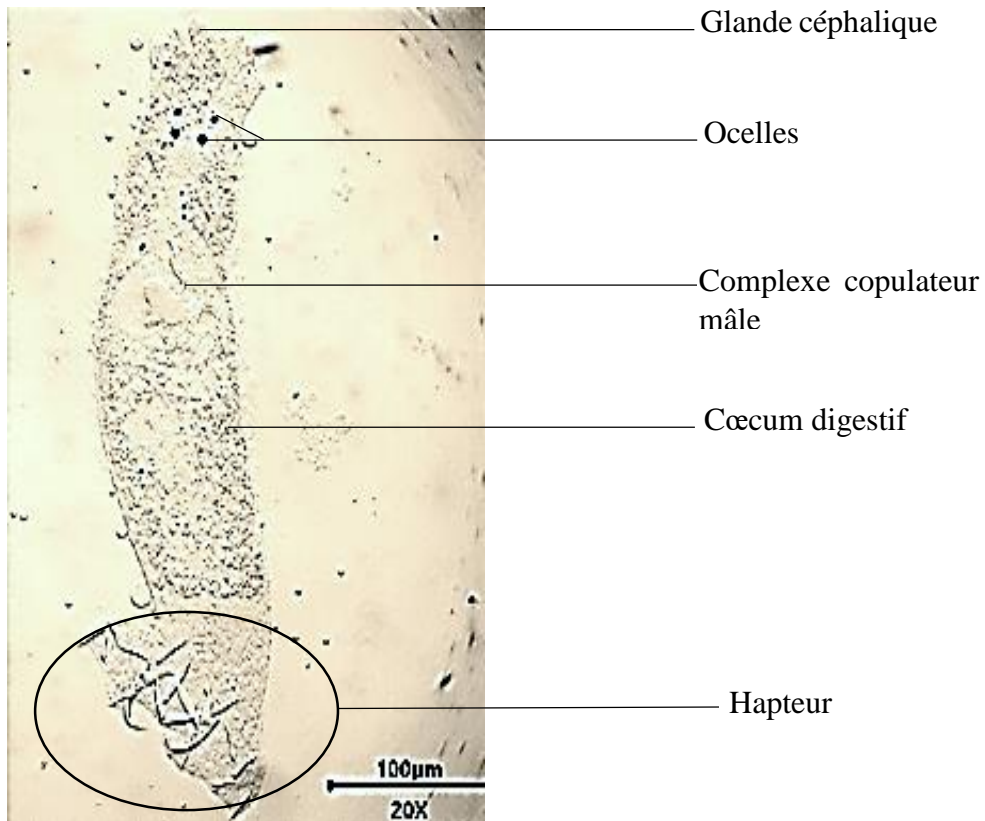


Figure 15: Photographie de la morphologie générale de *Dactylogyrus aspili*

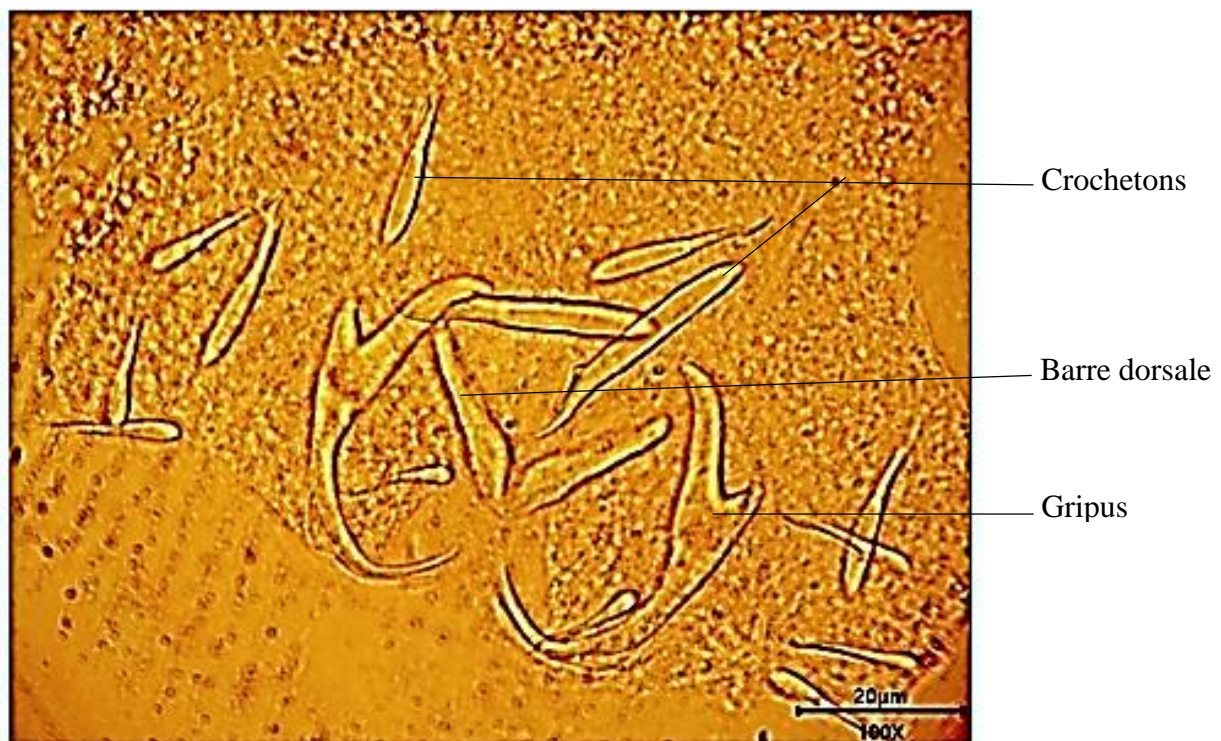


Figure 16 : photographie du hapteur de *Dactylogyrus aspilus*

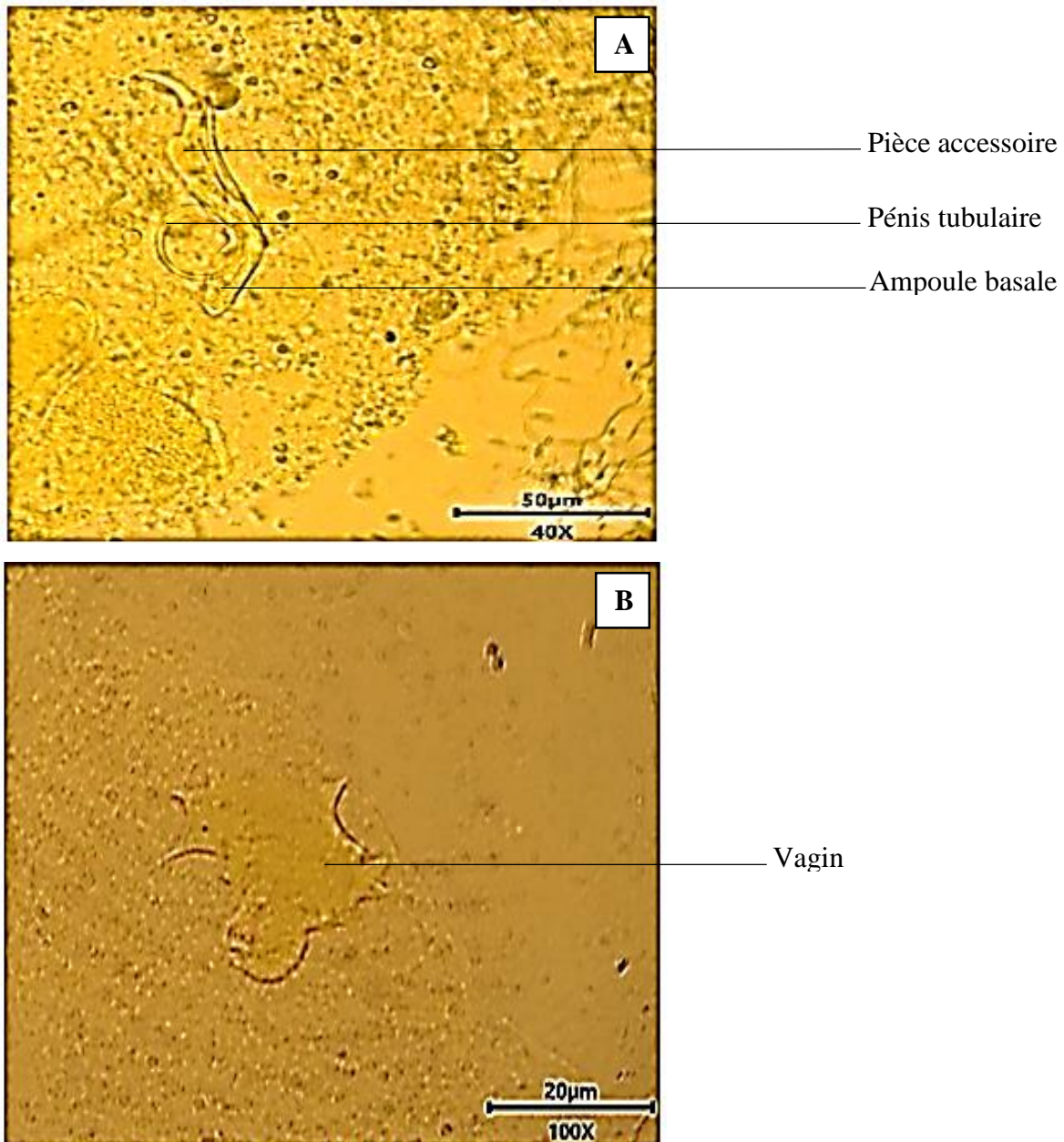


Figure 17 : Photographies du complexe copulateur mâle (A) et organe copulateur femelle (B) de *Dactylogyrus aspili*

Remarques

En confrontant la redescription de ce monogène aux autres espèces de monogènes décrites sur les branchies des poissons du genre *Enteromius*, le parasite redécrit se rapproche de *Dactylogyroïdes biradius* **Birgi & Lambert, 1987** et *Dactylogyrus jaei* **Birgi & Lambert, 1987** retrouvés chez *Enteromius jae* **Boulenger, 1903** par la forme de la barre transversale dorsale. Il s'en éloigne par la morphologie et la taille des pièces du gripus, des crochets et des sclérites génitaux mâles. Le parasite redécrit se rapproche aussi de *D. insolitus* uniquement par la morphologie du complexe copulateur mâle. Comparée à la description de cette espèce de monogène faite par **Birgi & Lambert**

(1987) sur des poissons capturés dans le bassin du Nyong, le présent travail montre des points de ressemblance et de différences. La morphologie du complexe copulateur mâle et des crochets se rapproche de celles réalisées lors des travaux de **Birgi & Lambert** (1987). Bien que la forme de certaines pièces du gripius soit identique à celle obtenue par nos prédécesseurs, la lame des spécimens obtenus lors de cette redescription est perforée au niveau de sa courbure et traversée par de fins filaments qui se prolongent jusqu'à l'arrière de la pointe. La redescription de ce parasite a révélé que la barre transversale dorsale est constituée de deux bras libres reliés à l'une de leurs extrémités par un minuscule joint déformable. La cloison séparant les deux bras de la barre transversale dorsale signalée lors de la description initiale, n'a pas été observée. L'appareil copulateur femelle très sclérifié, se compose d'une pièce foliacée et épineuse connectée à un réceptacle séminal. Les mensurations de l'ensemble des pièces sclérifiées (**tableau IV**) ont été plus faibles que celles obtenues sur la même espèce lors des travaux de recherche menés par **Birgi & Lambert** (1987). Il apparaît que des illustrations réalisées au cours de ce travail permettent de compléter la description de *Dactylogyrus aspili*.

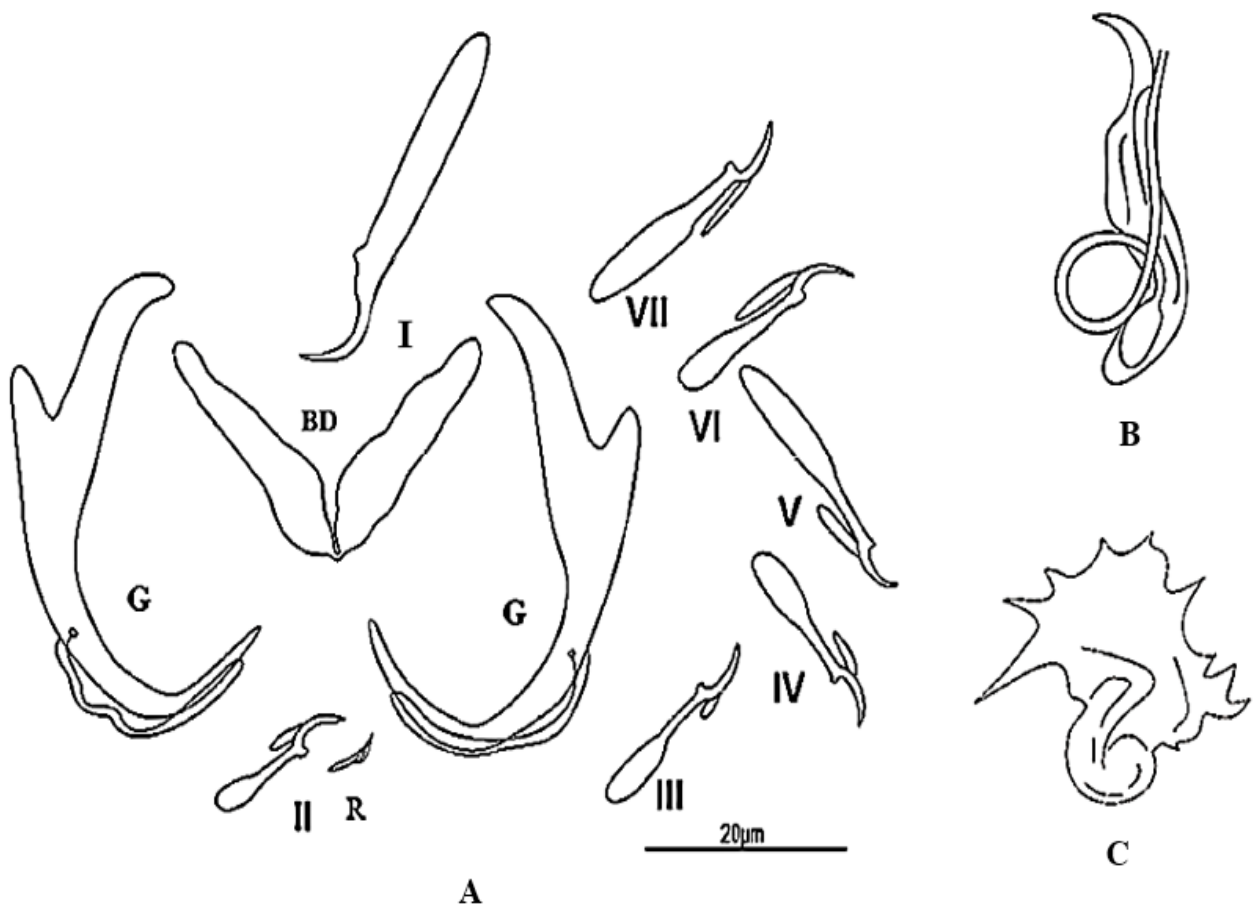


Figure 18 : Dessins des pièces sclérifiées du haptor (A), du complexe copulateur mâle (B) et de l'organe reproducteur femelle (C) de *Dactylogyrus aspili*

Légende : BD = barre dorsale ; G = gripi ; I, II, III, IV, V, VI, VII = crochets ; R = sclérite

III-1-1-2- Monogènes récoltés chez *Enteromius guirali*

III-1-1-2-1- *Dactylogyrus mendehei* Birgi & Lambert, 1987 (figures 19 & 20)

Hôte type : *Enteromius guirali* Thominot, 1886

Site d'infestation : Filament branchial

Localité-type : Awae (rivière Awout)

Autres localités : Ecali (bassin du Nyong), Lebamzip (rivière Cesala)

Spécimen type : 01 Paratype (**HEL2087**) a été déposé au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Nombre de parasites étudiés : 11 individus

Prévalence : 72,72 % (08 poissons parasités sur 11 examinés)

Redescription :

Le ver adulte mesure environ $545,01 \pm 41,49 \mu\text{m}$ de longueur sur $83,25 \pm 10,28 \mu\text{m}$ de largeur au niveau de l'ovaire. Son corps allongé est postérieurement caractérisé par l'organe de fixation constitué d'une paire de crochets dorsaux, d'une barre transversale dorsale et de sept paires de crochetons marginaux (**figure 19**). Les formations glandulaires, les ocelles, la bouche et les autres organes sensoriels ont été observés sur la partie antérieure du corps. Les crochets dorsaux ont une garde robuste, en moyenne cinq fois plus longue que le manche. Leur lame, pourvue de fins filaments dorsaux, se prolonge par une pointe effilée deux fois moins longue que la lame (**figures 19B & 20A**). Les crochetons I, dépourvus de garde, présentent une lame en forme d'épave droite sans filaments dorsaux. Les six autres paires d'uncinuli sont morphologiquement semblables (manche court, hampe allongée, minuscule garde arrondie, lame courbe munie de filaments dorsaux). La barre transversale dorsale a la forme d'un U moins large à la base et dont les branches sont largement ouvertes (**figures 19B & 20A**). Les sclérites R, grossièrement arqués, ont un manche arrondi et une lame effilée munie d'un filament dorsal. Le complexe copulateur mâle présente un pénis tubulaire accolé à une pièce accessoire de type flamme. Le cirre copulateur débute par une ampoule soudée à la partie basale de la pièce accessoire puis forme un tour de spire dans le sens horaire, se prolonge et émerge à la base de l'extrémité crochue en forme d'une petite flamme (**figures 19C & 20B**). Les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales sont récapitulées dans le **tableau V**. Le vagin non sclérifié n'a pas été observé.



Ocelles

Hapteur

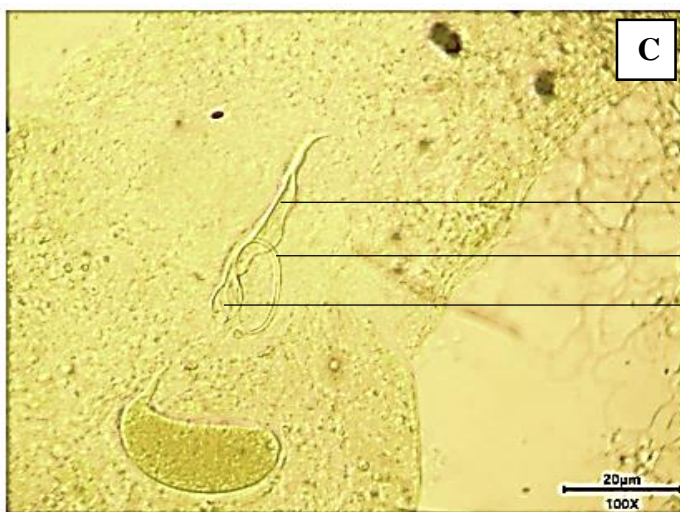


Crochetons

Barre dorsale

Sclérite R

Gripus



Pièce accessoire

Pénis tubulaire

Ampoule basale

Figure 19 : Photographies de la morphologie générale (A), du hapteur (B) et de l'organe copulateur mâle de *Dactylogyrus mendehei*

Remarques

Chez le parasite redécrit, la morphologie des crochets de la première paire (absence de la garde, lame en forme d'épée droite sans filaments dorsaux) est différente de celle proposée par **Birgi & Lambert** en 1987 (présence de la garde, lame en forme de crochet pourvue de filaments dorsaux). La redescription de ce parasite a montré que sa barre transversale dorsale est moins large à la base et, ses gripi sont pourvus de fins filaments dorsaux qui se prolongent jusqu'à la pointe. La morphologie des crochets dorsaux et de la barre transversale dorsale rapproche le monogène redécrit de l'espèce *Dactylogyrus bopeleti* **Birgi & Lambert**, 1987 retrouvée chez *E. martorelli*. Il s'en éloigne par la forme du complexe copulateur mâle. Ce dernier est morphologiquement proche du génitalia mâle de *D. insolitus*, parasite branchial d'*Enteromius martorelli* **Roman**, 1971. Les mensurations obtenues sur les pièces haptorales et génitales ont été légèrement petites (**tableau V**) par rapport à celles obtenues lors des travaux de **Birgi & Lambert** (1987). Les dessins réalisés au cours de cette étude permettent de compléter la description de *Dactylogyrus mendehei*.

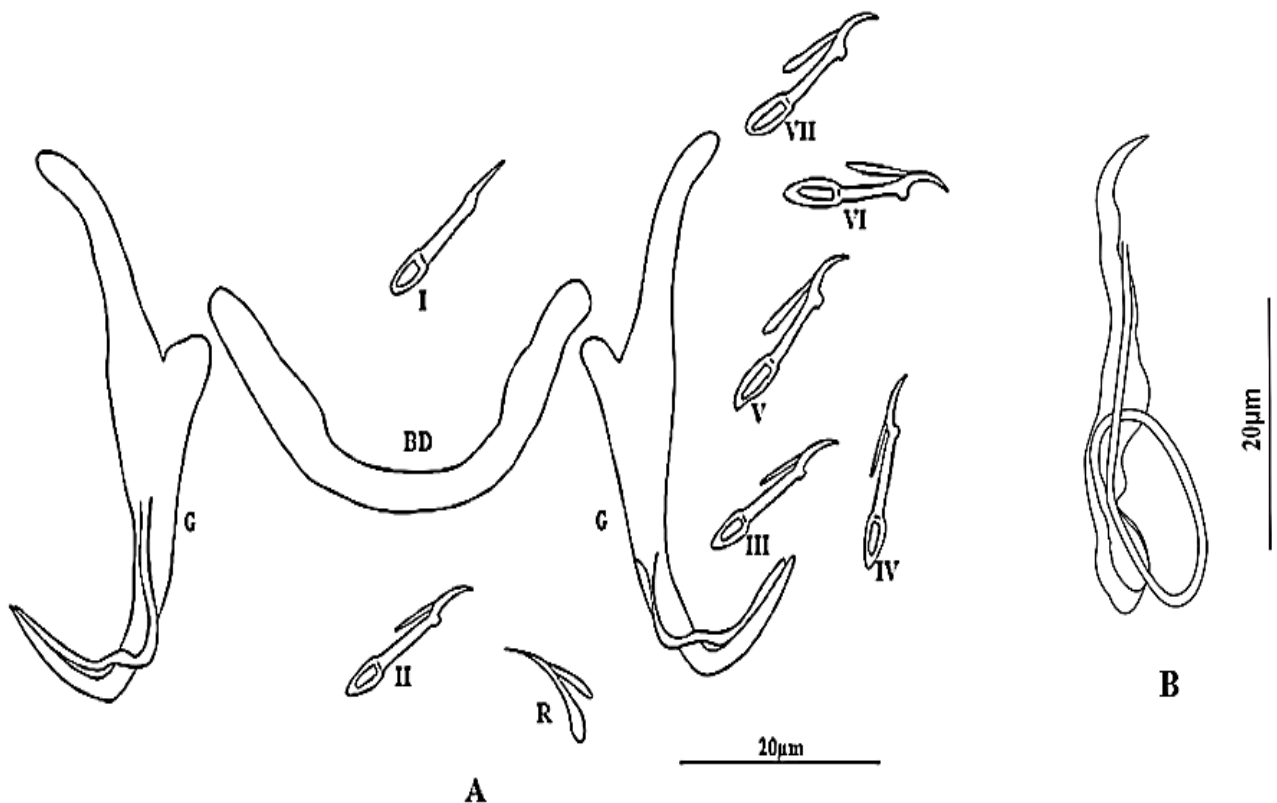


Figure 20 : Dessins du haptor (A) et du complexe copulateur mâle (B) de *Dactylogyrus mendehei*

Légende : BD = barre dorsale ; G = gripi ; I, II, III, IV, V, VI et VII = crochets ; R = sclérite

III-1-1-2-2- *Dactylogyrus nyongensis* Birgi & Lambert, 1987 (figures 21, 22, 23 & 24)

Hôte type : *Enteromius guirali* Thominot, 1886

Site d'infestation : Filament branchial

Localité-type : Awae (rivière Awout)

Autres localités : Nkolya (bassin du Nyong), Lebamzip (rivière Cesala)

Spécimen type : 01 Paratype (**HEL2086**) a été déposé au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Nombre de parasites étudiés : 13 individus

Prévalence : 90,91 % (10 poissons parasités sur 11 examinés)

Redescription :

Le parasite adulte mesure environ $452,67 \pm 19,66 \mu\text{m}$ de long sur $78,33 \pm 11,15 \mu\text{m}$ de large. Des taches oculaires et des organes céphaliques sont présents sur le prohaptateur tandis que le haptateur est muni d'une paire de crochets dorsaux ou gripi, de sept paires de crochetons et d'une barre transversale (**Figures 21, 22, 24A**). Les gripi sont caractérisés par un manche cinq fois moins long que la garde. La lame est plus amincie et présente des filaments qui se prolongent jusqu'au niveau de la pointe aiguillée. La barre transversale dorsale est arquée et plus robuste sur sa partie médiane. Les sclérites R arqués présentent un manche robuste et une lame rectiligne munie de filaments dorsaux. Les crochetons marginaux sont tous morphologiquement semblables (manche et garde plus ou moins arrondis, hampe peu allongée, lame arquée et pourvue de fins filaments dorsaux). Le complexe copulateur mâle est constitué d'un cirre copulateur tubulaire et d'une pièce accessoire. Le pénis débute par une ampoule ovalaire accolée à la partie basale de la pièce accessoire. Il forme un tour de spire dans le sens horaire autour de la pièce accessoire puis se dirige vers la partie distale flammée munie d'une épine latérale. Trois formes de pièces accessoires appartenant au type flamme ont été observées pour cette espèce avec des différences de taille au niveau des expansions de la partie distale (**figures 23A - 23C, 24B - 24D**). Le vagin a la forme d'une virgule (**figures 23D & 24E**). Les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales sont consignées sur le **tableau V**.

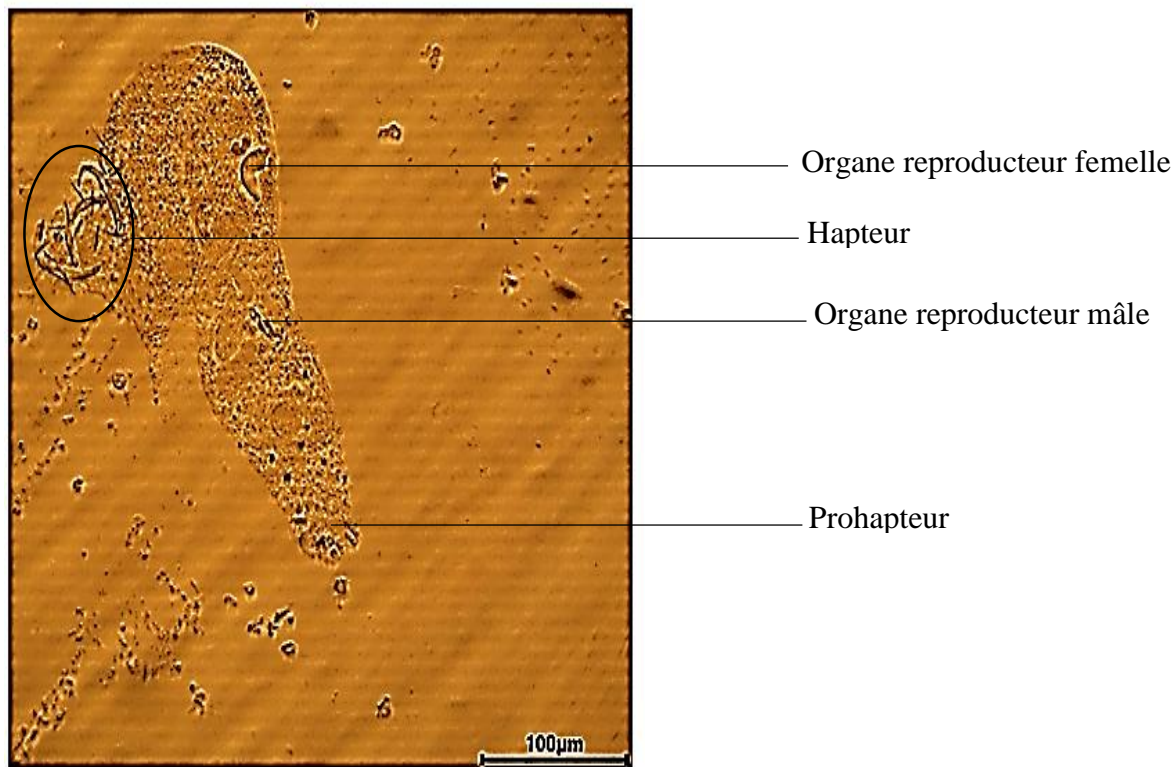


Figure 21: Photographie de la morphologie générale de *Dactylogyrus nyongensis*

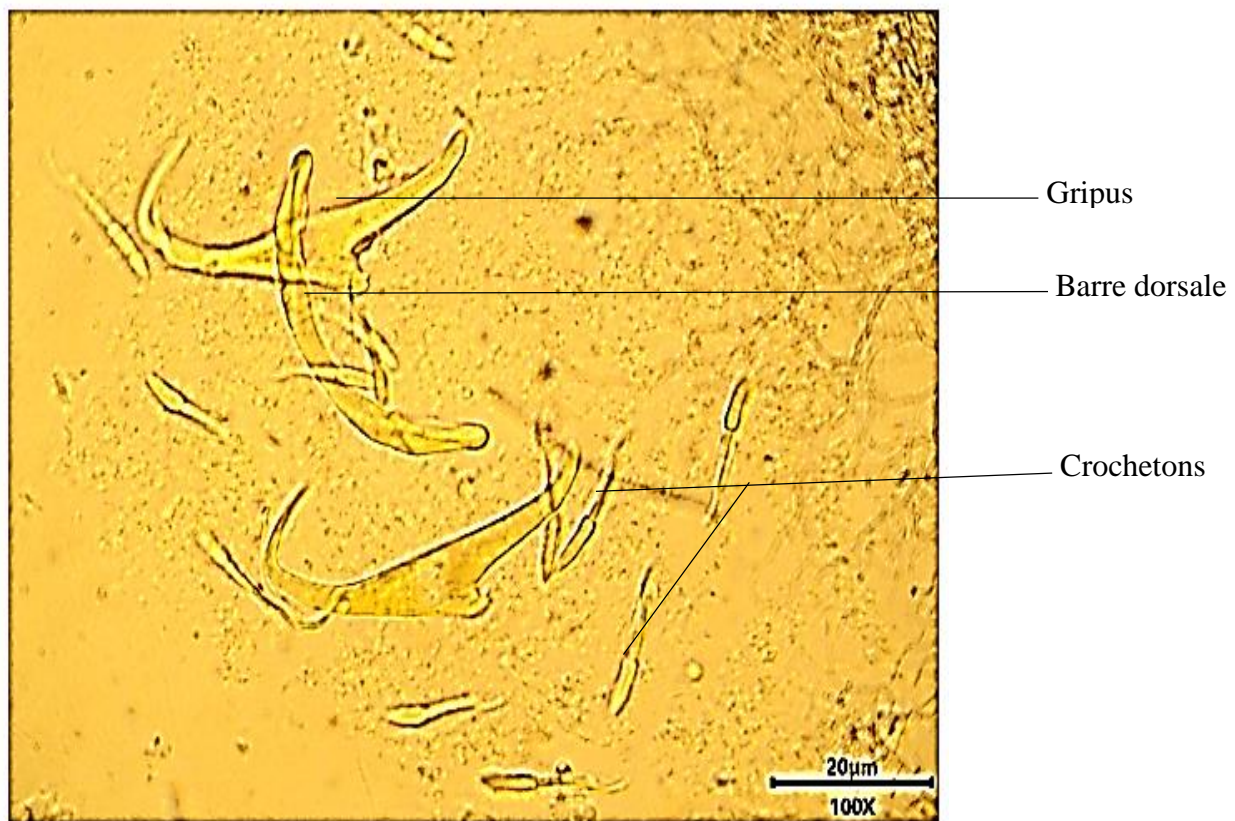


Figure 22: Photographie des pièces du haptor de *Dactylogyrus nyongensis*

Tableau V : Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des deux études menées sur les monogènes branchiaux d'*Enteromius guirali*

Parasite Mesure	Présent travail		Birgi & Lambert, 1987	
	<i>Dactylogyrus mendehei</i>	<i>Dactylogyrus nyongensis</i>	<i>Dactylogyrus mendehei</i>	<i>Dactylogyrus nyongensis</i>
a	43,00 ± 1,41 (41-43)	41,80 ± 3,11 (37-41)	35-39	35-45
b	28,75 ± 0,50 (28-29)	26,80 ± 2,49 (23-29)	28-32	24-30
c	3,50 ± 0,58 (3-4)	3,60 ± 0,55 (3-4)	3-5	1-3
d	18,25 ± 0,50 (18-19)	19,00 ± 1,87 (17-21)	15-20	13-20
e	13,25 ± 0,50 (13-14)	11,00 ± 1,58 (9-13)	10-12	10-12
I	13,50 ± 2,08 (11-16)	15,40 ± 2,31 (13-19)	18-24	17-22
II	14,25 ± 2,06 (12-16)	16,40 ± 1,14 (15-18)	18-24	17-22
III	15,75 ± 1,50 (14-17)	14,60 ± 1,34 (13-16)	18-24	17-22
IV	16,50 ± 1,29 (16-18)	16,40 ± 0,89 (15-17)	18-24	17-22
V	18,50 ± 1,29 (17-20)	17,00 ± 0,71 (16-18)	18-24	17-22
VI	16,25 ± 0,96 (15-17)	17,60 ± 1,14 (16-19)	18-24	17-22
VII	17,00 ± 0,82 (16-18)	16,60 ± 1,14 (15-18)	18-24	17-22
w	3,00 ± 0,82 (2-4)	2,80 ± 1,09 (2-4)	3-5	-
x	42,00 ± 2,58 (41-45)	39,20 ± 4,32 (32-43)	45-50	45-58
la	29,50 ± 1,29 (28-31)	27,67 ± 2,08 (26-30)	35-45	28-32
lc	46,50 ± 2,38 (44-49)	49,67 ± 3,06 (47-53)	65-70	60-65
lva	-	36,33 ± 1,53 (35-38)	-	20-30

Légende : **a** = longueur totale du crochet ; **b** = longueur de la lame ; **c** = longueur du manche ; **d** = longueur de la garde ; **e** = longueur de la pointe ; **I, II, III, IV, V, VI, VII** = longueur totale des différents crochets ; **x** = longueur de la barre transversale dorsale ; **w** = largeur de la barre transversale dorsale ; **lc** = longueur du cirre ; **la** = longueur de la pièce accessoire ; **lva** = longueur du vagin

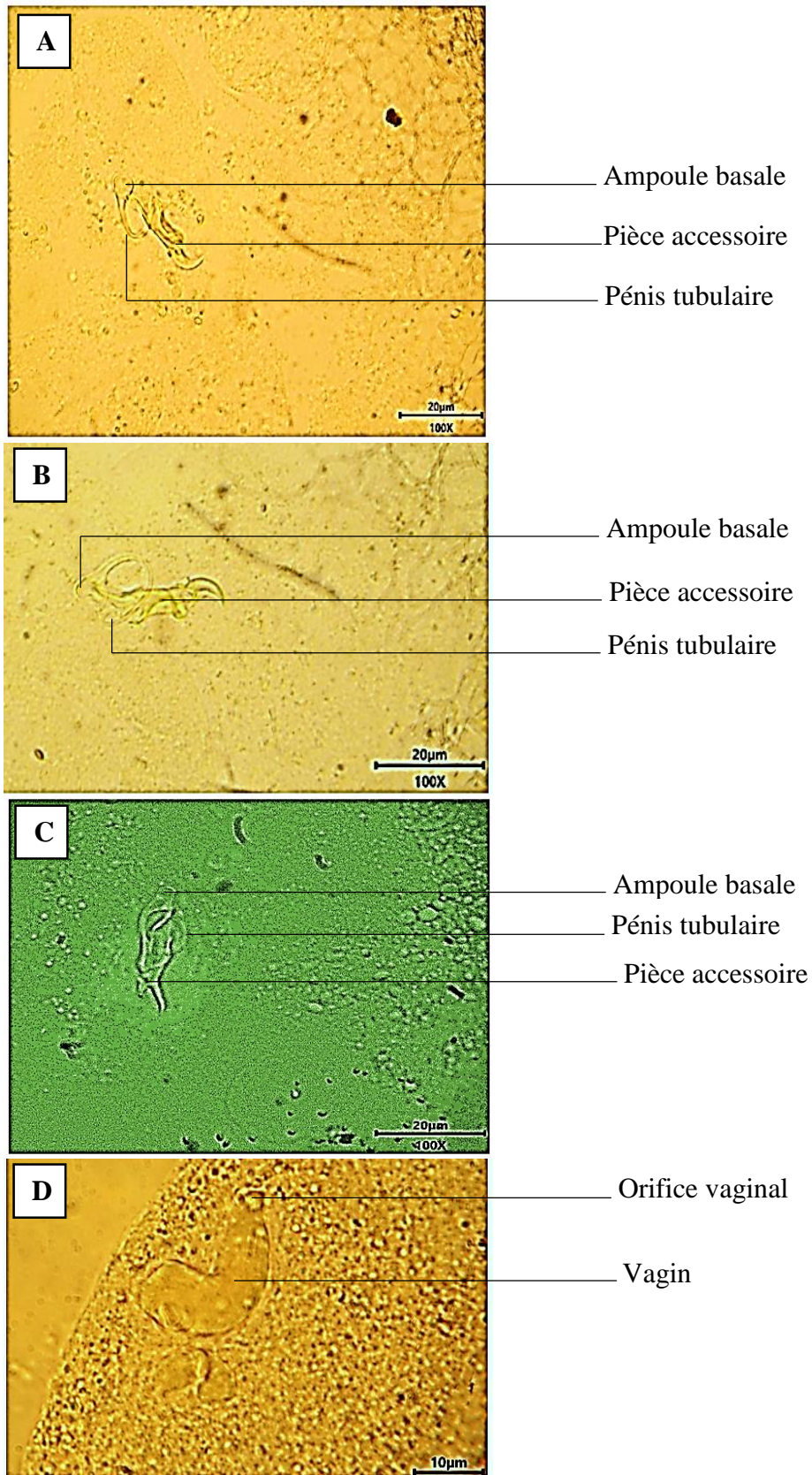


Figure 23 : Photographies du complexe copulateur mâle (A, B, C) et de l'organe reproducteur femelle de *Dactylogyrus nyongensis*

Remarques

Birgi & Lambert (1987) ont décrit ce monogène sur *E. aspilus* et *E. guirali*. La présente redescription montre que les crochets marginaux, les sclérites R et le complexe copulateur mâle sont similaires aux illustrations proposées par **Birgi & Lambert** (1987). La barre transversale dorsale arquée est fine et aplatie sur sa partie médiane dans la description originelle mais plus robuste dans cette étude. La lame du gripus des individus utilisés pour cette redescription est pourvue de filaments qui longent la pointe. Trois formes de pièces accessoires ont été observées au lieu de deux comme présentées lors de la description. L'espèce redécrite se rapproche de *Dactylogyrus kii* **Birgi & Lambert**, 1987 et *Dactylogyrus maillardi* **Birgi & Lambert**, 1987 respectivement retrouvés chez *Enteromius jae* **Boulenger**, 1906 et *E. martorelli* uniquement par la morphologie des crochets dorsaux à manche réduite et à pointe effilée. Les mensurations obtenues au cours de cette redescription sont plus faibles que celles signalées lors de la description originelle notamment sur les crochets, la barre transversale dorsale et les appareils génitaux (**tableau V**). Par ailleurs, le vagin, en forme de virgule, a été observé lors de la présente étude. Ces aspects morphologiques permettent de compléter la description de *Dactylogyrus nyongensis*.

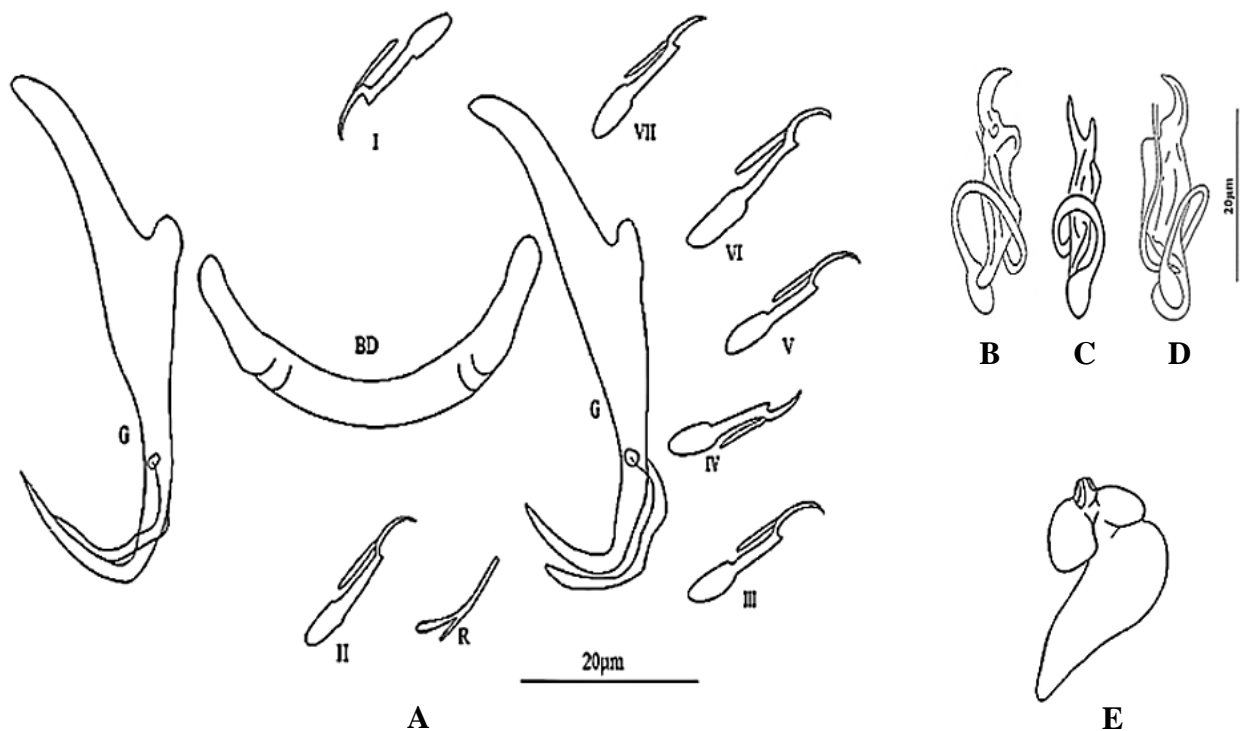


Figure 24 : Dessins des pièces sclérifiées du haptor (A), du complexe copulateur mâle (B, C, D) et de l'organe reproducteur femelle (E) de *Dactylogyrus nyongensis*

Légende : BD = barre dorsale ; G = gripus ; I, II, III, IV, V, VI et VII = crochets ; R = sclérite

III-1-1-3- Monogènes récoltés chez *Enteromius camptacanthus*

III-1-1-3-1- *Dactylogyrus valeti* Birgi & Lambert, 1987 (figures 25, 26, 27, 28)

Hôte type : *Enteromius camptacanthus* **Bleeker**, 1863

Site d'infestation : Filament branchial

Localité-type : Bassin du Nyong

Autre localité : Lebamzip (Rivière Cesala)

Nombre de parasites étudiés : 10 individus

Prévalence : 28,57 % (02 poissons parasités sur 07 examinés)

Redescription :

Le corps des individus adultes mesure en moyenne $244,75 \pm 12,74 \mu\text{m}$ de long sur $50,50 \pm 5,45 \mu\text{m}$ de large. Les glandes céphaliques, la bouche et deux paires de taches oculaires ont été observées au niveau du prohaptor (**figure 25**). Le gripus, dépourvu de filaments dorsaux, est caractérisé par une garde environ sept fois moins longue que le manche plus robuste. La lame rectiligne et non perforée avoisine la taille de la pointe effilée (**figure 26**). La barre transversale dorsale est une simple lame légèrement bombée sur sa partie médiane (**figures 26 & 28A**). Les sclérites R n'ont pas été observés. Les uncinuli ou crochetons marginaux ont un manche robuste à la jonction avec la hampe rectiligne qui fait suite à une lame munie de filaments dorsaux. Le complexe copulateur mâle est constitué d'un pénis et d'une pièce accessoire. Le pénis ou cirre copulateur débute par une ampoule basale ovale, accolée à la partie proximale de la pièce accessoire et se poursuit par un tube qui forme un arc dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. La pièce accessoire a une base losangique, une partie médiane rectiligne et une partie distale en forme de clef à mollet (**figures 27A & 28B**). Le vagin présente une base fourchue qui fait suite à un tube arqué à son extrémité distale (**figures 27B & 28C**). Son ouverture a été observée sur le flan medio-ventral de l'animal. Les données métriques des sclérites haptorales et génitales sont présentées sur le **tableau VI**.

Remarques

Le parasite en cours de redescription se rapproche de *D. simplex* par la morphologie des gripi, des crochetons et du complexe copulateur mâle. Il se distingue de ce dernier par la forme de la barre transversale dorsale qui rappelle celle de *Dactylogyrus maillardi* **Birgi & Lambert**, 1987 et *Dactylogyrus kii* **Birgi & Lambert**, 1987. Ces derniers s'éloignent néanmoins du monogène redécrit par la forme du complexe copulateur mâle et le vagin. La forme des crochets, crochetons,

sclérites R, barre transversale dorsale et le parcours du cirre copulateur sont similaires à ceux de la description originelle. Comme particularités morphologiques, les spécimens redécrits présentent un gripus muni de filaments dorsaux ; une pièce accessoire à base losangique et se terminant en forme de clef à mollet alors que cette pièce accessoire se termine par un crochet et un élargissement creusé en spatule dans la description originelle. Les mensurations des crochets, des crochetons et du pénis sont très proches de celles obtenues lors de la description (**tableau VI**). Le vagin qui n'a pas été signalé dans la description initiale a été observé au cours de cette étude. De ce fait, ce travail permet de compléter la description de *Dactylogyrus valeti*.

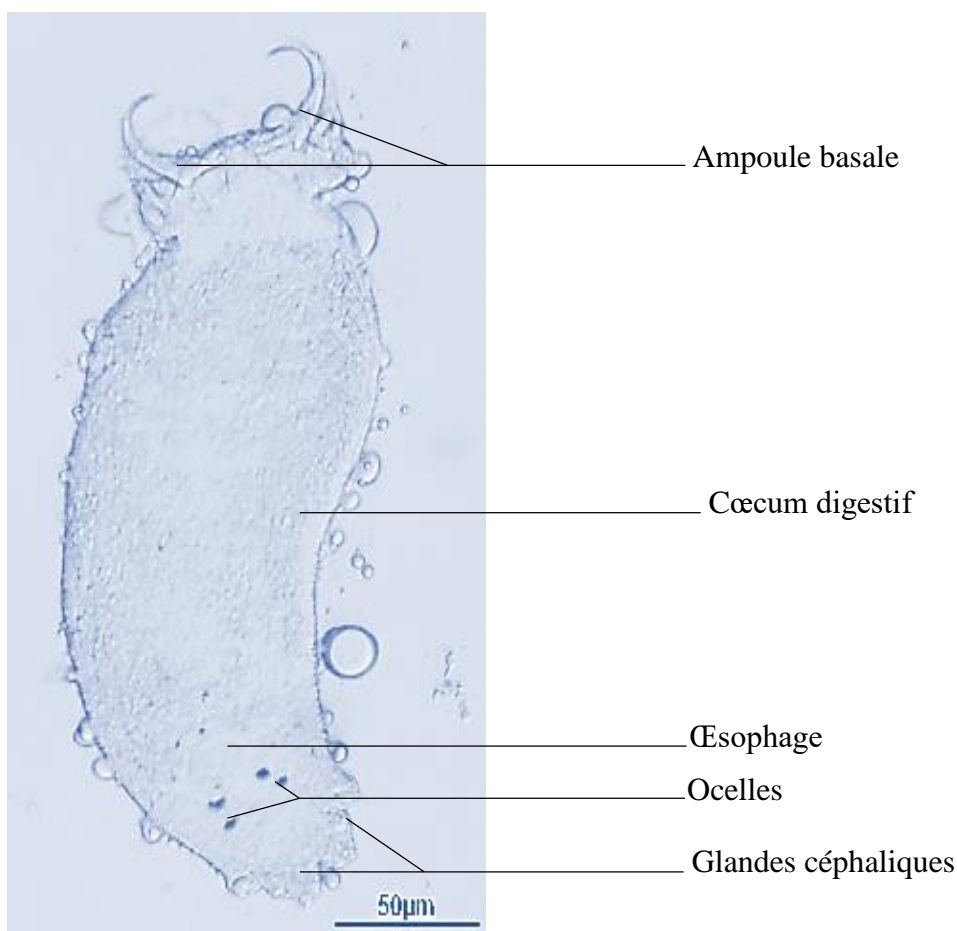


Figure 25 : Photographie de la morphologie générale de *Dactylogyrus valeti*

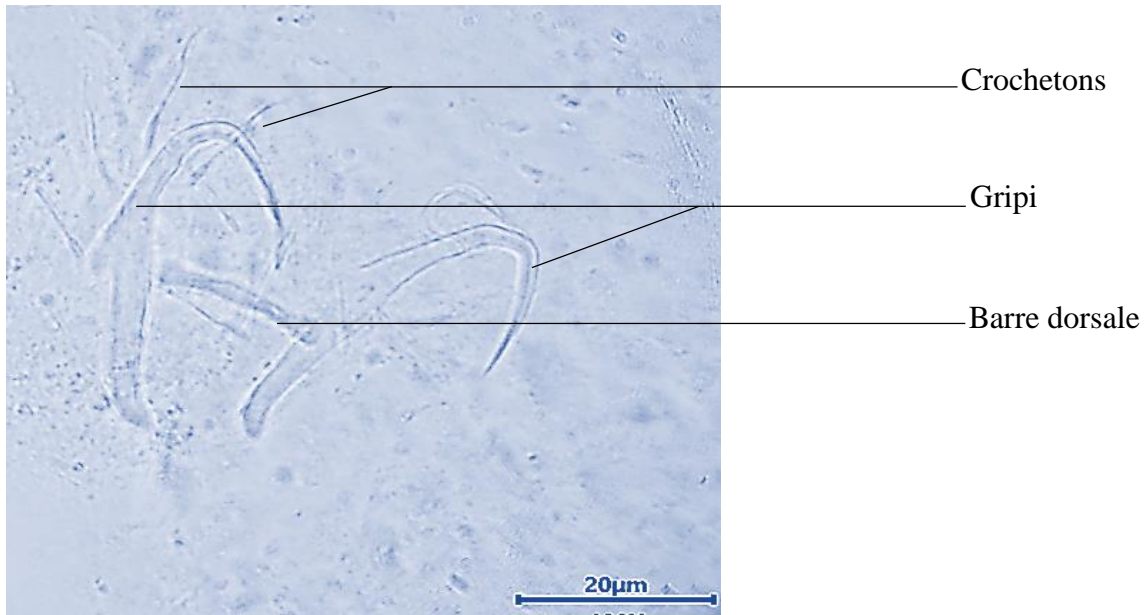


Figure 26: Photographies du hapteur de *Dactylogyrus valeti*

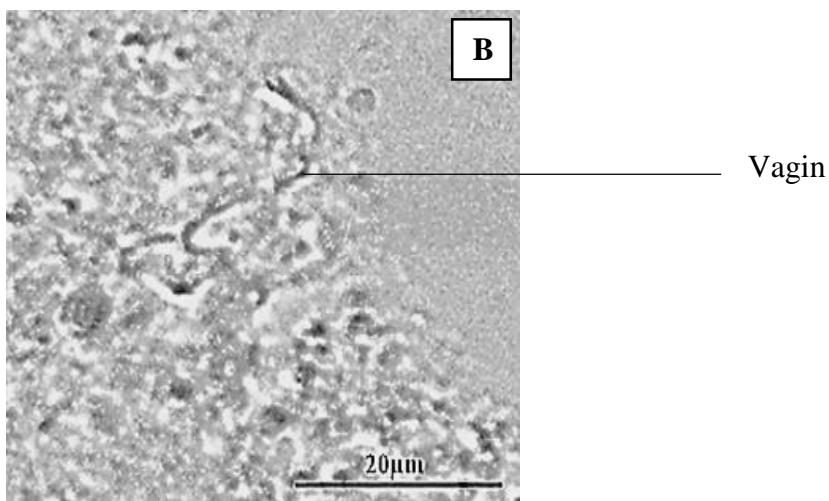
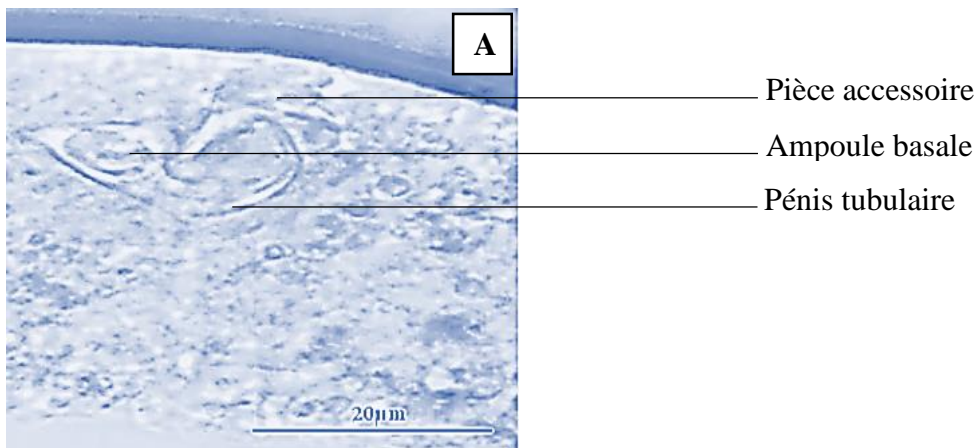


Figure 27 : Photographies du complexe copulateur mâle (A) et de l'organe copulateur femelle (B) de *Dactylogyrus valeti*

Tableau VI : Mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales obtenues au cours des deux études menées sur *Dactylogyrus valeti*

Parasite Mesure	Présent travail	Birgi & Lambert (1987)
	<i>Dactylogyrus valeti</i>	<i>Dactylogyrus valeti</i>
a	34,25 ± 3,95 (31-39)	30-33
b	20,75 ± 0,96 (20-22)	18-22
c	2,25 ± 0,96 (1-3)	1-2
d	16,25 ± 4,19 (10-19)	15-18
e	13,75 ± 2,87 (9-14)	10-12
I	13,75 ± 1,50 (13-16)	12-14
II	12,50 ± 0,58 (12-13)	12-14
III	15,50 ± 1,73 (13-17)	14-15
IV	16,25 ± 1,26 (15-18)	14-15
V	17,75 ± 0,50 (17-18)	16-18
VI	16,25 ± 0,50 (16-17)	16-18
VII	17,25 ± 1,50 (16-19)	16-18
w	2,25 ± 0,50 (2-3)	-
x	20,25 ± 1,26 (19-22)	18-20
la	18,50 ± 1,91 (17-21)	10-13
lc	23,50 ± 1,73 (20-25)	20-23
lva	21,50 ± 1,91 (19-23)	-

Légende : **a** = longueur totale du crochet ; **b** = longueur de la lame ; **c** = longueur du manche ; **d** = longueur de la garde ; **e** = longueur de la pointe ; **I, II, III, IV, V, VI, VII** = longueur totale des différents crochets ; **x** = longueur de la barre transversale ; **w** = largeur de la barre transversale ; **lc** = longueur du cirre ; **la** = longueur de la pièce accessoire ; **lva** = longueur du vagin

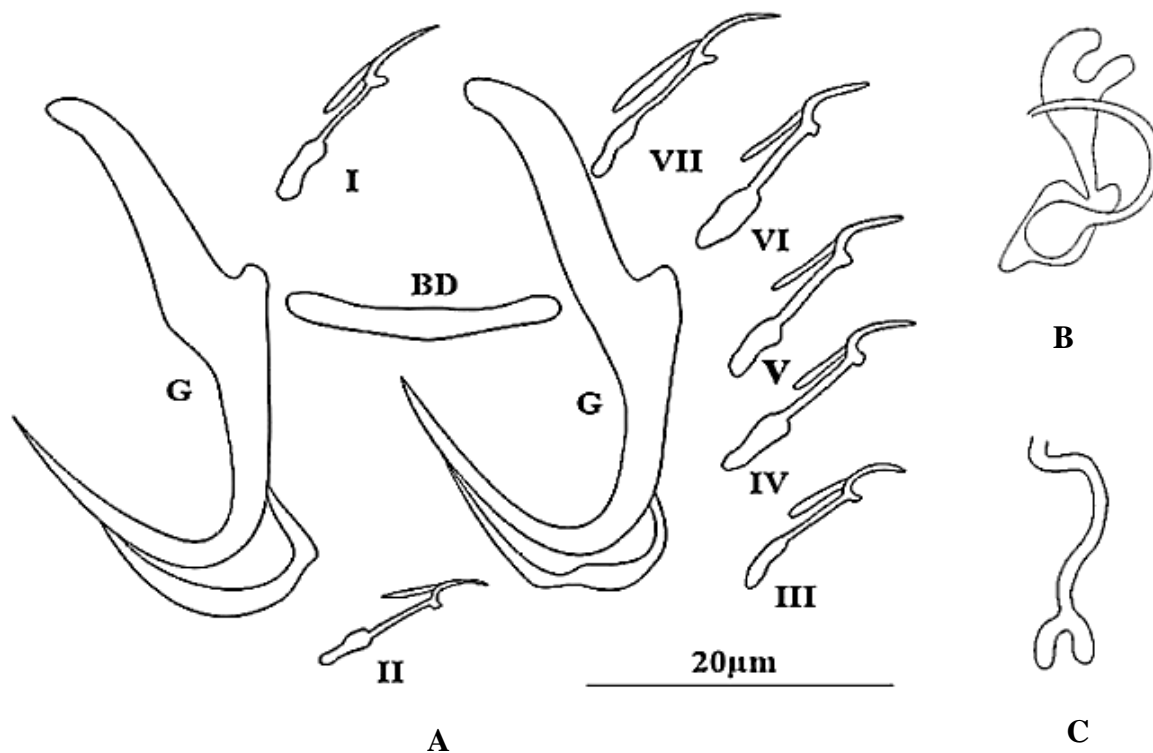


Figure 28 : Dessins des pièces sclérifiées du haptateur (A), complexe copulateur mâle (B) et de l'organe copulateur femelle (C) de *Dactylogyrus valeti*

Légende : BD = barre dorsale ; G = gripi ; I, II, III, IV, V, VI et VII = crochetons

III-1-1-4- Confirmation du statut taxinomique des monogènes étudiés

Pour toutes les espèces de monogènes étudiées, d'importantes différences ont été observées sur la taille des crochetons I, IV et V ; celle de la garde, la lame et la pointe des crochets dorsaux ou gripi (**figure 29**). De plus, la barre transversale dorsale et le crocheton I ont été indispensables dans la discrimination des différentes espèces parasites (**figure 30**). Globalement, la taille des crochetons des *Dactylogyrus* étudiés a diminué selon le modèle I>V>IV>VI>VII>III>II indiquant que la première et la deuxième paire de crochetons ont été les plus et les moins robustes respectivement.

Toutes les espèces du genre *Dactylogyrus* récoltées dans cette étude ont constitué cinq groupes de parasites appartenant aux espèces *Dactylogyrus aspili*, *D. nyongensis*, *D. mendehei*, *D. valeti* et *D. cesalaensis* n. sp. (KMO = 0,89 ; p = 0,0000 ; **figure 30**). *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis*, parasites d'*Enteromius guirali*, s'avèrent morphologiquement très proches. *Dactylogyrus aspili* et *D. cesalaensis* n. sp. qui infestent *Enteromius aspilus* ont représenté deux populations éloignées de par les caractères morphométriques analysés (**figure 30**).

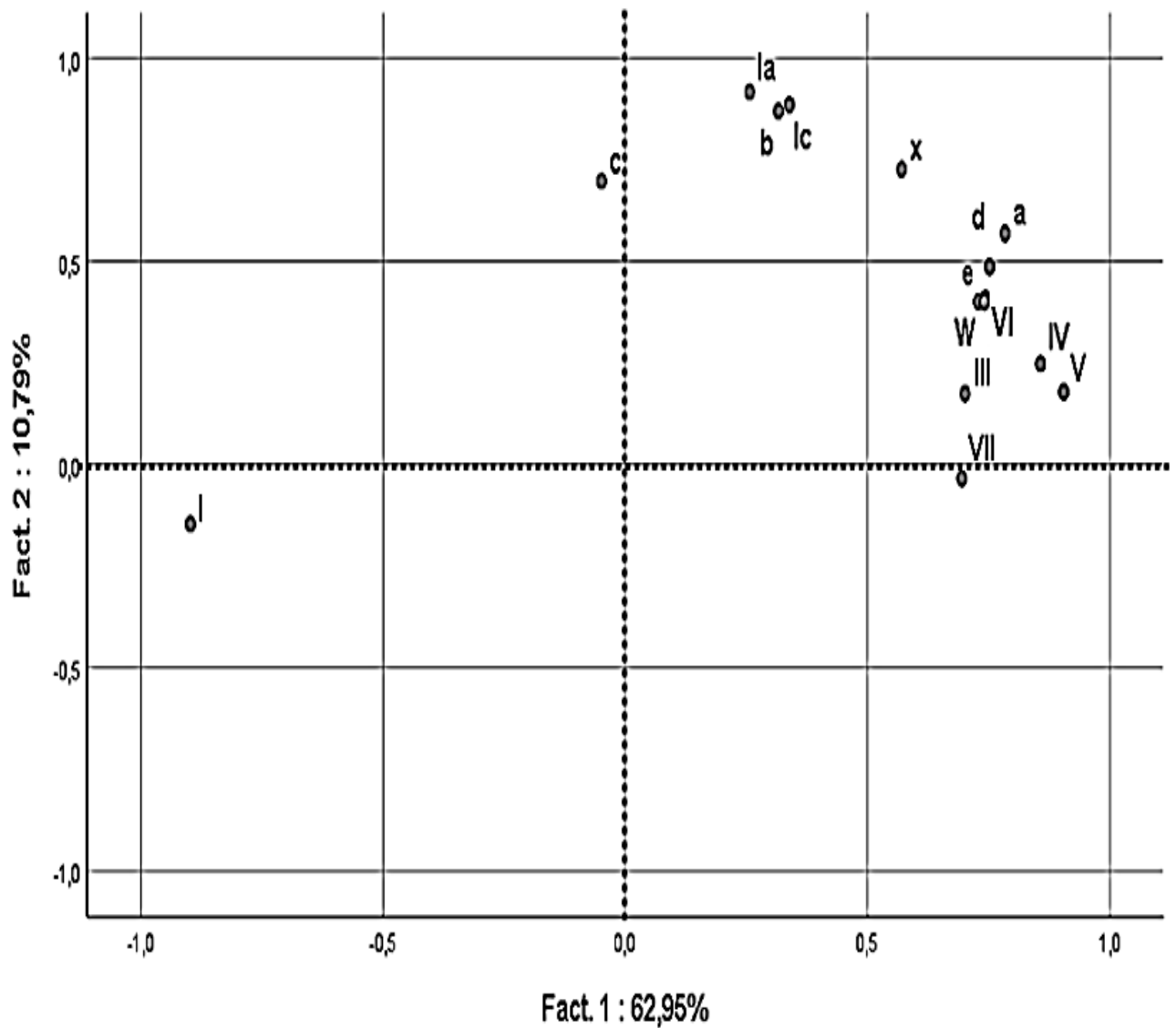


Figure 29 : Analyse en Composantes Principales (ACP) des données morphométriques

Légende : **a** = longueur totale du crochet ; **b** = longueur de la lame ; **c** = longueur du manche ; **d** = longueur de la garde ; **e** = longueur de la pointe ; **I, III, IV, V, VI, VII** = longueur totale des différents crochets ; **x** = longueur de la barre transversale ; **w** = largeur de la barre transversale ; **lc** = longueur du cirre ; **la** = longueur de la pièce accessoire

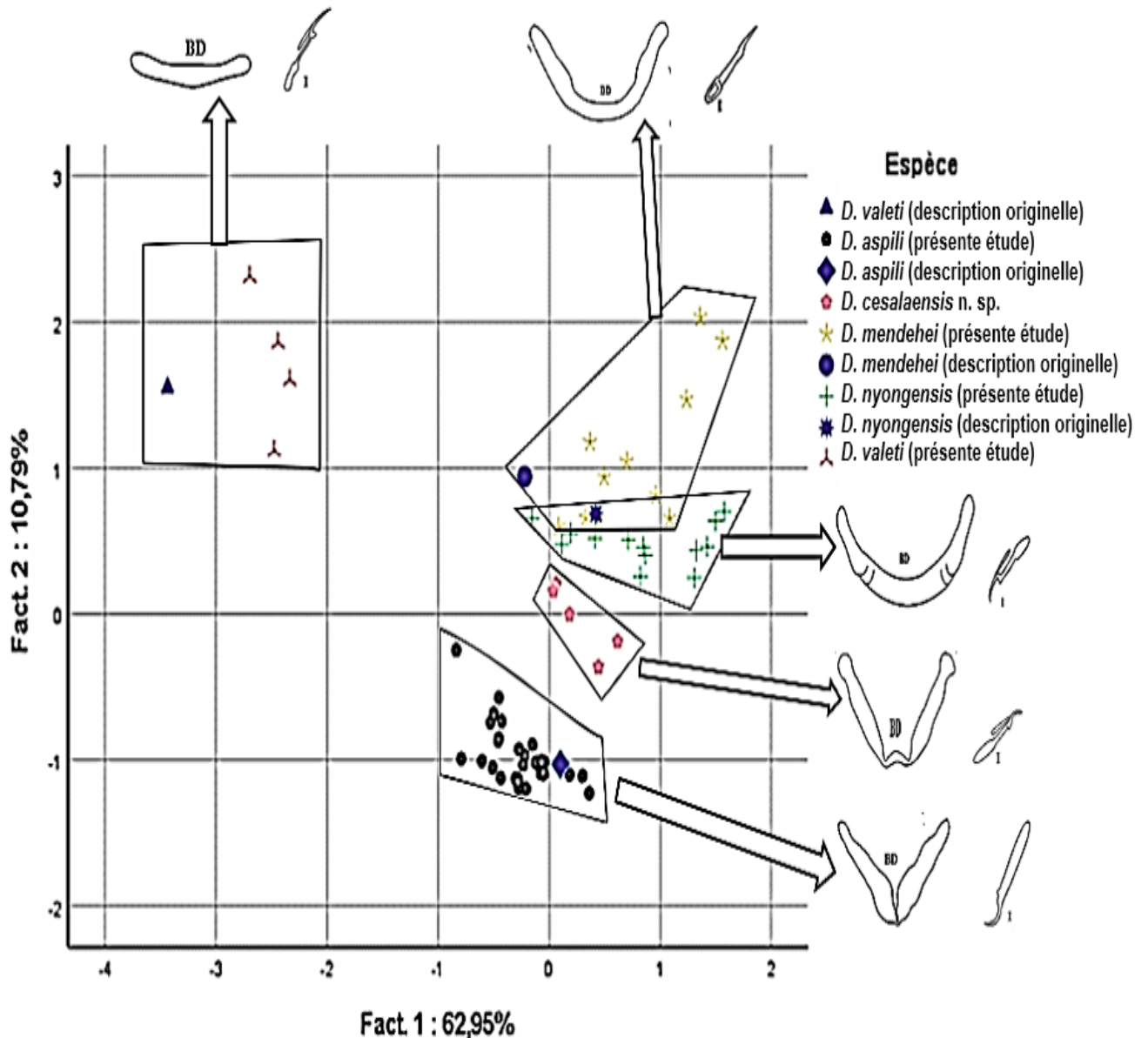


Figure 30 : Variation des caractères morphométriques des populations de monogènes étudiés dans la rivière Cesala

Légende : BD = barre transversale dorsale ; I = crocheton I

III-1-2- Analyse de la structure du biotope des monogènes branchiaux étudiés et de la condition physiologique d'*Enteromius guirali*

III-1-2-1- Analyse de la structure du biotope des monogènes branchiaux étudiés

Que l'on s'intéresse au partage de l'espace entre plusieurs mésoparasites (Bates & Kennedy, 1990, 1991 ; Lebarbenchon *et al.*, 2007) ou ectoparasites (Tombi & Bilong Bilong, 2004), le problème méthodologique initial reste à délimiter les sous-ensembles dans ce biotope (Rohde, 1994). L'analyse de la structure des communautés des parasites doit donc nécessairement

s'accompagner d'une définition correcte et précise des structures spatiales au niveau desquelles l'étude est envisagée (Bilong Bilong, 1995) afin d'établir aisément la relation entre la structure des parasites et celle de leur biotope.

III-1-2-1-1- Biotope des monogènes branchiaux d'*Enteromius aspilus*

La variation du nombre de filaments branchiaux et de la surface filamenteuse a été étudiée sur 64 spécimens capturés dans la rivière Cesala entre juillet 2020 et août 2021. La longueur standard a été comprise entre 55 et 96 mm.

III-1-2-1-1-1- Variation du nombre de filaments branchiaux et de la surface branchiale en fonction du côté

Le nombre moyen de filaments branchiaux par côté a été de $444,82 \pm 26,58$ et $443,42 \pm 26,12$ respectivement sur les côtés gauche et droit chez *Enteromius aspilus* ($t = - 2,41$; $ddl = 195,2$; $p = 0,32$). Ce nombre a progressivement augmenté avec la taille du poisson (**figure 31**) tant à l'échelle de l'hôte que par côté. La multiplication des lamelles primaires a été plus accélérée chez les jeunes spécimens ($LS < 65$ mm) selon le profil d'évolution $Y_{\text{Total}} = 478,72\ln(LS) - 1131,20$; $R^2 = 0,68$. Le coefficient de détermination R^2 a indiqué que le nombre total de ces structures branchiales est positivement corrélé à la taille du poisson. Sur les deux côtés de la cavité branchiale de ce Téléostéen, l'évolution des filaments branchiaux s'est faite selon un modèle exponentiel d'équations $Y_{\text{côté gauche}} = 101,29e^{0,0014LS}$; $R^2 = 0,06$ et $Y_{\text{côté droit}} = 102,15e^{0,0012LS}$; $R^2 = 0,05$.

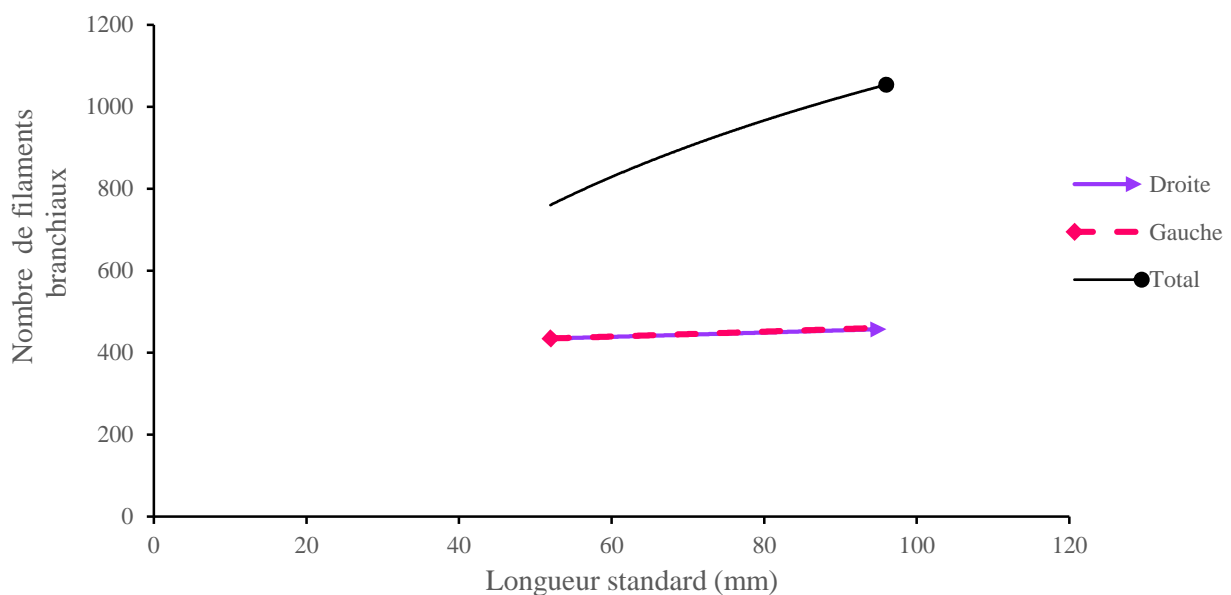


Figure 31 : Évolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la longueur standard d'*Enteromius aspilus*

La surface branchiale totale moyenne colonisable par les parasites a été de $0,066 \pm 0,019$ mm² sur le côté gauche et $0,064 \pm 0,018$ mm² sur le côté droit ($t = -3,14$; $ddl = 4,61$; $p = 0,27$). La surface filamenteuse totale d'une part et celle de chaque côté d'autre part ont graduellement évolué avec la longueur standard du poisson (**figure 32**). Le modèle d'évolution de la surface filamenteuse totale a été **Surface** totale = $0,003LS - 0,01$; $R^2 = 0,38$. L'augmentation de la surface colonisable par les monogènes a été positivement corrélée à celle de la taille du poisson ($r = 0,63$).

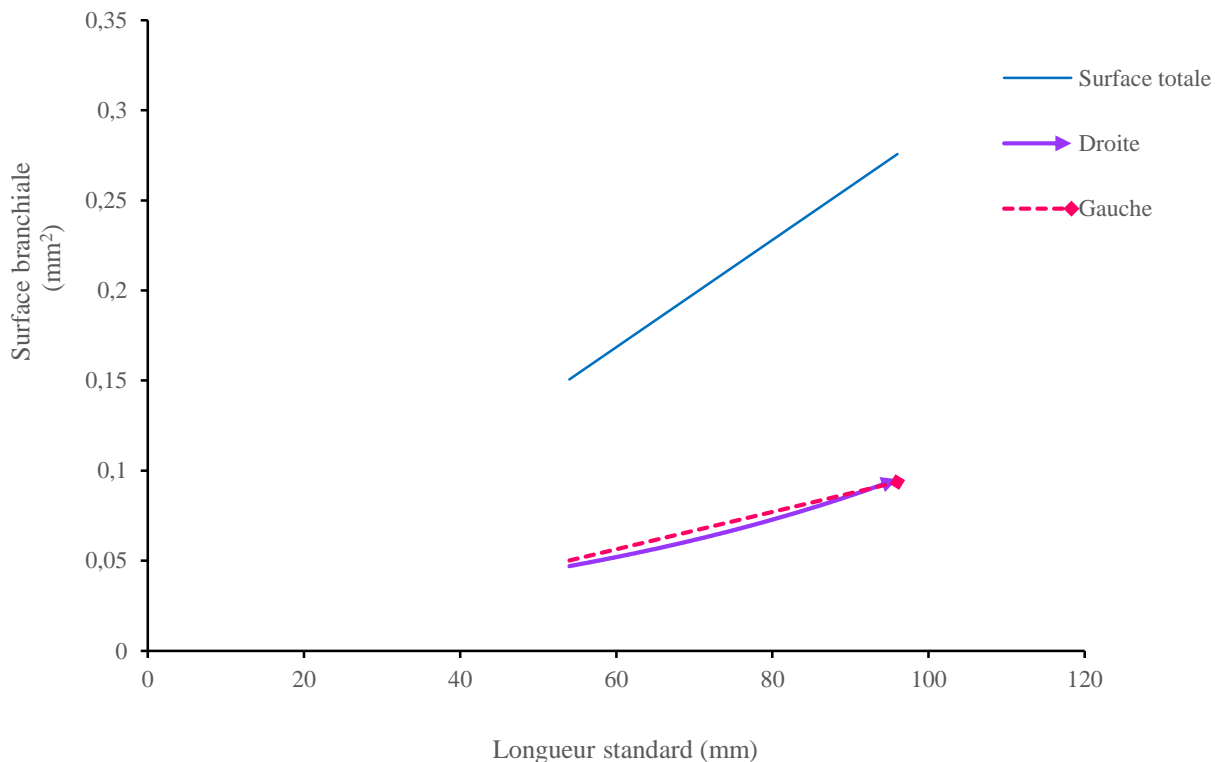


Figure 32 : Évolution de la surface filamenteuse totale et par côté en fonction de la longueur standard d'*Enteromius aspilus*

Les modèles d'évolution de l'aire filamenteuse ont été **Surface** côté gauche = $0,001LS - 0,006$; $R^2 = 0,39$ et **Surface** côté droit = $0,019e^{0,017LS}$; $R^2 = 0,40$. Il ressort de cette étude que les deux côtés du système branchial d'*Enteromius aspilus* sont équivalents et se modifient au fur et à mesure que le poisson augmente de taille.

III-1-2-1-1-2- Variation du nombre de filaments et de la surface en fonction de l'arc branchial

Par arc branchial, le nombre moyen de lamelles primaires a été de $112,54 \pm 7,57$ (arc I) ; $116,10 \pm 8,48$ (arc II) ; $114,12 \pm 8,76$ (arc III) et $101,96 \pm 7,03$ (arc IV). La comparaison faite entre ces valeurs a révélé une différence significative ($F = 45,54$; $ddl = 126$; $p = 0,004$). Prises deux à deux, la comparaison du nombre moyen de ces structures, résumée sur le **tableau VII**, a permis

d'établir le profil de diminution $A_{II} > A_{III} = A_I > A_{IV}$ indiquant que les arcs II et IV ont porté le plus grand et le plus petit nombre de filaments respectivement.

Tableau VII : Valeurs de p issues du test t de Welch comparant le nombre total moyen de filaments inter-arcs

Arc II	0,008*		
Arc III	0,823	0,016*	
Arc IV	0,0000*	0,0000*	0,0000*
	Arc I	Arc II	Arc III

Légende : * = significatif

Au cours de la croissance d'*Enteromius aspilus*, le nombre de lamelles primaires des quatre arcs branchiaux a graduellement augmenté avec la taille (**figure 33**) tout en respectant le modèle précédemment établi. Les modèles de multiplication des filaments des différentes holobranchies ont été $Y_{\text{arc I}} = 0,36LS + 87,71$; $R^2 = 0,26$; $Y_{\text{arc II}} = 0,41LS + 87,57$; $R^2 = 0,27$; $Y_{\text{arc III}} = 0,40LS + 86,51$; $R^2 = 0,24$ et $Y_{\text{arc IV}} = 0,32LS + 79,52$; $R^2 = 0,25$. L'évolution du nombre de filaments sur les différentes holobranchies a été positivement corrélée à la taille du spécimen ($r = 0,63$).

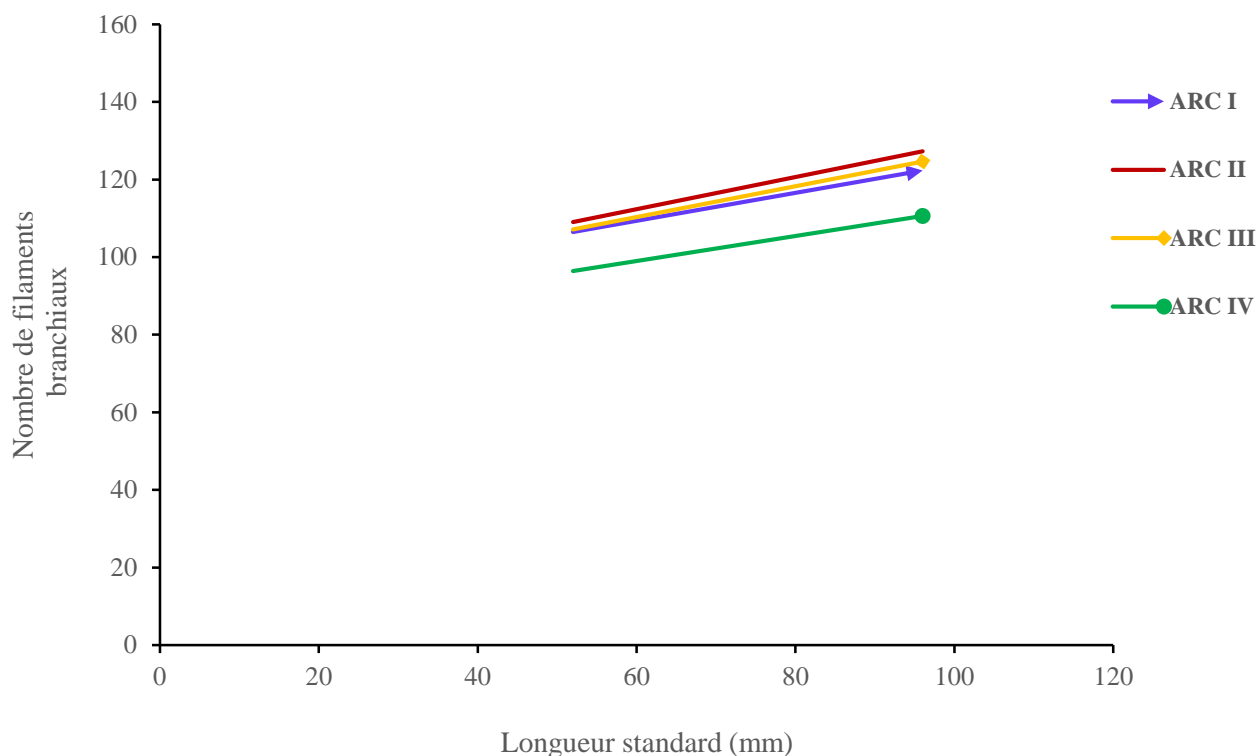


Figure 33 : Évolution du nombre de filaments branchiaux de chaque arc en fonction de la taille d'*Enteromius aspilus*

La surface filamenteuse moyenne (exprimée en mm²) a été de 0,0177 ± 0,0046 (arc I) ; 0,0176 ± 0,0052 (arc II) ; 0,0152 ± 0,0033 (arc III) et 0,0131 ± 0,0021 (arc IV). Elle a statistiquement diminué dans le sens antéropostérieur (F = 16,08 ; ddl = 137 ; p < 0,05). La comparaison deux à deux des aires filamenteuses des divers arcs (**tableau VIII**) a permis d'établir la séquence de diminution **A_I = A_{II} = A_{III} > A_{IV}**, indiquant que l'arc IV a présenté la plus petite surface colonisable (test t de Welch ; p < 0,05).

Tableau VIII : Valeurs de p issues du test t de Welch relatifs à la comparaison des surfaces filamenteuses inter-arcs

Arc II	0,78		
Arc III	0,49	0,18	
Arc IV	0,000*	0,000*	0,000*
	Arc I	Arc II	Arc III

Légende : * = significatif

La surface branchiale offerte par holobranchie a augmenté progressivement au cours de la croissance du poisson. Quelle que soit la taille considérée, le profil d'évolution de la surface filamenteuse de chaque arc a respecté le modèle établi en amont (**figure 34**). Les équations qui décrivent ce phénomène sont les suivantes : **Surface arc I** = 0,0006LS^{1,0582} ; R² = 0,37 ; **Surface arc II** = 0,0005LS^{1,0949} ; R² = 0,39 ; **Surface arc III** = 0,0004LS^{1,1284} ; R² = 0,39 et **Surface arc IV** = 0,0004LS^{1,0818} ; R² = 0,31.

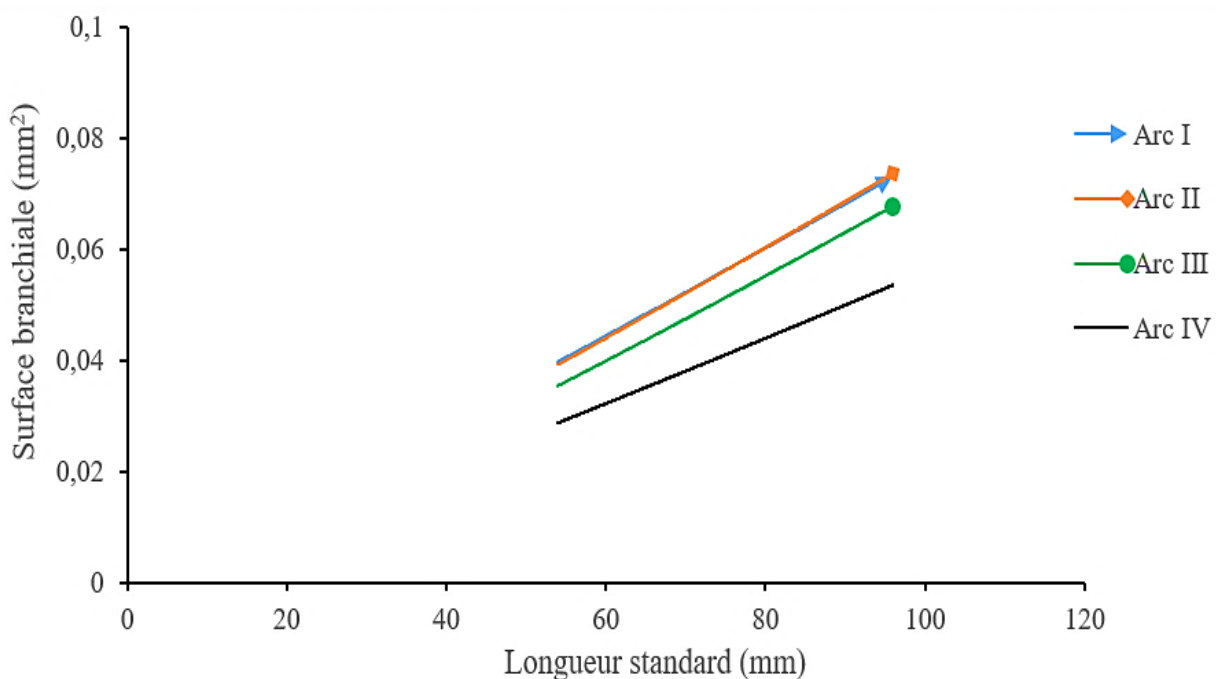


Figure 34 : Évolution de la surface branchiale par holobranchie en fonction de la taille de l'hôte

III-1-2-1-1-3- Variation du nombre de filaments et de la surface branchiale par hémibranchie

Sans distinction d'arcs branchiaux, le nombre moyen des filaments a été de $55,48 \pm 5,66$ (hémibranchie antérieure) et $55,70 \pm 5,75$ (hémibranchie postérieure). La comparaison de ces valeurs a révélé une différence non significative ($t = -1,64$; $ddl = 173,31$; $p = 0,47$). Le nombre de filaments de l'hémibranchie antérieure et postérieure a été respectivement de $57,50 \pm 4,73$ et $58,50 \pm 4,19$ pour l'arc I ; $59,50 \pm 4,85$ et $60,50 \pm 5,03$ pour l'arc II ; $62,50 \pm 3,93$ et $62,50 \pm 4,57$ pour l'arc III ; $51,00 \pm 3,62$ et $52,50 \pm 3,27$ pour l'arc IV. La comparaison deux à deux du nombre moyen de lamelles primaires de toutes les hémibranchies de la cavité branchiale d'*Enteromius aspilus* résumée au **tableau IX** a conduit à la séquence de diminution $HA_3 = HP_3 > HP_2 = HA_2 = HP_1 = HA_1 > HP_4 = HA_4$ indiquant que les deux faces de chaque holobranchie ont statistiquement été équivalentes en ce qui concerne le nombre de filaments branchiaux.

Tableau IX: Valeurs de p obtenues par le test t de Welch comparant deux à deux les nombres moyens des filaments inter-hémibranchies de toute la cavité branchiale d'*Enteromius aspilus*

HP₁	0,839						
HA₂	0,175	0,495					
HP₂	0,219	0,239	0,843				
HA₃	0,000*	0,016*	0,001*	0,001*			
HP₃	0,000*	0,004*	0,000*	0,001*	0,352		
HA₄	0,004*	0,000*	0,002*	0,003*	0,002*	0,007*	
HP₄	0,009*	0,001*	0,004*	0,000*	0,015*	0,004*	0,185
	HA₁	HP₁	HA₂	HP₂	HA₃	HP₃	HA₄

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure ; **HP** = hémibranchie postérieure ; * = significatif

Le nombre de lamelles primaires de chaque hémibranchie a augmenté avec la taille du poisson et quelle que soit la taille d'*Enteromius aspilus*, les hémibranchies antérieure et postérieure ont arboré un nombre équivalent de ces structures (**figure 35**). Par hémibranchie, le nombre de filaments a évolué suivant un modèle logarithmique d'équations $Y_{\text{hémibranchie antérieure}} = 60,34 \ln(LS) - 143,57$; $R^2 = 0,69$ et $Y_{\text{hémibranchie postérieure}} = 60,40 \ln(LS) - 143,39$; $R^2 = 0,67$.

Sans distinction d'arcs branchiaux, la surface filamenteuse moyenne a été de $(0,006 \pm 0,001)$ mm² et $(0,007 \pm 0,002)$ mm² respectivement pour les hémibranchies antérieure et postérieure. La comparaison de ces valeurs a donné une différence non significative ($t = 1,17$; $ddl = 6,73$; $p = 0,54$). La surface filamenteuse (exprimée en mm²) de l'hémibranchie antérieure et postérieure de chaque arc a été respectivement de $0,0065 \pm 0,0034$ et $0,0069 \pm 0,0026$ pour l'arc I ; $0,0065 \pm 0,0027$

et $0,0068 \pm 0,0032$ pour l'arc II ; $0,0052 \pm 0,0029$ et $0,0053 \pm 0,0026$ pour l'arc III ; $0,0039 \pm 0,0013$ et $0,0036 \pm 0,0011$ pour l'arc IV. La comparaison de la surface filamenteuse de l'ensemble des hémibranchies de la cavité branchiale d'*Enteromius aspilus* a donné une différence significative ($F = 12,37$; ddl = 216 ; $p = 0,0000$). La comparaison deux à deux des surfaces des hémibranchies (**tableau X**) a conduit à la séquence de diminution $HP_1 = HP_2 > HA_1 = HA_2 = HP_3 = HA_3 > HA_4 > HP_4$ montrant que la face postérieure de l'arc IV a statistiquement été plus petite.

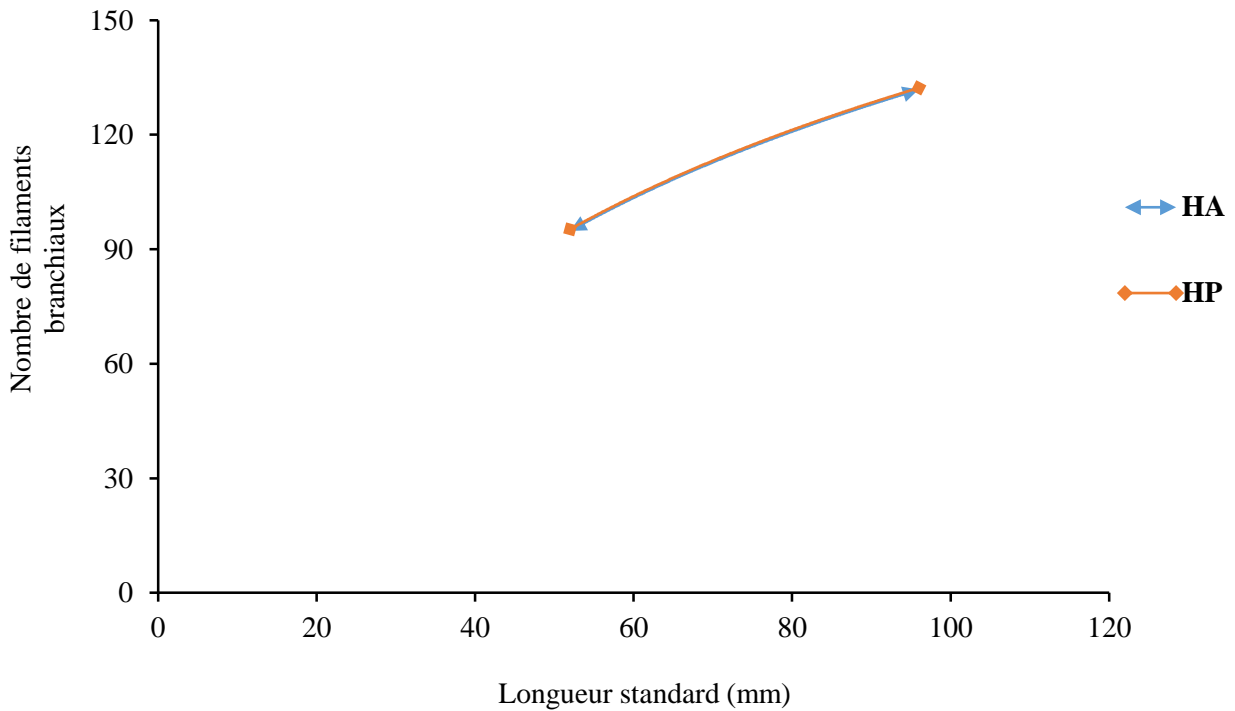


Figure 35 : Évolution du nombre de filaments par hémibranchie en fonction de la taille d'*Enteromius aspilus*

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure, **HP** = hémibranchie postérieure

Au cours de la croissance de ce Téléostéen, les profils de croissance des hémibranchies antérieure et postérieure ont été identiques (**figure 36**). La variation de l'aire filamenteuse colonisable par les parasites sur chaque face des différents arcs s'est traduite par un modèle linéaire d'équations **Surface hémibranchie antérieure** = $0,01LS^{0,60}$; $R^2 = 0,10$ et **Surface hémibranchie postérieure** = $0,01LS^{0,59}$; $R^2 = 0,09$.

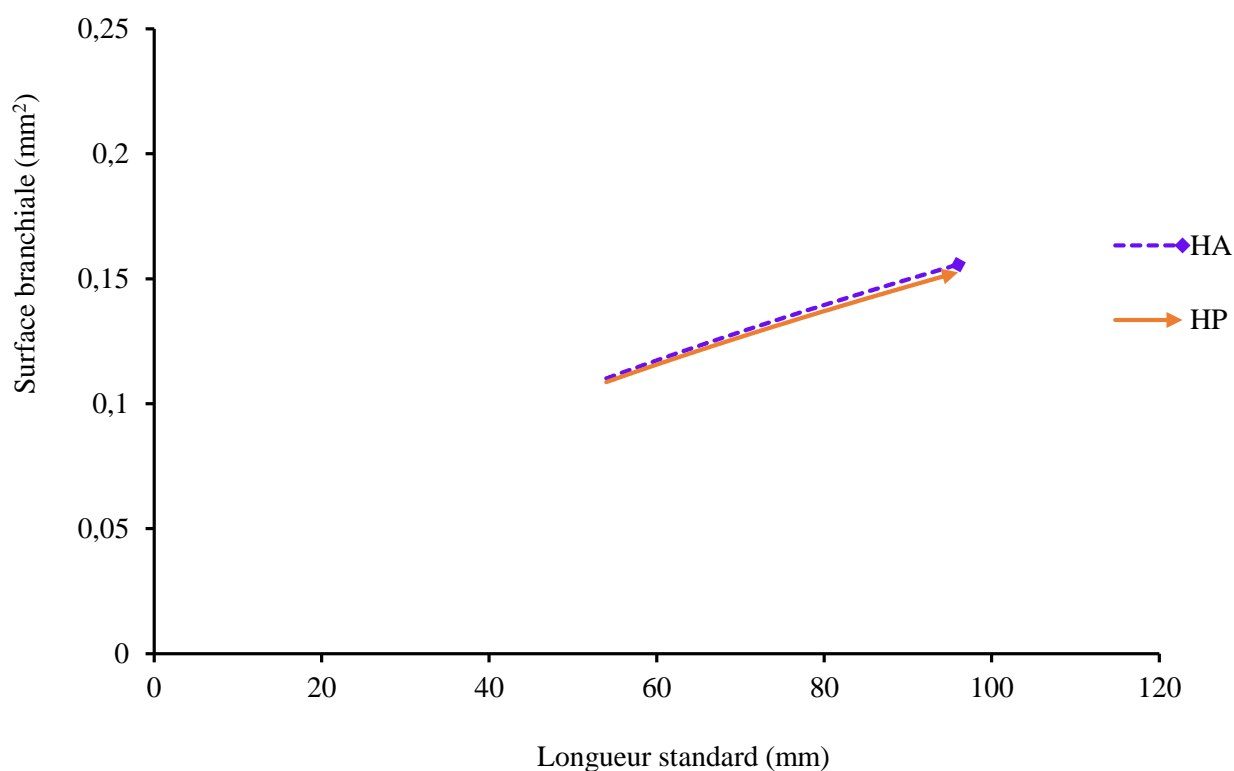


Figure 36 : Évolution de la surface de chaque hémibranchie en fonction de la taille du poisson

Légende : HA = hémibranchie antérieure ; HP = hémibranchie postérieure

Tableau X : Valeurs de p obtenues par le test t de Welch comparant deux à deux les surfaces filamenteuses inter-hémibranchies de toute la cavité branchiale d'*Enteromius aspilus*

HP₁	0,569						
HA₂	0,823	0,218*					
HP₂	0,000*	0,945	0,984				
HA₃	0,453	0,032*	0,274	0,000*			
HP₃	0,748	0,027*	0,487	0,657	0,478		
HA₄	0,000*	0,004*	0,000*	0,000*	0,009*	0,000*	
HP₄	0,004*	0,000*	0,002*	0,000*	0,006*	0,039*	0,012*
	HA₁	HP₁	HA₂	HP₂	HA₃	HP₃	HA₄

Légende : HA = hémibranchie antérieure ; HP = hémibranchie postérieure ; * = significatif

III-1-2-1-2- Biotope des monogènes branchiaux d'*Enteromius guirali*

De juin à octobre 2020, au total 136 poissons de longueur standard comprise entre 44 et 96 mm ont été échantillonnés afin d'étudier la variation du nombre de filaments branchiaux et celle de la surface filamenteuse.

III-1-2-1-2-1- Variation du nombre de filaments et de la surface par côté du poisson

Les lamelles primaires se sont uniformément réparties sur les côtés gauche ($435,07 \pm 49,08$) et droit ($434,82 \pm 48,71$) d'*Enteromius guirali* ($t = 1,19$; ddl = 169,31 ; $p = 0,73$). La surface filamenteuse moyenne du côté gauche ($0,067 \pm 0,019$) mm² et celle du côté droit ($0,065 \pm 0,019$) mm² ont également été statistiquement identiques ($t = - 2,17$; ddl = 3,52 ; $p = 0,61$).

Le nombre total de filaments branchiaux et la surface filamenteuse totale d'une part et par côté d'autre part ont progressivement augmenté avec la taille d'*Enteromius guirali* (**figures 37 et 38**). Le profil de croissance des filaments en fonction de la taille a été identique sur les deux côtés (**figure 37**). Les modèles qui décrivent l'évolution du nombre de ces lamelles primaires sont : $Y_{\text{total}} = 495,74\ln(\text{LS}) - 1206,60$; $R^2 = 0,73$; $Y_{\text{côté droit}} = 40,78\text{LS}^{0,56}$; $R^2 = 0,74$ et $Y_{\text{côté gauche}} = 248,29\ln(\text{LS}) - 604,95$; $R^2 = 0,73$. Il apparaît que la multiplication de ces structures a été plus accélérée chez les jeunes spécimens.

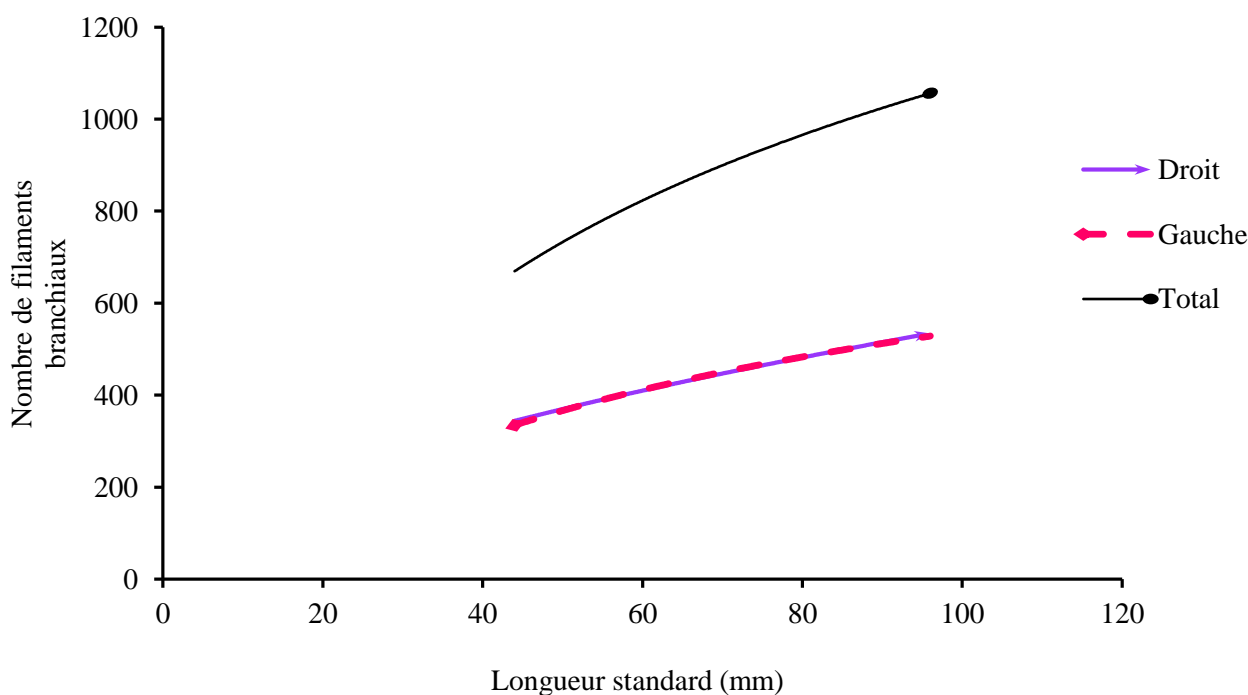


Figure 37 : Évolution du nombre de filaments total et par côté en fonction de la taille d'*Enteromius guirali*

Le modèle d'évolution de l'aire filamenteuse totale est linéaire et se traduit par l'équation **Surface totale** = 0,0033LS - 0,03 ; R² = 0,43. Jusqu'à la longueur standard égale à 85 mm, la surface filamenteuse du côté gauche a été légèrement plus grande que celle du côté droit (**figure 38**). Au-delà de cette taille, la valeur de ce paramètre est restée identique sur les deux parties du poisson. Les ajustements qui traduisent ces observations sont les suivantes : **Surface côté gauche** = 0,0011LS - 0,01 ; R² = 0,43 et **Surface côté droit** = 0,0003LS^{1,2839} ; R² = 0,44.

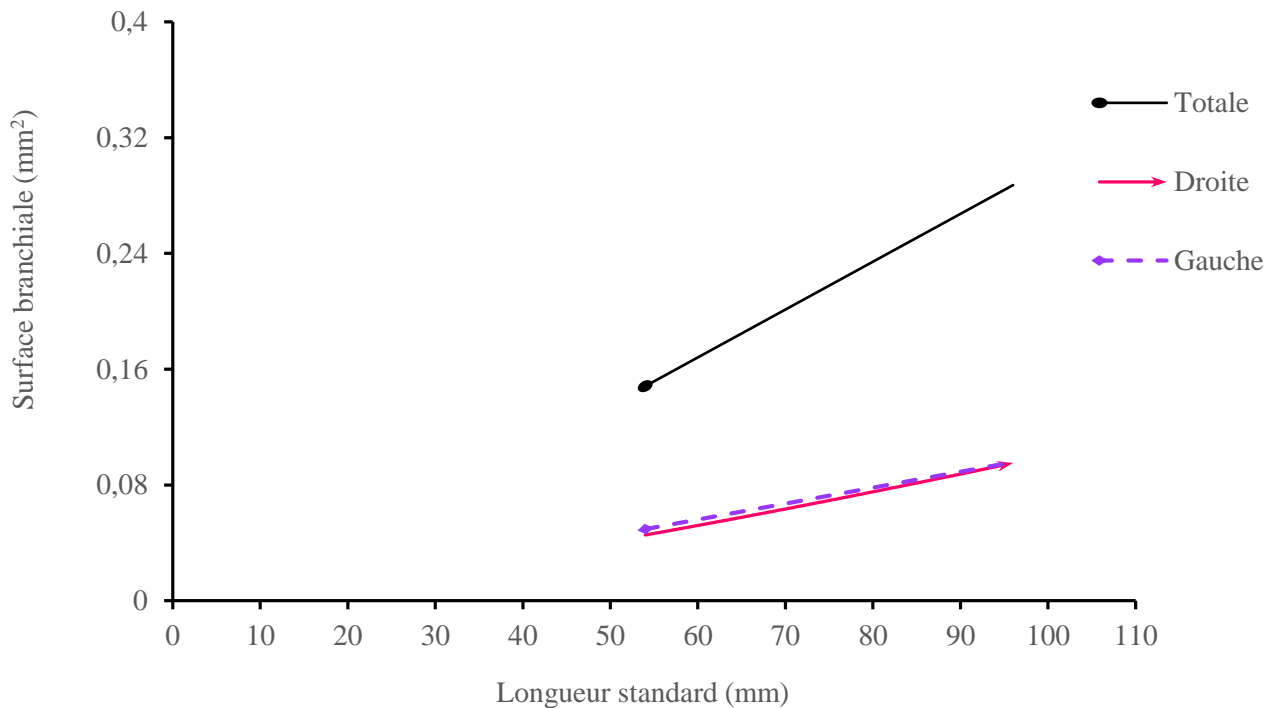


Figure 38 : Évolution de la surface branchiale totale et par côté en fonction de la taille d'*Enteromius guirali*

III-1-2-1-2-2- Variation du nombre de filaments et de la surface branchiale en fonction de l'arc

Le nombre total moyen de filaments a été de 220,35 ± 21,41 (arc I) ; 226,80 ± 25,23 (arc II) ; 222,83 ± 24,48 (arc III) et 200,15 ± 18,95 (arc IV). L'arc IV a statistiquement présenté moins de filaments (F = 52,49 ; ddl = 198 ; p = 0,0003). La comparaison du nombre de filaments entre les différents arcs branchiaux pris deux à deux (**tableau XI**) a permis d'établir le modèle de diminution **A_{II} > A_{III} > A_I > A_{IV}**, indiquant que l'arc II et l'arc IV ont porté le plus grand et le plus petit nombre de filaments respectivement (p < 0,05).

Tableau XI : Valeurs de p issues du test t de Welch comparant le nombre total moyen de filaments inter-arcs de la cavité branchiale d'*Enteromius guirali*

Arc II	0,0046*		
Arc III	0,0000*	0,0000*	
Arc IV	0,0000*	0,0000*	0,0000*
	Arc I	Arc II	Arc III

Légende : * = significatif

Au cours de la croissance d'*Enteromius guirali*, le nombre de filaments a graduellement augmenté sur chaque arc. Quelle que soit la taille du poisson, l'arc IV a porté moins de filaments (**figure 39**). Chez *Enteromius guirali*, le nombre de lamelles primaires des différents arcs branchiaux a varié selon les équations logarithmiques suivantes : $Y_{\text{Arc I}} = 118,51\ln(\text{LS}) - 276,19$; $R^2 = 0,74$; $Y_{\text{Arc II}} = 139,28\ln(\text{LS}) - 356,58$; $R^2 = 0,73$; $Y_{\text{Arc III}} = 133,83\ln(\text{LS}) - 337,70$; $R^2 = 0,70$ et $Y_{\text{Arc IV}} = 104,13\ln(\text{LS}) - 236,15$; $R^2 = 0,66$. Les valeurs de R^2 par holobranchie ont indiqué que l'évolution du nombre de filaments branchiaux par arc est corrélée à la taille d'*Enteromius guirali*.

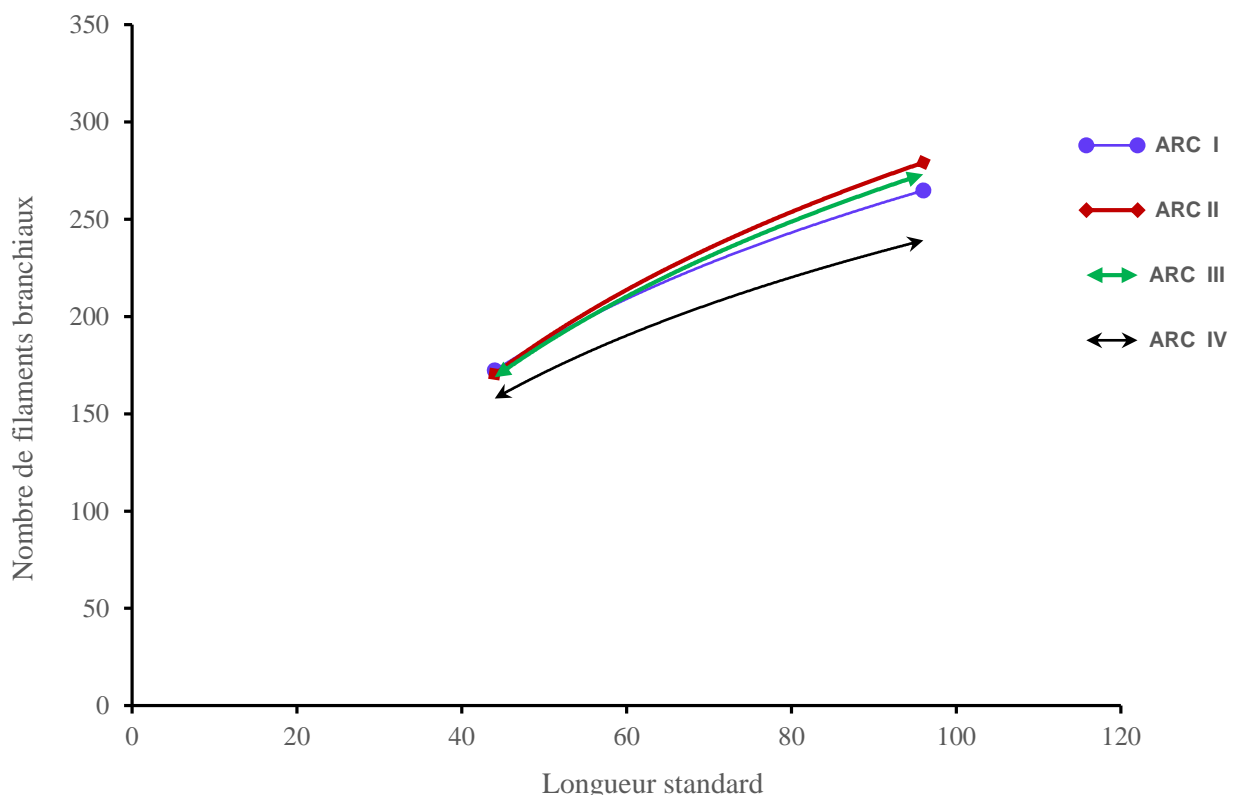


Figure 39 : Évolution du nombre de filaments par arc en fonction de la taille du poisson

Suivant le gradient transversal, la surface branchiale colonisable (exprimée en mm^2) a été de $0,036 \pm 0,021$ (arc I) ; $0,035 \pm 0,020$ (arc II) ; $0,033 \pm 0,019$ (arc III) et $0,028 \pm 0,018$ (arc IV).

La comparaison globale de ces valeurs a révélé une différence significative ($F = 10,91$; $ddl = 70$; $p = 0,0002$). La comparaison des surfaces branchiales moyennes inter-arcs (**tableau XII**) a indiqué que les arcs I et II ont statistiquement offert une aire filamenteuse identique (test t de Welch ; $p > 0,05$) ; supérieure à celles des arcs III et IV (test t de Welch ; $p < 0,05$). L'arc IV a toujours présenté la plus petite surface filamenteuse. En somme, sur le gradient transversal, la séquence de diminution des surfaces branchiales d'*Enteromius guirali* a été $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$, indiquant que la surface filamenteuse moyenne a diminué dans le sens antéropostérieur.

Tableau XII : Valeurs de p issues du test t de Welch comparant les surfaces filamenteuses inter-arcs

Arc II	0,23		
Arc III	0,0000*	0,0000*	
Arc IV	0,0000*	0,0000*	0,0000*
	Arc I	Arc II	Arc III

Légende : * = significatif

La surface filamenteuse de chaque holobranchie a progressivement augmenté avec la taille du poisson jusqu'à l'âge adulte tout en respectant le modèle établi plus haut (**figure 40**). Les équations qui expliquent mieux cette évolution sont : **Surface arc I** = $0,019e^{0,018LS}$; $R^2 = 0,45$; **Surface arc II** = $0,019e^{0,018LS}$; $R^2 = 0,46$; **Surface arc III** = $0,019e^{0,017LS}$; $R^2 = 0,42$ et **Surface arc VI** = $0,014e^{0,018LS}$; $R^2 = 0,35$.

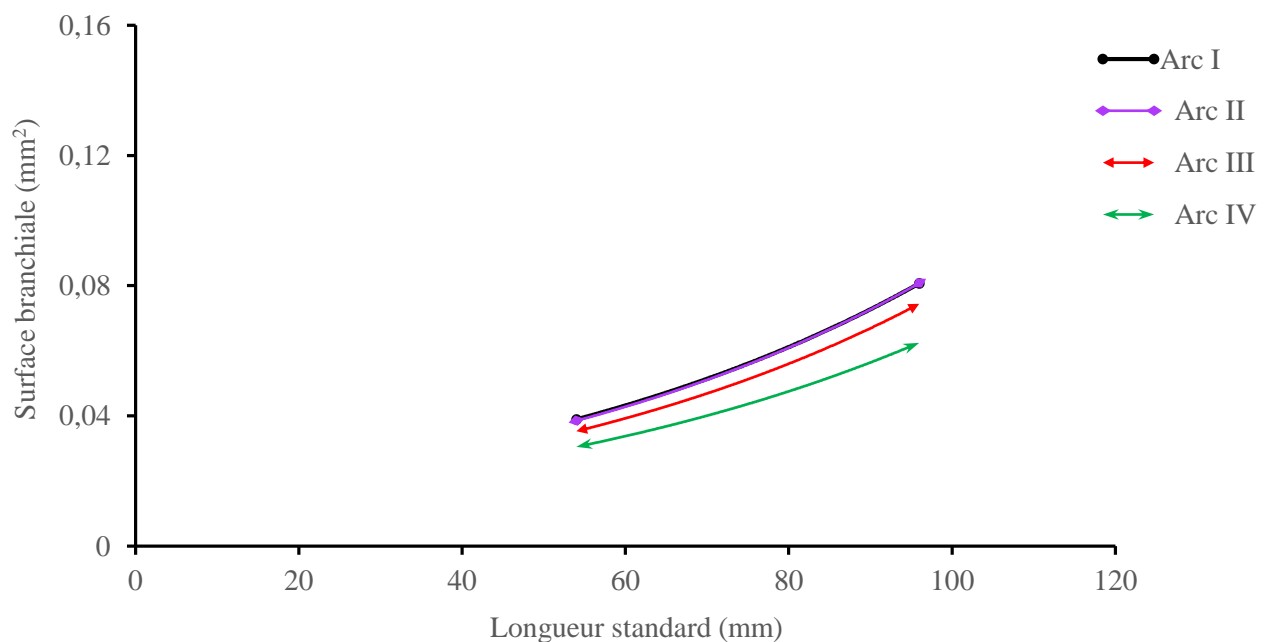


Figure 40 : Évolution de la surface branchiale de chaque arc en fonction de la taille du poisson

III-1-2-1-2-3- Variation du nombre de filaments et de la surface en fonction de l'hémibranchie

Sans distinction d'arcs ni de côtés, le nombre total moyen de filaments par hémibranchie a été égal à $103,43 \pm 9,83$ (hémibranchie antérieure) et $114,23 \pm 12,90$ (hémibranchie postérieure). La comparaison de ces valeurs a révélé une différence significative ($t = -13,42$; $ddl = 215,72$; $p = 0,000$). L'hémibranchie postérieure de chaque arc branchial a arboré plus de lamelles primaires (**Figure 41**). La comparaison du nombre total moyen de filaments branchiaux inter-hémibranchies (**tableau XIII**) a permis d'établir la séquence de diminution $HP_2 > HP_3 > HP_1 > HA_2 > HA_1 > HA_3 = HP_4 > HA_4$ montrant que l'hémibranchie antérieure de l'arc IV a été la plus petite.

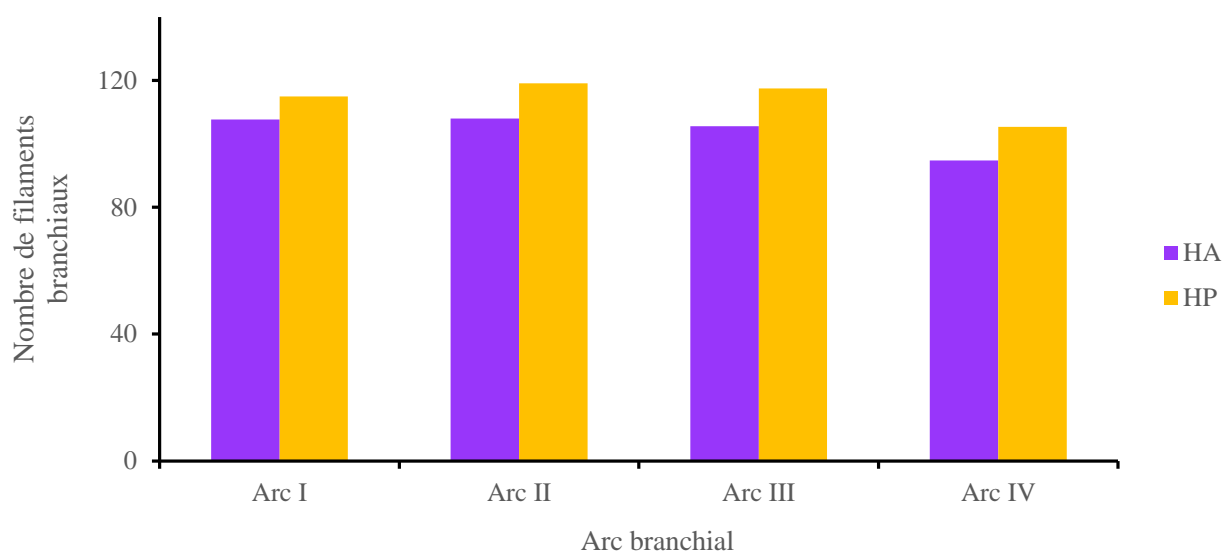


Figure 41 : Variation du nombre moyen de filaments branchiaux par hémibranchie

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure ; **HP** = hémibranchie postérieure

Tableau XIII : Valeurs de p obtenues après comparaison des nombres moyens des filaments inter-hémibranchies par le test t de Welch

HP₁	0,000*						
HA₂	0,013*	0,000*					
HP₂	0,002*	0,008*	0,019*				
HA₃	0,018*	0,011*	0,001*	0,027*			
HP₃	0,001*	0,007*	0,009*	0,004*	0,003*		
HA₄	0,036*	0,009*	0,038*	0,001*	0,014*	0,031*	
HP₄	0,721	0,013*	0,006*	0,000*	0,332	0,024*	0,000*
	HA₁	HP₁	HA₂	HP₂	HA₃	HP₃	HA₄

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure ; **HP** = hémibranchie postérieure ; * = significatif

Chez *Enteromius guirali*, le nombre total moyen de filaments par hémibranchie a lentement augmenté avec la longueur standard. Par ailleurs, l'hémibranchie postérieure a toujours porté plus de lamelles primaires que son homologue antérieur (**figure 42**). Les équations qui expliquent cette évolution sont : $Y_{\text{hémibranchie antérieure}} = 0,04LS + 100,74$; $R^2 = 0,002$ et $Y_{\text{hémibranchie postérieure}} = 0,07LS + 109,69$; $R^2 = 0,004$.

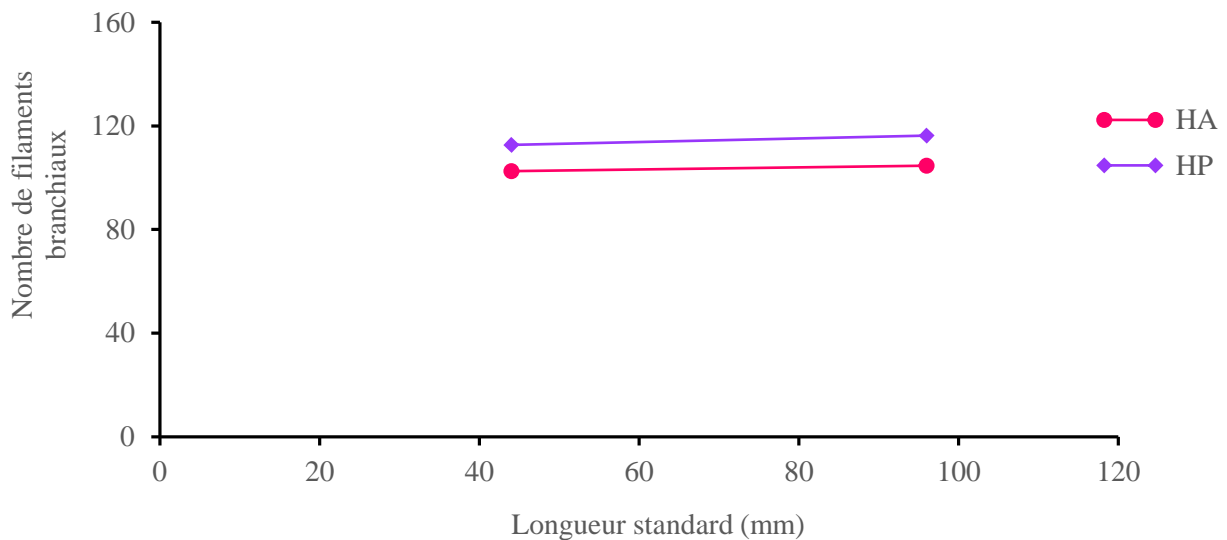


Figure 42 : Évolution du nombre de filaments branchiaux par hémibranchie en fonction de la taille du poisson

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure, **HP** = hémibranchie postérieure.

La surface filamenteuse moyenne a été de $(0,028 \pm 0,011)$ mm² pour l'hémibranchie antérieure et de $(0,037 \pm 0,009)$ mm² pour l'hémibranchie postérieure. La comparaison de ces valeurs a indiqué que l'hémibranchie postérieure a statistiquement été plus large ($t = - 2,72$; $ddl = 8,53$; $p = 0,003$). Par holobranchie, l'hémibranchie antérieure a été la plus petite (**figure 43**). Les résultats du test t de Welch comparant les surfaces filamenteuses moyennes des différentes hémibranchies de la cavité branchiale d'*Enteromius guirali* prises deux à deux (**tableau XIV**) ont conduit au modèle de variation suivant $HP_1 = HP_2 = HA_1 = HA_2 > HP_3 > HA_3 > HP_4 > HA_4$ indiquant que l'hémibranchie antérieure de l'arc IV a été la plus petite.

L'hémibranchie antérieure (**figure 44**) a été plus large que son homologue postérieur chez les poissons de taille inférieure à 70 mm. Au-delà de cette longueur standard, l'hémibranchie postérieure a toujours été plus large. L'évolution de la surface filamenteuse de l'hémibranchie antérieure s'est mieux ajustée au modèle $S_{HA} = 0,068e^{0,009LS}$; $R^2 = 0,11$ et celle de l'hémibranchie postérieure au modèle $S_{HP} = 0,0006LS^{1,2584}$; $R^2 = 0,49$.

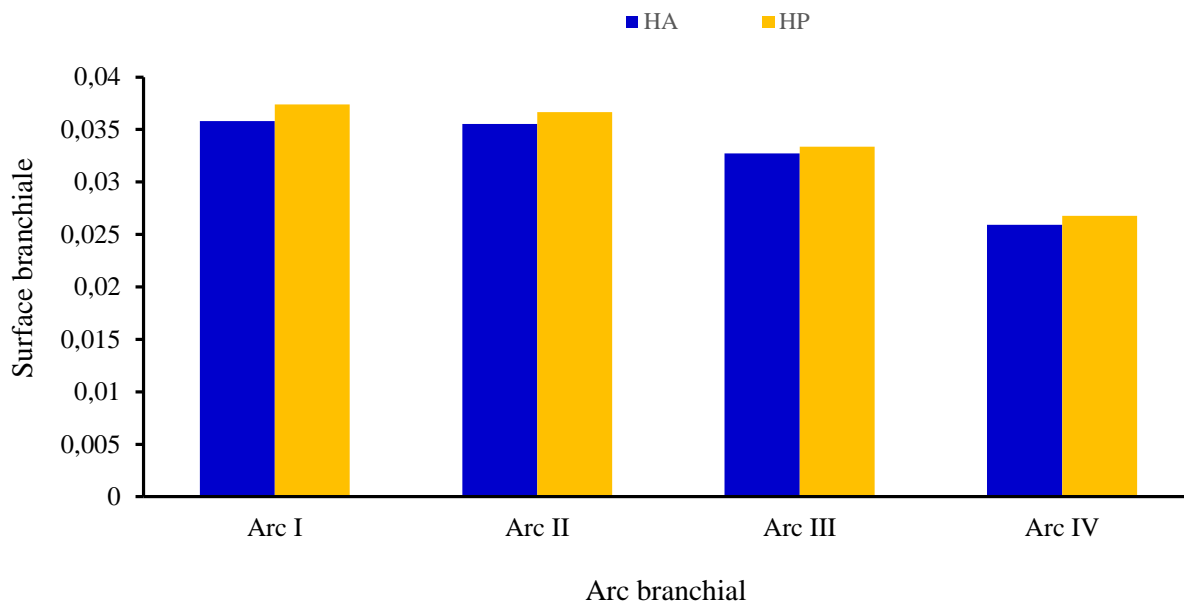


Figure 43 : Variation de la surface branchiale par hémibranchie

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure ; **HP** = hémibranchie postérieure

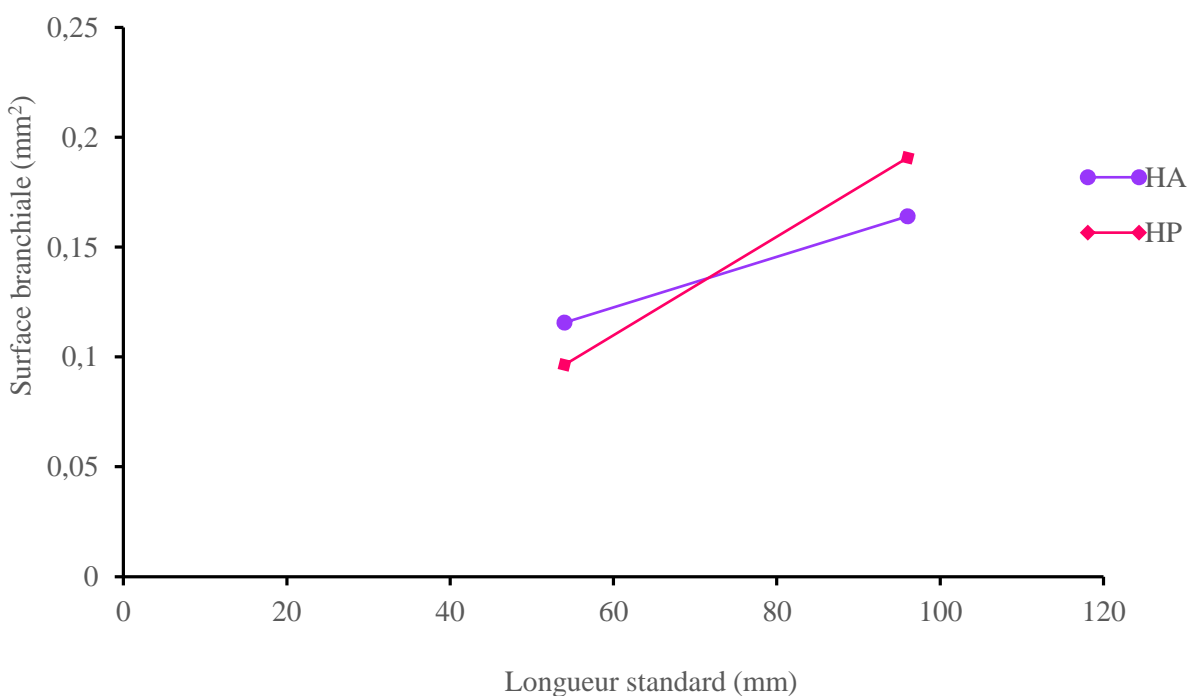


Figure 44 : Évolution de la surface branchiale de chaque hémibranchie en fonction de la taille du poisson

Légende : **HA** = hémibranchie antérieure ; **HP** = hémibranchie postérieure

Tableau XIV : Valeurs de p obtenues après comparaison des surfaces filamenteuses moyennes des différentes hémibranchies de la cavité branchiale d'*Enteromius guirali* prises deux à deux par le test t de Welch

HP₁	0,42						
HA₂	0,28	0,59					
HP₂	0,87	0,31	0,92				
HA₃	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*			
HP₃	0,03*	0,00*	0,01*	0,00*	0,00*		
HA₄	0,00*	0,03*	0,00 *	0,00*	0,00*	0,00*	
HP₄	0,00*	0,01*	0,02*	0,00*	0,00*	0,01*	0,00*
	HA₁	HP₁	HA₂	HP₂	HA₃	HP₃	HA₄

Légende : HA = hémibranchie antérieure; HP = hémibranchie postérieure ; * = significatif

III-1-2-2- Analyse de la relation taille/masse chez *Enteromius guirali*

III-1-2-2-1- Modèle de croissance d'*Enteromius guirali* dans la population totale

Sur un total de 450 spécimens capturés, la masse a varié de 0,7-26 g et la taille de 44-122 mm. En moyenne, la masse a été de $5,99 \pm 1,04$ g et la taille de $75,29 \pm 9,36$ mm. La **figure 45** montre une augmentation graduelle de la masse des poissons avec leur taille.

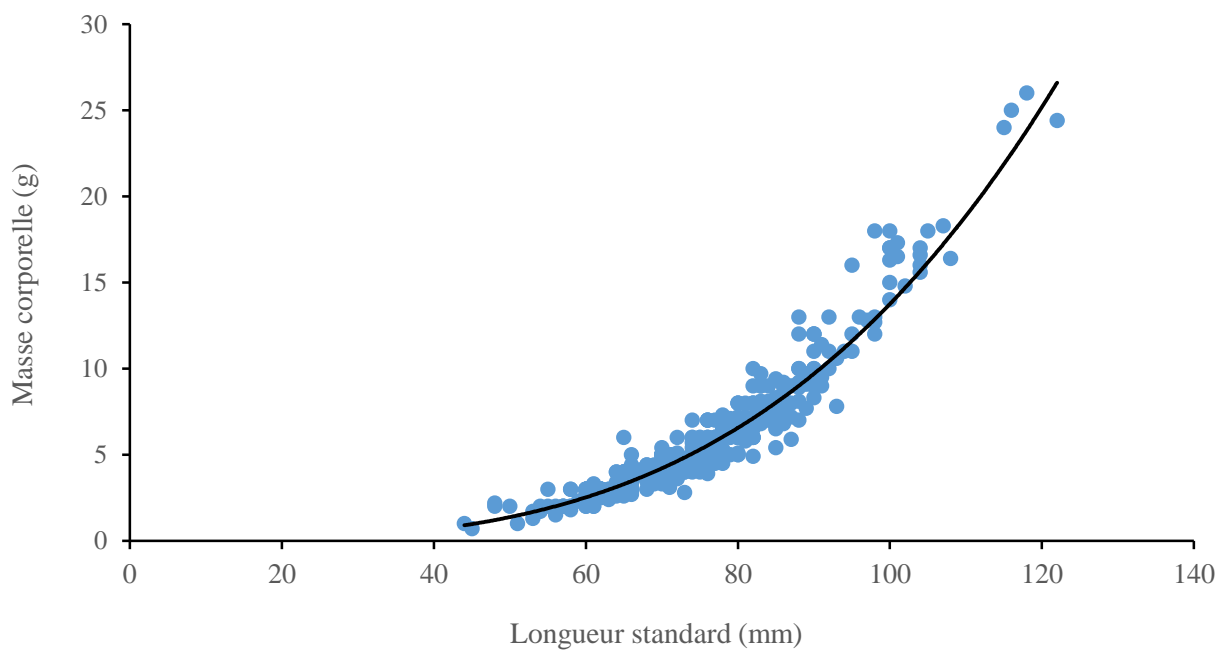


Figure 45 : Variation de la masse corporelle en fonction de la taille du poisson

L'équation de régression reliant la masse à la taille d'*Enteromius guirali* a été $Y = 3 \cdot 10^{-6}LS^{3,318}$ avec $R^2 = 0,92$. La valeur de b a révélé une allométrie majorante ou positive ($b > 3$; test t de Student : $t = 8,4$; $p = 0,000$). Toutefois, la transformation des données sous la forme logarithmique ($Y = 3,32 \log(LS) - 2,52$) a montré une forte corrélation ($r = 0,96$) entre l'augmentation de la masse corporelle et la taille de ce Téléostéen.

III-1-2-2-2- Modèle de croissance des femelles d'*Enteromius guirali*

Pour les 189 femelles échantillonnées, la longueur standard a varié de 53-122 mm et la masse de 1,3-24,4 g. La taille moyenne a été de $78,46 \pm 19,58$ mm et la masse corporelle moyenne de $6,92 \pm 1,74$ g. La **figure 46** indique que la masse augmente avec la taille du poisson.

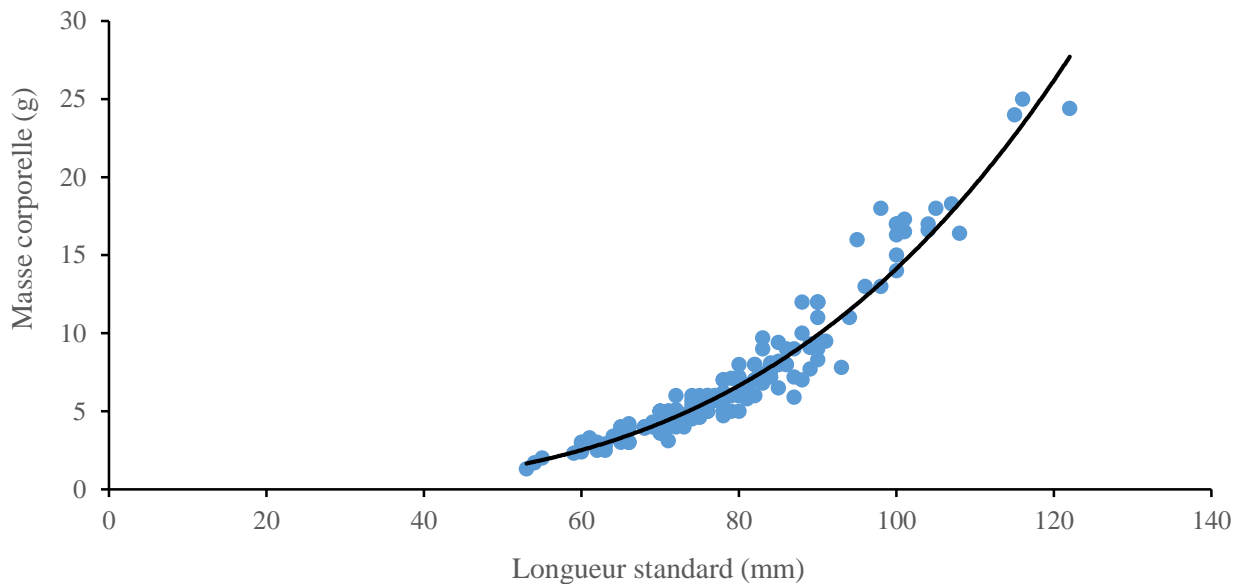


Figure 46 : Variation de la masse corporelle en fonction de la taille des spécimens femelles

L'équation de régression caractérisant l'évolution de la masse corporelle et la taille des femelles a été $Y = 2 \cdot 10^{-6}LS^{3,3856}$ avec $R^2 = 0,94$ traduisant une allométrie majorante ou positive ($b > 3$; test t de Student : $t = 8,01$; $p = 0,000$) avec pour équation d'allométrie : $Y = 3,38 \log(LS) - 5,70$. La corrélation a été forte ($r = 0,97$) entre la croissance en masse corporelle et en taille des femelles.

III-1-2-2-3- Modèle de croissance des mâles d'*Enteromius guirali*

Les paramètres biométriques (longueur standard et masse) mesurés sur un total de 261 spécimens mâles ont varié de 1-26 g (masse corporelle) et de 44-118 mm (taille). La masse et la taille moyennes ont été de $5,33 \pm 2,17$ g et de $73,00 \pm 14,37$ mm respectivement. La masse corporelle a augmenté graduellement avec la longueur standard du spécimen (**figure 47**). Le nuage de points

(taille/masse) a été ajusté par la courbe d'équation $Y = 4 \cdot 10^{-6}LS^{3,25}$ avec $R^2 = 0,91$ et $b = 3,25$. En comparant cette valeur de b à 3, la différence a été significative (test t de Student ; $p < 0,05$). La croissance de la masse des poissons mâles a été plus importante que la croissance de la taille (allométrie positive ou majorante d'équation $Y = 3,25 \log(LS) - 2,40$). L'évolution de ces deux variables a positivement été corrélée ($r = 0,92$).

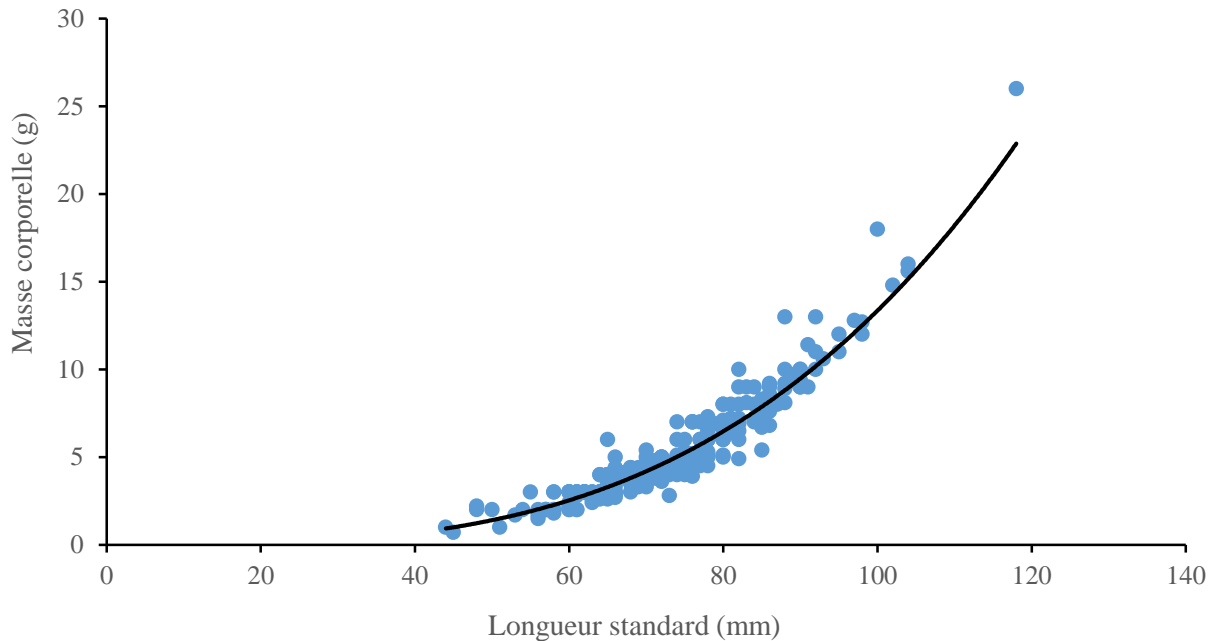


Figure 47 : Variation de la masse corporelle en fonction de la taille des spécimens mâles

III-1-2-3- Coefficient de condition chez *Enteromius guirali*

III-1-2-3-1- Coefficient de condition des différentes catégories de poissons échantillonnés

Le facteur de condition global d'*Enteromius guirali* a été de $K = 1,27 \pm 0,06$. En fonction du sexe, ce coefficient a été de $1,55 \pm 0,84$ pour les femelles et $1,64 \pm 0,06$ pour les mâles. La valeur de ce paramètre a été plus élevée chez les spécimens de taille inférieure à 65mm ($K = 1,67 \pm 0,26$) que ceux de taille supérieure ou égale à 65mm ($K = 1,37 \pm 0,19$). Les individus n'ayant pas hébergé de parasites ont montré un coefficient de condition $K = 1,53 \pm 0,07$ tandis que ce coefficient a été $1,08 \pm 0,15$ pour les spécimens parasités. Dans tous les cas, le facteur de condition K a été supérieur à 1.

Le coefficient de condition relatif (K_r) a été de : $1,07 \pm 0,03$ pour la totalité des individus ; $1,46 \pm 0,16$ et $1,34 \pm 0,11$ respectivement pour les femelles et les mâles ; $1,45 \pm 0,17$ pour les individus de taille inférieure à 65mm ; $1,28 \pm 0,31$ pour ceux de taille supérieure ou égale à 65mm ; $1,32 \pm 0,19$ pour les individus non parasités et $1,02 \pm 0,26$ pour les parasités. Il apparaît que la valeur de ce paramètre a été plus faible pour les poissons ayant hébergé des parasites.

III-1-2-3-2- Variation longitudinale du coefficient de condition chez *Enteromius guirali*

Le coefficient de condition a peu fluctué au cours de la période d'étude. Sa valeur minimale ($1,08 \pm 0,03$) a été obtenue en juillet 2021 tandis que la maximale ($1,43 \pm 0,21$) a été enregistrée en juillet 2020 (**figure 48**).

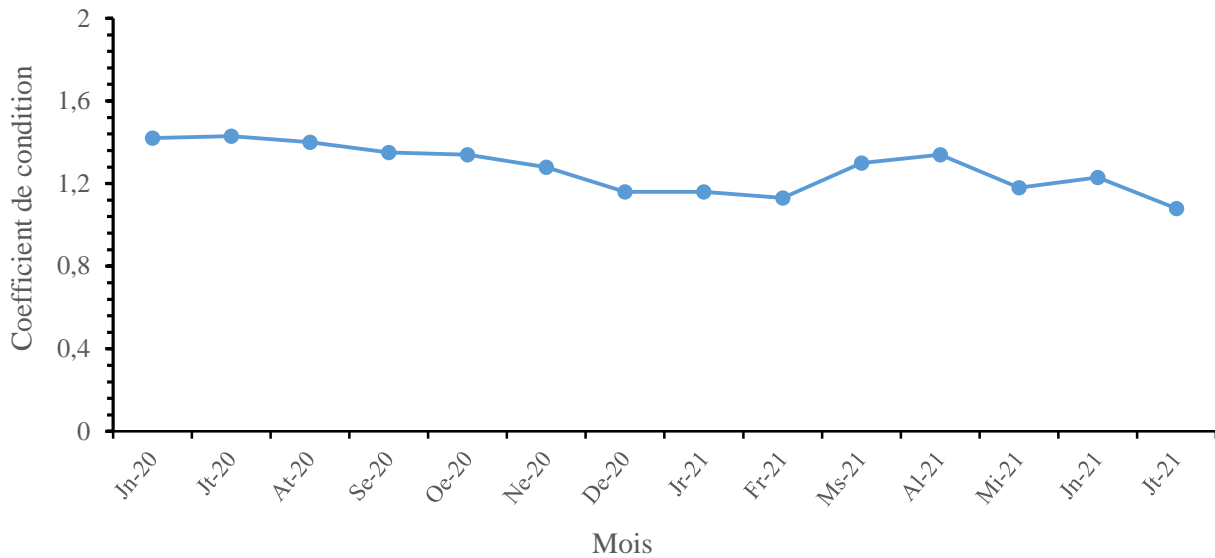


Figure 48 : Variation mensuelle du coefficient de condition chez *Enteromius guirali*

Légende : **Jn-20** = juin 2020 ; **Jt-20** = juillet 2020 ; **At-20** = Août 2020 ; **Se-20** = septembre 2020 ; **Oe-20** = octobre 2020 ; **Ne-20** = novembre 2020 ; **De-20** = décembre 2020 ; **Jr-21** = janvier 2021 ; **Fr-21** = février 2021 ; **Ms-21** = mars 2021 ; **Al-21** = avril 2021 ; **Mi-21** = mai 2021 ; **Jn-21** = juin 2021 ; **Jt-21** = juillet 2021

En fonction des saisons, ce coefficient a été égal à $1,43 \pm 0,21$ (petite saison sèche), $1,15 \pm 0,06$ (grande saison sèche), $1,34 \pm 0,09$ (grande saison des pluies) et $1,27 \pm 0,13$ (petite saison des pluies). Il apparait que dans l'ensemble, la masse corporelle des poissons a été faible en grande saison sèche.

III-1-2-3-3- Variation du coefficient de condition chez *Enteromius guirali* en fonction du sexe

Mensuellement, ce facteur a varié de $1,13 \pm 0,15$ (mai 2021) à $1,44 \pm 0,02$ (juillet 2020) chez les femelles et de $1,02 \pm 0,37$ (juillet 2021) à $1,42 \pm 0,04$ (juillet 2020) chez les mâles. Tout au long de la période d'étude, la valeur de K a varié de manière similaire chez les individus des deux sexes (**figure 49**).

En fonction des saisons, le facteur K a été plus élevé ($K = 1,43 \pm 0,05$ dans les deux sexes) lors de la petite saison sèche 1 (juin - juillet 2020) et plus faible pendant la grande saison sèche ($K = 1,11 \pm 0,71$ pour les mâles et $K = 1,20 \pm 0,19$ pour les femelles). En somme, la variation saisonnière du coefficient K a été identique chez les individus des deux sexes.

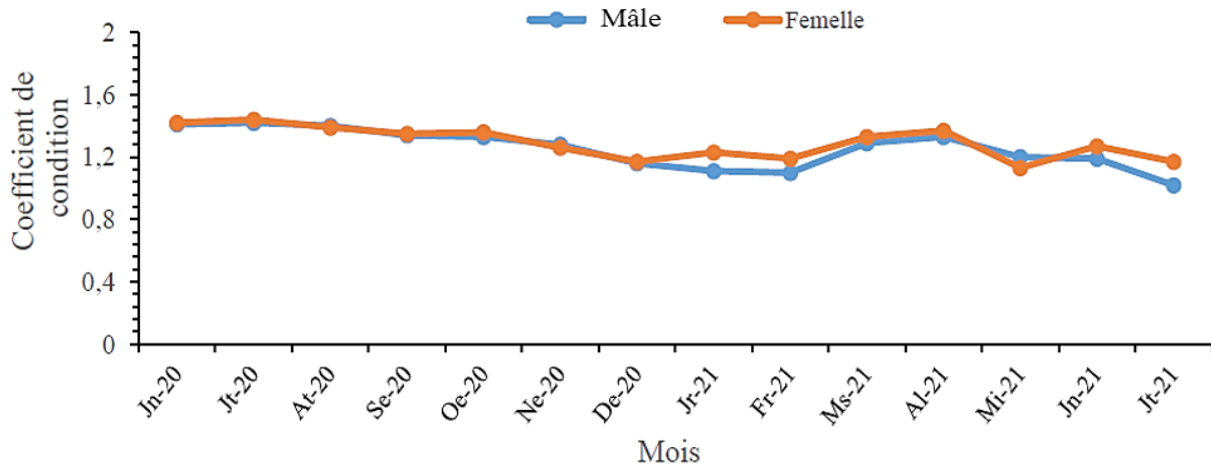


Figure 49 : Variation mensuelle du coefficient de condition en fonction du sexe

Légende : Jn-20 = juin 2020 ; Jt-20 = juillet 2020 ; At-20 = Août 2020 ; Se-20 = septembre 2020 ; Oe-20 = octobre 2020 ; Ne-20 = novembre 2020 ; De-20 = décembre 2020 ; Jr-21 = janvier 2021 ; Fr-21 = février 2021 ; Ms-21 = mars 2021 ; Al-21 = avril 2021 ; Mi-21 = mai 2021 ; Jn-21 = juin 2021 ; Jt-21 = juillet 2021

III-1-3- Caractérisation de la distribution spatio-temporelle des monogènes branchiaux d'*Enteromius aspilus* et *Enteromius guirali*

III-1-3-1- Répartition des monogènes branchiaux chez *Enteromius aspilus*

De juillet 2020 à août 2021, 64 spécimens d'*E. aspilus* ont été capturés dans la rivière Cesala. La longueur standard a été comprise entre 55 et 96 mm et la répartition en fonction du sexe a donné 34 mâles et 30 femelles, soit une sex-ratio de 1,13 en faveur des mâles.

III-1-3-1-1- Présentation de la xénocommunauté étudiée chez *Enteromius aspilus*

Les filaments branchiaux d'*Enteromius aspilus* ont été colonisés par *Dactylogyrus aspili* et *D. cesalaensis* n. sp.. Des 64 poissons examinés, 4 ont été indemnes de tous monogènes tandis que chacun des 60 parasités en a hébergé de 1 à 34. Une infestation monospécifique a été enregistrée chez 10 individus hôtes alors que les 50 autres ont connu une infestation bispécifique.

Au total, 531 monogènes ont été récoltés dont 312 *D. aspili* et 219 *D. cesalaensis* n. sp.. Sans distinction d'espèces, le taux d'infestation a été de 93,75% et la charge parasitaire moyenne de $8,85 \pm 7,14$. Par espèce de monogène, le taux d'infestation et l'intensité moyenne ont été de 87,50% et $5,57 \pm 4,39$ pour *D. aspili* ; 84,38% et $4,06 \pm 3,38$ pour *D. cesalaensis* n. sp..

En infestation monospécifique, 6 poissons ont hébergé 21 *D. aspili* et 4 individus hôtes ont été colonisés par 11 *D. cesalaensis* n. sp.. En infestation bispécifique, la charge parasitaire cumulée enregistrée chez les 50 hôtes concernés a été de 499 monogènes, indiquant que la plus grande

biomasse parasitaire a été impliquée dans ce type d'infestation qui a concerné 291 spécimens de *D. aspili* et 208 de l'espèce *D. cesalaensis* n. sp..

Le ratio parasites/hôte a été de 9,98. Il ressort par ailleurs de cette étude (**tableau XV**) que chaque espèce a été distribuée de façon agrégative ($s^2 >$ intensité moyenne). *Dactylogyrus aspili* a été plus fréquent ($\chi^2 = 2,15$; $p = 0,003$) et plus abondant ($U = 91,5$; $p = 0,0002$) en infestation monospécifique.

Tableau XV: Taux d'infestation, intensité moyenne, variance et ratio parasites/hôte de chaque espèce de monogène

Espèce parasite	Infestation monospécifique		Infestation bispécifique	
	<i>D. aspili</i>	<i>D. cesalaensis</i> n. sp.	<i>D. aspili</i>	<i>D. cesalaensis</i> n. sp.
Taux d'infestation	10 %	6,67 %	83,33 %	83,33 %
Charge moyenne	3,50 ± 2,46	2,75 ± 1,78	5,82 ± 4,36	4,16 ± 3,37
Variance	6,06	3,17	19,04	11,36

III-1-3-1-2- Parasitisme en fonction de la taille du poisson

Le taux d'infestation a progressivement diminué alors que le nombre de monogènes récoltés sur les branchies d'*Enteromius aspilus* a augmenté avec la longueur standard du poisson (**figure 50**). Autrement dit, les monogènes ont été très fréquents chez les jeunes spécimens mais plus abondants chez les hôtes adultes. L'augmentation du nombre de monogènes branchiaux chez *E. aspilus* a obéi au modèle $Y = 0,22LS - 6,62$ avec $R^2 = 0,11$.

III-1-3-1-3- Parasitisme en fonction du sexe du poisson

Sans distinction d'espèces, le taux d'infestation a été de 96,67% pour les poissons femelles et 91,17% pour les poissons mâles ($\chi^2 = 94,91$; $p = 0,000$). Les intensités moyennes ont été de $9,07 \pm 6,65$ pour les poissons femelles et $8,65 \pm 7,65$ pour les poissons mâles ($U = 415,5$; $p = 0,61$).

A l'échelle spécifique, les taux d'infestation ont été de 96,67% et 79,41% ($\chi^2 = 77,54$; $p = 0,000$) pour *D. aspili* et de 86,67 % et 82,25% ($\chi^2 = 56,25$; $p = 0,001$) pour *D. cesalaensis* n. sp. respectivement chez les femelles et les mâles. Les intensités moyennes de *D. aspili* ont été de $5,74 \pm 4,94$ pour les mâles et $5,41 \pm 3,74$ pour les femelles ($U = 377,5$; $p = 0,28$). Chez *D. cesalaensis* n. sp., les valeurs de cet indice ont été de $4,04 \pm 3,38$ pour les mâles et $4,08 \pm 3,42$ pour les femelles

(U = 441 ; p = 0,89). Le sexe de l'hôte a uniquement influencé le taux d'infestation des parasites étudiés.

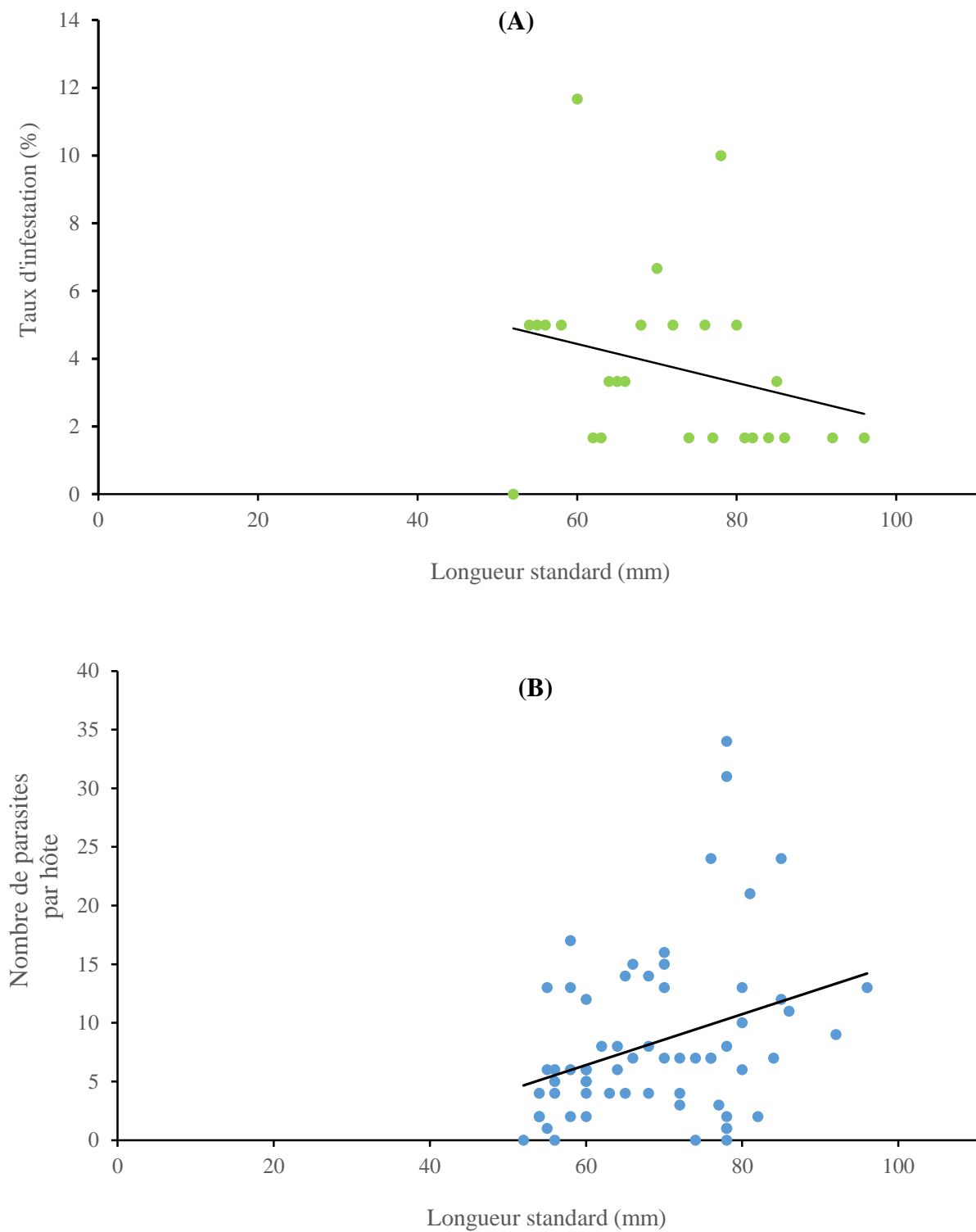


Figure 50 : Évolution du taux d'infestation (A) et du nombre de parasites par hôte (B) en fonction de la longueur standard chez *Enteromius aspilus*

III-1-3-1-4- Parasitisme en fonction du côté du poisson

Les valeurs du taux d'infestation de la xénocommunauté ont été de 89,06% et 90,63% ($\chi^2 = 57,99$; $p = 0,51$) respectivement pour les côtés gauche et droit. Les intensités moyennes ont été de $4,70 \pm 3,94$ et $4,53 \pm 3,63$ ($U = 1988$; $p = 0,77$) pour les côtés gauche et droit respectivement. En fonction de l'espèce parasite, les taux d'infestation ont été de 73,44% et 81,25% ($\chi^2 = 63,48$; $p = 0,21$) pour *D. aspili* et de 70,31% et 79,69% ($\chi^2 = 45,65$; $p = 0,75$) pour *D. cesalaensis* n. sp. respectivement pour les côtés gauche et droit. Les intensités moyennes ont été de $3,36 \pm 2,49$ et $3,00 \pm 2,48$ ($U = 2017$; $p = 0,88$) pour *D. aspili* et de $2,44 \pm 2,16$ et $2,09 \pm 1,58$ ($U = 1857$; $p = 0,35$) pour *D. cesalaensis* n. sp. respectivement pour les côtés gauche et droit.

En définitive, la colonisation des branchies d'*Enteromius aspilus* par les monogènes a été identique sur les deux côtés.

III-1-3-1-5- Parasitisme en fonction de l'arc branchial

Sans distinction d'espèces, les taux d'infestation et les intensités moyennes par holobranchie ont été de 67,18% et $3,02 \pm 2,28$ (arc I) ; 67,18% et $3,33 \pm 2,55$ (arc II) ; 65,63% et $2,21 \pm 1,44$ (arc III) ; 75% et $3,44 \pm 2,86$ (arc IV). La comparaison de ces valeurs a donné une différence non significative tant pour les taux d'infestation ($\chi^2 = 13,52$; $p = 0,48$) que pour les intensités moyennes ($H = 3,86$; $p = 0,28$).

Les taux d'infestation et les intensités moyenne de *D. aspili* ont été de 51,13% et $1,87 \pm 1,24$ (arc I) ; 56,25% et $2,24 \pm 1,42$ (arc II) ; 53,13% et $1,42 \pm 0,81$ (arc III) ; 68,75% et $1,84 \pm 1,19$ (arc IV). Dans l'ensemble, ces deux paramètres sont restés statistiquement non significatifs ($\chi^2 = 21,73$; $p = 0,06$ et $H = 4,11$; $p = 0,25$). Chez *D. cesalaensis* n. sp., les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 48,44% et $1,87 \pm 1,24$ (arc I) ; 50% et $2,09 \pm 1,58$ (arc II) ; 40,63% et $1,42 \pm 0,81$ (arc III) ; 48,44% et $1,84 \pm 1,19$ (arc IV). Les valeurs de chaque indice épidémiologique ont dans l'ensemble été statistiquement égales ($\chi^2 = 17,23$; $p = 0,59$ et $H = 2,24$; $p = 0,52$).

Cette étude indique que chacune des deux espèces s'est uniformément répartie sur les quatre holobranchies.

III-1-3-1-6- Parasitisme en fonction de l'hémibranchie

Sans distinction d'espèces ni d'arcs, les taux d'infestation ont été de 57% et 58% pour les hémibranchies antérieure et postérieure respectivement ($\chi^2 = 62,23$; $p = 0,36$). Au total, 269 ($Im = 4,72 \pm 3,89$) et 262 ($Im = 4,52 \pm 3,79$) monogènes ont été récoltés sur les hémibranchies antérieures et postérieures respectivement ($U = 2001$; $p = 0,82$).

A l'échelle spécifique et sans distinction d'arcs branchiaux, les taux d'infestation et les intensités moyennes de *D. aspili* ont été de 76,56% et $3,27 \pm 2,49$ pour les hémibranchies antérieures ; 78,13% et $3,04 \pm 2,54$ pour les hémibranchies postérieures ($\chi^2 = 64,54$; $p = 0,18$ et $U = 1917$; $p = 0,53$). Les taux d'infestation et les intensités moyennes de *D. cesalaensis* n. sp. ont été de 67,19% et $2,53 \pm 1,97$ pour les hémibranchies antérieures ; 70,31% et $3,27 \pm 1,82$ pour les hémibranchies postérieures ($\chi^2 = 54,31$; $p = 0,42$ et $U = 2017$; $p = 0,84$). Il ressort de cette analyse que ces deux espèces de *Dactylogyrus* se sont distribuées de façon similaire sur les deux faces (hémibranchies) de chaque holobranchie (arc branchial).

La **figure 51** résume les valeurs des taux d'infestation et des intensités moyennes de chacune des deux espèces en fonction de l'hémibranchie. *Dactylogyrus aspili* a semblé plus fréquent sur l'hémibranchie antérieure des arcs II et IV et l'hémibranchie postérieure des arcs I et III mais plus abondante sur l'hémibranchie postérieure des arcs II et IV et antérieure de l'arc III. *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. a semblé plus fréquent sur l'hémibranchie postérieure des arcs I et IV ; l'hémibranchie antérieure des arcs II et III mais plus abondant sur l'hémibranchie antérieure des arcs II, III et IV et postérieure de l'arc I. Le **tableau XVI** indique que la différence est dans chaque cas restée non significative ($p > 0,05$). Autrement dit, les deux espèces ont indifféremment colonisé les deux faces de chaque arc.

Tableau XVI : Résultats des tests χ^2 et U de Mann Whitney comparant les taux d'infestation et les intensités moyennes des deux hémibranchies de chaque arc

Parasite	Arc	Test χ^2	p	Test U	p
<i>D. aspili</i>	I	27,36	0,82	1920	0,49
	II	34,01	0,42	1841	0,25
	III	30,21	0,61	1995	0,77
	IV	50,43	0,21	1957	0,63
<i>D. cesalaensis</i> n. sp.	I	25,32	0,71	1921	0,47
	II	38,56	0,56	1947	0,56
	III	30,29	0,21	2009	0,81
	IV	27,91	0,58	1834	0,63

Légende : p = probabilité

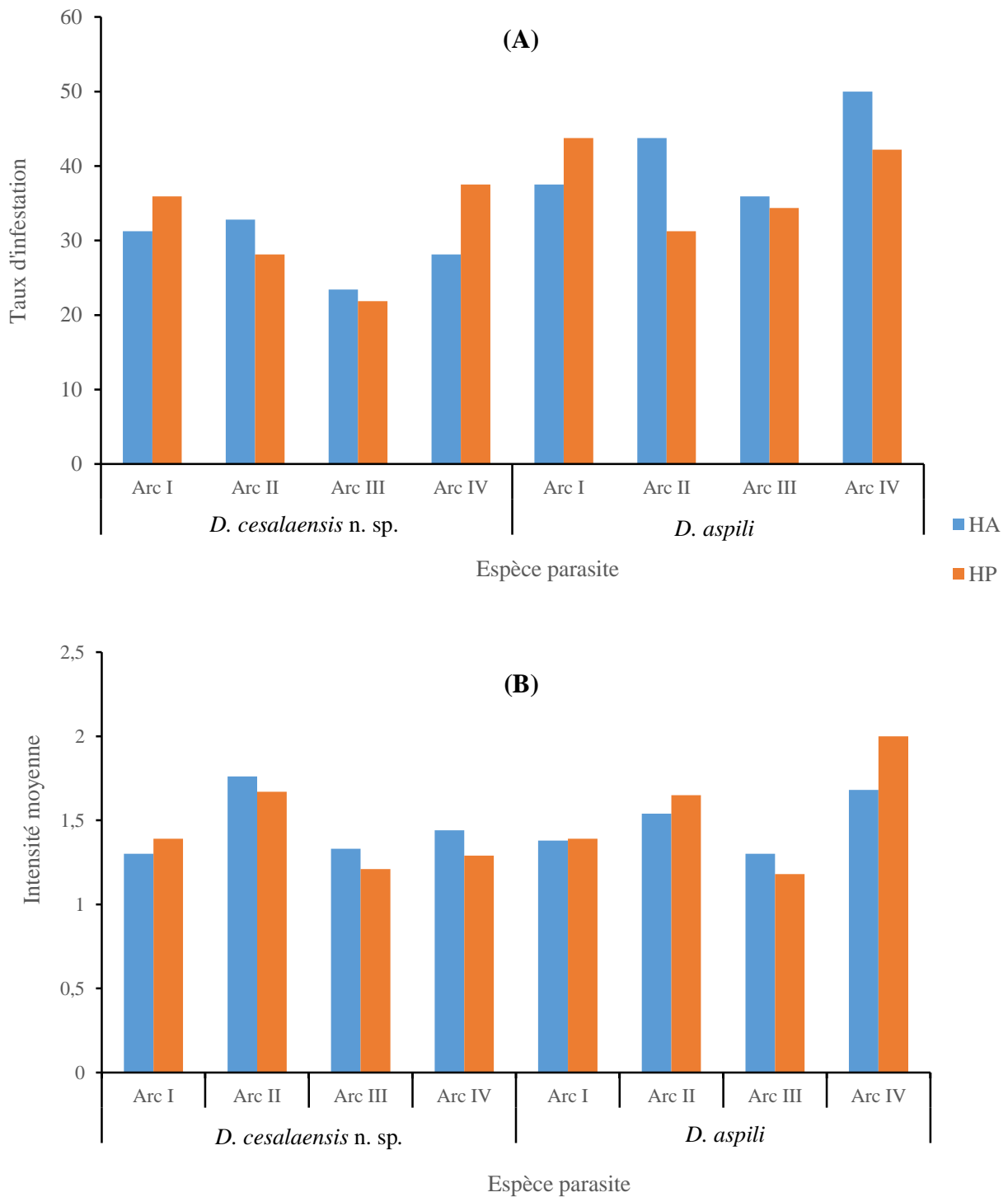


Figure 51 : Variation du taux d'infestation (A) et de l'intensité moyenne (B) en fonction de l'hémibranchie chez *Enteromius aspilus*

Légende : HA = hémibranchie antérieure ; HP = hémibranchie postérieure

III-1-3-1-7- Répartition des monogènes à travers le gradient longitudinal

III-1-3-1-7-1- Distribution de la xénocommunauté

Sans distinction d'espèces, les taux d'infestation et intensités moyennes de la xénocommunauté ont été de 96,88% et $2,83 \pm 1,76$ (secteur dorsal) ; 90,62% et $2,89 \pm 1,96$ (secteur médian) ; 85,94 % et $2,98 \pm 1,82$ (secteur ventral). La comparaison de ces valeurs a donné une différence non significative tant pour les taux d'infestation ($\chi^2 = 23,72$; $p = 0,28$) que pour les intensités moyennes ($H = 0,31$; $p = 0,86$).

III-1-3-1-7-2- Distribution de *Dactylogyrus aspili*

Toutes les holobranchies confondues, les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 81,25% et $1,71 \pm 1,12$ sur le secteur dorsal ; 67,17% et $1,74 \pm 1,15$ sur le secteur médian ; 65,63% et $1,71 \pm 1,12$ sur le secteur ventral ($\chi^2 = 13,53$; $p = 0,04$ et $H = 4,52$; $p = 0,11$).

A l'échelle de l'arc, les taux d'infestation et intensités moyennes de *D. aspili* ont été statistiquement plus élevés sur les secteurs dorsaux (S₁) de toutes les holobranchies et égales sur tous les secteurs médian (S₂) et ventral (S₃) de chaque holobranchie (**tableau XVII**).

III-1-3-1-7-2- Distribution de *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp.

Tous les arcs branchiaux confondus, les taux d'infestation et les intensités moyennes de cette espèce ont été de 68,75% et $1,89 \pm 1,33$; 73,44% et $1,98 \pm 1,27$; 71,86% et $1,98 \pm 1,27$ respectivement pour les secteurs dorsal, médian et ventral ($\chi^2 = 38,08$; $p = 0,64$ et $H = 1,12$; $p = 0,57$). *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. a statistiquement été plus fréquent sur les secteurs médian des arcs I, II et ventral des arcs III, IV (**tableau XVII** ; $p < 0,05$). Ses intensités moyennes ont statistiquement été identiques sur tous les secteurs branchiaux de chaque arc (**tableau XVII** ; $p > 0,05$).

Tableau XVII : Taux d'infestation et intensités moyennes de *Dactylogyrus aspili* et *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. sur le gradient longitudinal

Parasite	Arc	Taux d'infestation (%)			Test χ^2 p	Intensité moyenne (Im \pm s)			Test H p
		S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃	
<i>D. aspili</i>	I	32,81	23,44	20,31	0,00*	1,24 \pm 0,64	1,07 \pm 0,47	1,08 \pm 0,45	0,38
	II	28,13	21,88	26,56	0,00*	1,33 \pm 0,65	1,64 \pm 0,7	1,47 \pm 0,73	0,88
	III	23,44	17,19	15,63	0,00*	1,13 \pm 0,45	1,36 \pm 0,58	1,3 \pm 0,54	0,76
	IV	32,81	28,13	25	0,00*	1,24 \pm 0,64	1,17 \pm 0,56	1,25 \pm 0,59	0,74
<i>D. cesalaensis</i> n. sp.	I	40	45	36,67	0,04*	1,13 \pm 0,59	1,11 \pm 0,59	1,1 \pm 0,54	0,55
	II	31,67	38,33	30	0,08	1,42 \pm 0,75	1,33 \pm 0,73	1,06 \pm 0,49	0,82
	III	15	23,33	28,33	0,01*	1,22 \pm 0,46	1,21 \pm 0,54	1,29 \pm 0,65	0,46
	IV	26,67	26,67	40	0,00*	1,13 \pm 0,52	1,13 \pm 0,52	1,21 \pm 0,69	0,36

Légende : * = test significatif ; S₁ = secteur dorsal ; S₂ = secteur median ; S₃ = secteur ventral ; s = écart type ; p = probabilité

III-1-3-1-8- Distribution des monogènes à travers le gradient vertical

III-1-3-1-8-1- Cas de la xénocommunauté

Le taux d'infestation et l'intensité moyenne des deux espèces cumulées ont été de 78,12% et $2,14 \pm 1,37$ pour la zone basale, 85,5% et $2,79 \pm 2,12$ pour la zone médiane, 98,44% et $4,25 \pm 2,78$ pour la zone distale ($\chi^2 = 28,15$; $p = 0,000$ et $H = 32,45$; $p = 0,000$). Il apparaît que les zones distale et basale ont été respectivement les plus et moins parasitées à l'échelle xénocommunautaire. La comparaison des intensités moyennes prises deux à deux (**tableau XVIII**) a permis d'établir le modèle de distribution $ZD > ZM > ZB$ ($p < 0,05$).

Tableau XVIII : Valeurs des probabilités obtenues par le test U de Mann-Whitney comparant les intensités moyennes de la xénocommunauté étudiée

Zone médiane	0,006*	
Zone basale	0,000*	0,000*
	Zone distale	Zone médiane

Légende : * = significatif

III-1-3-1-8-2- Cas de *Dactylogyrus aspili*

Tous les arcs branchiaux confondus, les taux d'infestations et les intensités moyennes ont été de 56,25% et $1,56 \pm 0,92$ pour la zone basale ; 60,93% et $2,03 \pm 1,43$ pour la zone médiane ; 90,64% et $3,05 \pm 2,11$ pour la zone distale ($\chi^2 = 41,63$; $p = 0,000$ et $H = 33,83$; $p = 0,000$). Il apparaît que *D. aspili* a colonisé préférentiellement la zone distale et minoritairement la zone basale.

Quel que soit l'arc branchial considéré, *D. aspili* a statistiquement été plus fréquent sur la zone distale (**tableau XIX** ; $p < 0,05$). Ses effectifs ont été statistiquement plus abondants sur la zone distale des arcs I, II et IV (**tableau XIX** ; $p < 0,05$). En définitive, *D. aspili* a colonisé chaque filament branchial selon le modèle $ZD > ZM = ZB$ pour les arcs I, II et IV et le modèle $ZD = ZM = ZB$ pour l'arc III.

III-1-3-1-8-3- Cas de *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp.

Sans distinction d'arcs, les taux d'infestation et les intensités moyennes de cette espèce ont été de 56,25% et $1,42 \pm 0,84$ pour la zone basale ; 68,75% et $1,75 \pm 1,19$ pour la zone médiane ; 67,19% et $2,12 \pm 1,48$ pour la zone distale ($\chi^2 = 0,96$; $p = 0,09$ et $H = 4,93$; $p = 0,08$).

A l'échelle de l'arc branchial, *D. cesalaensis* n. sp. a statistiquement été plus fréquent sur la zone distale des arcs III et IV et médiane de l'arc I (**tableau XIX** ; $p < 0,05$). Pour chaque arc, les intensités moyennes des espèces parasites par zone filamenteuse ont statistiquement été égales (**tableau XIX** ; $p > 0,05$).

Tableau XIX : Taux d'infestation et intensités moyennes de *Dactylogyrus aspili* et *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp. sur le gradient vertical

Parasite	Arc	Taux d'infestation (%)			Test χ^2 p	Intensité moyenne \pm s			Test H P	Comparaison 2 à 2	U	P	
		ZB	ZM	ZD		ZB	ZM	ZD					
<i>D. aspili</i>	I									ZB – ZM	2033	0,91	
										ZB – ZD	1634	0,00*	
										ZM – ZD	1664	0,01*	
	II										ZB – ZM	1854	0,14
											ZB – ZD	1572	0,00*
											ZM – ZD	1773	0,00*
	III									-	-	-	
	IV										ZB – ZM	1824	0,21
											ZB – ZD	1523	0,00*
											ZM – ZD	1678	0,00*
	<i>D. cesalaensis</i> n. sp.	I									-	-	-
		II									-	-	-
III										-	-	-	
IV										-	-	-	

Légende : * = test significatif ; **ZB** = zone basale ; **ZM** = zone médiane ; **ZD** = zone distale ; **s** = écart type ; **p** = probabilité

A l'issu de cette analyse, il apparaît que si *D. cesalaensis* n. sp. a été plus fréquente sur certaines zones filamenteuses, ses effectifs se sont uniformément répartis sur les diverses zones filamenteuses à travers le gradient vertical.

III-1-3-2- Distribution des monogènes branchiaux chez *Enteromius guirali*

De juin à octobre 2020, au total 100 spécimens (52 mâles et 48 femelles) appartenant à l'espèce *E. guirali* ont été capturés et examinés. La sex - ratio a été de 1,08 en faveur des mâles. La longueur standard a varié de 44 à 96 mm.

III-1-3-2-1-Présentation de la xénocommunauté étudiée chez *Enteromius guirali*

Deux espèces de monogènes ont colonisé le système branchial de ce téléostéen. Chaque poisson infesté a hébergé de 1 à 125 monogènes. Des 2822 parasites récoltés, 1020 ont été rattachés à l'espèce *Dactylogyrus mendehei* et 1802 à l'espèce *Dactylogyrus nyongensis*. Le taux d'infestation par les deux espèces confondues a été de 97% et la charge parasitaire moyenne cumulée de $29,09 \pm 21,68$.

A l'échelle spécifique, *D. mendehei* a présenté un taux d'infestation de 90%, une intensité moyenne de $11,33 \pm 8,24$ ($s^2 = 67,98$) et un indice de dispersion égale à 5,99. Les valeurs de ces indices épidémiologiques ont été de 95% ; $18,97 \pm 14,39$ ($s^2 = 206,93$) et 10,91 pour *D. nyongensis*. Il en ressort que la variance de chaque espèce a été supérieure à l'intensité moyenne indiquant que chacune d'elle a été sur-dispersée (dispersion agrégative).

Au total 3 poissons n'ont porté aucun monogène tandis que 9 et 88 ont respectivement connu une infestation mono et bispécifique. En infestation monospécifique, deux hôtes ont hébergé 17 monogènes de l'espèce *D. mendehei* et 7 individus hôtes ont été colonisés par 93 individus de l'espèce *D. nyongensis*. Par ailleurs, 88 spécimens hôtes ont simultanément été infestés par les deux espèces avec une charge parasitaire cumulée de 2712 monogènes. Le ratio parasite/hôte a été de 8,50 ; 12,29 et 30,82 respectivement pour *D. mendehei*, *D. nyongensis* et en infestation bispécifique. Il découle de cette étude que la majorité d'hôtes a connu une infestation bispécifique qui a accumulé la plus grande biomasse parasitaire. En infestation monospécifique, l'espèce *D. nyongensis* a été plus fréquente et plus abondante.

III-1-3-2-2- Parasitisme en fonction de la taille du poisson

Chaque espèce a parasité les individus des deux classes de taille. Le taux d'infestation de *D. mendehei* a été de 78,50% et 92,31% ($\chi^2 = 5,21$; $p = 0,03$) et celui de *D. nyongensis* de 80,67% et 95,08% ($\chi^2 = 3,98$; $p = 0,01$) pour les hôtes de petite et de grande taille respectivement.

L'intensité moyenne a été de $9,60 \pm 5,60$ et $12,59 \pm 9,36$ ($U = 891$; $p = 0,007$) chez *D. mendehei* et de $15,25 \pm 9,97$ et $22,18 \pm 16,35$ ($U = 865,5$; $p = 0,000$) chez *D. nyongensis* pour les poissons de petite et de grande taille respectivement. Cette analyse révèle que ces deux espèces ont été plus fréquentes et plus abondantes chez les hôtes de grande taille.

Par ailleurs, la **figure 52** indique que le taux d'infestation a progressivement diminué alors que le nombre de monogènes récoltés sur les branchies d'*E. guirali* a augmenté avec la taille du poisson.

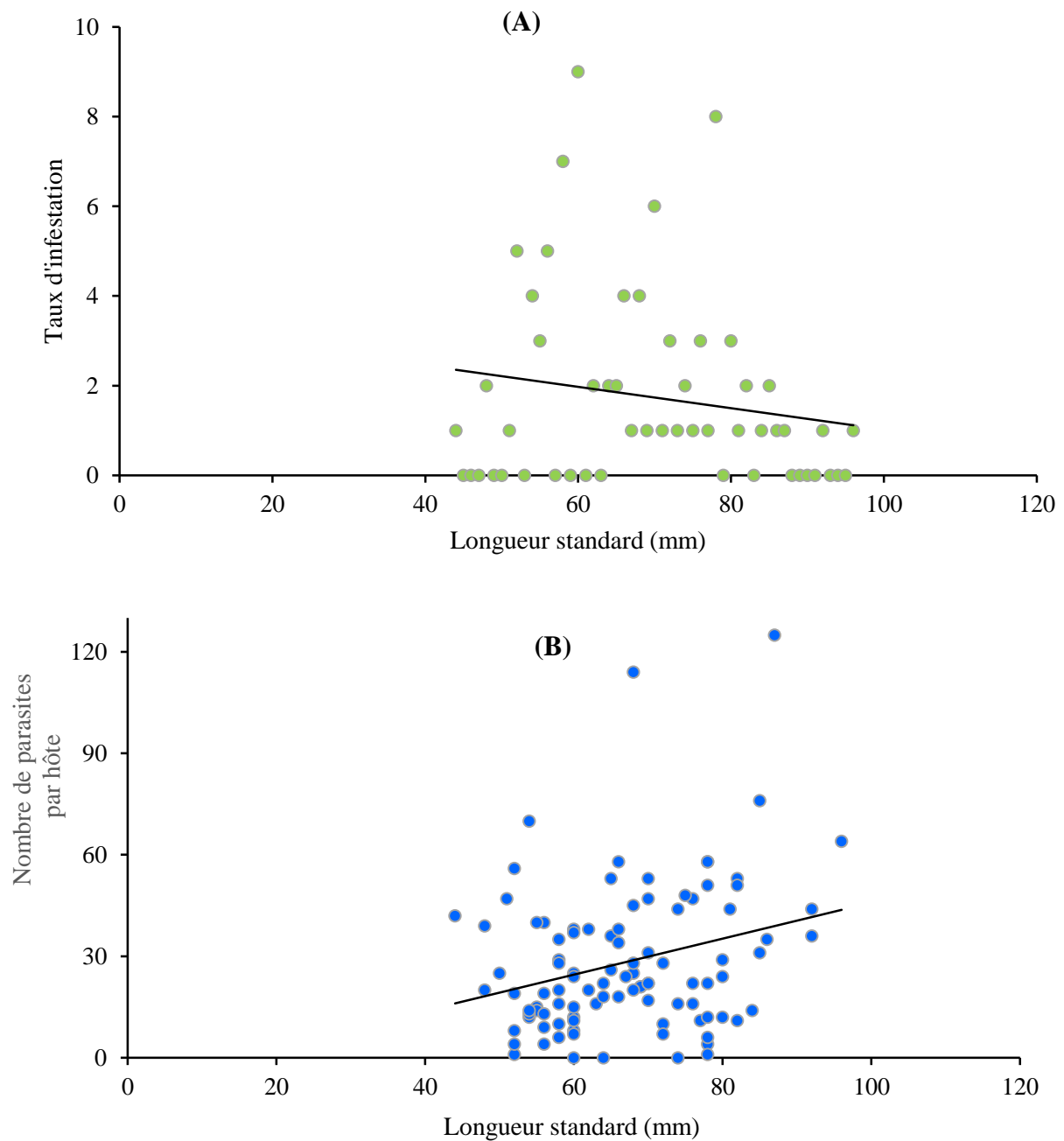


Figure 52 : Évolution du taux d'infestation (A) et du nombre de parasites par hôte (B) en fonction de la taille chez *Enteromius guirali*

III-1-3-2-3- Parasitisme en fonction du sexe du poisson

Sans distinction d'espèces parasites, le taux d'infestation a été de 89,83% et 94,08% ($\chi^2 = 1,39$; $p = 0,22$) pour les femelles et les mâles respectivement. Les intensités moyennes ont été de $32,11 \pm 23,65$ et $26,37 \pm 18,66$ ($U = 204$; $p = 0,31$) pour les femelles et les mâles respectivement.

En considérant séparément les espèces, les taux d'infestation ont été de 93,75% et 86,53% ($\chi^2 = 2,21$; $p = 0,09$) pour *D. mendehei* et de 95,83% et 94,23% ($\chi^2 = 0,52$; $p = 0,73$) pour *D. nyongensis* respectivement chez les femelles et les mâles. Les valeurs des intensités moyennes de *D. mendehei* ont été égales à $10,67 \pm 6,27$ et $12,00 \pm 7,13$ chez les individus mâles et femelles respectivement ($U = 191$; $p = 0,43$). Dans le cas de *D. nyongensis*, les charges moyennes ont été de $17,65 \pm 9,34$ chez les mâles et $20,37 \pm 16,12$ chez les femelles ($U = 416$; $p = 0,86$). Les deux espèces se sont uniformément distribuées chez les hôtes des deux sexes.

III-1-3-2-4- Parasitisme en fonction du côté du poisson

Sans distinction d'espèces, 1490 et 1332 monogènes ont été récoltés respectivement sur les côtés droit et gauche du système branchial de l'hôte. Le taux d'infestation a été de 94% pour le côté gauche et 97% pour le côté droit ($\chi^2 = 3,41$; $p = 0,04$). Les intensités moyennes ont été de $13,14 \pm 6,51$ pour le côté gauche et $14,92 \pm 7,85$ pour le côté droit ($U = 388$; $p = 0,06$).

Au niveau spécifique, les taux d'infestation respectifs des côtés gauche et droit ont été de 90% et 89% pour *D. mendehei* ($\chi^2 = 0,003$; $p = 0,08$) ; 92% et 94% pour *D. nyongensis* ($\chi^2 = 0,01$; $p = 0,06$). L'intensité moyenne de *D. mendehei* pour les côtés gauche et droit a été de $4,85 \pm 2,74$ et $5,82 \pm 3,49$ respectivement ($U = 319$; $p = 0,47$). Celle de *D. nyongensis* a été de $8,44 \pm 5,71$ et $9,44 \pm 6,32$ respectivement pour les côtés gauche et droit ($U = 177$; $p = 0,28$).

En somme, *D. mendehei* et *D. nyongensis* ont similairement infesté les deux côtés de la cavité bucco-pharyngienne de l'hôte.

III-1-3-2-5- Parasitisme en fonction de l'arc branchial (gradient transversal)

A l'échelle xénocommunautaire, les valeurs du taux d'infestation et de l'intensité moyenne par arc ont respectivement été de 94% et $10,57 \pm 5,89$ (arc I) ; 95% et $11,33 \pm 6,06$ (arc II) ; 93% et $10,42 \pm 6,04$ (arc III) ; 89% et $9,77 \pm 7,17$ (arc IV). La comparaison de ces valeurs a donné une différence non significative tant pour les taux d'infestation ($\chi^2 = 0,12$; $p = 0,11$) que pour les intensités moyennes ($H = 4,41$; $p = 0,36$).

A l'échelle spécifique, les taux d'infestation et les intensités moyennes de *D. mendehei* ont été de 89% et $2,87 \pm 1,66$ (arc I) ; 89% et $3,12 \pm 1,83$ (arc II) ; 84% et $2,96 \pm 1,57$ (arc III) ; 78% et $2,89 \pm 1,78$ (arc IV). Dans l'ensemble, ces deux paramètres sont restés statistiquement non significatifs ($\chi^2 = 0,53$; $p = 0,34$ et $H = 4,61$; $p = 0,82$). Chez *D. nyongensis*, les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 95% et $4,80 \pm 2,63$ (arc I) ; 94% et $4,72 \pm 2,44$ (arc II) ; 94% et $4,56 \pm 2,88$ (arc III) ; 89% et $4,57 \pm 3,23$ (arc IV). Les valeurs de chaque indice épidémiologique ont dans l'ensemble été statistiquement égales ($\chi^2 = 0,13$; $p = 0,19$ et $H = 4,79$; $p = 0,08$).

Le modèle d'exploitation du gradient transversal par chaque membre de la faune branchiale des monogènes d'*Enteromius guirali* a été l'équipartition.

III-1-3-2-6- Parasitisme en fonction de l'hémibranchie (gradient latéral)

Sans distinction d'espèces et d'holobranchies, les taux d'infestation et intensités moyennes ont été de 93% et $11,89 \pm 8,71$ pour l'hémibranchie antérieure ; 85% et $17,19 \pm 12,01$ pour l'hémibranchie postérieure ($\chi^2 = 6,18$; $p = 0,001$ et $U = 809$; $p = 0,000$). Si globalement les monogènes ont été plus fréquents sur l'hémibranchie antérieure, ils se sont plus accumulés sur l'hémibranchie postérieure.

Pour chaque espèce et sans distinction d'holobranchies, les taux d'infestation et intensités moyennes de *D. mendehei* ont été de 89% et $4,99 \pm 3,56$ pour l'hémibranchie antérieure ; 88% et $6,41 \pm 4,97$ pour l'hémibranchie postérieure ($\chi^2 = 1,84$; $p = 0,91$ et $U = 284$; $p = 0,64$). Les taux d'infestation et les intensités moyennes de *D. nyongensis* ont été de 91% et $7,93 \pm 5,93$ pour l'hémibranchie antérieure ; 93% et $11,19 \pm 8,01$ pour l'hémibranchie postérieure ($\chi^2 = 4,37$; $p = 0,06$ et $U = 424,12$; $p = 0,03$).

Si *D. mendehei* a semblé plus fréquent et plus abondant sur l'hémibranchie postérieure des arcs I, II et IV ou plus fréquent sur l'hémibranchie antérieure de l'arc III (**figure 53**), la différence est à chaque fois restée non significative (**tableau XX** ; $p > 0,05$). En définitive, cette espèce s'est équitablement répartie sur les deux faces de chaque holobranchie.

Dactylogyrus nyongensis a été plus fréquent sur l'hémibranchie postérieure des arcs I, II et IV ; et l'hémibranchie antérieure de l'arc III (**figure 53** ; **tableau XX** ; $p < 0,05$). Cette espèce a été plus abondante sur l'hémibranchie postérieure de chaque arc (**tableau XX** ; $p < 0,05$).

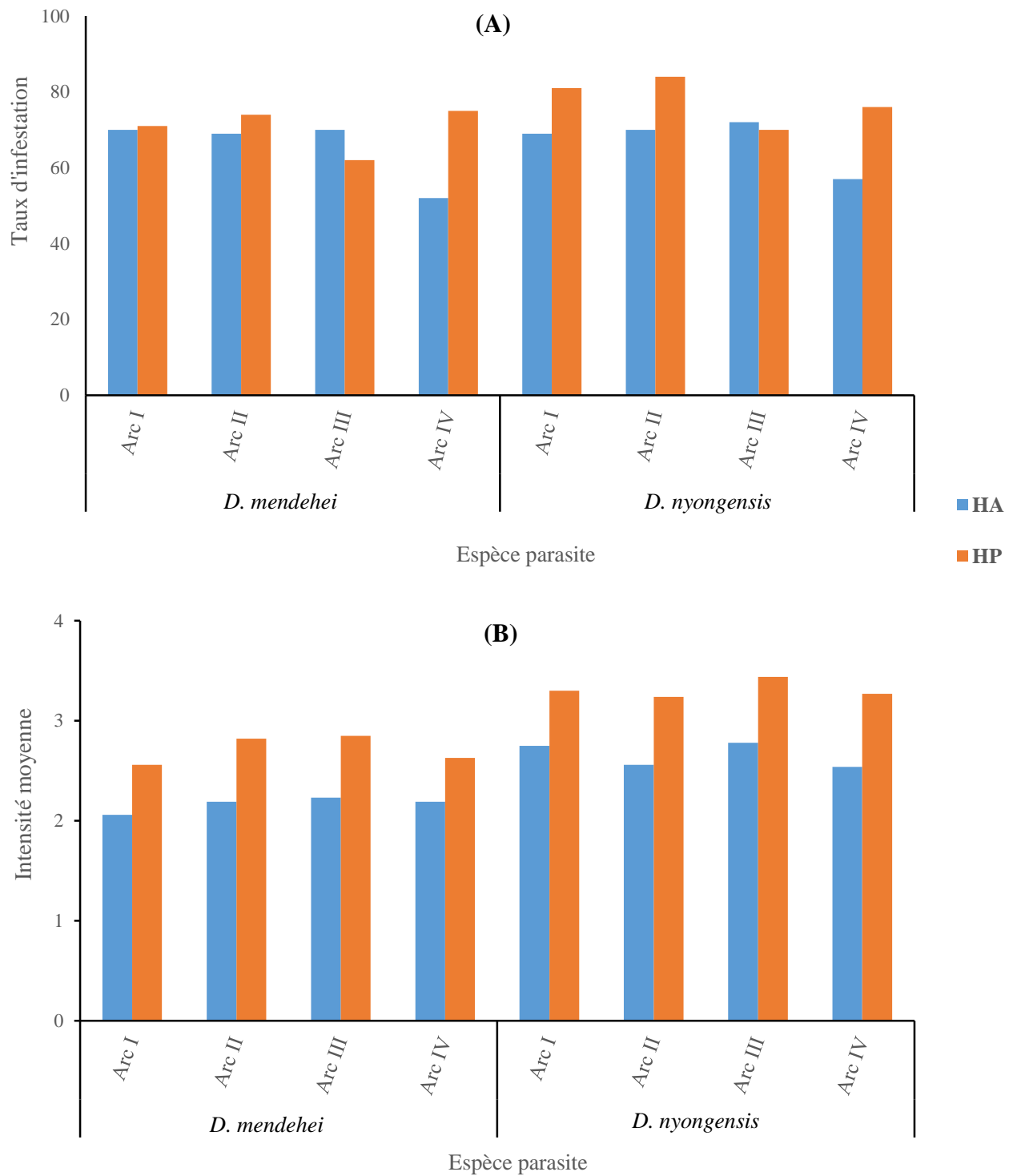


Figure 53 : Variation du taux d'infestation (A) et de l'intensité moyenne (B) en fonction de l'hémibranchie chez *Enteromius guirali*

Légende : HA = hémibranchie antérieure ; HP = hémibranchie postérieure

Tableau XX : Résultats des tests χ^2 et U de Mann Whitney comparant les taux d'infestation et intensités moyennes respectivement

Parasite	Arc	Test χ^2	p	Test U	P
<i>D. mendehei</i>	I	0,97	0,11	94	0,52
	II	2,17	0,08	137	0,24
	III	5,73	0,27	295	0,11
	IV	11,28	0,36	73	0,46
<i>D. nyongensis</i>	I	2,03	0,000*	304	0,000*
	II	4,21	0,000*	281	0,01*
	III	3,18	0,000*	109	0,000*
	IV	1,74	0,03*	329	0,000*

Légende : * : significatif ; p = probabilité

III-1-3-2-7- Distribution des monogènes à travers le gradient longitudinal

III-1-3-2-7-1- Cas de la xénocommunauté

Le secteur médian (**figure 54**) a été plus fréquemment et plus intensément parasité ($\chi^2 = 16,47$; p = 0,000 et H = 9,33 ; p = 0,004) par l'ensemble de la xénocommunauté. La comparaison des intensités moyennes intersectorielles (**tableau XXI**) a indiqué que les monogènes ont statistiquement exploité le gradient longitudinal d'*E. guirali* suivant le modèle : $S_1 = S_3 < S_2$.

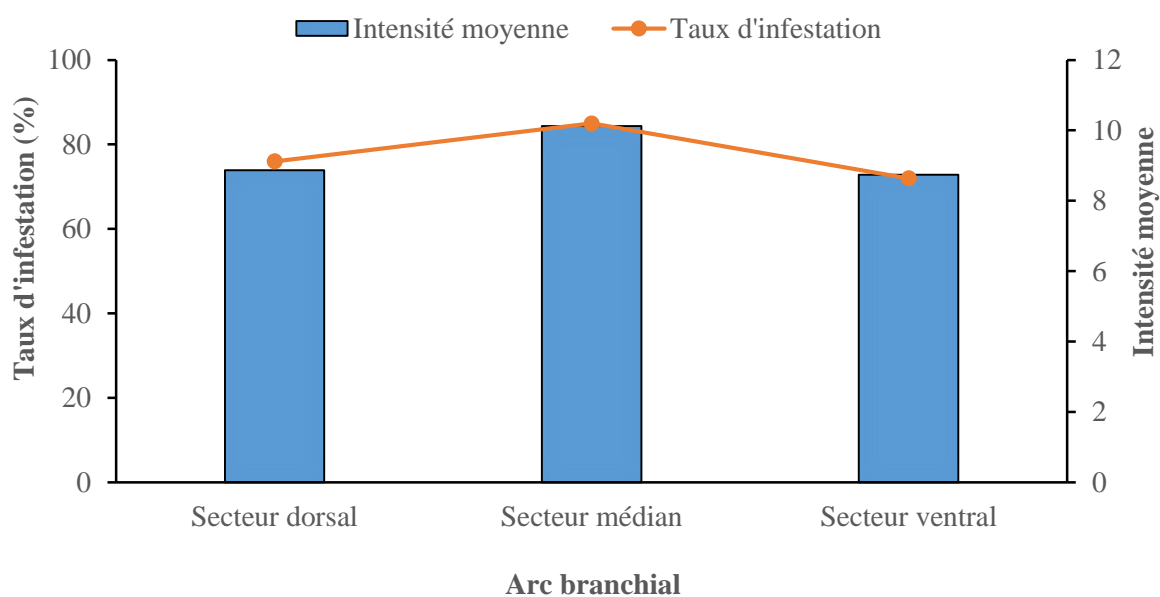


Figure 54 : Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté à travers le gradient longitudinal

Tableau XXI : Résultats du test U de Mann-Whitney relatifs à la comparaison des intensités moyennes intersectorielles de la xénocommunauté étudiée

Secteur médian	304 ; p = 0,0000*	
Secteur ventral	118 ; p = 0,08	426 ; p = 0,003*
	Secteur dorsal	Secteur médian

Légende : p = valeur de la probabilité ; * = significatif

III-1-3-2-7-2- Cas de *Dactylogyrus mendehei*

Sans distinction d'arcs, les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 73% et $3,62 \pm 2,17$; 89% et $6,93 \pm 3,29$; 63% et $3,92 \pm 1,48$ respectivement pour les secteurs dorsal, médian et ventral ($\chi^2 = 13,48$; p = 0,003 et H = 4,19 ; p = 0,000).

En tenant compte de l'arc (**tableau XXII**), les taux d'infestation ont été statistiquement plus élevés sur les secteurs médians de tous les arcs excepté l'arc I où le secteur dorsal a été plus fréquemment parasité (p < 0,05). Les intensités moyennes ont été statistiquement égales sur tous les secteurs des arcs I et III (**tableau XXII** ; p > 0,05) par contre le secteur médian des arcs II et IV a statistiquement accumulé plus d'individus de *D. mendehei* (**tableau XXII** ; p < 0,05).

Cette étude révèle que dans la presque totalité des cas le secteur médian a été le plus fréquemment et le plus intensément colonisé par *D. mendehei*. Les modèles d'occupation sectorielle des arcs par cette espèce ont été $S_1 = S_2 = S_3$ (arcs I et III), $S_1 = S_3 < S_2$ (arc II) et $S_1 < S_2 = S_3$ (arc IV).

III-1-3-2-7-3- Cas de *Dactylogyrus nyongensis*

Faisant abstraction de l'arc, les taux d'infestation et les intensités moyennes ont respectivement été de 78% ; 81% et 74% pour les secteurs dorsal, médian et ventral ($\chi^2 = 47,31$; p = 0,002). La charge parasitaire absolue a été de 530 (Im = $5,12 \pm 3,41$) ; 680 (Im = $8,72 \pm 4,29$) et 592 (Im = $4,69 \pm 3,01$) pour les secteurs dorsal, médian et ventral respectivement (H = 2,06 ; p = 0,000).

En considérant chaque arc branchial (**tableau XXII**), les taux d'infestation ont été statistiquement plus élevés sur les secteurs médians (S_2) des arcs I, III et IV et ventral (S_3) de l'arc II (test χ^2 ; p < 0,05). Les intensités moyennes sectorielles (**tableau XXII**) ont été statistiquement semblables sur les arcs I et II (test H ; p > 0,05). Le secteur médian (S_3) a porté plus de monogènes sur les arcs III et IV (test H ; p < 0,05). La répartition de *D. nyongensis* sur le gradient longitudinal a obéi aux modèles $S_1 = S_2 = S_3$ (arcs I et II) et $S_1 = S_3 < S_2$ (arcs III et IV).

Tableau XXII : Taux d'infestation et intensités moyennes de *Dactylogyrus mendehei* et *Dactylogyrus nyongensis* sur les différents secteurs

Parasite	Arc	Taux d'infestation (%)			Test χ^2 P	Intensité moyenne $\pm s$			Test H p	Comparaison deux à deux	U	p
		S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃				
<i>D. mendehei</i>	I	47	47	58	0,03*	1,68 \pm 0,93	1,45 \pm 0,78	1,87 \pm 0,81	0,42		-	
	II	52	59	54	0,01*	1,37 \pm 0,66	1,76 \pm 0,92	1,43 \pm 0,74	0,03*	S ₁ – S ₂	78	0,00*
										S ₁ – S ₃	110	0,31
										S ₂ – S ₃	93	0,00*
III	42	60	59	0,00*	1,57 \pm 0,78	1,70 \pm 0,89	1,46 \pm 0,99	0,62		-		
IV	44	59	58	0,02*	1,45 \pm 0,71	1,80 \pm 0,92	1,50 \pm 0,72	0,00*	S ₁ – S ₂	58	0,00*	
									S ₁ – S ₃	67	0,00*	
									S ₂ – S ₃	191	0,17	
<i>D. nyongensis</i>	I	73	79	76	0,00*	2,36 \pm 1,49	2,25 \pm 1,71	2,08 \pm 1,36	0,27		-	
	II	73	66	77	0,00*	1,99 \pm 1,10	1,82 \pm 0,86	1,80 \pm 1,34	0,84		-	
	III	68	74	64	0,00*	1,98 \pm 1,17	2,29 \pm 1,42	1,86 \pm 1,24	0,00*	S ₁ – S ₂	123	0,64
										S ₁ – S ₃	382	0,19
										S ₂ – S ₃	181	0,00*
IV	71	72	62	0,00*	2,00 \pm 1,03	2,28 \pm 1,59	1,95 \pm 1,07	0,02*	S ₁ – S ₂	158	0,17	
									S ₁ – S ₃	164	0,21	
										S ₂ – S ₃	391	0,00*

Légende : * = test significatif ; S₁ = secteur dorsal ; S₂ = secteur médian ; S₃ = secteur ventral ; s = écart type ; p = probabilité

III-1-3-2-8- Distribution des monogènes à travers le gradient vertical

III-1-3-2-8-1- Cas de la xénocommunauté

Les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 82% et $15,23 \pm 6,47$; 71% et $8,15 \pm 3,93$; 42% et $4,32 \pm 1,08$) respectivement sur les zones distale, médiane et basale ($\chi^2 = 7,7$; $p = 0,000$; $H = 196,4$; $p = 0,000$). La zone distale a plus fréquemment et intensément été parasitée par l'ensemble des monogènes récoltés. La comparaison des intensités moyennes prises deux à deux (**tableau XXIII**) a permis d'établir le modèle de distribution suivant $ZD > ZM > ZB$ ($p < 0,05$) indiquant que les zones distale et basale ont été respectivement les plus et moins parasitées.

Tableau XXIII : Valeurs des probabilités obtenues par le test U de Mann-Whitney comparant deux à deux les intensités moyennes par zone filamenteuse de la xénocommunauté étudiée

Zone médiane	0,006*	
Zone basale	0,01*	0,009*
	Zone distale	Zone médiane

Légende : * = significatif

III-1-3-2-8-2- Cas de *Dactylogyrus mendehei*

Sans distinction d'arcs, les taux d'infestations et les intensités moyennes ont été de 86% et $5,43 \pm 3,26$; 67% et $2,37 \pm 1,29$; 49% et $1,56 \pm 0,83$ respectivement pour la zone distale, la zone médiane et la zone basale ($\chi^2 = 3,24$; $p = 0,000$ et $H = 5,05$; $p = 0,000$). Les zones distale et basale ont été respectivement plus et moins parasitées par l'ensemble de la xénocommunauté.

A l'échelle de l'arc branchial, *D. mendehei* a statistiquement été plus fréquent sur la zone distale des arcs médians (**tableau XXIV**). *Dactylogyrus mendehei* a occupé les zones filamenteuses des différents arcs branchiaux selon les modèles $ZD > ZM = ZB$ (arcs I et IV) et $ZD > ZM > ZB$ (arcs II et III).

III-1-3-2-8-3- Cas de *Dactylogyrus nyongensis*

Sans distinction d'arcs, les taux d'infestation et les intensités moyennes ont été de 83% et $9,51 \pm 5,17$; 60% et $4,37 \pm 3,58$; 38% et $2,26 \pm 1,39$ respectivement pour les zones distale, médiane et basale ($\chi^2 = 21,07$; $p = 0,000$ et $H = 5,33$; $p = 0,000$). Les zones distale et basale ont été respectivement les plus et moins parasitées par *D. nyongensis*.

Quel que soit l'arc branchial considéré, les taux d'infestation et les intensités moyennes de cette espèce ont statistiquement été plus élevés sur la zone distale (**tableau XXIV** ; $p < 0,05$). Les modèles de distribution de ce parasite sur le gradient vertical ont été $ZD > ZM > ZB$ (arcs I, III, IV) et $ZD > ZM = ZB$ (arc II).

Tableau XXIV : Taux d'infestation et intensités moyennes de chaque espèce de monogène sur les différentes zones filamenteuses

Parasite	Arc	Taux d'infestation (%)			Test χ^2 P	Intensité moyenne \pm s			Test H p	Comparaison deux à deux	U	P
		ZB	ZM	ZD		ZB	ZM	ZD				
<i>D. mendehei</i>	I	42	56	61	0,24	1,19 \pm 0,65	1,50 \pm 0,97	1,88 \pm 1,32	0,00*	ZB – ZM	393	0,00*
										ZB – ZD	299	0,00*
										ZM – ZD	375	0,63
	II	39	65	72	0,03*	1,15 \pm 0,61	1,55 \pm 1,01	1,83 \pm 1,19	0,00*	ZB – ZM	412	0,00*
										ZB – ZD	330	0,00*
										ZM – ZD	411	0,00*
	III	27	55	68	0,00*	1,37 \pm 0,65	1,49 \pm 0,89	1,91 \pm 1,18	0,00*	ZB – ZM	336	0,00*
										ZB – ZD	293	0,01*
										ZM – ZD	445	0,00*
	IV	36	25	42	0,19	1,25 \pm 0,66	1,00 \pm 0,00	1,33 \pm 0,85	0,00*	ZB – ZM	411	0,00*
										ZB – ZD	339	0,00*
										ZM – ZD	418	0,37
<i>D. nyongensis</i>	I	54	56	87	0,00*	1,52 \pm 0,98	2,30 \pm 1,37	2,82 \pm 1,88	0,00*	ZB – ZM	198	0,00*
										ZB – ZD	98	0,00*
										ZM – ZD	126	0,02*
	II	34	68	93	0,00*	1,65 \pm 0,96	1,82 \pm 1,10	2,99 \pm 1,95	0,00*	ZB – ZM	181	0,00*
										ZB – ZD	87	0,00*
										ZM – ZD	198	0,45
	III	39	78	94	0,00*	1,33 \pm 0,76	1,65 \pm 0,99	2,78 \pm 1,77	0,00*	ZB – ZM	164	0,00*
										ZB – ZD	71	0,00*
										ZM – ZD	97	0,01*
	IV	23	39	56	0,00*	1,04 \pm 0,45	1,49 \pm 0,89	1,82 \pm 1,21	0,00*	ZB – ZM	154	0,00*
										ZB – ZD	77	0,00*
										ZM – ZD	118	0,00*

Légende : * = test significatif ; **ZB**= zone basale ; **ZM** = zone médiane ; **ZD** = zone distale ; s = écart type ; p = probabilité

III-1-3-3- Dynamique des infestations par les monogènes branchiaux d'*Enteromius guirali*

III-1-3-3-1- Variations mensuelle et saisonnière du taux d'infestation

III-1-3-3-1-1- Cas de *Dactylogyrus mendehei*

Le taux d'infestation mensuel (**figure 55**) de cette espèce s'est maintenu entre les valeurs 50% et 96,67% obtenues respectivement en juin 2021 et août 2020. Après une légère phase de croissance qui s'est étalée de juin à août 2020, cet indice parasitologique a statistiquement diminué d'août 2020 jusqu'en octobre 2020 ($\chi^2 = 14,47$; $p = 0,007$). Il a ensuite augmenté d'octobre (83,33%) à novembre 2020 (86,67%), puis a statistiquement baissé jusqu'en janvier 2021 ($\chi^2 = 10,63$; $p = 0,000$). Le taux d'infestation a ensuite évolué en dents de scie pour atteindre la valeur minimale en juin 2021 (50%). Dans l'ensemble, les taux d'infestation mensuels ont été statistiquement différents ($\chi^2 = 82,10$; $p = 0,000$).

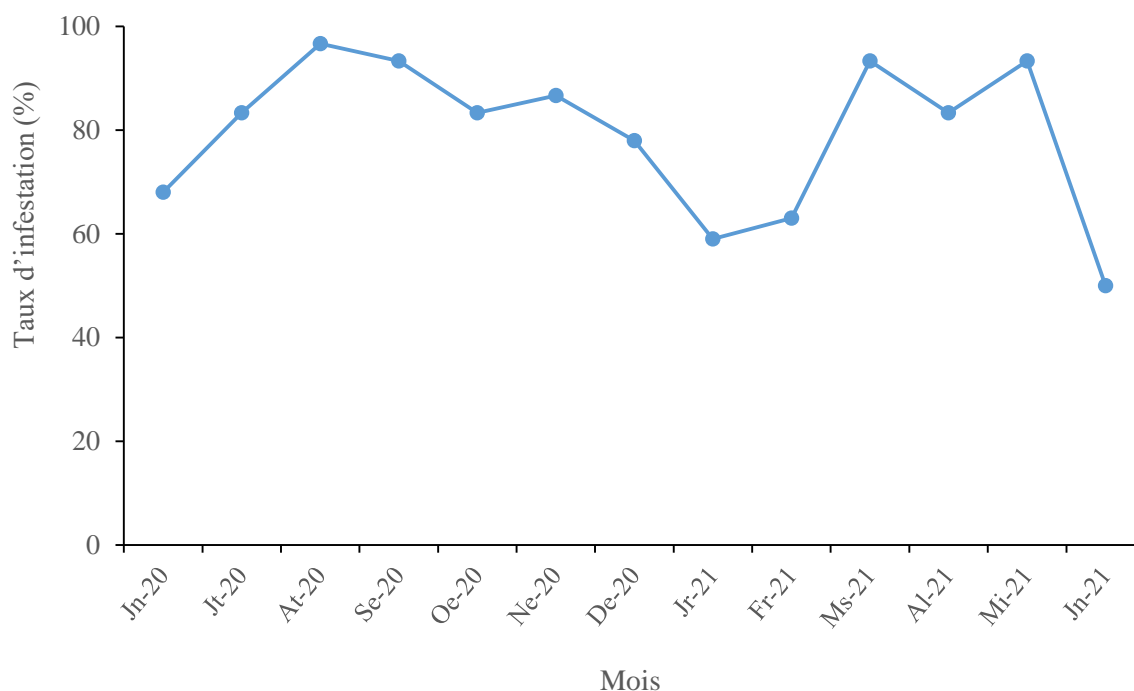


Figure 55: Variation mensuelle du taux d'infestation de *Dactylogyrus mendehei*

Légende : Jn-20 = juin 2020 ; Jt-20 = juillet 2020 ; At-20 = août 2020 ; Se-20 = septembre 2020 ; Oe-20 = octobre 2020 ; Ne-20 = novembre 2020 ; De-20 = décembre 2020 ; Jr-21 = janvier 2021 ; Fr-21 = février 2021 ; Ms-21 = mars 2021 ; Al-21 = avril 2021 ; Mi-21 = mai 2021 ; Jn-21 = juin 2021

A l'échelle saisonnière, les valeurs de ce paramètre ont été de 79% en petite saison sèche, 85% en grande saison pluvieuse, 77% en grande saison sèche et 87% en petite saison pluvieuse ($\chi^2 = 2,08$; $p = 0,39$). *Dactylogyrus mendehei* a donc infesté le même nombre d'hôtes chaque saison.

III-1-3-3-1-2- Cas de *Dactylogyrus nyongensis*

Le taux d'infestation mensuel de *D. nyongensis* (**figure 56**) a statistiquement varié durant la période d'échantillonnage ($\chi^2 = 56,83$; $p = 0,000$). La valeur de cet indice a été de 83% au début de l'étude puis a augmenté jusqu'à 100% en août 2020 et a ensuite diminué pour atteindre sa valeur minimale (60%) en décembre 2020. Une autre phase de croissance a été observée de décembre 2020 à mars 2021, atteignant la valeur maximale de 96,67% qui s'est maintenue jusqu'en mai 2021 avant de chuter.

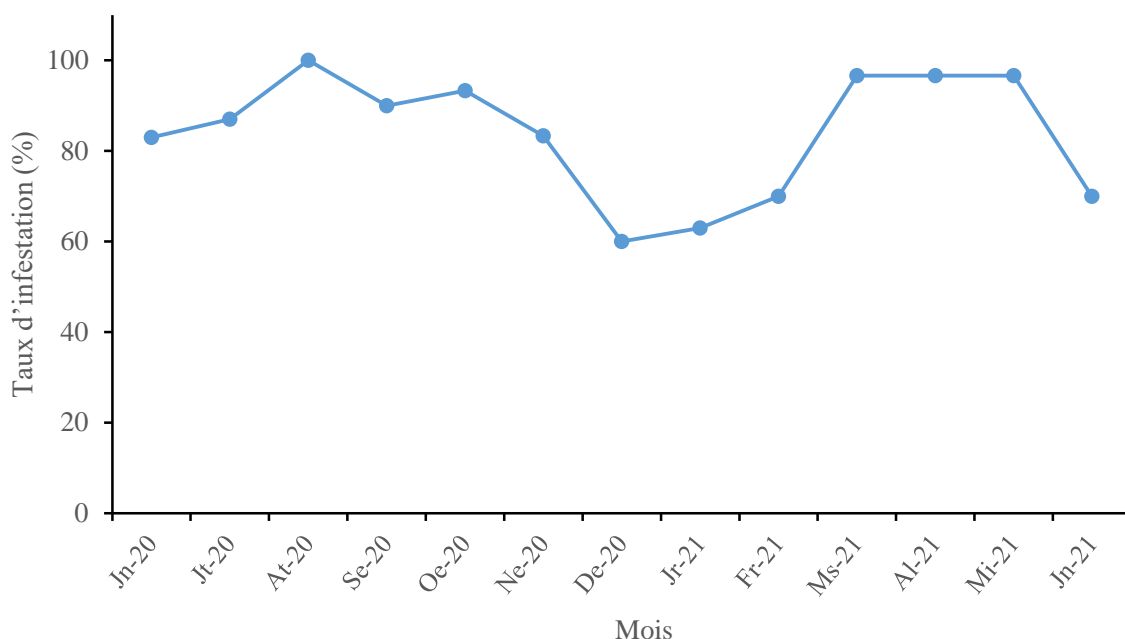


Figure 56: Variation mensuelle du taux d'infestation de *Dactylogyrus nyongensis*

Légende : Jn-20 = juin 2020 ; Jt-20 = juillet 2020 ; At-20 = août 2020 ; Se-20 = septembre 2020 ; Oe-20 = octobre 2020 ; Ne-20 = novembre 2020 ; De-20 = décembre 2020 ; Jr-21 = janvier 2021 ; Fr-21 = février 2021 ; Ms-21 = mars 2021 ; Al-21 = avril 2021 ; Mi-21 = mai 2021 ; Jn-21 = juin 2021.

En fonction des saisons, le taux d'infestation a été de 84 % en petite saison sèche, 90% en grande saison pluvieuse, 78% en grande saison sèche et 83% en petite saison pluvieuse ($\chi^2 = 17,08$; $p = 0,03$). *Dactylogyrus nyongensis* a statistiquement parasité moins de poissons en grande saison sèche.

III-1-3-3-2- Variations mensuelles et saisonnières des intensités moyennes

III-1-3-3-2-1- Cas de *Dactylogyrus mendehei*

L'intensité moyenne de *Dactylogyrus mendehei* a été très faible ($Im < 10$) en juin, octobre, novembre et décembre 2020 ; janvier et février 2021. Après avoir amorcé une légère phase de croissance entre juin et juillet 2020, la valeur de cet indice écologique a progressivement diminué jusqu'en décembre 2020 avant d'amorcer une autre phase de croissance au cours de laquelle la

valeur maximale ($19,88 \pm 6,04$) de cet indice a été atteinte (**figure 57**). La comparaison des diverses intensités moyennes mensuelles a donné une différence significative ($H = 72,88$; $p = 0,000$).

Les intensités moyennes saisonnières ont été de $19,66 \pm 9,27$ en petite saison sèche ; $34,43 \pm 16,45$ en grande saison pluvieuse ; $18,50 \pm 9,48$ en grande saison sèche et $37,10 \pm 14,81$ durant la petite saison pluvieuse. La comparaison de ces intensités moyennes saisonnières a révélé une différence significative ($H = 36,41$; $p = 0,0014$). Les comparaisons deux à deux (**tableau XXV**) ont indiqué que *Dactylogyrus mendehei* a été plus abondant durant la petite saison pluvieuse.

Tableau XXV : Valeurs de p obtenues en comparant les intensités moyennes saisonnières de *Dactylogyrus mendehei* deux à deux par le test U de Mann-Whitney

GSP	0,000*		
GSS	0,94	0,000*	
PSP	0,000*	0,000*	0,000*
	PSS	GSP	GSS

Légende : **PSS** = petite saison sèche ; **GSP** = grande saison des pluies ; **GSS** = grande saison sèche ; **PSP** = petite saison des pluies ; * = test significatif

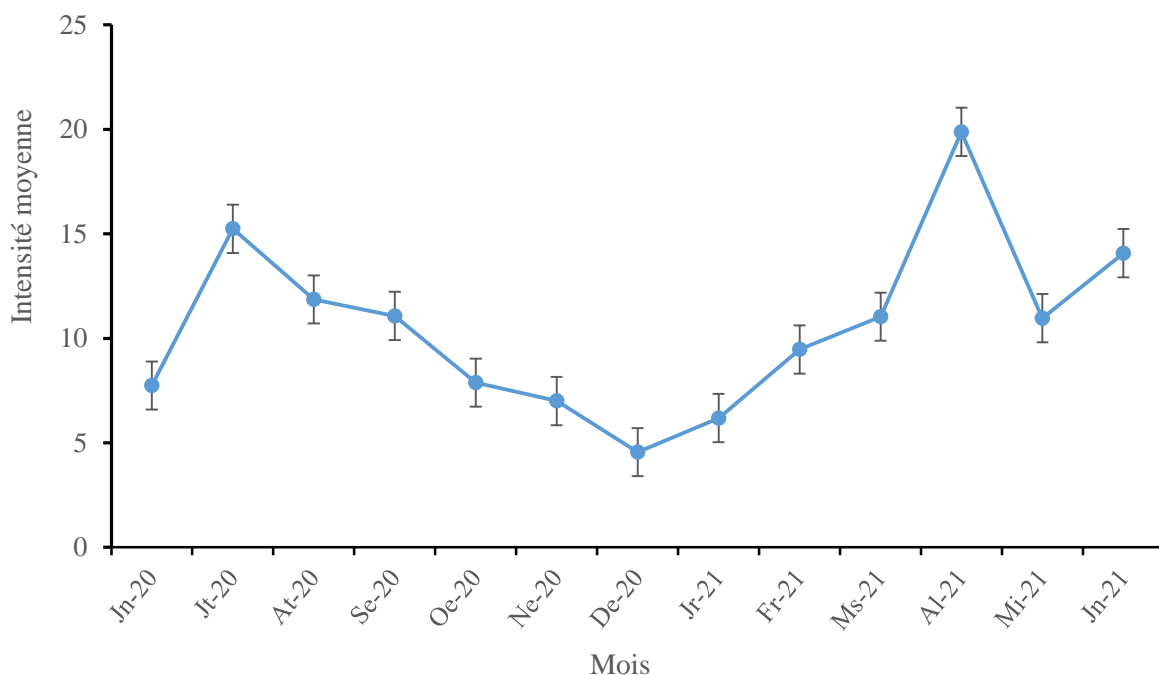


Figure 57: Variation mensuelle de l'intensité moyenne de *Dactylogyrus mendehei*

Légende : **Jn-20** = juin 2020 ; **Jt-20** = juillet 2020 ; **At-20** = août 2020 ; **Se-20** = septembre 2020 ; **Oe-20** = octobre 2020 ; **Ne-20** = novembre 2020 ; **De-20** = décembre 2020 ; **Jr-21** = janvier 2021 ; **Fr-21** = février 2021 ; **Ms-21** = mars 2021 ; **Al-21** = avril 2021 ; **Mi-21** = mai 2021 ; **Jn-21** = juin 2021

III-1-3-3-2-2- Cas de *Dactylogyrus nyongensis*

Le profil de variation des charges moyennes mensuelles de cette espèce a été identique à celui de *D. mendehei* (**figure 58**). L'intensité moyenne a été faible ($10 \leq Im \leq 50$) durant la période d'échantillonnage exceptés les mois de novembre 2020 ($Im = 9,36 \pm 2,48$) et décembre 2020 ($Im = 6,72 \pm 3,16$) pour lesquels elle a été très faible. La comparaison des intensités moyennes mensuelles a révélé une différence significative ($H = 85,49$; $p < 0,05$). La valeur de l'intensité moyenne a été plus élevée en juillet 2020 ($27,07 \pm 19,86$) et moins élevée en décembre 2020 ($6,72 \pm 4,29$). En comparant ces deux valeurs extrêmes, la différence a été significative ($U = 2087,31$; $p = 0,000$).

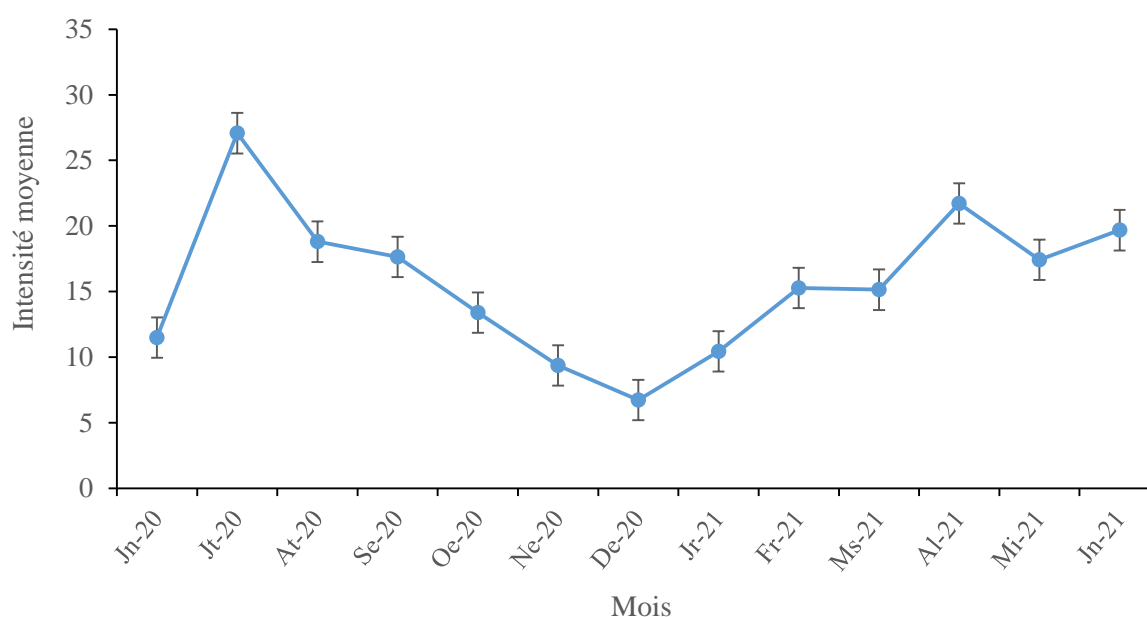


Figure 58 : Variation mensuelle de l'intensité moyenne de *Dactylogyrus nyongensis*

Légende : **Jn-20** = juin 2020 ; **Jt-20** = juillet 2020 ; **At-20** = août 2020 ; **Se-20** = septembre 2020 ; **Oe-20** = octobre 2020 ; **Ne-20** = novembre 2020 ; **De-20** = décembre 2020 ; **Jr-21** = janvier 2021 ; **Fr-21** = février 2021 ; **Ms-21** = mars 2021 ; **Al-21** = avril 2021 ; **Mi-21** = mai 2021 ; **Jn-21** = juin 2021

Les intensités moyennes saisonnières ont été de $35,46 \pm 12,94$ en petite saison sèche ; $54,96 \pm 15,83$ en grande saison pluvieuse ; $29,13 \pm 12,06$ en grande saison sèche et $52,46 \pm 21,73$ en petite saison pluvieuse ($H = 34,59$; $p = 0,004$). Ce paramètre a été plus faible pendant la grande saison sèche et plus élevé au cours de la grande saison des pluies ($U = 2475$; $p = 0,000$).

Il ressort du **tableau XXVI** que *D. nyongensis* a été plus abondant sur les branchies d'*Enteromius guirali* en saisons pluvieuses.

Tableau XXVI : Valeurs de p obtenues en comparant les intensités moyennes saisonnières de *Dactylogyrus nyongensis* deux à deux par le test U de Mann-Whitney

GSP	0,000*		
GSS	0,39	0,000*	
PSP	0,01*	0,58	0,000*
	PSS	GSP	GSS

Légende : PSS = petite saison sèche ; GSP = grande saison des pluies ; GSS = grande saison sèche ; PSP = petite saison des pluies

III-1-3-3-3- Exploitation mensuelle du gradient transversal par les monogènes branchiaux d'*Enteromius guirali*

III-1-3-3-3-1- Cas de *Dactylogyrus mendehei*

Chaque holobranchie d'*Enteromius guirali* a mensuellement été parasité par *D. mendehei* durant toute la période d'étude (**Annexe 1**). L'équipartition de *D. mendehei* à travers le gradient transversal a été observée pendant 8 des 13 mois de l'étude avec différents modèles. Deux modèles ont été enregistrés plus d'une fois à savoir III, II, I, IV en septembre 2020 et en février 2021 et II, IV, III, I durant les mois de décembre 2020 et janvier 2021 (**figure 59**).

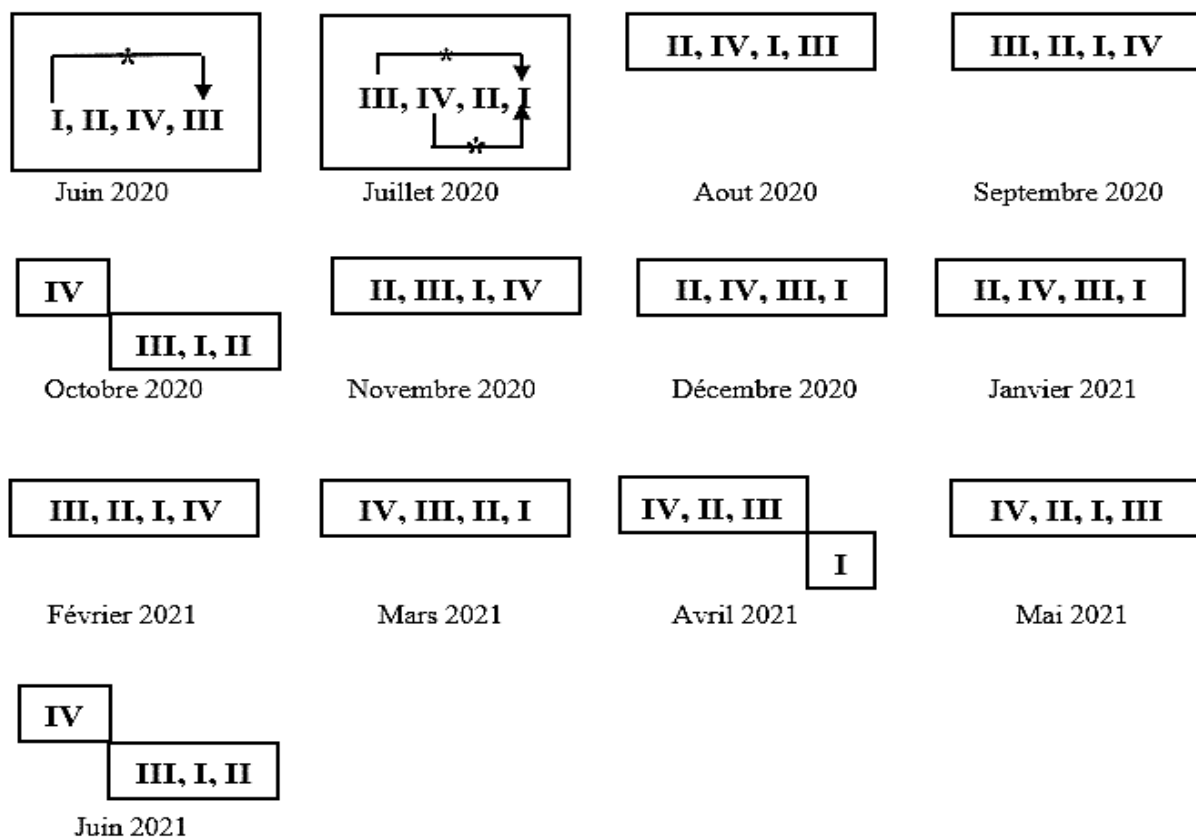


Figure 59 : Modèles mensuels d'occupation des arcs branchiaux par *Dactylogyrus mendehei*

Légende : I = arc I ; II = arc II ; III = arc III ; IV = arc IV

En octobre 2020 comme en juin 2021, l'arc IV a statistiquement hébergé plus de parasites (test U de Mann-Whitney ; $p < 0,05$). A l'opposé, l'arc I a été le moins exploité par *D. mendehei* uniquement au mois d'avril 2021.

III-1-3-3-3-2- Cas de *Dactylogyrus nyongensis*

Durant la période d'étude, tous les arcs branchiaux d'*E. guirali* ont mensuellement été exploités par *D. nyongensis* (**Annexe 2**). Les quatre arcs branchiaux ont mensuellement été colonisés de façon identique (test U ; $p > 0,05$), excepté aux mois de juin 2020 et 2021 durant lesquels l'arc I a été statistiquement plus et moins parasité. Cette équipartition a épousé plusieurs modèles, mais le plus récurrent a été II, III, IV, I enregistré en septembre, novembre, décembre 2020 et février 2021 (**figure 60**).

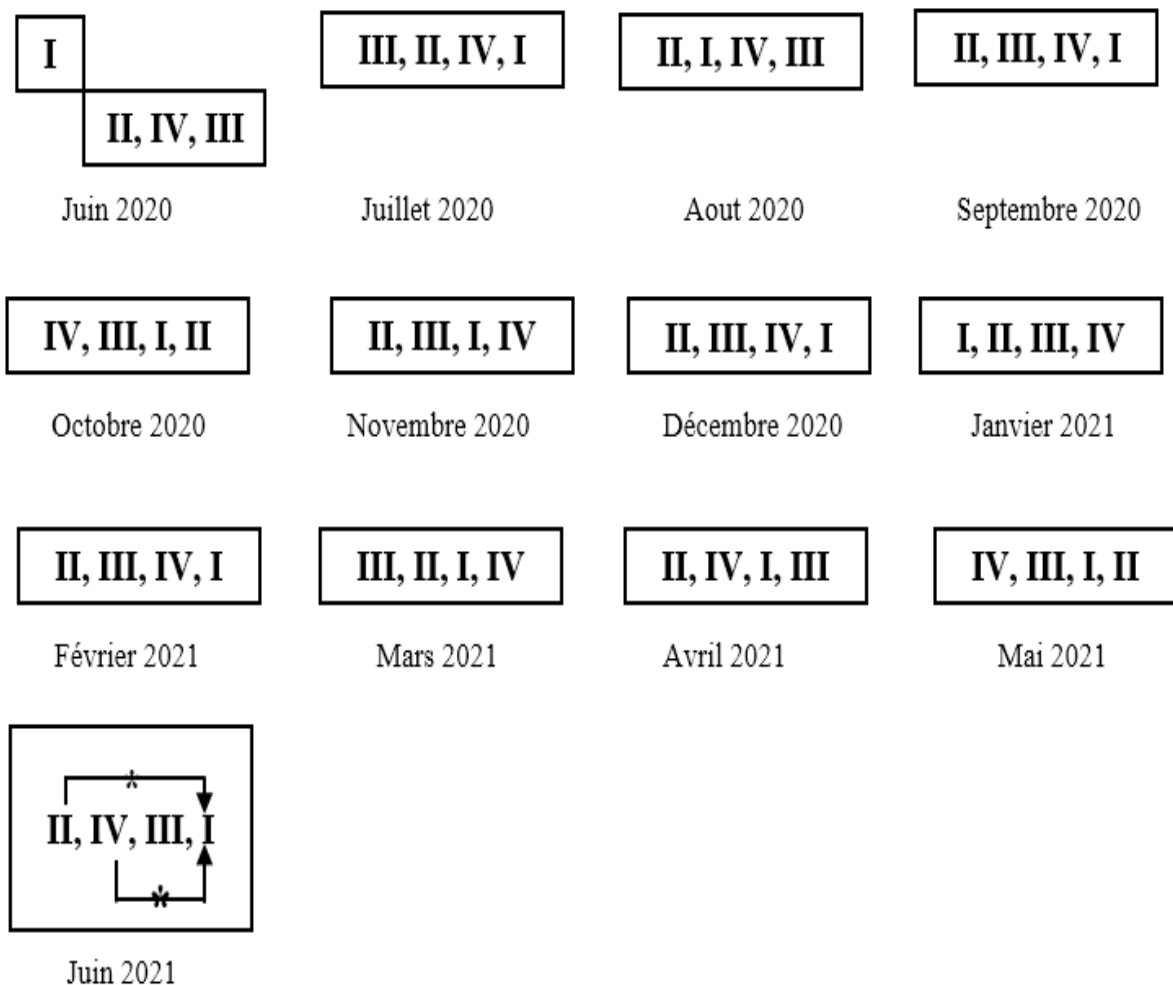


Figure 60 : Modèles d'occupation des arcs branchiaux par *Dactylogyrus nyongensis*

Légende : I = arc I ; II = arc II ; III = arc III ; IV = arc IV

III-1-3-4- Impact des infestations par les monogènes sur la physiologie d'*Enteromius guirali*

III-1-3-4-1- Relation entre l'infestation par les monogènes et la condition physiologique des hôtes échantillonnés

Dans l'ensemble, l'augmentation de la densité des monogènes branchiaux a entraîné la diminution du coefficient de condition du poisson (**figure 61**). Une corrélation négative a ainsi été enregistrée entre ces deux variables chez *Enteromius guirali* ($r = -0,23$; $p = 0,0000$).

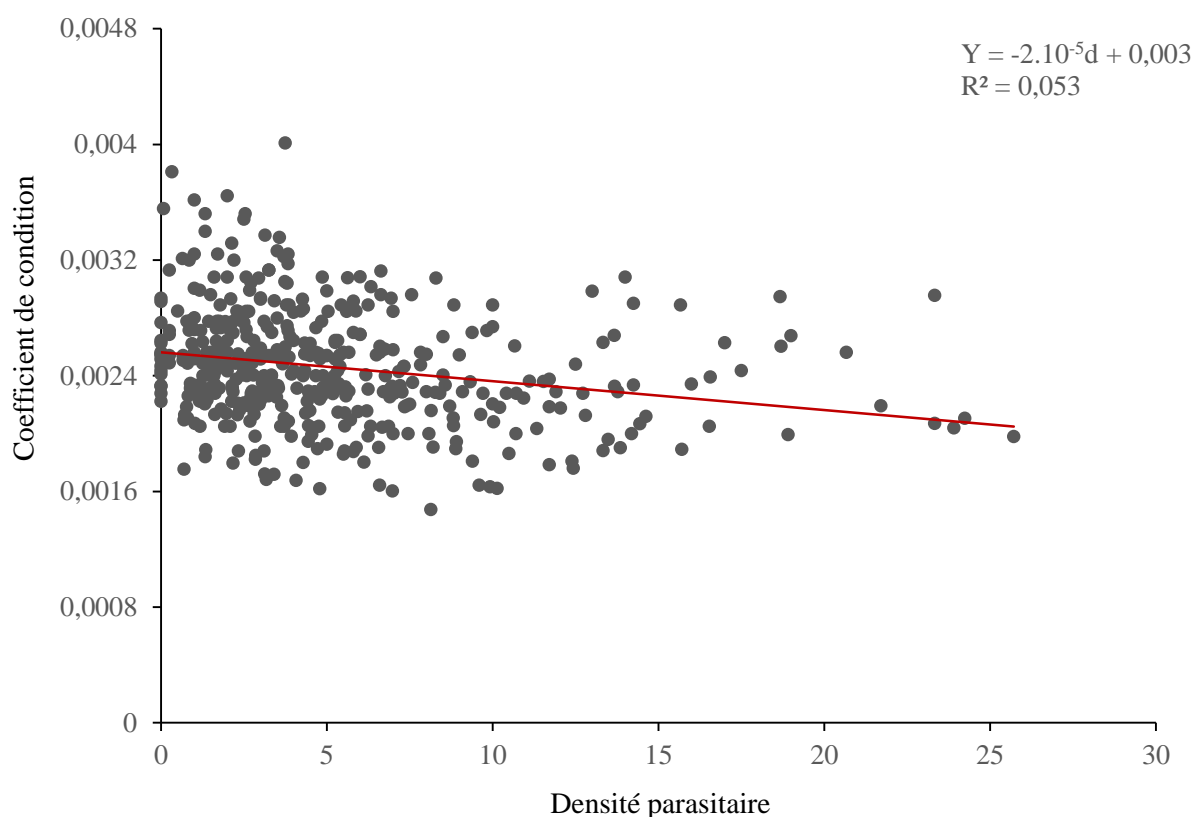


Figure 61 : Relation entre le coefficient de condition d'*Enteromius guirali* et la densité parasitaire

III-1-3-4-2- Relation entre les variations mensuelle et saisonnière du coefficient de condition d'*Enteromius guirali* et la densité parasitaire

Le coefficient de condition a négativement été corrélé à la densité parasitaire en juin et juillet 2020 ; septembre et avril 2021 (**tableau XXVII**). Bien que le coefficient de corrélation soit négatif (août et décembre 2020 ; mars 2021) et positif (octobre et novembre 2020 ; janvier, février et mai 2021), le coefficient de condition physiologique d'*Enteromius guirali* est resté constant (**tableau XXVII** ; $p > 0,05$). Les charges parasitaires absolues ont été plus élevées en juillet 2020 et avril 2021 (1212 et 1127 monogènes respectivement) ; et plus faibles en décembre 2020 et mai 2021 (318 et 362 monogènes respectivement). Il apparaît qu'une forte colonisation des branchies par des monogènes est nuisible à la santé de l'hôte.

La **figure 62** indique que le coefficient de condition a statistiquement été constant au cours de la grande saison des pluies ($r = 0,05$; $p = 0,61$) ; la grande saison sèche ($r = 0,001$; $p = 0,99$) et la petite saison des pluies ($r = - 0,01$; $p = 0,91$). Il a significativement diminué pendant la petite saison sèche ($r = - 0,22$; $p = 0,04$) montrant l'influence des infestations dues aux monogènes sur l'état physiologique de l'hôte.

En définitive, la fixation d'un grand nombre de monogènes branchiaux observée en juillet, septembre 2020 et avril 2021 est dommageable. Ces monogènes ont nuis à la santé de l'hôte pendant la petite saison sèche.

Tableau XXVII : Evolution de la condition physiologique d'*Enteromius guirali* en fonction de la densité parasitaire

Saison	Mois	Equation	R ²	R	p	d	N _T
PSS	juin 2020	$K = -10^{-4}d + 0,003$	0,206	- 0,45	0,01*	4,48	542
	juillet 2020	$K = -2.10^{-5}d + 0,0028$	0,041	- 0,21	0,02*	6,05	1212
GSP	août 2020	$K = -4.10^{-5}d + 0,0027$	0,083	- 0,29	0,08	4,07	908
	septembre 2020	$K = -3.10^{-5}d + 0,0027$	0,142	- 0,38	0,04*	4,45	986
	octobre 2020	$K = 3.10^{-5}d + 0,0025$	0,218	0,19	0,49	5,69	572
	novembre 2020	$K = 3.10^{-6}d + 0,0025$	0,001	0,12	0,91	3,58	466
GSS	décembre 2020	$K = -2.10^{-5}d + 0,0024$	0,035	- 0,19	0,32	2,27	318
	janvier 2021	$K = 6.10^{-6}d + 0,0024$	0,003	0,06	0,77	4,09	449
	février 2021	$K = 10^{-5}d + 0,0022$	0,022	0,15	0,43	5,69	462
PSP	mars 2021	$K = -10^{-5}d + 0,0025$	0,007	- 0,08	0,06	4,33	948
	avril 2021	$K = -9.10^{-6}d + 0,0027$	0,005	- 0,17	0,01*	6,18	1127
	mai 2021	$K = 4.10^{-6}d + 0,0023$	0,003	0,06	0,76	3,72	362

Légende : **d** = densité parasitaire ; **K** = coefficient de condition ; **N_T** = charge parasitaire absolue ; **GSP** : grande saison des pluies ; **GSS** : grande saison sèche ; **p** = valeur de la probabilité ; **R²** = coefficient de détermination ; **r** = coefficient de corrélation linéaire ; **PSS** : petite saison sèche ; **PSP** : petite saison des pluies ; * : significatif

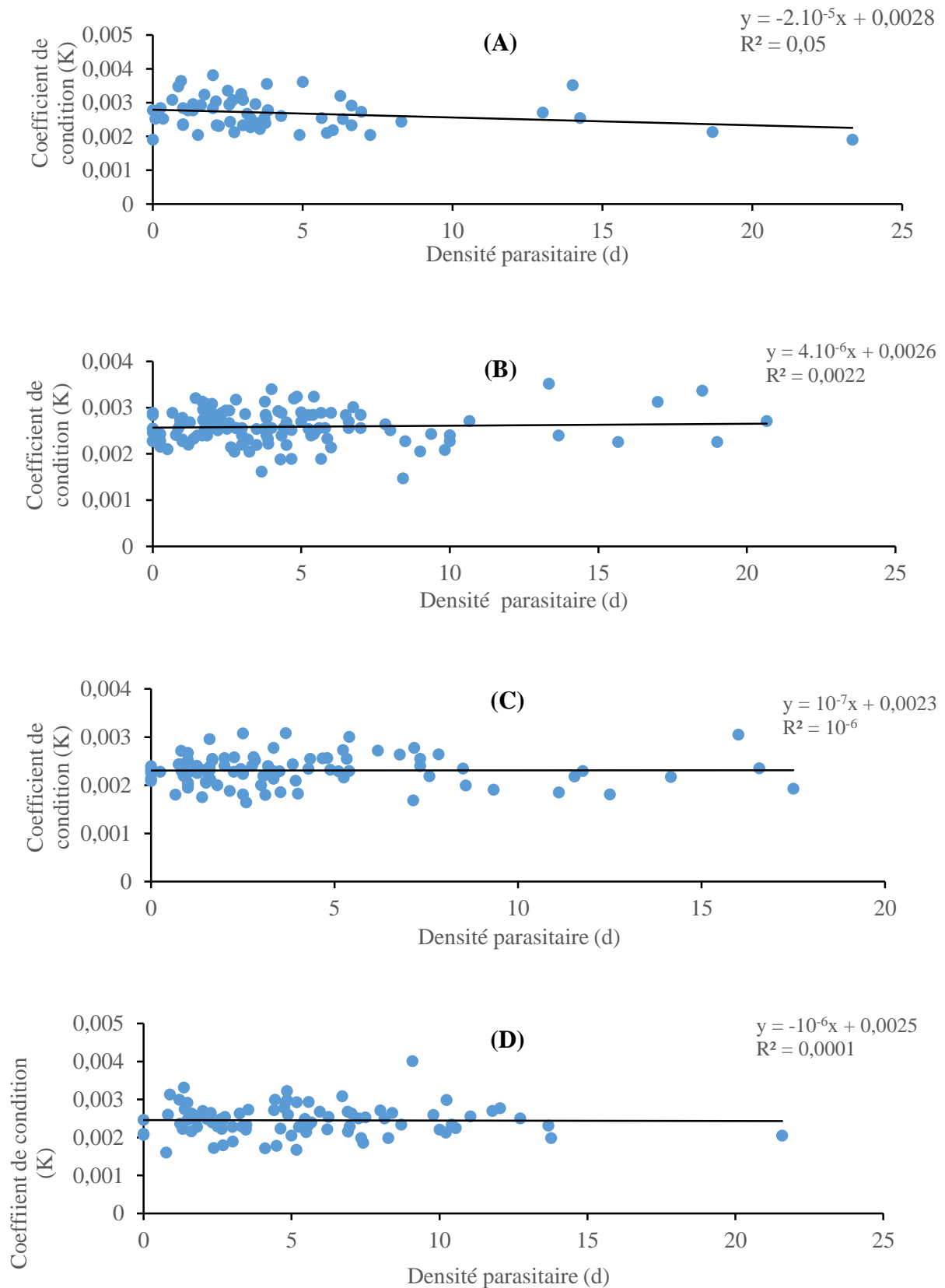


Figure 62 : Variation du coefficient de condition d'*Enteromius guirali* en fonction de la densité parasitaire au cours de la petite saison sèche (A), la grande saison des pluies (B), la grande saison sèche (C) et la petite saison des pluies (D)

III-2- Discussion

III-2-1- Systématique des monogènes étudiés

L'étude de la faune des monogènes branchiaux chez *Enteromius aspilus*, *Enteromius guirali* et *Enteromius camptacanthus* capturés dans la rivière Cesala à Lebamzip a permis d'inventorier cinq espèces de monogènes appartenant à la sous-classe des Monopisthocotylea, l'ordre des Dactylogyridae, au genre *Dactylogyrus*. La présence des monogènes branchiaux a été précédemment notée par **Birgi & Lambert** (1987) sur les mêmes espèces ichthyques capturées dans le Sud Cameroun. L'absence au cours de la présente étude de *Dactylogyrus amieti* **Birgi & Lambert**, 1987 et *Dogielius njinei* **Birgi & Lambert**, 1987 chez *E. camptacanthus* d'une part et, la présence d'une nouvelle espèce chez *Enteromius aspilus* ainsi que l'absence de *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis* d'autre part corrobore **Norton & Carpenter** (1998) qui pensent que la richesse spécifique d'un hôte varie dans l'espace et dans le temps. Selon **Paperna** (1964) et **Zharikova** (2000), cette variabilité résulte de l'action combinée des facteurs biotiques et abiotiques de la zone d'étude. **Kamdem & Teugels** (1997) pensent que la parasitofaune d'une espèce ichthyque varie avec la profondeur et la largeur du cours d'eau. De plus, l'hétérogénéité et la variabilité de leur milieu de vie entraîneraient certainement la modification de la parasitofaune du poisson (**Blondel**, 1995). Par ailleurs ces observations indiquent d'après **N'Douba** (2000) que l'occupation du biotope branchial de certaines espèces ichthyques se ferait par un phénomène de colonisation-extinction.

Une infestation bispécifique a été mise en évidence chez *Enteromius aspilus* et *E. guirali* et monospécifique chez *E. camptacanthus*. Pour **Combes** (1995), plusieurs espèces systématiquement voisines qui partagent simultanément le même biotope se livrent inévitablement à une compétition qui peut aboutir soit à l'exclusion de certaines d'entre elles, soit à la séparation de leurs niches. Nous nous autorisons sur cette base, à évoquer l'hypothèse de l'exclusion compétitive pour expliquer la colonisation des branchies d'*E. camptacanthus* uniquement par *Dactylogyrus valeti* qui aurait empêché l'établissement d'autres espèces sur ce biotope. Par ailleurs, la coexistence d'espèces congénériques sur les branchies d'*Enteromius aspilus* et *Enteromius guirali* est rendue possible par la séparation de leur microhabitat. En effet, **Combes** (op. cit.) ajoute que la survie de plusieurs espèces sur le même biotope n'est possible que par l'existence des « mécanismes stabilisateurs » qui empêchent l'élimination de certaines espèces. Le mécanisme régulièrement évoqué est la séparation des niches qui a été mise en évidence dans la partie III-2-4 qui traite de la structuration des infrapopulations obtenues. Pour

aller dans le même ordre d'idées, **Barbault** (1995) précise qu'en situation de parasitisme par plusieurs espèces, l'exclusion compétitive pour l'espace est peu courante.

Dactylogyrus cesalaensis n. sp., retrouvé uniquement sur les branchies d'*Enteromius aspilus* exprime pour l'heure une spécificité oïoxène. Cette espèce nouvelle a été classée dans le type morphologique flamme défini par **Gussev** (1976) et **Lambert** (1977). **Birgi & Lambert** (1987) avaient précédemment regroupé *Dactylogyrus aspili*, *D. mendehei*, *D. nyongensis* et *D. valeti* dans le même morphotype. Toutefois, la redescription de *D. valeti* ne permet pas de le maintenir dans ce morphotype car son complexe copulateur mâle ne rappelle pas la forme d'une petite flamme. En effet, la pièce accessoire de cet appareil est losangique à la base, rectiligne à la partie médiane et en forme d'une fine clef à mollet sur la partie distale. La forme de l'appareil copulateur étant un critère d'isolement reproductif des espèces (**Lambert**, 1977), la morphologie du complexe copulateur des monogènes est un élément caractéristique dans la détermination d'une espèce (**Řehulková et al.**, 2021).

Sur la base de la classification des hamuli des Dactylogyridae proposée par **Gussev** (1962), tous les monogènes étudiés ont présenté un hamuli du type *Dactylogyrus wunderi*. La présence de filaments ancrés sur la courbure de la lame, se prolongeant jusqu'à la pointe, doit être ajoutée à la diagnose des monogènes redécrits. Il ressort des travaux antérieurs que les crochets des *Dactylogyrus* sont généralement pourvus de filaments dorsaux (**Lambert**, 1977 ; **Guegan et al.**, 1988). Pour ces espèces, diverses formes de barres transversales dorsales ont été observées avec plus ou moins de ressemblances par rapport aux descriptions originelles. Chez *D. aspili*, bien qu'étant en forme de V comme sur la première description, la cloison reliant les deux bras en leur milieu n'a pas été observée. Chez *D. mendehei* et *D. nyongensis*, les barres transversales dorsales sont arquées mais moins robustes comme signalé par **Birgi & Lambert** (1987). *Dactylogyrus valeti* a présenté une barre transversale dorsale simple et plus robuste dans sa partie médiane. En ce qui concerne la forme des crochets de la première paire, l'absence de filaments dorsaux chez *D. mendehei* a été la principale différence par rapport à la description originelle. Dans cette étude, les mensurations des pièces sclérifiées haptorales et génitales de *D. aspili*, *D. mendehei* et *D. nyongensis* ont été légèrement plus petites que celles obtenues par **Birgi & Lambert** (1987). De nombreuses études ont révélé des changements sur la morphologie du monogène. A ce titre, **Allalgua et al.** (2022) ont montré des différences importantes de la longueur du corps, la largeur du corps, la longueur totale du crochet, la distance entre le manche et la lame et la longueur des crochets en fonction des saisons. **Mo** (1991, 1993) a constaté que les changements des facteurs abiotiques influencent la taille des pièces du système de fixation de

Gyrodactylus salaries **Malmberg**, 1957 et *Gyrodactylus derjavini* **Mikhailov**, 1975 respectivement. Chez *Rutilus rutilus* **Linnaeus**, 1758, **Zolovs et al.** (2012) ont révélé que les données morphométriques de *Dactylogyrus crucifer* **Wagener**, 1857 varient au cours des saisons. Les travaux de **Geets et al.** (1999) ont montré que la taille de l'appareil de fixation de *Gyrodactylus arcuatus* **Bychowsky**, 1933 se modifie régulièrement au cours de l'année, notamment à cause des variations de la température de l'eau. D'autres auteurs pensent que la morphologie du monogène varie avec les facteurs biotiques (**Šimková et al.**, 2000), la zone géographique (**Zolovs & Kirjušina**, 2012) et le microhabitat (**Zolovs et al.**, 2016). Les différences morphométriques observées sur les monogènes étudiés seraient liées aux facteurs abiotiques inhérents à la zone d'étude.

L'analyse en composantes principales (ACP) de toutes les données morphométriques des monogènes étudiés et celles des descriptions originelles a permis de confirmer le statut taxinomique de *Dactylogyrus aspili*, *D. nyongensis*, *D. mendehei*, *D. valeti* et *D. cesalaensis* n. sp.. Cette analyse a montré que des monogènes redécrits ne sont pas suffisamment différents des descriptions faites par **Birgi & Lambert** (1987). A ce titre **Gussev** (1985) pense que l'ignorance d'une telle étude pourrait exposer à des erreurs de diagnose et considérer comme nouvelles des espèces déjà connues.

III-2-2- Biotope des monogènes branchiaux, relation taille/masse et coefficient de condition d'*Enteromius guirali* et/ou *Enteromius aspilus*

II-2-2-1- Structure du biotope branchial d'*Enteromius aspilus* et *Enteromius guirali*

Les deux côtés du système branchial d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* ont été équivalents quant au nombre de filaments branchiaux et à la surface branchiale. **Tombi et al.** (2016 b) et **Ndongo et al.** (2022) ont fait le même constat sur la base de l'évolution du nombre de filaments branchiaux d'*Enteromius camptacanthus* et *Brycinus kingsleyae* (**Günther**, 1896) respectivement. D'autres études qui en plus du nombre de filaments branchiaux ont tenu compte de la surface branchiale colonisable par les monogènes, ont obtenu des résultats similaires : c'est le cas des travaux de recherche menés par **Caltran & Silan** (1996), **Bilong Bilong et al.** (1999), **Bilong Bilong & Tombi** (2004) et **Nack & Bilong Bilong** (2007) respectivement sur le système branchial de *Liza ramada* **Risso**, 1827 ; *Hemichromis fasciatus* **Peters**, 1858 ; *Enteromius martorelli* **Roman**, 1971 et *Clarias camerunensis* **Lönnberg**, 1895. Nos observations se justifient par la symétrie bilatérale du système branchial de ce Téléostéen.

Suivant le gradient transversal, le nombre total moyen de filaments branchiaux a varié selon les modèles $A_{II} > A_{III} = A_I > A_{IV}$ chez *E. aspilus* et $A_{II} > A_{III} > A_I > A_{IV}$ chez *E. guirali*. Les modèles de variation de la surface branchiale ont été $A_I = A_{II} = A_{III} > A_{IV}$ chez *Enteromius aspilus* et $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ chez *E. guirali*. Suivant le gradient latéral, le nombre de filaments branchiaux a diminué selon les modèles $HA_3 = HP_3 > HP_2 = HA_2 = HP_1 = HA_1 > HP_4 = HA_4$ chez *E. aspilus* et $HP_2 > HP_3 > HP_1 > HA_2 > HA_1 > HA_3 = HP_4 > HA_4$ chez *E. guirali*. Il ressort de nos résultats que le nombre de filaments branchiaux des hémibranchies antérieures et postérieures a été équivalent chez *E. aspilus* tandis que le nombre moyen de ces structures branchiales a toujours été plus élevé sur l'hémibranchie postérieure de chaque holobranchie de la cavité bucco-pharyngienne d'*Enteromius guirali*. Pour **Galis & Barel (1980)**, le nombre et la longueur des filaments sont des caractéristiques morphi-plastiques et une adaptation aux caractéristiques morphi-anatomiques de la tête d'une espèce ichthyque et à la contribution de chaque arc branchial et par conséquent de chaque hémibranchie dans l'absorption de l'oxygène dissout. Ainsi, les forts courants ventilatoires qui passent à travers les arcs I et II (**Paling, 1968**) justifieraient les observations faites sur le gradient transversal. Par ailleurs, les résultats obtenus sur le gradient latéral seraient liés à la position que chaque hémibranchie occupe dans la cavité branchiale de l'hôte. Dans la littérature, différents modèles de variation de ces paramètres ont été enregistrés en fonction de l'espèce ichthyque. Concernant la variation du nombre de filaments branchiaux, **Bilong Bilong & Tombi (2004)** et **Ndongo et al. (2022)** ont établi le modèle $A_{II} > A_I = A_{III} > A_{IV}$ respectivement chez *E. martorelli* et *B. kingsleyae*. Chez *Hemichromis fasciatus*, **Bilong Bilong et al. (1999)** ont signalé le modèle $A_{II} > A_{III} = A_I > A_{IV}$. **Tombi et al. (2016 b)** ont obtenu chez *E. camptacanthus*, le modèle $A_I > A_{II} > A_{III} > A_{IV}$. Quant à la surface branchiale, le modèle $II > I > III > IV$ a été enregistré chez *H. fasciatus* (**Bilong Bilong et al., 1999**). *Enteromius martorelli* a offert une surface équivalente sur les arcs I, II et III (**Bilong Bilong & Tombi, 2004**). Chez *C. camerunensis*, l'aire colonisable a varié selon le modèle $IV < I < II = III$ (**Nack & Bilong Bilong, 2007**). Dans tous les cas, l'arc branchial IV a toujours présenté le plus petit nombre de filaments et la plus petite aire colonisable par les parasites. Si chez *E. aspilus* et *E. guirali*, le nombre de filaments branchiaux de l'arc II a été statistiquement supérieur à celui de l'arc I, leurs aires colonisables ont été identiques.

Quant au gradient latéral, **Ndongo et al. (2022)** ont montré que chez *B. kingsleyae*, les faces antérieure et postérieure de chaque holobranchie ont présenté le même nombre de filaments selon le modèle $IIP = IIA > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP$. Chez *E. camptacanthus*, la variation du nombre de filaments inter-hémibranchies a obéi au modèle $HA_1 > HA_2 = HP_1 = HP_2 = HA_3 > HP_3 > HA_4 < HP_4$ (**Tombi et al., 2016 b**). Chez *E. martorelli*, bien que le nombre moyen des

filaments de l'arc I soit identique entre ses deux faces, **Bilong Bilong & Tombi** (2004) ont remarqué que la face antérieure de chacun des trois autres holobranchies a toujours porté plus de filaments selon le modèle $A_2 > A_3 > P_1 = A_1 > P_2 > A_4 = P_3 > P_4$. Les modèles établis par **Silan et al.** (1987), **Caltran & Silan** (1996) et **Bilong Bilong et al.** (1999) respectivement chez *Dicentrarchus labrax* **Linnaeus**, 1758, *Liza ramada* **Risso**, 1827 et *Hemichromis fasciatus* **Peters**, 1857 ont révélé que l'hémibranchie postérieure de chaque holobranchie a toujours été plus petite. Les modèles de variation de la surface filamenteuse à travers le même gradient ont été $HP_1 = HP_2 > HA_1 = HA_2 = HP_3 = HA_3 > HA_4 > HP_4$ chez *E. aspilus* et $HP_1 = HP_2 = HA_1 = HA_2 > HP_3 > HA_3 > HP_4 > HA_4$ chez *E. guirali*. Chez *E. aspilus*, l'aire offerte a été chaque fois plus grande sur l'hémibranchie postérieure des arcs I, II, IV et identique entre les hémibranchies antérieures et postérieures de l'arc III. Chez *E. guirali*, la surface colonisable a été équivalente sur les deux faces des arcs I et II mais plus large sur les hémibranchies postérieures des arcs III et IV. Nous pensons aussi comme **Nack & Bilong Bilong** (2007) que la position d'un arc dans la cavité branchiale détermine sa surface, et par conséquent celle de ses hémibranchies.

Le nombre total de filaments branchiaux et la surface totale d'une part et par côté, arc, hémibranchie d'autre part, ont progressivement augmenté avec la taille d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali*. Il en découle que, le biotope étudié connaîtrait des modifications perpétuelles au cours de la croissance du poisson. Des constats similaires ont été faits par **Bilong Bilong et al.** (1999), **Bilong Bilong & Tombi** (2004) et **Nack & Bilong Bilong** (2007) sur *H. fasciatus*, *E. martorelli* et *C. camerunensis* respectivement. Nous nous joignons à **Silan et al.** (1987) pour expliquer les résultats de la présente étude par le fait que, le système branchial des Téléostéens se met en place progressivement. Quelle que soit la taille d'*Enteromius aspilus*, les hémibranchies antérieures et postérieures ont arboré un nombre équivalent de filaments et présenté une aire filamenteuse sensiblement identique. Ce résultat est semblable à ceux obtenus par **Bilong Bilong & Tombi** (2004) sur *E. martorelli* et **Nack & Bilong Bilong** (2007) sur *C. camerunensis*.

II-2-2-2- Relation taille/masse et coefficient de condition chez *Enteromius guirali*

Les coefficients de corrélation linéaire et logarithmique des individus de taille inférieure à 65mm (0,7533 et 0,7883 respectivement) ont augmenté chez les individus de longueur supérieure ou égale à 65mm (0,9345 et 0,9483 respectivement). La variation du degré de corrélation entre différentes classes de taille des poissons d'un même échantillon a été signalée en milieu naturel par **Abba et al.** (2010) sur *Salmo trutta macrostigma* (**Dumeril**, 1858) et **Eriegha & Eyo** (2023) sur *Ethmalosa fimbriata* (**Bowdich**, 1825). La corrélation entre la masse et la taille du poisson a

été plus forte chez les femelles. Un tel phénomène a été signalé par **Abba et al.** (2010) chez *Salmo trutta macrostigma* (**Dumeril**, 1858). Nous pensons comme **Khallaf et al.** (2003) que le degré de corrélation entre la masse corporelle et la taille est fonction du modèle de croissance des poissons.

Toutes les tailles confondues, la valeur du coefficient d'allométrie d'*E. guirali* a indiqué que la croissance de la masse s'effectue plus rapidement que la croissance en longueur ($b = 3,318$; test t de Student : $p < 0,05$). De façon similaire, **Andrale & Campos** (2002) ont révélé que les spécimens de *Katsuwonus pelamis* (**Linnaeus**, 1758) grossissent plus rapidement qu'ils ne grandissent (allométrie majorante ou positive). Sur *Salmo trutta macrostigma* (**Dumeril**, 1858), le modèle de croissance allométrique positive a été signalé par **Abba et al.** (2010). **Hazoume et al.** (2017) ont noté que la croissance en masse corporelle était plus rapide que la croissance en longueur chez une dizaine d'espèces ichthyques. **Da et al.** (2018) et **Eriegha & Eyo** (2023) ont également fait des constats similaires chez *Clarias anguillaris* (**Linnaeus**, 1758) et *Ethmalosa fimbriata* (**Bowdich**, 1825). La croissance allométrique d'une espèce ichthyologique dépend de la disponibilité des ressources alimentaires, des conditions physico-chimiques (température, salinité, pH de l'eau,...) du biotope et des conditions physiologiques du poisson (**Boni et al.**, 2019, **Lorenzen**, 2000 ; **Khallaf et al.**, 2003 ; **Froese**, 2006).

L'étude du coefficient de condition fournit d'importantes informations sur les interactions de diverses natures pouvant exister entre le poisson-hôte et son biotope (**Froese**, 2006 ; **Boni et al.**, 2019). Sa valeur a toujours été supérieure à 1, preuve qu'*E. guirali* est en équilibre avec son milieu de vie. Cet équilibre caractérise l'état de « bien-être » physiologique des poissons échantillonnés (**Minoungou et al.**, 2020). De constats similaires ont été faits par **Hajjej et al.** (2009) sur *Euthynnus alletteratus* (**Rafinesque**, 1810), **Abba et al.** (2010) sur *Salmo trutta macrostigma* (**Dumeril**, 1858), **Minoungou et al.** (2020) sur sept espèces de poissons capturées en milieu naturel et **Matunguru et al.** (2023) sur *Bagrus bayad* (**Fabricius**, 1775).

Chez *Enteromius guirali*, les variations mensuelle et saisonnière du coefficient K ont montré une évolution comparable chez les individus des deux sexes. La valeur du coefficient K a été faible pendant la grande saison sèche et élevée en saisons pluvieuses et au cours des deux petites saisons sèches. La saison sèche est marquée par la diminution considérable du niveau d'eau et par conséquent celle de la quantité de nourriture (**Lorenzen**, 2000 ; **Mazambi et al.**, 2020). La baisse considérable du niveau d'eau de la rivière Cesala favorise de perpétuels épisodes de pêche traditionnelle au cours desquels les poissons de grande taille sont généralement

capturés. Nous pensons à la suite de **Albaret & Laë** (2003) et **Da et al.** (2018) que durant la grande saison sèche, la modification des conditions environnementales (augmentation de la température) et l'activité anthropique (pêche et pollution des eaux) perturbent l'équilibre physiologique du poisson. Un coefficient de condition élevé en saisons pluvieuses, témoigne de l'état de « bien-être » physiologique de l'animal (**Minoungou et al.**, 2020). En effet, l'abondance de ressources alimentaires dans l'eau pendant les saisons pluvieuses (**Mazambi et al.**, 2020) favorise la croissance de la population hôte (reproduction) et le développement des individus (**Froose**, 2006). La valeur du coefficient K a augmenté avec l'accumulation des graisses et autres réserves car les animaux accumulent diverses réserves avant les périodes de frai (**Andrade & Campos**, 2002). Ainsi, *Enteromius guirali* accumulerait diverses réserves pendant la petite saison sèche pour se reproduire pendant la grande saison pluvieuse. En fin, la taille des gonades et la présence des contenus stomacaux (non pris en compte dans ce travail) peuvent affecter la valeur du coefficient de condition (**Dembe Louvinguila et al.**, 2020). Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par **Hajjej et al.** (2009) sur *E. alletteratus* ; **Ajah & Asuquo** (2017) sur *Ethmalosa fimbriata* (**Bowdich**, 1825) ; **Mazambi et al.** (2020) sur *Lamprichthys tanganicus* **Boulenger**, 1898 et **Matunguru et al.** (2023) sur *B. bayad*. **Dembe Louvinguila et al.** (2020) ont obtenu des coefficients de condition élevés en saison pluvieuse et faibles en saison sèche chez *Coptodon guineensis* (**Günther**, 1862), *Eucinostomus melanopterus* (**Bleeker**, 1863) et *Oreochromis schwebischi* (**Sauvage**, 1884).

III-2-3- Distribution des monogènes branchiaux étudiés et impact des monogènes sur la physiologie d'*Enteromius guirali*

III-2-3-1- Distribution des infracommunautés chez *Enteromius aspilus* et *Enteromius guirali*

L'examen de la cavité branchiale de deux espèces du genre *Enteromius* a révélé la présence de quatre espèces de monogènes notamment *D. cesalaensis* n. sp. et *D. aspili* chez *E. aspilus* ; *D. mendehei* et *D. nyongensis* chez *E. guirali*. Toutes ces espèces ont adopté une distribution agrégative. Plusieurs travaux antérieurs ont signalé la sur-dispersion des monogènes. **Mbondo et al.** (2022) ont mis en évidence la sur-dispersion de *Synodontella melanoptera* **Dossou & Euzet**, 1993 et *Synodontella sanagaensis* **Mbondo, Nack & Pariselle**, 2017 sur *Synodontis rebeli* **Holly**, 1926. **Blahoua et al.** (2018) ont noté la distribution agrégative de *Cichlidogyrus aegypticus* **Ergens**, 1981, *Cichlidogyrus digitatus* **Dossou**, 1982 et *Cichlidogyrus vexus* **Pariselle & Euzet**, 1995 sur les branchies de *Tilapia zillii* (**Gervais**, 1848). **Tombi et al.** (2014) ont également signalé l'agrégation de *Cichlidogyrus thurstonae* **Ergens**, 1981, *Cichlidogyrus halli* **Price & Kirk**, 1967, *Cichlidogyrus tilapiae* **Paperna**, 1960 et *Scutogyrus longicornis* **Paperna & Thurston**, 1969 chez *Oreochromis niloticus* (**Linnaeus**, 1758) de la station piscicole

de Mélen. Pour **Poulin** (2006), les parasites sont généralement sur-dispersés à travers leurs hôtes. En effet, les contacts hétérogènes entre les hôtes et les larves infestantes d'une part et/ou la susceptibilité différentielle des hôtes aux attaques des parasites d'autre part peuvent expliquer la sur-dispersion des parasites (**Krasnov & Poulin**, 2010). **Combes** (1995) pense qu'une distribution agrégative indique l'hétérogénéité des relations entre l'hôte et ses parasites. Pour **Rohde** (1979), l'agrégation favorise la reproduction car les parasites très agrégés ont peu de difficultés pour se reproduire même si les charges parasitaires sont faibles. La concentration de la majeure partie des monogènes d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* sur un petit nombre d'individus hôtes est avantageuse à ces xénocommunautés car elle faciliterait la fécondation croisée. En effet, les intensités moyennes étant très faibles, la rencontre entre partenaires sexuels serait aléatoire en cas de distribution régulière.

Toutes les espèces de *Dactylogyrus* récoltées ont été engagées dans le parasitisme monospécifique. Cette observation corrobore **Tombi et al.** (2011) qui ont démontré que ce type d'infestation concerne surtout les espèces principales. Le ratio parasite/hôte a été plus élevé pour les associations *Dactylogyrus aspili* - *D. cesalaensis* n. sp. et *D. mendehei* - *D. nyongensis*. Autrement dit, l'effectif des monogènes trouvés sur le système branchial d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* a été plus élevé en situation de parasitisme bispécifique. Ces observations rejoignent celles de **Tombi et al.** (2011) sur *E. martorelli*. Nous affirmons à la suite de **Madhi & Belghyti** (2006) que les interactions entre les espèces de monogènes ectoparasites d'une même espèce ichthyologique seraient positives. Le parasitisme simultané par *D. aspili* et *D. cesalaensis* n. sp. ou *D. mendehei* et *D. nyongensis* représente un danger réel pour l'hôte. En effet, les dommages liés à la fixation et/ou au mode d'alimentation d'un monogène seraient multipliés par le nombre de spécimens de chaque espèce parasite. Selon **Combes** (1995), l'effet pathogène est généralement faible en cas de parasitisme monospécifique.

Dactylogyrus aspili, *D. cesalaensis* n. sp., *D. mendehei* et *D. nyongensis* ont respectivement présenté une prévalence de 87,50% ; 84,38% ; 90% et 95% révélant que ces espèces ont été principales. Les intensités moyennes ont été faibles ($11,33 \pm 8,24$ pour *D. mendehei* et $18,97 \pm 14,39$ pour *D. nyongensis*) et très faibles ($4,06 \pm 3,38$ pour *D. cesalaensis* n. sp. et $5,57 \pm 4,39$ pour *D. aspili*). De tels résultats auraient un rapport direct avec les conditions biotiques et abiotiques de la rivière Cesala. Des observations similaires ont été faites par **Brandao et al.** (2013) sur *Salminus hilarii Valenciennes*, 1850 et **Ndongo et al.** (2022) sur *Brycinus kingsleyae* (**Günther**, 1896). En milieu naturel, les effectifs des monogènes sont généralement restreints à cause de l'équilibre avec les poissons hôtes (**Tombi & Bilong Bilong**, 2013). Par ailleurs, les hôtes n'étant pas confinés dans un espace réduit, leur contact limité

rendrait difficile la rencontre avec les oncomiracidiums (larve infestante). **El-Naggar et al.** (2017) pensent que les faibles charges parasitaires sont indicatrices des environnements peu perturbés car une mauvaise qualité de l'eau affecterait la santé des organismes aquatiques les rendant immunitairement vulnérables.

Globalement, les jeunes spécimens ont fréquemment été infestés mais la charge parasitaire a toujours été plus élevée chez les spécimens adultes. Tous les *Dactylogyrus* récoltées ont été plus abondants chez les hôtes de grande taille. D'autres auteurs ont obtenu des résultats similaires. **Tombi et al.** (2014) et **Blahoua et al.** (2016) ont noté une corrélation positive des intensités moyennes de *C. thurstonae*, *C. halli*, *C. tilapiae* et *S. longicornis* avec la taille d'*O. niloticus*. Chez *Cyprinus carpio* (**Linnaeus**, 1758), **Allagua et al.** (2015) ont montré que le parasitisme par *Dactylogyrus extensus* **Mueller & Van Cleave**, 1932 ; *Dactylogyrus cyclocirrus* **Paperna**, 1973 ; *Dactylogyrus arcuatus* **Yamaguti**, 1942 ; *Dactylogyrus anchoratus* (**Dujardin**, 1845) **Wegener**, 1857 et *Pseudacolpenteron pavlovskii* **Bychovsky & Gussev**, 1955 a augmenté avec la taille de l'hôte. **Adou et al.** (2017) ont révélé que *C. vexus* ; *Cichlidogyrus ergensis* **Dossou**, 1982 et *Cichlidogyrus cubitus* **Dossou**, 1982 ont été plus fréquents et plus abondants chez les spécimens adultes de *Tilapia guineensis* (**Bleeker**, 1862). Pour ces auteurs, l'augmentation de la charge de monogènes avec la taille du poisson est justifiée par la large surface filamenteuse colonisable qu'offrent les Téléostéens de grande taille aux parasites. En ce qui concerne *E. aspilus* et *E. guirali*, le nombre de filaments branchiaux et la surface filamenteuse a augmenté progressivement avec la taille. De plus, nous pensons comme **Tombi et al.** (2014) et **Ndongo et al.** (2022) que le grand volume d'eau qui passe à travers les branchies des gros poissons pourrait augmenter les chances d'invasion par les larves infestantes.

Le sexe de l'hôte n'a eu aucune influence sur la charge parasitaire de chaque représentant des xénocommunautés étudiées. Un tel constat a été fait par d'autres chercheurs. **Blahoua et al.** (2015) ont révélé que le sexe de *T. zillii* n'influence pas la répartition de *C. aegypticus*, *C. digitatus* ; *C. vexus* et *Cichlidogyrus yanni* **Pariselle & Euzet**, 1996. De même, **Nack et al.** (2018) ont signalé que *Protoancylodiscoïdes combesi* **Bassock Bayiha, Nack & Pariselle**, 2016 et *Protoancylodiscoïdes auratum* **Bassock Bayiha, Nack & Pariselle**, 2016 exploitent indifféremment les branchies des spécimens mâles et femelles de l'espèce *Chrysichthys auratus* (**Geoffroy Saint-Hilaire**, 1808). Nos résultats s'opposent à ceux obtenus par certains auteurs. **Allagua et al.** (2015) ont signalé que *Pseudacolpenteron pavlovskii* **Bychowsky & Gusev**, 1955 a parasité davantage les mâles de *Cyprinus carpio* (**Linnaeus**, 1758). **Bouah et al.** (2021) ont révélé que les femelles de *Clarotes laticeps* (**Ruppell**, 1829) hébergent d'avantage de parasites de l'espèce *Protoancylodiscoïdes ivoiriensis* **Bouah, N'Douba & Pariselle**, 2021. **Adou et al.**

(2017) ont remarqué que le sexe de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) a une influence sur la charge parasitaire. En effet, *C. vexus* et *C. cubitus* se sont plus concentrés chez les femelles tandis que *C. digitatus* et *Cichlidogyrus dossoui* Douëllou, 1993 se sont plus accumulés chez les mâles. Les facteurs tels que la sédentarité des hôtes femelles et les différences hormonales entre mâles et femelles permettent souvent d'expliquer la variation du parasitisme en fonction du sexe du poisson (Poulin, 2006 ; Blahoua *et al.*, 2018).

Les côtés gauche et droit de la cavité branchiale des Cyprinidés étudiés ont été parasités de la même manière lorsqu'on considère aussi bien les taux d'infestation que les intensités moyennes. Des constats similaires ont été répertoriés dans la littérature. Kouadio *et al.* (2022) ont révélé que *Quadriacanthus ashuri* Kritsky & Kulo, 1988 ; *Quadriacanthus allobychoviskiella* Paperna, 1979 ; *Quadriacanthus clariadis* Paperna, 1961 ; *Quadriacanthus aegypticus* El-Naggar & Serag, 1986 ; *Quadriacanthus fornicatus* Francová & Řehulková ; *Quadriacanthus papernai* Kritsky & Kulo, 1988 ; *Quadriacanthus pravus* Francová & Řehulková, 2017 ; *Quadriacanthus zuheiri* Francová & Řehulková se sont répartis uniformément sur les arcs branchiaux gauches et droits de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Ndongo *et al.* (2022) ont remarqué une répartition équitable des monogènes sur les flancs gauche et droit du système branchial de *B. kingsleyae*. Bouah *et al.* (2021) ont montré que *Protoancylodiscoides essetchii* Bouah, N'Douba & Pariselle, 2021 et *P. ivoiriensis* occupent indifféremment les deux côtés du corps de *C. laticeps*. Le même constat a été fait par Tombi *et al.* (2014), Tombi *et al.* (2017) et Blahoua *et al.* (2018) sur les monogènes parasites branchiaux de diverses espèces de poissons. Adou *et al.* (2017) a révélé que *C. cubitus*, *C. digitatus*, *C. dossoui* et *C. vexus* ont indifféremment infesté les deux côtés du système branchial de *T. guineensis*. Chez *Labeo rohita* (Hamilton, 1822), *Dactylogyrus labei* Musselieus & Gusev, 1976 a uniformément occupé les côtés gauche et droit (Sujana, 2015). Selon Tombi *et al.* (2014), l'équipartition des monogènes de part et d'autre de la cavité branchiale des Téléostéens serait due à la symétrie bilatérale du corps de l'hôte. A ce propos, l'égalité du nombre de filaments branchiaux et de la surface branchiale sur les deux côtés d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* justifierait la répartition équitable des monogènes sur les côtés gauche et droit. De plus, Stavrescu-Bedivan (2013) affirme que les stades infestants (œufs et oncomiracidiums) ont les mêmes chances d'invasion des deux côtés du poisson.

Les quatre paires d'arcs branchiaux ont similairement été parasitées par *D. aspili*, *D. cesalaensis* n. sp., *D. mendehei* et *D. nyongensis*. Différents modèles d'exploitation du gradient transversal sont présentés dans la littérature. Crafford *et al.* (2014) ont révélé une infestation préférentielle des arcs branchiaux antérieurs (I et II) par *Q. aegypticus* et *D. extensus* parasites

de *Clarias gariepinus* (**Burchell**, 1822) ; *Dactylogyrus minutus* **Kulwiec**, 1927 et *Gyrodactylus klerulensis* **Ergens**, 1974 parasites de *C. carpio* ; *Dactylogyrus lamellatus* **Achmerow**, 1952 parasite de *Ctenopharyngodon idella* (**Valenciennes**, 1844). **Tombi et al.** (2014) ont signalé que *S. longicornis* et *C. magnus* ont respectivement affiché une préférence pour les arcs II et III d'*O. niloticus*. **Tombi et al.** (2016 a) ont noté de faibles prévalences et intensités moyennes de *Dactylogyrus amieti* **Birgi & Lambert**, 1987 ; *Dactylogyrus valeti* **Birgi & Lambert**, 1987 et *Dogielius njinei* **Birgi & Lambert**, 1987 sur l'arc IV d'*E. camptacanthus*. Chez *Tilapia rendalli* **Boulenger**, 1897, l'arc I est majoritairement exploité par *Cichlidogyrus tiberianus* **Paperna**, 1960 et *Cichlidogyrus dossoui* **Douëllou**, 1991 tandis que *Cichlidogyrus arthracanthus* **Paperna**, 1960 et *Cichlidogyrus tilapiae* **Paperna**, 1960 préfèrent l'arc II (**Tombi et al.**, 2017). Les travaux de **Blahoua et al.** (2018) sur *O. niloticus* ont révélé l'occupation des arcs II et III majoritairement par *C. thurstonae*. Chez *C. laticeps*, **Bouah et al.** (2021) ont noté que *P. essetchii* se fixe préférentiellement sur les arcs I, II et III tandis que *P. ivoiriensis* exploite majoritairement l'holobranchie IV. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer la colonisation du gradient transversal par les monogènes. Selon **Kouadio et al.** (2022), la préférence des arcs médians est associée à la grande surface colonisable qu'ils offrent aux monogènes. Et par conséquent, les arcs branchiaux présentant une moindre aire filamenteuse utilisable hébergeraient moins de parasites. Le modèle d'exploitation du gradient transversal par *D. cesalaensis* n. sp., *D. aspili*, *D. mendehei* et *D. nyongensis* pourrait s'expliquer par l'action combinée du courant d'eau respiratoire qui traverse la cavité branchiale du poisson et l'hétérogénéité du système branchial d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali*.

Dactylogyrus mendehei et *D. nyongensis* ont été plus fréquents sur l'hémibranchie antérieure mais plus abondants sur l'hémibranchie postérieure d'*Enteromius guirali*. Ce résultat indique que l'hémibranchie postérieure dont le nombre de filaments branchiaux et la surface colonisable sont plus élevés a été plus parasitée. Le gradient latéral d'*Enteromius aspilus* a été indifféremment exploité par *D. aspili* et *D. cesalaensis* n. sp.. De façon similaire, **Tombi et al.** (2016 a) ont noté que *Dactylogyrus amieti* **Birgi & Lambert**, 1987 ; *Dactylogyrus valeti* **Birgi & Lambert**, 1987 et *Dogielius njinei* **Birgi & Lambert**, 1987 n'ont affiché aucune préférence sur l'occupation des hémibranchies antérieure et postérieure. **Ndongo et al.** (2022) ont noté que *Characidotrema regia* **Birgi**, 1988, *Annulotrema combesi* **Birgi**, 1988, *Annulotrema maillardi* **Birgi**, 1988, *Annulotrema bouixi* **Birgi**, 1988 et *Annulotrema nyongensis* **Birgi**, 1988 ont indifféremment exploité le gradient latéral de *B. kingsleyae*. Les travaux de **Soylu et al.** (2010) ont aussi démontré l'infestation identique des deux hémibranchies des diverses holobranchies par *Dactylogyrus crucifer* **Wagener**, 1857 ectoparasites de *Rutilus rutilus* (**Linneaus**, 1758). Ces

auteurs ont justifié leurs observations par l'égalité des niches écologiques que les deux hémibranchies de chaque holobranchie de ces hôtes offrent aux parasites. Ainsi, la concentration des monogènes sur l'hémibranchie postérieure d'*Enteromius guirali* serait liée à l'importance de sa surface colonisable. Les profils de colonisation du gradient latéral d'*Enteromius guirali* et d'*Enteromius aspilus* par les monogènes récoltés sont similaires à ceux du nombre de leurs filaments et de leurs surfaces.

Globalement, les monogènes ont exploité le gradient longitudinal d'*Enteromius guirali* suivant le modèle $S_1 = S_3 < S_2$ indiquant que le secteur médian a été le plus parasité. Les travaux de **Tombi et al.** (2016 a) ainsi que ceux de **Ndongo et al.** (2022) ont signalé une fixation préférentielle des monogènes Dactylogyridae sur des secteurs branchiaux précis d'*Enteromius camptacanthus* et *B. kingsleyae* respectivement. Ainsi, *D. mendehei* a intensément colonisé le secteur médian de tous les arcs branchiaux tandis que *D. nyongensis* a indifféremment exploité les arcs I et II mais plus le secteur médian des arcs III et IV. Chez *E. aspilus*, les monogènes sans distinction d'espèces ont indifféremment colonisé le gradient longitudinal ($S_1 = S_2 = S_3$). A l'échelle spécifique, *D. aspili* a été plus fréquent sur les secteurs dorsaux de tous les holobranchies tandis que *D. cesalaensis* n. sp. a plus colonisé les secteurs médians des arcs I, II et ventraux des arcs III, IV. La préférence des sites de fixation par les monogènes serait conditionnée par des facteurs tels que la compétition, l'importance des courants ventilatoires à travers la cavité branchiale, la morphologie du hapteur et la reproduction. Certaines espèces préfèrent s'attacher sur les secteurs dorsaux et ventraux balayés par les courants d'eau de moindre ampleur (**Kouadio et al.**, 2022) alors que d'autres monogènes sollicitent des secteurs médians fortement alimentés par les courants d'eau (**Lo & Morand**, 2001 ; **Tombi et al.**, 2010). Pour **Ruchika et al.** (2016), la préférence des secteurs médians est liée au confort et à la sécurité qu'ils offrent aux monogènes. **Euzet & Combes** (1998) ont pensé que le site de fixation du monogène dépend de la morphologie de ses pièces haptorales.

Suivant le gradient vertical, les zones distale et basale ont été respectivement les plus et moins parasitées par *D. aspili*, *D. mendehei* et *D. nyongensis* selon le modèle $ZD > ZM > ZB$. D'autres modèles d'exploitation du gradient vertical ont été relevés par divers auteurs. Chez *E. camptacanthus*, les monogènes *D. amieti* et *Do. njinei* se sont plus concentrés sur la zone médiane (**Tombi et al.**, 2016 a). Chez *T. rendalli*, les zones basale, médiane et distale ont été les plus exploitées par *C. dossoui*, *C. quaestio* et *C. arthracanthus* respectivement (**Tombi et al.**, 2017). Ces auteurs pensent que certaines espèces de monogènes partagent leur biotope afin de coexister. La coexistence d'espèces de monogènes exige une tolérance mutuelle et un respect des différents microhabitats afin d'éviter la compétition interspécifique (**Soylu et al.**, 2013). Pour **Ndongo et**

al. (2022), les monogènes Dactylogyridea se fixent préférentiellement sur les zones branchiales les plus ventilées. A ce titre, **Paling** (1968) a signalé que la zone distale du système branchial des Téléostéens reçoit plus d'eau que n'importe quelle autre zone filamenteuse. *Dactylogyrus aspili*, *D. mendehei* et *D. nyongensis* possèdent un corps réduit et un hapter plus robuste (**Birgi & Lambert**, 1987) leur permettant de résister aux courants ventilatoires ce qui justifierait leur site de fixation préférentiel. A l'opposé, les intensités moyennes de *D. cesalaensis* n. sp. ont statistiquement été égales sur les diverses zones filamenteuses de chaque holobranchie. L'équipartition de ce parasite sur le gradient vertical serait liée à son éthologie.

III-2-3-2- Distribution longitudinale de *Dactylogyrus mendehei* et *Dactylogyrus nyongensis*

Dans la rivière Cesala à Lebamzip, le suivi mensuel des monogènes étudiés a indiqué que *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis* ont été présents sur les branchies d'*Enteromius guirali* tout au long de la période d'étude. Nous nous joignons à **Poulin** (2006) pour dire que les conditions biotiques et abiotiques de cette rivière s'avèrent favorables au développement permanent des monogènes étudiés. Nos résultats sont similaires à ceux présentés par d'autres chercheurs. Une infestation permanente de trois espèces de Cichlidae par les monogènes du genre *Cichlidogyrus* a été signalée par **Batra** (1984). **Bilong Bilong & Njiné** (1998) ont noté la colonisation permanente des branchies d'*Hemichromis fasciatus* par *Cichlidogyrus longicirrus*, *Onchobdella aframae* et *O. voltensis*. De façon similaire, **Tombi** (2005) a signalé la présence de *D. insolitus*, *D. simplex* et *Dactylogyrus bopeleti* **Birgi & Lambert**, 1987 pendant 16 mois consécutifs chez *E. martorelli*. De même, une colonisation continue des branchies d'*Oreochromis niloticus* par *Cichlidogyrus thurstonae*, *C. halli* et *C. tilapiae* sur une période de 13 mois a été mise en évidence par **Tombi et al.** (2015). **Blahoua et al.** (2015) ont continuellement recensé *Cichlidogyrus digitatus*, *C. aegypticus*, *C. vexus* et *C. yanni* sur les branchies de *T. zillii* pendant une année. **Adou et al.** (2017), **Blahoua et al.** (2018) et **Mbondo et al.** (2022) ont signalé la présence permanente des monogènes sur les branchies de *T. guineensis*, *O. niloticus* et *S. rebeli* respectivement.

Les profils épidémiologiques mensuels des monogènes étudiés ont évolué en dents de scie. *Dactylogyrus mendehei* a infesté le même nombre d'hôtes chaque saison mais a été plus abondant durant la petite saison pluvieuse. *Dactylogyrus nyongensis* a parasité moins de poissons en grande saison sèche. Ses charges ont été plus faibles pendant la grande saison sèche et plus élevées au cours de la grande saison des pluies. Il en ressort que pour la même espèce, les profils de variation des taux d'infestation ne sont pas toujours identiques à ceux des intensités et que les saisons pluvieuses ont été favorables pour chaque espèce parasite. Ces résultats corroborent ceux

obtenus par **Bilong Bilong & Njiné** (1998), **Bilong Bilong & Tombi** (2005), **Tombi et al.** (2015) qui ont signalé des fluctuations mensuelles et saisonnières des prévalences et intensités moyennes des monogènes étudiés au Cameroun. En Côte d'Ivoire, **Blahoua et al.** (2018) ont fait les observations similaires chez *Cichlidogyrus cirratus* **Paperna**, 1964, *Cichlidogyrus rognoni* **Bilong Bilong & Euzet**, 2003, *C. thurstonea*, *C. tilapiae*, *C. halli* et *S. longicornis* parasites branchiaux d'*O. niloticus*.

Selon **Antonelli & Marchand** (2012), la température est le facteur abiotique qui influence plus la répartition annuelle des parasites. A ce titre, la hausse de la température observée lors des saisons sèches serait à l'origine de la baisse des intensités moyennes des xénocommunautés étudiées. La croissance des indices parasitaires entre décembre 2020 (minimum) et avril 2021 (maximum) aurait un lien avec la diminution du niveau d'eau et l'activité anthropique (pêche traditionnelle au barrage qui segmente le cours de Cesala). Selon **Shotter** (1980) et **Birgi** (1988), les milieux clos favorisent les contacts hôte-parasite. D'autre part, la diminution du niveau d'eau en saison sèche s'accompagne de l'augmentation de la température de l'eau. Cette dernière entraînerait le détachement des monogènes de leur hôte et par conséquent des mortalités (**Reversat et al.**, 1991).

Les saisons pluvieuses se caractérisent par une augmentation du débit du cours d'eau à travers des courants d'eau de grande ampleur. Selon **Gerasev & Staravoitov** (1988), les courants d'eau influencent la charge parasitaire car d'une part ceux-ci transportent les oncomiracidiums et d'autre part, ils peuvent décrocher les monogènes adultes dont les pièces sclérifiées du haptéur ne sont pas assez solides. Dans la rivière Cesala à Lebamzip, l'augmentation du débit du cours d'eau pendant les saisons pluvieuses a un effet positif sur le parasitisme de *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis*. La taille de l'armature de fixation des parasites étudiés renforcerait cette assertion. En effet, **Bilong Bilong** (1995) et **Bilong Bilong & Njiné** (1998) pensent que la robustesse des pièces haptorales est un atout permettant au monogène de résister aux courants d'eau. Cet argument s'accorde avec le constat de **Bilong Bilong & Tombi** (2005). En effet, ces auteurs ont montré que des faibles charges parasitaires de *Dactylogyrus maillardi* observées sur une période de seize mois successifs étaient liées aux faibles dimensions de son haptéur. En ce qui concerne les monogènes étudiés, la robustesse de leur haptéur (**Birgi & Lambert**, 1987) leur permet de résister au courant d'eau.

Au cours du présent travail l'équipartition de *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis* a été couramment observée avec différents modèles. Par ailleurs, quelques modèles de répartition dans lesquels certains arcs étaient plus colonisés ont également été enregistrés. Chez *H. fasciatus*,

Bilong Bilong et al. (2004) ont signalé différents modèles d'équipartition de *Cichlidogyrus longicirrus* durant sept mois. Ils ont aussi observé pendant cinq mois des modèles de préférences de certains arcs par cette espèce. De même, **Tombi & Bilong Bilong** (2013) avaient noté différents modèles mensuels d'équipartition et de préférence pour certains arcs par des monogènes branchiaux chez *E. martorelli*. Nous nous joignons à **Bilong Bilong** (1995) pour affirmer que les modèles d'exploitation du gradient transversal d'une espèce ichthyque par les parasites changent au cours du temps. Que ce soit en situation d'équipartition ou non, les arcs médians (II et III) ont été mensuellement les plus sollicités. Cette observation s'explique par le modèle de variation de la surface branchiale colonisable que ces holobranchies offrent aux monogènes.

III-2-3-3- Impact des monogénoses sur la physiologie d'*Enteromius guirali*

Ce travail a révélé que la présence des *Dactylogyrus* sur les branchies d'*Enteromius guirali* dégrade son état physiologique principalement en juin, juillet, septembre 2020, avril 2022 ; et au cours de la petite saison sèche. Ces résultats s'apparentent à ceux de **Kouadio et al.** (2023) qui ont signalé l'existence d'une corrélation négative entre l'augmentation de la charge parasitaire et la condition physiologique de *C. gariepinus* et *Heterobranchus isopterus* **Bleeker**, 1863 capturés pendant la saison sèche. Selon **Dezfuli et al.** (2007), les infestations de poissons par les monogènes entraînent des dommages qui affectent plus ou moins leur santé. L'augmentation du nombre de monogènes fixés sur les branchies est à l'origine d'une production accrue de mucus (mécanisme de défense de l'hôte) qui, associée à l'action mécanique permanente des crochets de l'opisthohapteur diminue la surface d'échange respiratoire, et occasionne des difficultés respiratoires (**Bouah et al.**, 2021). Par ailleurs, selon **Tasawar et al.** (2009), la fixation des monogènes adultes provoque des lésions qui favorisent les infestations secondaires par des bactéries, virus et champignons. De plus, la présence des parasites détourne des quantités non négligeables d'énergie normalement destinées aux diverses fonctions de l'hôte (**El-Naggar et al.**, 2017).

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Conclusion

Le présent travail a porté sur la biodiversité et l'écologie des monogènes branchiaux de trois espèces ichtyologiques du genre *Enteromius* capturées dans la rivière Cesala à Lébamzip, localité située dans l'Arrondissement de Sa'a, Région du Centre, Cameroun.

L'étude de la faunistique des monogènes branchiaux d'*Enteromius aspilus*, *Enteromius guirali* et *Enteromius camptacanthus* a permis d'inventorier cinq espèces de monogènes appartenant au genre *Dactylogyrus*. Une infestation bispécifique a été mise en évidence sur les branchies d'*Enteromius aspilus* et *E. guirali* et monospécifique sur celles d'*Enteromius camptacanthus*. Le phénomène de colonisation-extinction a permis d'expliquer la richesse parasitaire observée au cours de cette étude. *Dactylogyrus cesalaensis* n. sp., retrouvé sur *E. aspilus*, exprime pour l'heure une spécificité oïoxène. Ce parasite a été classé dans le morphotype flamme. Tous les monogènes rencontrés ont présenté un hamuli du type *Dactylogyrus wunderi*. La redescription des différents *Dactylogyrus* proposée dans ce travail complète la description originelle de ces parasites.

La structure du biotope des monogènes branchiaux a été analysée sur *Enteromius aspilus* et *E. guirali* en tenant compte du nombre de filaments branchiaux et de la surface branchiale. Cette étude a confirmé la symétrie bilatérale du système branchial de ces Cyprinidae. Le nombre total de lamelles primaires et la surface branchiale totale d'une part et par arc branchial, côté, hémibranchie d'autre part ont progressivement augmenté avec la taille du poisson indiquant que ce biotope se modifie au cours de la croissance du poisson.

La distribution des infracommunautés branchiales a été étudiée chez *Enteromius aspilus* et *E. guirali*. Les jeunes hôtes ont fréquemment été infestés mais la charge parasitaire a toujours été plus élevée chez les poissons adultes. L'effectif des monogènes a été élevé en infestation bispécifique. L'arc branchial, le côté et le sexe de l'hôte n'ont eu aucune influence sur la répartition des monogènes étudiés. *Dactylogyrus nyongensis* s'est fixé préférentiellement sur l'hémibranchie postérieure tandis que *Dactylogyrus mendehei*, *D. aspili* et *D. cesalaensis* n. sp. ont infesté indifféremment les hémibranchies antérieures et postérieures. Le secteur médian et la zone filamenteuse distale ont fréquemment et intensément été sollicités par les monogènes. Globalement, la répartition de ces organismes a été calquée sur le modèle d'hétérogénéité de leur biotope.

Sur une période de 13 mois, tous les arcs branchiaux d'*Enteromius guirali* ont été mensuellement colonisés par *Dactylogyrus mendehei* et *D. nyongensis*. L'équipartition de *D.*

mendehei et *D. nyongensis* a été couramment observée avec différents modèles d'occupation mensuelle du gradient transversal. Les variations du taux d'infestation et de l'intensité moyenne des monogènes étudiés ont révélé un caractère saisonnier avec plus de pullulations durant les grande et petite saisons pluvieuses.

Chez *Enteromius guirali*, la croissance de la masse corporelle a été rapide que celle de sa taille. Son coefficient de condition, toujours supérieur à 1, a montré que ce poisson est en équilibre avec son milieu de vie. Toutefois, des faibles valeurs de ce coefficient ont été enregistrées en saisons sèches et des valeurs élevées en saisons pluvieuses. La corrélation négative entre le coefficient de condition d'*Enteromius guirali* et la densité des monogènes étudiés chez les hôtes d'une part et en petite saison sèche d'autre part indique que la présence des *Dactylogyrus* sur les branchies du poisson affecte négativement son état physiologique.

Recommandations

Aux pisciculteurs

Bien que les poissons du genre *Enteromius* soient peu utilisés en pisciculture, les données issues de ce travail montrent qu'en situation d'élevage, il serait adéquat :

- d'appliquer des traitements antihelminthiques dans les bacs ou des étangs contenant les jeunes spécimens ou alevins qui représentent la catégorie d'hôtes la plus vulnérable aux infections par les monogènes ;
- dans un cycle annuel, un traitement antihelminthique des poissons devrait être administré de préférence en début de la grande saison sèche et au cours de la petite saison pluvieuse.

Perspectives

Dans nos travaux futurs, nous envisageons :

- réaliser des coupes histologiques des branchies d'*Enteromius* afin d'évaluer l'effet du haptéur sur le site de fixation du monogène ;
- séquencer le génome des monogènes étudiés dans le but d'affiner leur taxinomie ;
- étendre cette étude sur d'autres espèces ichtyologiques du genre *Enteromius*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abba, E., Belghyti, D., Benabid, M., El Ibaoui.** (2010). Relation taille-poids et coefficient de condition de la truite commune (*salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858) de l'Oued Sidi Rachid (Moyen Atlas) Maroc. *Science* 6 (2) : 60-70.
- Abowei, J. F. N. & Ezekiel, E. N.** (2011). A Review of Myxosporea, Microspora and Monogenea Infections in African Fish. *British Journal of Pharmacology and Toxicology* 2 (5) : 236-250.
- Adjanké, A.** (2011). Manuel de formation en alevins et de gestions des fermes piscicoles. 37p.
- Adou, Y. E., Blahoua, K. G., Kamelan, T. M. & N'Douba, V.** (2017). Prevalence and intensity of gill monogenean parasites of *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) in man-made Lake Ayamé 2, Côte d'Ivoire according to season, host size and sex. *International Journal of Biology Chemistry and Science* 11 (4) : 1559-1576.
- Ajah, P. O. & Asuquo, P. E.** (2017). Sex ratio length-weight relationship and condition factor of *Ethmalosa fimbriata* in the Cross River estuary. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry* 3 (2) : 46-55.
- Akoumba J. F., Pariselle A., Tombi J. & Bilong Bilong C. F.** (2017). Description of two new ancyrocephalid (*Quadriacanthus* and *Bagrobdella*) Monogenea from the gills of auchenoglanid catfishes (Pisces, Siluriformes, Claroteidae) in Cameroon. *Vie et milieu - Life and environment* 67 (2) : 59-64.
- Albaret, J. J. & Laë, R.** (2003). Impact of fishing on fish assemblages in tropical lagoons: The example of the Ebrie lagoon, West Africa. *Aquatic Living Resources* 16 (1) : 1-9.
- Allalgua, A., Guerfi, S., Kouachi, N., Boualleg, C., Boucenna, I., Barour, C., Menasria, A., Bensouilah, M.** (2015). L'infestation de *Cyprinus carpio* (Cyprinidés) peuplant le barrage Foug El-Khanga (Souk ahras, Algérie) par les monogènes parasites. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 140 : 217-232.
- Allalgua, A., Boucenna, I., Menasria, A., Boualleg, C., Bensouilah, M. & Kaouachi, N.** (2022). Analyse de la variabilité morphométrique de *Dactylogyrus heteromorphus* El-Gharbi, 1994 (Monogenea : Dactylogyridae). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 147 (3) : 151-157.

- Andrade, H. A. & Campos, R. O.** (2002). Allometry coefficient variations of the length-weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest Atlantic. *Fisheries Research* 55 (1-3) : 307-312.
- Antonelli, L. & Marchand, B.** (2012). Metazoan parasites of the european sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus 1758) (Pisces : Teleostei) from corsica in Health and environment in aquaculture *Intech* 43-62 pp.
- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W.** (1978). Age and Growth. *In*: Bagenal, T. (Ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Freshwater. IBP Handbook 3. Blackwell Scientific Publications, Oxford, United Kingdom 101-136 pp.
- Bahanak, D. N. D., Nack, J., Pariselle, A & Bilong Bilong, C. F** (2016). Description of three new species of *Quadriacanthus* (Monogenea: Ancyrocephalidae) gill parasites of *Clarias submarginatus* (Siluriformes: Clariidae) from Lake Ossa (Littoral region, Cameroon). *Zoologia (Curitiba)* 33 (4).
- Bahanak, D. N. D., Nack, J., Bitja Nyom, A. R., Pariselle, A. & Bilong Bilong, C. F.** (2017). *Quadriacanthus* spp. (Monogenea, Dactylogyridae) from *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae) in the River Boumba (Congo Bas in: Cameroon) with the description of three new species. *Vie et milieu - Life and environment* 67 (2) : 81-89.
- Bassock Bayiha, E. D., Nack, J., Pariselle, A., & Bilong Bilong, C. F.** (2016). Two new species of gill parasites assigned to *Protoanclodiscoides* (Monogenea, Ancyrocephalidae) from *Chrysichthys* spp. (Siluriformes, Claroteidae) in River Sanaga (Cameroon). *Zootaxa* 4170 (1): 178-186.
- Bassock Bayiha, E. D., Nack, J., Bitja Nyom, A. R., Pariselle, A. & Bilong Bilong, C. F.** (2017). Description of three new species of *Protoanclodiscoides* Monogenea, Ancyrocephalidae) gill parasites from *Chrysichthys nigrodigitatus* and *Chrysichthys longidorsalis* (Siluriformes, Claroteidae) in the Sanaga river (Cameroon) *Vie et Milieu* 67 (2) : 65-73.
- Bates, R. M. & Kennedy, C. R.** (1990). Interactions between the acanthocephalans *Pomphorhynchus laevis* and *Acanthocephalus anguillae* in rainbow trout: testing and exclusion hypothesis. *Parasitology* 100 (3) : 435-444.

- Bates, R. M. & Kennedy, C. R.** (1991). Potential interactions between *Acanthocephalus anguillae* and *Pomphorhynchus laevis* in their natural host chub *Leuciscus cephalus* and the European eel, *Anguilla anguilla*. *Parasitology* 102 (2) : 289-297.
- Batra, V.** (1984). Prevalence of helminth parasites in three species of Cichlids from a man-made lake in Zambia. *Journal of Linnean Society* 82 (3) : 319-333.
- Barbault, R.** (1995). Ecologie des peuplements, structure et dynamique de la biodiversité, Edition Masson, Paris, 29 p.
- Begout, A. M. & Lagardère, J.** (2004). Domestication et comportement chez les Téléostéens. *INRAE Productions animales* 17 (3) : 211-215.
- Berger, J. -L.** (2021). Analyse factorielle exploratoire et analyse en composantes principales : guide pratique. HAL Open Access, consulté le 15/03/2024.
- Bilong Bilong, C. F.** (1995). Les monogènes parasites des poissons d'eau douce du Cameroun : biodiversité et spécificité ; biologie des populations inféodées à *Hemichromis fasciatus*. Thèse de Doctorat d'État, *Université de Yaoundé I* : 341p.
- Bilong Bilong, C. F. & Njiné, T.** (1998). Dynamique de populations de trois Monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* dans le lac Municipal de Yaoundé et intérêt possible en pisciculture intensive. *Sciences Naturelles et Vie* 34 (2) : 295-303.
- Bilong Bilong, C. F., Le Pommelet, E. & Silan, P.** (1999). The gills of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 (Teleostei, Cichlidae), a biotope for ectoparasites: structure, heterogeneity and growth model. *Ecologie*. 30 (2) : 125-130.
- Bilong Bilong, C. F. & Tombi, J.** (2004). Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Poisson : Cyprinidae) et modèle de croissance. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences* 4 (3) : 211-218.
- Bilong Bilong, C. F. & Tombi, J.** (2005). Temporal structure of a component community gill parasites of *Barbus martorelli* (Roman) (freshwater Cyprinidae) in the Centre province, Cameroon. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences* 13 : 9-18.
- Bilong Bilong, C. F., Atyame, N. C. M. & Njine, T.** (2004). Structure de la guildes des monogènes parasites branchiaux du poisson *He michromis fasciatus* au lac municipal de Yaoundé. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences* 4 (1) : 33-40.

- Birgi, E.** (1987). Monogènes parasites de poissons d'eau douce au Tchad et au Sud Cameroun. Thèse de Doctorat d'État, *Université des Sciences et Techniques du Languedoc* : 297p.
- Birgi, E.** (1988). Monogènes du genre *Quadriacanthus* Paperna, 1961, parasites branchiaux de deux Siluridae (Teleostei) *Clarias pachynema*, Boulenger, 1903, et *Clarias jaensis* Boulenger, 1909 au Sud-Cameroun (description de 4 espèces nouvelles). *Annales de la Faculté des Sciences de Yaoundé, Biologie-Biochimie* 3 : 113-129.
- Birgi, E. & Lambert, A.** (1987). Les *Dactylogyridae* (Plathelminthes, Monogenea) des *Cyprinidae* du genre *Barbus* du Sud Cameroun. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 20 (1) : 37-48.
- Birgi, E. & Euzet, L.** (1983). Monogènes parasites des poissons des eaux douces du Cameroun. Présence des genres *Cichlidogyrus* et *Dactylogyrus* chez *Aphyosemion* (Cyprinodontidae). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 108 (1) : 101-106.
- Bitja Nyom, A. R.,** (2012). Taxonomie, phylogénie et biogéographie des Cichlidae (Teleostei, Peciformes) du Cameroun au Sud du 8ème parallèle Nord. Thèse de Doctorat/Ph.D, *Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun*, 284 p.
- Blahoua, K. G., Yao, S. S., Etile, R. N., N'Douba, V.** (2015). Infection dynamics of four gill Monogenean species from *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in man-made Lake Ayamé I, Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9 (1) : 12-23.
- Blahoua, K. G., Yao, S. S., Etile, R. N., N'Douba, V.** (2016). Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made lake Ayamé I Côte d'Ivoire. *African Journal of Agricultural Research* 11 (2) : 117-129.
- Blahoua, K. G., Adou, E. Y., N'Doua, R. E., Yao, S. S. & N'Douba, V.** (2018). Occurrence of Gill Monogenean Parasites in Redbelly tilapia, *Tilapia zillii* (Teleostei: Cichlidae) from Lobo River, Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 35 (3) : 5674-5688.
- Blondel, J.** (1995). Biogéographie. Approche écologique et évolutive. *Collection d'Ecologie* N°27 Masson, 297p.
- Boni, L., Nobah, C. S. K., Konan, K. J., Coulibaly, S., Tidou, A. S., Atsé, B. C.** (2019). Relation longueur-poids pour 15 Espèces de Poissons exploitées dans la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal* 15 (21) : 455-469.

- Bouah, E. F., Gogbé, Z. M., N'Douba, V.** (2021). Distribution of two monogeneans gill parasites from *Clarotes laticeps* (Ruppell, 1829) in Bagoué River, Côte d'Ivoire. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 9 : 117-125.
- Brandao, H., Yamada, F. H., Toledo, G. M. Carvalho, E. D., Silva, R. J.** (2013). Monogeneans (Dactylogyridae) parasitizing gills of *Salminus hilarii* from neotropical reservoir, Brazil. *Revue Brésilienne de Parasitologie Jaboticabal* 22 (4) : 579-587.
- Buchmann, K. & Bjerregaard, J.** (1990). Mebendazole-treatment of pseudodactylogyrosis in an intensive eel-culture system. *Aquaculture* 86 : 139-153.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., Shostak, A. W.** (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83 : 575-583.
- Bychowsky, B. E.** (1957). Monogenetic trematodes their systematics and phylogeny. *American Institute of Biological Sciences, Washington* 627p.
- Cable, J. & Harris, P. D.** (2002). Gyrodactylid development biology: historical review, current status and future trends. *International Journal for Parasitology* 32 (3) : 255-280.
- Caira, J. N., Jensen, K. & Holsinger, K. E.** (2003). On a new index of host specificity. In Taxonomy, ecology and evolution of metazoan parasites, Volume 1, Combes C. and Jourdane J. (eds.). *Presses Universitaires de Perpignan* pp. 161-201.
- Caltran, H. & Silan, P.** (1996). Gill filaments of *Liza ramada*, a biotope for estoparasites: surface area acquisition using image analysis and growth models. *Journal of the Fish Biology* 49: 1267-1279.
- Combes, C.** (1995). Interactions durables. *Ecologie et évolution du parasitisme*. Paris, France, Masson, (Collection écologie, n° 26): 524p.
- Crafford, D., Lus-Powell, W., Avenant-Oldewage, A.** (2014). Monogenean parasites from fishes of the Vaal Dam, Gauteng Province, South Africa II. New locality records. *Acta Parasitologica* 59 : 485-492.
- Cribb, T. H., Chisholma, L. A., Bray, R. A.** (2002). Diversity in the Monogenea and Digenea: does life style matter?. *International Journal for Parasitology* 32 : 321-328.

- Da, N., Ouédraogo, R., Ouéda, A.** (2018). Length-weight relationship and condition factor of *Clarias anguillaris* and *Sarotherodon galilaeus* of Lake Bam and Kompienga reservoir in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (4) : 1601-1610.
- Dajoz, R.** (2000). Précis d'écologie pour le parasitisme. 7^e ed. Dunod, Paris. 195p.
- Daget, J.** (1962). Les poissons du Fouta Dialon et de la basse Guinée. *Mémoire de l'Institut français d'Afrique Noire*. 210p.
- Daget, J. & Stauch, A.** (1968). Poissons d'eaux douces et saumâtres de la région côtière du Congo. Cahier ORSTOM, *Serie Hydrobiologie* Vol. 2, n° 2.
- Dembe Louvinguila, T. H., Zamba, A. I. Goma-Tchimbakala, J., Mikembi, L. B. Ngot, H. F. P., Mamonekene, V.** (2020). Effets saisonniers sur les relations poids-longueurs et coefficients de condition pour 16 espèces de poissons de la Lagune Mvassa, basse Guinée, République du Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences* 44 (1) : 7540-7552.
- De-Robertis, A. & Williams, K.** (2008). Weight-length relationship in fisheries studies: The standard allometric Model should be applied with caution. *TransactionS of the American Fisheries Society* 137 (1) : 707-719.
- Dezfuli, B. S., Giari, L., Simoni, E., Menegatti, R., Shinn, A. P., Manera, M.** (2007). Gill histopathology of cultured European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), infected with *Diplectanum aequans* (Wagener 1857) Diesing 1958 (Diplectanidae: Monogenea). *Parasitology Research* 100 : 707-713.
- Englmaier, G. K., Tesfaye, G., Bogutskaya, N. G.** (2020). A new species of *Enteromius* (Actinopterygii, Cyprinidae, Smiliogastrinae) from the Awash River, Ethiopia, and the re-establishment of *E. akakianus*. *Zookeys*. 902:107-150.
- Englmaier, G. K., Chai, M., Wubie, A., Collins, R. A., Getahun, A.** (2024). A new species within the *Enteromius kerstenii* complex (Actinopterygii, Cyprinidae, Smiliogastrinae) from south-western Ethiopia. *Zootaxa* 5512 (2): 166-184.
- El-Galil, M. A. & Aboelhadid, S. M.** (2012) Trials for the control of trichodinosis and gyrodactylosis in hatchery reared *Oreochromis niloticus* fries by using garlic. *Veterinary Parasitology* 185 (2-4) : 57-63.

- Elong, J. G.** (2004). Eton et mangoussa, de la Lékié au Mbam-et-Kim : jeux et enjeux fonciers (Centre-Cameroun). *Les cahiers d'Outre-Mer* [en ligne] 226-227.
- Eriegha, O. J., Eyo, V. O.** (2023). Length-weight relationship and condition factor of *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich, 1825) from the Escravos estuary, Delta State, Nigeria. *Journal of Aquaculture Fisheries* 7 : 051.
- Euzet, L. & Combes, C.** (1980). Les problèmes de l'espèce chez les animaux parasites. *Mémoire de la Société Zoologique de France* 40 : 239-285.
- Euzet, L. & Combes, C.** (1998). The selection of habitat among the monogenea. *International Journal of Parasitology* 28 : 1654-1662.
- Euzet, L. & Prost, M.** (1981). Report of the meeting on Monogenea: Systematics, biology and ecology. In: Slusarski (Ed.), Review of advances in parasitology Warszawa PWN. *Polish Scientific Publishers* pp 1003-1004.
- El-Naggar, A. M., Mashaly, M. I., Hagrass, A. M., Alshafei, H. A.** (2017). Monogenean Microfauna of the Nile Catfish, *Clarias gariepinus* as Biomonitors of Environment Degradation in Aquatic Ecosystems at the Nile Delta, Egypt. *Journal of Environment Science, Toxicology and Food Technology* 11 (8) : 45-62.
- FAO** (2012). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012, Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome, 241p.
- FishBase** (2023). Les Cyprinidae des eaux douces et saumâtres du Cameroun. *World Wide Web electronic publication*. (consulté le 15/08/2023).
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R.** (2024). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. Electronic version accessed 04/10/2024.
- Froese, R.** (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22 (4) : 241-253.
- Galis, F. & Barel, C. D. N.** (1980). Comparative functional morphology of the gills of African lacustrine Cichlidae (Pisces, Teleostei). An eco-morphology approach. *Netherlands Journal of Zoology* 30 (2) : 392-430.

- Geets, A., Appleby, C. & Ollevier, F.** (1999). Host dependent and seasonal variation in opisthaptor hard parts of *Gyrodactylus* cf. *arcuatus* from three *Pomatoschistus* spp. And *G. arcuatus* from *Gasterosteus aculeatus*: a multivariate approach. *Parasitology* 119 (1) : 27-40.
- Gerasev, P. I. & Staravoitov, V. K.** (1988). Distribution of *Ancyrocephalus paradoxus* (Monogenea) on gills of adult pike perch *Stizostedion lucioperca* in the courish bay. *Proceedings of the Zoological Institute of Leningrad* 177 : 89-98.
- Gibson, D. I., Timofeeva, T. A. & Gerasev, P. I.** (1996). A catalogue of the nominal species of the monogenean genus *Dactylogyrus* Diesing, 1850 and their host genera. *Systematic Parasitology* 35 (1) : 3-48.
- Guegan, J.-F., Lambert, A. & Euzet, L.** (1988). Étude des Monogènes des Cyprinidae du genre *Labeo* en Afrique de l'Ouest (1), I. Genre *Dactylogyrus* Diesing, 1850. *Revue Hydrobiologie tropicale* 21 (2) : 135-151.
- Gussev, A. V.** (1962). Monogenoidea. In: Bychovskaya-Pavlovskaya, I. E, et al. (Ed.), Key to parasites freshwater fish of the USSR. Moscow-Leningrad: *Academya Nauk SSSR*, 919p.
- Gussev, A. V.** (1976). Freshwater Indian Monogenoidea. Principles of systematics, analysis of the world faunas and their evolution. *Indian Journal of Helminthology*. 25-26 (1973-1974) : 1-241.
- Gussev, A. V.** (1985). Class Monogenea In: Bauer, O. N. (Ed.), Keys to Parasites of the Freshwater Fish Fauna of the USSR, (Parasitic Metazoa). *Leningrad Publishing House Nauka* 2 : 10-253.
- Hajjej, G., Hattour, A., Allaya, H., Jarboui, O., Bouain, A.** (2009). Sex-ratio, relation taille-masse et coefficient de condition de la thonine commune *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) des côtes tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer Salammbô* 36 : 39-44.
- Hayes, M. M. & Armbruster, J. W.** (2017). The taxonomy and relationships of the African small barbs (Cypriniformes: Cyprinidae). *Copeia* 105 (2) : 348-362.

- Hazoume, R. U. S., Chikou, A., Koudenoukpo, C., Adite, A., Bonou, C. A., Mensah, G. A.** (2017). Length-weight relationships of 30 species of fish of the river Sô in Benin (West Africa). *International Journal of Fisheries and Aquaculture Studies* 5 (3) : 514-519.
- ICOPA IV.** (1978). The fourth International Congress of Parasitology, Warsaw, Poland.
- Kamdem, T. A. K & Teugels, G. G.** (1997). Redescription of two morphologically similar *Brycinus* species (Ostariophysi: Characidae) from Central Africa. *Copeia* 2: 363-372.
- Kambikambi, M. J., Kadye, W. T., Chakona, A.** (2021). Allopatric differentiation in the *Enteromius anoplus* complex in South Africa, with the revalidation of *E. cernuus* and *E. oraniensis*, and description of a new species, *E. mandelai* (Teleostei: Cyprinidae). *Journal of Fish Biology* 99 (3): 931-954.
- Khallaf, E., Galal, M., Athuman, M.** (2003). The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology* 12 : 405-416.
- Kitahara, M. & Fuji, K.** (1994). Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: an analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Research on Population Ecology* 36 : 187-199.
- Kisekelwa, T., Snoeks, J., Decru, E., Schedel, F. B. D., Isumbisho, M., Vreven, E. J.** (2022). A mismatch between morphological and molecular data in lineages of *Enteromius* (Cypriniformes: Cyprinidae) from the Lowa basin (East Democratic Republic of the Congo: DRC) with the description of a new species. *Systematics and Biodiversity* 20 (1): 1-22.
- Kouadio, A. R. E., Bouah, E. F., Yao, S. S., N'Douba, V.** (2022). Impact de l'exploitation aurifère artisanale et clandestine sur la distribution des Monogènes parasites branchiaux de *Clarias gariepinus* dans la Rivière Bagoué (Côte d'Ivoire). *Revue Marine de Sciences Agronomique et Vétérinaire* 10 (4) : 608-614.
- Kouadio, A. R. E., Bouah, E. F., Yao, S. S., N'Douba, V.** (2023). Seasonal study of the relationship between the condition factor and the monogeneans parasite density of *Heterobranchus isopterus* Bleeker, 1863 and *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fished in the Bagoué River (North-Western, Ivory Coast). *Parasitology Research*. 7p.

- Krasnov, B. R. & Poulin, R.** (2010). Ecological properties of a parasite: species-specific stability and geographical variation. *In: The biogeography of host-parasite interactions.* Morand, S., Krasnov, B. R. New York: *Oxford University Press Inc.* pp. 99-114.
- Lambert, A.** (1977). Les Monogènes Monopisthocotylea parasites des Poissons d'eau douce de la France méditerranéenne. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle* 299 (3) : 177-214.
- Lambert, A.** (1980). Oncomiracidiums et phylogénèse des monogènes (Plathelminthes). *Annales de Parasitologie* 55 (2) : 165-198.
- Lambert, A. & EL-Gharbi, S.** (1995) Monogenean host specificity as a biological and taxonomic indicator of fish. *Biological Conservation* 72 : 227-235.
- Lebarbenchon, C., Poulin, R., Thomas, F.** (2007). Parasitisme, biodiversité et biologie de la conservation. *In : Thomas F., Guégan, J.-F., Renaud, F. Ecologie et évolution des systèmes parasites : cours.* Bruxelles : De Boeck, pp. 229-256.
- Ledevroun, D. & Vreven, E.** (2016). *Enteromius vandewallei*, a new species of minnow from the Volta River basin, West Africa (Cypriniformes: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration Freshwaters* 27 (2) : 97-106.
- Lévêque, C. & Daget, J.** (1984). Cyprinidae. *In* Daget, J., Goose, J.-P. & Thys van den Audenarerde, D. F. E. (eds.) Check-lists of the freshwater fishes of Africa. Tervuren, Belgium, ORSTOM éditions. 217-342.
- Levêque, C., Paugy, D., Teugels, G. G.** (1991). Annotated checklist of the freshwater fishes of the Nilo-Sudan river basins in Africa. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale* 24: 131-154.
- Lévêque, C., Paugy, D., Teugels, G. G.** (1992). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2, Paris, ORSTOM éditions. 389-902.
- Lévêque, C. & Paugy, D.** (2006). Distribution géographique et affinités des poissons d'eau douce africains. *In : Lévêque C. & Paugy D. (éds) : Les poissons des eaux continentales. Diversité, écologie, utilisation par l'homme,* Paris, IRD Editions. Pp 59-74.
- Lévêque, C., Oberdorff, T., Paugy D., Stiassny, M. L. J., Tedeco, P. A.** (2008) Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* 595 : 545-567.

- Léopold, M.** (2004). Poissons de Guyane. Edition Quae 216p.
- Lorenzen, K.** (2000). Population dynamics and management. pp. 163-225. *In*: Beveridge, M. C. McAndrew, M. B. J. (eds) Tilapias : Biology and Exploitation. *Kluwer Academic Publishers*, Great Britain, Fish and Fisheries Series, vol. 25.
- Lo, C. M. & Morand, S.** (2001). Gill parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serranidae) from Moorea (French Polynesia): site selection coexistence, *Folia parasitologica* 48 : 30-36.
- Madhi, Y. E. & Belghyti, D.** (2006). Répartition branchial des monogènes *Gotocotyla acanthura* et *Pyragraphorus hollisae* parente du Pompano, *Trachinotus ovatus* (Pisces; Carangidae) de la côte de Mehdiya (Maroc). *Agronomie Africaine* 18 (2) : 117-124.
- Martin, M. B. & Chakona, A.** (2019). Designation of a neotype for *Enteromius pallidus* (Smith, 1841), an endemic cyprinid minnow from the Cape Fold Ecoregion, South Africa. *ZooKeys* 848: 103-118.
- Mamonekene, V., Zamba, A. I., Stiassny, M. L. J.** (2018). A new small barb (Cyprininae: Smiliogastrini) from the Louesse, Lekoumou (upper Niari basin), and Djoulou (upper Ogowe basin) rivers in the Republic of Congo, west-central Africa. *American Museum Novitates* 3917 : 1-16.
- Maetens, H., Van Steenberge, M., Snoeks, J. & Decru, E.** (2020). Revalidation of *Enteromius alberti* and presence of *Enteromius* cf. *mimus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in the Lake Edward system, East Africa. *European Journal of Taxonomy* 700 : 1-28.
- Matunguru, J. M., Okito, G. M., Uvon, J. J., Hamulonge, G. T., Rugadya, R. Nakiyende, H., Kubiriza, G. K. Akoll, P., Mulongaibalu, M., Lina, A., Nshombo, V. M., Micha, J.-C., Ntakimazi, G.** (2023). Length-weight relationship and condition factor of *Bagrus bayad* (Fabricius, 1775, Bagridae) from lake Albert, DR Congo. *Open Access Library Journal* 10: e9614.
- Mazambi, L. J., Ntakimazi, G., Micha, J. C. Mulungula, P. M.** (2020). Variation saisonnière de la relation poids-longueur, du facteur de condition de *Lamprichthys tanganicus* Boulenger, 1898 et de quelques nutriments dans les biotopes littoraux du lac Kivu, Est de la RD Congo. *Afrique Science* 17 (5) : 173-184.

- Mbondo, J., Nack, J., Pariselle, A. & Bilong Bilong, C. F.** (2017). The diversity of monogenean gill parasites of two *Synodontis* species (Siluriformes, Mochokidae) with the description of two new species assigned to *Synodontella*. *Vie et Milieu* 67 (2) : 75-80.
- Mbondo, J. A, Bassock, B. E. D., Bahanak, D. N. D., Nack, J., Etchu, K., Bilong Bilong, C. F.** (2022). Dynamics of monogenean gill parasites of *Synodontis rebeli* (Siluriformes, Mochokidae) from River Sanaga reveals unusual switching status. *International Journal of Scientific and Research Publications* 12 (9) : 57-61.
- Minoungou, M., Ouedraogo, R., Da, N. & Oueda, A.** (2020). Relation longueur-poids et facteur de condition de sept espèces de poissons du réservoir de Samandeni avant son ouverture à la pêche (Burkina Faso). *Journal of Applied Biosciences* 151 : 15559-15572.
- Mo, T. A.** (1991). Seasonal variations of opisthaptor hard parts of *Gyrodactylus salaries* Malmberg, 1957 (Monogenea: Gyrodactylidae) on parr of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in the River Batnfj ordselva, Norway. *Systematic Parasitology* 19: 231-240.
- Mo, T. A.** (1993). Seasonal variations of the opisthaptor hard parts of *Gyrodactylus derjavini* Mikailov, 1975 (Monogenea : Gyrodactylidae) on brown trout *Salmo trutta* L. parr and Atlantic salmon *S. salar* L. parr in the River Sandvikselva, Norway. *Systematic Parasitology* 26 (3) : 225-231.
- Moelants, T.** (2018). *Enteromius guirali* (amended version of 2010 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species. *World Wide Web electronic publication*. (consulté le 13/01/2023)
- Molnar, K.** (1972). Studies on gill parasitosis of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) caused by *Dactylogyrus lamellatus* Achmerov, 1952. IV. Histopathological changes. *Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae* 22 : 9-24.
- Nack, J., Bilong Bilong, C. F., Euzet, L.** (2005). Monogènes parasites de Clariidae (Teleostei, Siluriformes) au Cameroun: I. Description de deux nouvelles espèces du genre *Gyrodactylus* dans le bassin du Nyong. *Parasite* 12 : 213-220.
- Nack, J. & Bilong Bilong, C. F.** (2007). Biotope des ectoparasites branchiaux de *Clarias camerunensis* Lönnberg, 1895 (Pisces ; Clariidae) : modèle de croissance de l'aire colonisable. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences* 7 (1) : 11-16.

- Nack, J., Tombi, J. Bitja Nyom, A., Bilong Bilong, C. F.** (2010). Sites de fixation de deux monogènes Dactylogyridea parasites branchiaux de *Clarias camerunensis*: évidence sur le mode d'infestation par les Monopisthocotylea. *Journal of Applied Biosciences* 33: 2076-2083.
- Nack, J., Bitja Nyom, A. R., Pariselle, A., Bilong Bilong, C. F.** (2016). New evidence of a lateral transfer of monogenean parasite between distant fish hosts in Lake Ossa, South Cameroon: the case of *Quadriacanthus euzeti* n.sp.. *Journal of Helminthology* 90 : 455-459.
- Nack, J., Massende, J. & Messu Mandeng, D. F.** (2018). Distribution spatial de deux monogènes du genre *Protoancylodiscoides* Paperna, 1996 (Dactylogyridea, Ancyrocephalidae) parasites branchiaux de *Chrysichthys auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1808) (Siluriformes, Claroteides) du lac Ossa (Littoral-Cameroun). *Journal of Applied Biosciences* 12(2): 749-768.
- Ndongo, I., Onana, N. M. T., Tombi, J.** (2022). Gill Monogeneans of African Tetras, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), from the Nyong River: biotope, distribution and site selection. *Asian Fisheries Science* 35 : 294-303.
- Ndongo, I., Akoumba, J. F., Tombi, J., Morand, S., Fomena, A.** (2023). Two new species of *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) gill parasites of *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849 from Nyong River, Cameroon. *Acta Parasitologica* 13p.
- N'Douba, V.** (2000). Biodiversité des monogènes parasites des poissons d'eau douce de côte d'ivoire : cas des poissons des rivières Bia et Agnebi. Thèse de doctorat, *Université de cocody Abidjan* 225p.
- Norton, D. A. & Carpenter, M. A.** (1998). Mistletoes as parasites: host specificity and speciation. *Trends in Ecology & Evolution* 13 (3) : 101-105.
- Olivry, J. C.** (1986). Fleuves et rivières du Cameroun. Paris, MESRES-ORSTOM, 9: pp 1-745.
- Olivry, J. C, Briquet, J. P., Mahé, G.** (1994). De l'évolution de la puissance des crues des grands cours d'eau intertropicaux d'Afrique depuis deux décennies. *Dossier de la revue de Géographie Alpine*. Paris, n°12.

- Ogawa, K.** (2002). Impacts of diclidophorid monogenean infections on fisheries in Japan. *International Journal of Parasitology* 32 : 373-380.
- Ogawa, K. & Egusa, S.** (1977). The first record of *Dactylogyrus minutus* Kulwieć, 1927 (Monogenea: Dactylogyridae) from the reared carp (*Cyprinus carpio*) in Japan. *Bulletin of Japanese society of scientific fisheries* 43 (9) : 1029-1034.
- Paling, J. E.** (1968). A method of estimating the relative volumes of water flowing over the different gills of a freshwater fish. *Journal of Experimental Biology* 48: 533-544.
- Paperna, I.** (1964). Parasitic Helminths of inland water fishes in Israel. *Israel Journal of Zoology* 13 : 1-26.
- Paperna, I.** (1968). Ectoparasite infection of fish of the Volta Lake, Ghana. *Bulletin of Wildlife Disease Association* 4 : 135-137.
- Paperna, I.** (1979). Monogenea of Inland water fish in Africa. *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale. Série Zoologie* 226 : 1-131.
- Paperna, I.** (1991). Maladies causées par les parasites dans l'aquaculture des poissons d'eau chaude. *Revue annuelle des maladies des poissons* pp 155-194.
- Pariselle, A. & Euzet, L.** (2009). Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlid fishes in Africa, the Levant and Madagascar. *Zoosystema* 31 (4) : 849-898.
- Paugy, D. & Lévêque, C.** (2006). Taxinomie et systématique. In Lévêque, C. & Paugy, D., Ed. : *Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*, Paris, IRD Editions : 105-133.
- Poulin, R.** (2006). Variation in infection parameters among populations within parasite species: intrinsic properties versus local. *International journal of Parasitology* 20 : 1-9.
- Price, E.** (1937). North American Monogenetic Trematodes. *Journal of Washhinton Academic of Science* 27 (3-4) : 146-160.
- Price, C. E.** (1967). A revised definition of the monogenetic trematode genus *Dactylogyrus*, with descriptions of four new species. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 34 : 117-124.

- Prost, M.** (1963). Investigation on the development and pathogenicity of *Dactylogyrus anchoratus* (Duj.1845) and *Dactylogyrus extensus* Mueller & Van Cleave, 1932 for breeding carps. *Parasitology* 11 : 17-48.
- Prokofiev, A. M., Levin, B. A., Golubtsov, A. S.** (2021). A new species of *Enteromius* from the Bale Mountain region, southeastern Ethiopia (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 31 (2): 97-115.
- Rach, J. J., Schleis, S. M., Gaikowski, M., Johnson, A.** (2003). Efficacy of Hydrogen Peroxide in Controlling Mortality Associated with External Columnaris on Walleye and Channel Catfish Fingerlings. *North American Journal of Aquaculture* 65 (4) : 300–305.
- Reed, P. A., Francis-Flyord, R., Klinger, R. E.** (2012). Monogenean parasites of fish. FAO28/FAO33.
- Řehulková, E., Benovics, M. & Šimková, A.** (2000). Uncovering the diversity of monogeneans (Platyhelminthes) on endemic cypriniform fishes of the Balkan Peninsula: new species of *Dactylogyrus* and comments on their phylogeny and host-parasite associations in a biogeographic context. *Parasite* 27 (66) : 1-22.
- Řehulková, E., Rahmouni, I., Pariselle, A., Šimková, A.** (2021). Integrating morphological and molecular approaches for characterizing four species of *Dactylogyrus* (Monogenea: Dactylogyridae) from Moroccan cyprinids, with comments on their host specificity and phylogenetic relationships. *PeerJ* 9: e10867.
- Řehulková, E., Seifertová, M., Francová, K. & Šimková, A.** (2023). Nearctic *Dactylogyrus* (Platyhelminthes, Monogenea) parasitizing cypriniform fishes in the context of morphology and phylogeny, with descriptions of seven new species. *Parasite* 30 (30).
- Revenge, C., Brunner, J., Henniger, N., Kassem, K. & Payne, R.** (2000). Pilot analysis of Freshwater Ecosystems: Freshwater Systems. Washington DC, USA. *World Resources Institute*. 83p.
- Reversat, J., Silan, P. & Maillard, C.** (1991). Structure of Monogenean populations, ectoparasites of the gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Marine Biology* 112 : 43-47.

- Ruchika, K., Rokkam, M., Bade, S.** (2016). Spatial distribution of ectoparasites on the gills of the mullet, *Liza macrolepis* : the effects of pollution. *Journal of Parasitic Diseases* 41 : 40-47.
- Rubio-Godoy, M.** (2008). Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout. *Folia parasitologica* 55 : 270-276.
- Rohde, K.** (1977). A non-comparative mechanism responsible for restricting niches. *Zoology Anzeiger* 199 (3/4) : 164-172.
- Rohde, K.** (1979). A critical évaluation of intrinsic factors responsible for niche restriction in parasites. *American Naturalist* 114 : 648-671.
- Rohde, K.** (1994). The origins of parasitism in the Platyhelminthes. *International Journal of Parasitology* 24 (8) : 1099-1115.
- Schmahl, G.** (1993). Récapitulation des techniques de lutte chimiothérapeutiques contre les monogènes. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 328 : 74-81.
- Schmidt, R. C., Bart, H. L. J., Nyingi, W. D.** (2018). Interactive taxonomy of the red-finned barb, *Enteromius apleurogramma* (Cyprininae: Smiliogastini) from Kenya, supports recognition of *E. amboseli* as valid species. *Zootaxa* 4482 (3) : 566-578.
- Scheepers, M., Bragança, P. H. N., Chakona, A.** (2024). Naming the other cousin: a new goldie barb (Cyprinidae: Smiliogastrininae) from the northeast escarpment in South Africa, with proposed taxonomic rearrangement of the goldie barb group in southern Africa. *Journal of Fish Biology Early* 1-14.
- Silan, P., Euzet, L., Maillard, C., Cabral, P.** (1987). Le biotope des ectoparasites branchiaux de poissons: facteurs de variation dans le modèle Bar-monogènes. *Bulletin d'Ecologie* 18 (4) : 383-391.
- Silan, P. & Le Pommelet, E.** (1995). Le biotope des ectoparasites branchiaux: définition de l'espace colonisé et des unités d'échantillonnage. *Ecologie* 26 (1) : 9-16.
- Silan, P., Langlais, M., Latu, G.** (1999). Dynamique des populations des monogènes ectoparasites des Téléostéens : Stratégies démographiques et implication mathématiques. *Bulletin d'Ecologie* 30 (4) : 31-44.

- Šimkova, A., Verneau, O., Gelnar, M., Morand, S.** (2006). Specificity and specialization of congeneric Monogenans parasiting Cyprinid. *Evolution* 60 : 1023-1037.
- Sindermann, C. J.** (1986) Effect of parasites on fish populations: practical considerations. *International Journal of Parasitology* 17 (2) : 371-382.
- Stiassny, M. L. J., Teugels, G. G., Hopkins, C.** (2007). Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, ouest de l'Afrique Centrale. Paris, volume 1, 805p.
- Shotter, R. A.** (1980). Aspects of parasitology of the catfish *Clarias anguillaris* (L.) from a river and a lake at Zaria, Kaduna State, Nigeria. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire* 42 (4A) : 836-859.
- Soler-jiménez, L. C., Paredes-Trujillo, A. L., Vidal-Martinez, V. M.** (2017). Helminth parasites of finfish commercial aquaculture in Latin America. *Journal Helminthology* 91: 110-136.
- Soylu, E., Rüzgar, B., Soyly, M.** (2010). Seasonal dynamics and spatial distribution of *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 on the gills of roach (*Rutilus rutilus* L.) from lake Sapana, Turkey. *Turkey Journal Zoology* 34 : 393-398.
- Stavrescu-Bedivan, M. M.** (2013). Some aspects of branchial parasitism in *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) from Moara Domnească Lake. *Romanian Journal of Bioliology- Zoology* 58 (2) : 93-99.
- Sujana, M.** (2015). Microhabitat distribution of metazoan parasites on the gills of *L. rohita*. *Online International Interdisciplinary Research Journal* 5 (1) : 140-154.
- Tasawar, Z., Naz, F., Lashari, M. H., Hayat, C. S., Benish A. S. H., Naeem, M., Shaheen, R.** (2009). Incidence of lernaeid parasite in *Catla catla* on a fish farm. *Sarhad Journal Agriculture* 25 (2) : 285-289.
- Thoney, D. A. & Hargis W. J. Jr.** (1991). Juvenile anisakine parasites from the coelacanth *Latimeria chalumnae*. *Environmental Biology of Fishes* 32 (1-4) : 281-283.
- Tombi, J.** (2005). Monogènes et Myxosporidies ectoparasites de *Barbus martorelli* (Pisces : Cyprinidae) : structure temporelle des infracommunautés en milieu forestier secondarisé s et impact sur la santé des hôtes. Thèse de Doctorat Ph.D, *Université de Yaoundé I*, 135p.

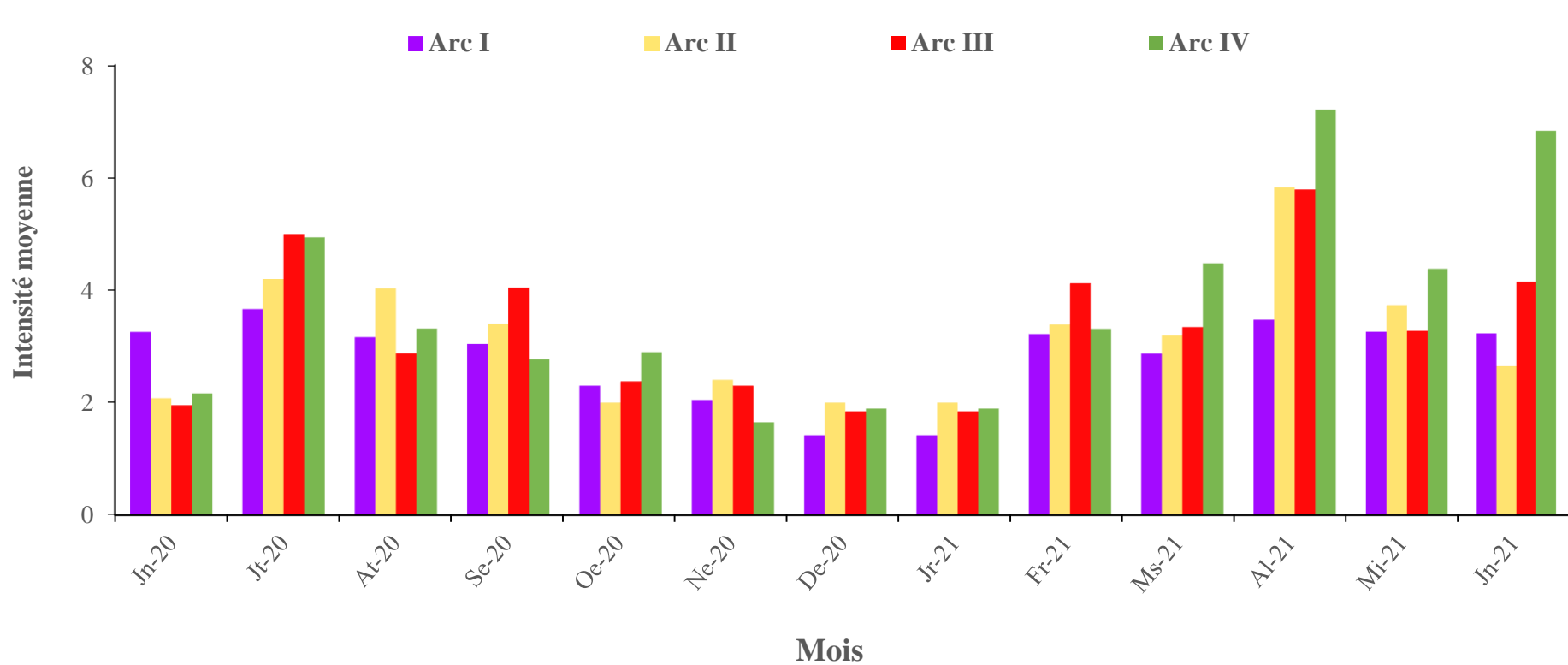
- Tombi, J., Bilong Bilong, C. F.** (2004). Distribution of gill parasites of the freshwater fish *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinidae) and tendency to inverse intensity evolution between Myxosporidia and Monogenea as a function of the host age. *Revue d'Élevage de Médecine Vétérinaires des Pays Tropicaux* 57 : 71-76.
- Tombi, J. & Bilong Bilong, C. F.** (2013). Gill arch occupation models of parasite communities of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae). *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 5 (8) : 215-220.
- Tombi, J., Nack, J. & Bilong Bilong, C. F.** (2010). Spatial distribution of monogenean and myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): The role of intrinsic factors. *African Journal of Agricultural Research* 5 (13) : 1662-1669.
- Tombi, J., Bilong Bilong, C. F. & Morand, S.** (2011). Gill ectoparasites of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae) from a tropical water course (Cameroon, Africa): Conflict or coexistence? *Parasite* 18 : 71-78.
- Tombi, J., Akoumba, J. F., & Bilong Bilong, C. F.** (2014). The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaounde, Cameroon. *International Journal of Management and Business Research* 2 : 16-23.
- Tombi, J., Akoumba, J. F., Mieguim Ngninpogni, D., Wabo Pone, J., Bilong Bilong, C. F.** (2015). Population dynamics of four Monogenean gill parasites of cultured *Oreochromis niloticus* at Yaounde, Cameroon. *European Journal of Scientific Research* 128 (4) : 284-291.
- Tombi, J., Sandje Bwame, A. S., Akoumba, J. F., & Bilong Bilong, C. F.** (2016 a). Variation du nombre de filaments et leur importance dans l'hétérogénéité du système brachial d'*Enteromius camptacanthus* Bleeker, 1863. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences* 24 : 35-40.
- Tombi, J., Sanje Bwame, A. S., Akoumba, J. F. & Bilong Bilong, C. F.** (2016 b). Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum river, Cameroon. *Journal of Applied Biosciences* 101: 9661-9668.
- Tombi, J., Tchiegno, J. M. & Akoumba, J. F.** (2017). Microecology of Monogenean gill parasites of *Tilapia rendalli* Boulenger, 1897 From Bamendjing Lake, Cameroon. *Journal of Environment and Ecology* 8 (1) : 43-54.

- Valtonen, E. T., Holmes, J. C., Koskivaara, M.** (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in Central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54 : 572-585.
- Vivien, J.** (2012). Faune du Cameroun. Guide des Mammifères et Poisson. Gicam, Paris, 271p.
- Whittington, I. D.** (2005). Monogenea Monopisthocotylea (ectoparasitic flukes). In Rhode, K. (Ed.), *Marine Parasitology* (pp. 63-72): CSIRO, Collingwood, Australia & CABI, Oxon, UK.
- Wang, G. X., Zhuang, Z., Dong-Xin, J., Jing H., Wang, J. F., Liang-Wei, Z., Jun, L.** (2010). In vivo anthelmintic activity of five alkaloids from *Macleaya microcarpa* (Maxim) Fedde against *Dactylogyrus intermedius* in *Carassius auratus*. *Veterinary Parasitology* 171 : 305-313.
- Wong, W. L., Tan, W. B. & Lim, L. H. S.** (2006). Sodium dodecyl sulphate as a rapid clearing agent for studying the hard parts of monogeneans and nematodes. *Journal of Helminthology*. 80 (1) : 87-90.
- Yamada, F. H., Takemoto, R. M., Bellay, S., Pavanelli, G. C.** (2009). Two new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea, Dactylogyridae) parasites of Neotropical cichlid fishes from the paraná River, Brazil. *Acta Parasitologica* 54 (1) : 6-11.
- Yang, L., Sado, T., Hirt, M. V., Pasco-Viel, E., Arunachalam, M., Li, J., Wang, X., Freyhof, J., Saitoh, K., Simons, A. M., Miya, M., He, S. & Mayden, R. L.** (2015). Phylogeny and polyploidy: resolving the classification of cyprinine fishes (Teleostei: Cypriniformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 85 : 97-116.
- Zharikova, T. I.** (2000). The adaptive reactions of the gill ectoparasites of the bream (*Abramis brama*) and of the white (*Blicca bjoerkna*) to exposure to an anthropogenic factor in the Ivan'Kovo reservoir. *Parasitologia* 34 (1) : 50-55.
- Zolovs, M. & Kirjušina, M.** (2012). The attachment apparatus and copulatory organ morphometric differences between *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 (Monogenea: Dactylogyridae) from lake and river environments. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 12 (1) : 106-112.

Zolovs, M., Deksne, G., Daukste, J., Aizups, J. & Kirjušina, M. (2016). Morphometric analysis of the hard parts of *Pseudodactylogyrus anguillae* and *Pseudodactylogyrus bini* (Monogenea: Dactylogyridae) on the gill apparatus of the European eels (*Anguilla anguilla*) from the fresh waters of Latvia. *The Journal of Parasitology* 102 (3) : 388-394.

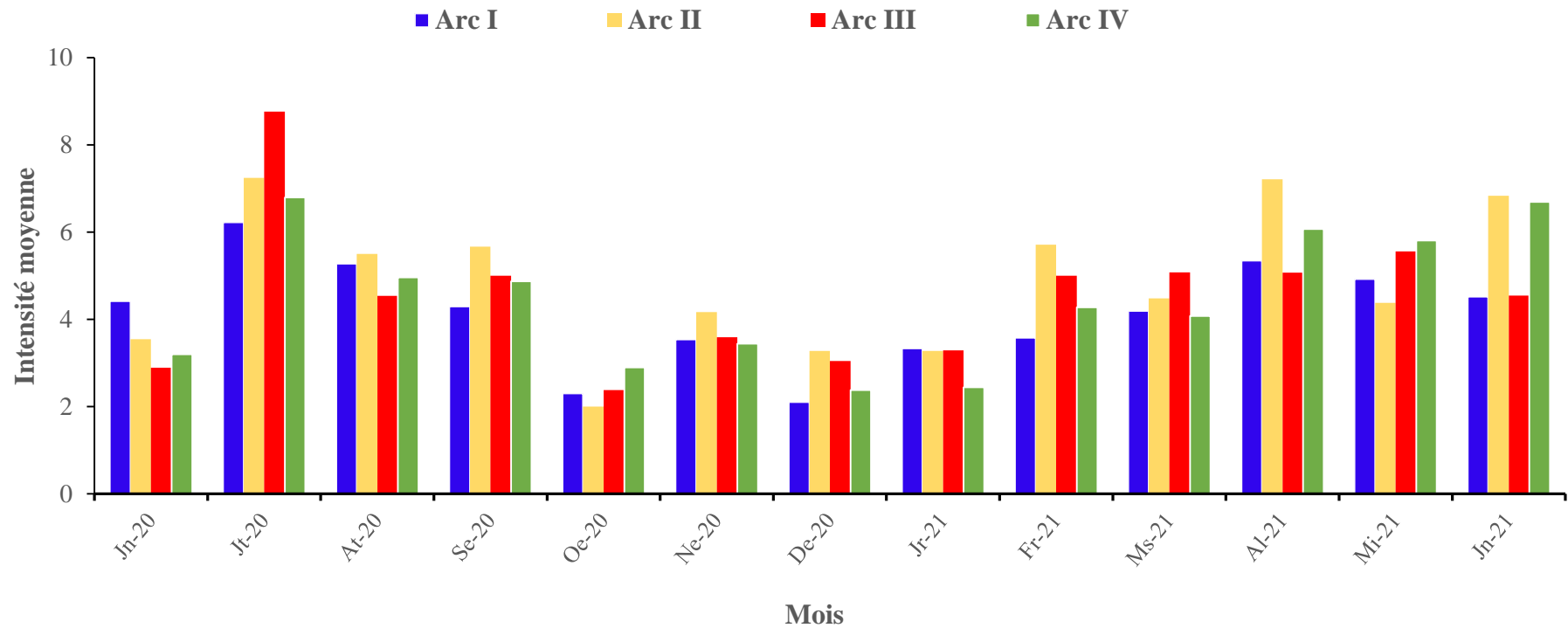
Zolovs, M., Ozuna, A. & Kirjušina, M. (2012). Seasonal variation of attachment apparatus and copulatory organ morphometric variables of *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 (Monogenea : Dactylogyridae) on the gills of roach (*Rutilus rutilus* L.) in Latvian water bodies. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 12 (2) : 191-198.

ANNEXES



Annexe 1 : Profil d'infestation des arcs branchiaux d'*Enteromius guirali* par *Dactylogyrus mendehei*

Légende : **Jn-20** = juin 2020 ; **Jt-20** = juillet 2020 ; **At-20** = août 2020 ; **Se-20** = septembre 2020 ; **Oe-20** = octobre 2020 ; **Ne-20** = novembre 2020 ; **De-20** = décembre 2020 ; **Jr-21** = janvier 2021 ; **Fr-21** = février 2021 ; **Ms-21** = mars 2021 ; **Al-21** = avril 2021 ; **Mi-21** = mai 2021 ; **Jn-21** = juin 2021



Annexe 2: Profil d'infestation des arcs branchiaux d'*Enteromius guirali* par *Dactylogyrus nyongensis*

Légende : **Jn-20** = juin 2020 ; **Jt-20** = juillet 2020 ; **At-20** = août 2020 ; **Se-20** = septembre 2020 ; **Oe-20** = octobre 2020 ; **Ne-20** = novembre 2020 ; **De-20** = décembre 2020 ; **Jr-21** = janvier 2021 ; **Fr-21** = février 2021 ; **Ms-21** = mars 2021 ; **Al-21** = avril 2021 ; **Mi-21** = mai 2021 ; **Jn-21** = juin 2021

PUBLICATIONS ISSUES DE CETTE THESE

1

Onana, N. M. T., Ndongo, I., Tombi, J. (2023). Structure of the Gill Biotope of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) in the Center Region of Cameroon. *Journal Aquaculture and Fisheries* 7: 062. <https://doi.org/10.24966/AAF-5523/100062>

Research Article

Structure of the Gill Biotope of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) in the Center Region of Cameroon

Michel Thierry Onana Ngono, Ivan Ndongo and Jeannette Tombi*

Department of Animal Biology and Physiology, Faculty of Science, University of Yaoundé I, P.O. Box. 812 Yaoundé, Cameroon

Abstract

The study of the structure of the gill biotope was carried out on 136 specimens of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 caught in Cesala River at Lebamzip, based on the number of gill filaments and gill surface. The two sides of *E. guirali* gill system were statistically equivalent with respect to the filaments number and the colonizable filamentous surface indicating that this biotope is bilaterally symmetrical. Following the transverse gradient, $A_{II} > A_I > A_{III} > A_{IV}$ and $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ characterised the decrease sequence of the mean filaments number and gill surface respectively. In addition to carrying fewer filaments, arch IV was least wide. Following the lateral gradient, the mean filaments number and gill surface decreased according to the $PH_2 > PH_3 > PH_1 > AH_2 > AH_1 = AH_3 = PH_4 > AH_4$ and $AH_1 = AH_2 = PH_1 = PH_2 > PH_3 > AH_3 > PH_4 > AH_4$ models respectively. The posterior hemibranch was larger. Filaments number and gill surface were increased with fish size.

Keywords: Filament number; Freshwater; Gills; Gill surface; Lebamzip; Teleost

Introduction

In Africa, fresh and brackish water ecosystems host more than 3500 fish species (with more than 1500 species in Central Africa) share between 95 families and 493 genera [1]. The family Cyprinid includes about 367 genera and 3006 species [2]. According to [3], the genus *Enteromius* Cope, 1867 comprises 211 species of small size. In Central Africa, *Enteromius guirali* Thominot, 1886 is endemic to Cameroon, Gabon and the Democratic Republic of Congo [4].

*Corresponding author: Tombi J, Department of Animal Biology and Physiology, Faculty of Science, University of Yaoundé I, P.O. Box. 812 Yaoundé, Cameroon, E-mail: tombijeannette2007@yahoo.fr

Citation: Onana NMT, Ndongo I, Tombi J (2023) Structure of the Gill Biotope of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) in the Center Region of Cameroon. J Aquac Fisheries 7: 062.

Received: June 21, 2023; **Accepted:** July 11, 2023; **Published:** July 18, 2023

Copyright: © 2023 Onana NMT, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

In their living environment, fish are subject to various pressures, including parasitism, which effects on the host health are increasingly being considered. Among fish parasites, monogenean live mainly attached to the gill filaments [5]. The teleostean gill cavity offers a variability of microhabitats that parasites can colonise [5-10]. Several studies have reported that in the case of polyspecific parasitism, monogeneans share their biotope in order to coexist.

Enteromius guirali gill system harbours two monogenean species, whose ecological studies must be carried out. Taking into account the variability of Teleost gill system, it is judicious to know the structure of this biotope before undertaking the study of the structuring of its infracommunities. The aim of the present work consists to analyse the structure of *Enteromius guirali* gill system based on the variation of filament number and colonizable gill surface by monogeneans across the different gradients defined by [11].

Materials and Methods

Study area

Fish were caught along Cesala River in Lebamzip village, Center Region of Cameroon between 4°24'–4°26' North latitude and 11°28'–11°59' East longitude (Figure 1). Cesala River is a sub-tributary of Sanaga River whose soils are ferrallitic. It has an equatorial hydrological regime [12], a mean width of 3m and a mean depth of 0.5m.

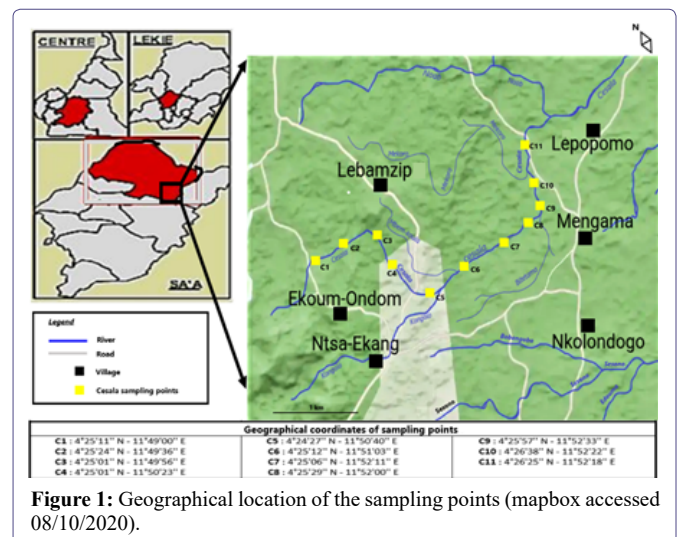


Figure 1: Geographical location of the sampling points (mapbox accessed 08/10/2020).

The surrounding vegetation consists of secondary forests interspersed with expanses of shrubby savannah. The annual temperature varies little and rainfall is high [12]. Ichthyic fauna is rich with species of the genus *Enteromius*.

Fishing, conservation and evaluation of the biometric parameters of the hosts

From June to October 2020, a total of 136 specimens belonging to *E. guirali* species were caught using fishing rods and dip nets, then

preserved in formalin-freshwater solution (8%). At laboratory, fish was removed from formalin and was rinsed with tap water. The Fork Length (FL), distance from the extremity of the muzzle to the caudal fin base, was measured.

Dissection of the gill system, evaluation of the filaments number and gill surface

Each side of *E. guirali* gill cavity contains four gill arches, each one consisting two faces or hemibranches. After removing the operculum from one side of the fish, the gill arches were progressively removed in the anteroposterior direction (A_I , A_{II} , A_{III} and A_{IV}) and placed separately in Petri dishes labelled 1 to 4 containing tap water.

Under a binocular stereo-microscope (NOVEL, China), filaments number per hemibranch was counted following the dorso-ventral direction. Hence, filaments number per hemibranch (anterior and posterior), gill arch (A_I , A_{II} , A_{III} and A_{IV}), side (right and left) and per individual were obtained.

Pictures of anterior and posterior hemibranches of each gill arch were taken under digital stereo-microscope (LCD digital microscope 4.3 inch 1080P) at 1X magnification. Filamentous surface correspondences of each hemibranch were obtained using ImageJ software (ij150-win-jre6). For each gill arch, the filamentous surface of the anterior hemibranch was added to that of the posterior one. The sum of the filamentous surfaces of the four gill arches on one specimen side gave the total unilateral surface. The total gill surface per fish was obtained by summing values of the total unilateral left and right surfaces [8].

Results analyses

The evolution curves of filaments number and gill surface were made with Excel 2016 software. The best fit was the one with the lowest coefficient of determination value (R^2). The comparison of more than two means was done using Welch's F-test. The Student's t-test was used to compare two means. The differences of $p < 0.05$ were considered statistically significant.

Results

A total of 74 males and 62 females of fork length between 44 and 96mm were sampled. The variation in the number of gill filaments and the filamentous surface were studied on 100 (52 males and 48 females) and 36 (22 males and 14 females) fishes respectively.

Distribution of filaments number across the different gradients

The mean filaments number was 435.07 ± 49.08 on the left side and 434.82 ± 48.71 on the right side. The difference between these values was not significant ($t = 0.04$; $ddl = 198$; $p > 0.05$), indicating that the two sides of *Enteromius guirali* gill system are equivalent with respect to this parameter.

Each gill arch has statistically the same mean filaments number as its correspondent on the opposite side (Figure 2). Moreover, gill arch IV on each side has statistically the lowest filaments number ($p < 0.05$).

The comparison of filaments number between the different gill arches taken two by two gave the following sequence $A_{II} > A_I > A_{III} > A_{IV}$, indicating that gill arches II and IV carried the highest and lowest filaments number respectively ($p < 0.05$).

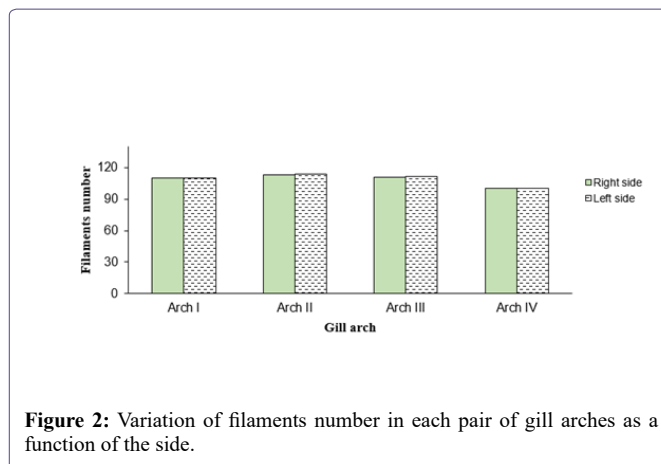


Figure 2: Variation of filaments number in each pair of gill arches as a function of the side.

The mean filaments number per hemibranch was 103.43 ± 9.83 for the anterior hemibranch and 114.23 ± 12.90 for the posterior hemibranch. The posterior hemibranch of each arch has statistically harboured more filaments ($p < 0.05$). The comparison of the mean filaments number of all hemibranches of *Enteromius guirali* gill cavity led to the following model $PH_2 > PH_3 > PH_1 > AH_2 > AH_1 = AH_3 = PH_4 > AH_4$.

Variation of filaments number as a function of fish size

The total filaments number on the one hand and per side on the other hand increased progressively with the size of *E. guirali* (Figure 3). The multiplication of these structures was fast for specimens of $FL < 70$ mm, but slow above this size, according to the logarithmic model $Y_{total} = 495.74 \ln(FL) - 1206.60$; $R^2 = 0.73$. Furthermore, the growth profile of gill filaments as a function of size (Figure 3) was identical on both sides. The models that describe these variations are: $Y_{right\ side} = 40.78FL^{0.56}$; $R^2 = 0.74$ and $Y_{left\ side} = 248.29 \ln(FL) - 604.95$; $R^2 = 0.73$. It appears that the multiplication of these structures was more accelerated for young specimens.

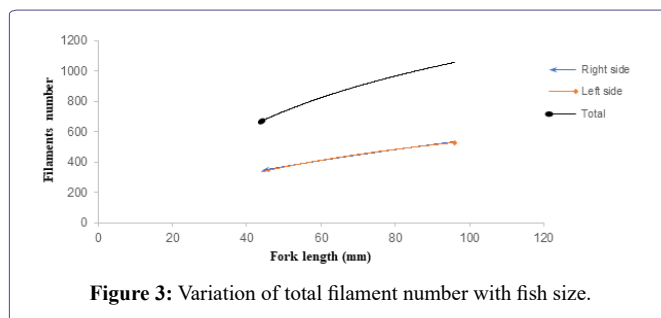


Figure 3: Variation of total filament number with fish size.

Following the transverse gradient, filaments number of each arch increased with the fish size. Additionally, regardless of the size of *E. guirali*, gill arch IV carried fewer filaments than its anterior counterparts (Figure 4). The logarithmic equations which describe these growth profiles are: $Y_{arch\ I} = 118.51 \ln(FL) - 276.19$; $R^2 = 0.74$; $Y_{arch\ II} = 139.28 \ln(FL) - 356.58$; $R^2 = 0.73$; $Y_{arch\ III} = 133.83 \ln(FL) - 337.7$; $R^2 = 0.70$ and $Y_{arch\ IV} = 104.13 \ln(FL) - 236.15$; $R^2 = 0.66$. The values of the coefficient of determination per gill arch indicated that the evolution of filaments number is positively correlated with the size of *E. guirali*.

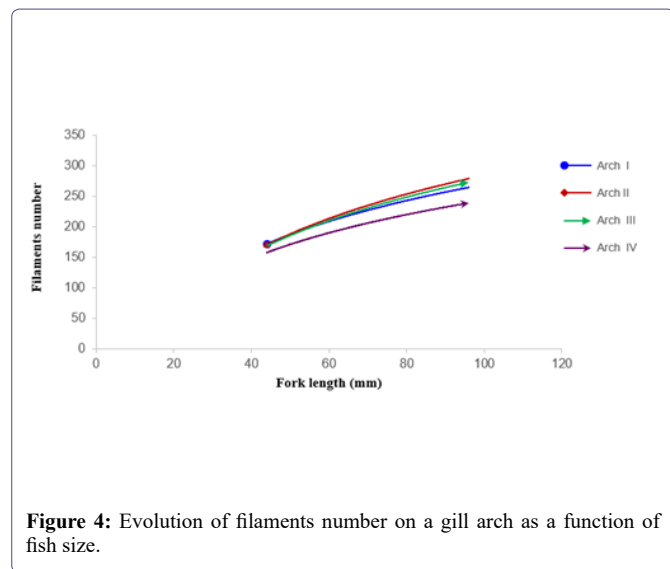


Figure 4: Evolution of filaments number on a gill arch as a function of fish size.

The filaments number per hemibranch increased slowly with the fork length (Figure 5) and the posterior hemibranch (PH) always carried more filaments than the anterior hemibranch (AH). The mean filaments number per hemibranch evolved according to the following linear equation models: $Y_{AH} = 0.04FL + 100.74$; $R^2 = 0.002$ and $Y_{PH} = 0.07FL + 109.69$; $R^2 = 0.004$.

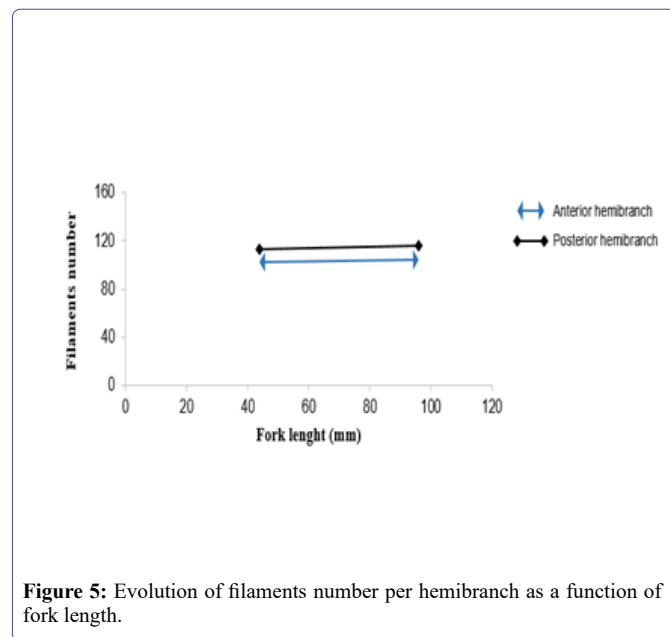


Figure 5: Evolution of filaments number per hemibranch as a function of fork length.

Variation of gill surface across the different gradients

The mean gill surface was 0.067 ± 0.019 (mm^2) and 0.065 ± 0.019 (mm^2) for the left and right sides respectively. A comparison of these values revealed that both sides of the *Enteromius guirali* gill system statistically provided identical colonisable surface ($t = -0.84$; $ddl = 70$; $p > 0.05$).

Across the transverse gradient, filamentous surface statistically decreased in the anteroposterior direction ($F = 10.91$; $ddl = 70$; $p < 0.05$). The colonisable surface of each gill arch on one side was equivalent to that of its correspondent on the opposite side (Figure 6).

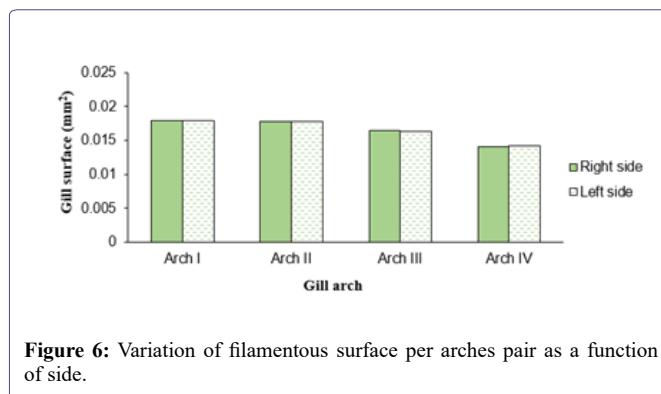


Figure 6: Variation of filamentous surface per arches pair as a function of side.

The comparison of inter-arch gill surfaces indicated that arches I and II statistically offered identical filamentous surface ($p > 0.05$); greater than those of arches III and IV ($p < 0.05$), consistent with this sequence $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$.

The mean filamentous surface per hemibranch was 0.029 ± 0.011 (mm^2) and 0.037 ± 0.009 (mm^2) for anterior and posterior hemibranches, respectively. The posterior hemibranch was statistically larger ($p < 0.05$). Comparing the mean filamentous surface of all hemibranches, the following variation sequence was established $AH_1 = AH_2 = PH_1 = PH_2 > PH_3 > AH_3 > PH_4 > AH_4$. The colonisable surfaces of both sides of gill arches I and II were equivalent ($p > 0.05$) while the posterior hemibranches of arches III and IV were larger ($p < 0.05$).

Variation of gill surface with fish size

The total and side-dependent filamentous surface (S) increased progressively during the growth of *E. guirali* (Figure 7). Up to the fork length of 85mm, the surface area of the left side was slightly larger than that of the right side. Beyond this size, the value of this parameter remained identical on both sides of the fish. The following adjustments that describe these observations are: $S_{total} = 0.0033FL - 0.03$; $R^2 = 0.43$; $S_{left\ side} = 0.0011FL - 0.01$; $R^2 = 0.43$ and $S_{right\ side} = 0.0003FL^{1.2839}$; $R^2 = 0.44$.

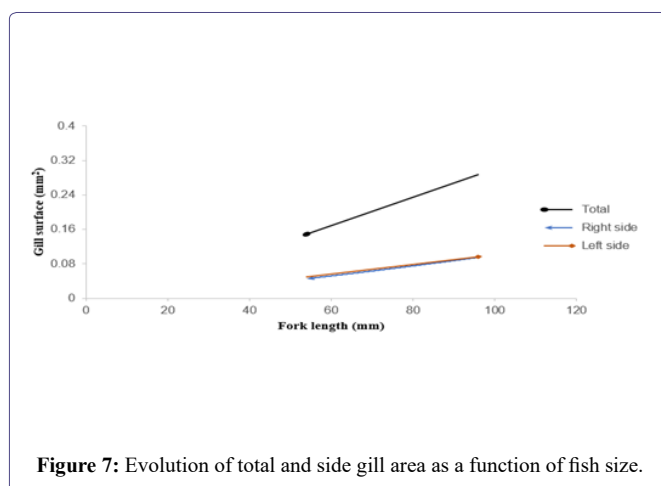


Figure 7: Evolution of total and side gill area as a function of fish size.

The filamentous surface (S) of each gill arch progressively increased with the fish size (Figure 8). Gill arches I and II were the largest with identical filamentous surfaces. Gill arch IV always had smallest colonisable surface are. The exponential equations which explain this evolution are: $S_{arch\ I} = 0.019e^{0.0183FL}$; $R^2 = 0.45$; $S_{arch\ II} = 0.019e^{0.0182FL}$; $R^2 = 0.46$; $S_{arch\ III} = 0.0189e^{0.0171FL}$; $R^2 = 0.42$ and $S_{arch\ IV} = 0.0135e^{0.0186FL}$; $R^2 = 0.35$.

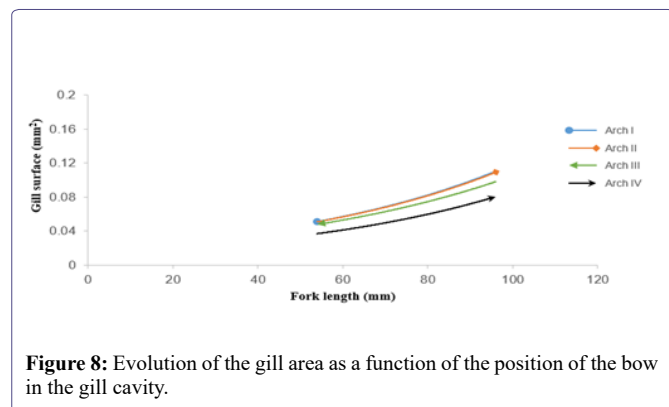


Figure 8: Evolution of the gill area as a function of the position of the bow in the gill cavity.

The anterior hemibranch (Figure 9) was wider than the posterior one for smaller fish (FL < 70mm). Beyond this fork length, the posterior hemibranch was always wider. The evolution of the filamentous surface (S) of the anterior hemibranch (HA) was best fitted to the exponential model $S_{AH} = 0.0679e^{0.009FL}$; $R^2 = 0.11$ and that of the posterior hemibranch (HP) to the power model $S_{PH} = 0.0006FL^{1.2584}$; $R^2 = 0.49$.

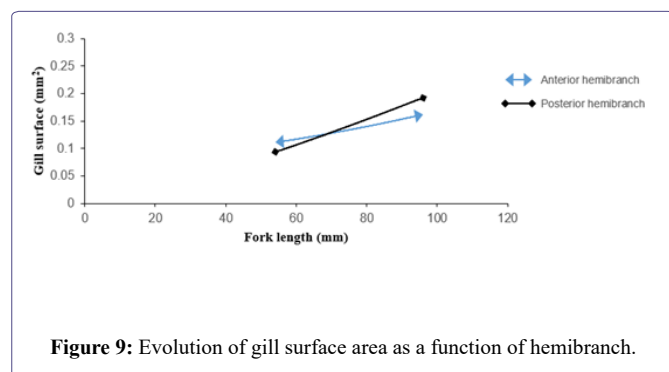


Figure 9: Evolution of gill surface area as a function of hemibranch.

Discussion

Both sides of *E. guirali* gill system were equivalent in the filaments number and gill surface. [9] made the same finding based on the evolution of the number of gill filaments of *Enteromius camptacanthus* Bleeker, 1863. Other studies which, in addition to the number of filaments have taken into account the gill surface, obtained similar results. This is the case of [5,7,8,13], respectively carried out on gill system of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858; *Liza ramada* (Risso, 1827); *Enteromius martorelli* Roman, 1971 and *Clarias camerunensis* Lönnberg, 1895. Our observation confirm the conclusion made by [14,15] that the gill system of Teleost has a bilateral symmetry.

Following the transverse gradient, the mean total number of gill filaments varied according to the $A_{II} > A_I > A_{III} > A_{IV}$ model. [5] reported the $A_{II} > A_{III} = A_I > A_{IV}$ model for *H. fasciatus*. [8] and [10] established the $A_{II} > A_I = A_{III} > A_{IV}$ model in *E. martorelli* and *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896) respectively. [9] obtained the $A_I > A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ model in *E. camptacanthus*. The *E. guirali* model of surface variation across this gradient was $A_I = A_{II} > A_{III} > A_{IV}$. Other models of variation of the filamentous surface of Teleost were obtained depending of ichthyic species. For example, [5] found the model $II > I > III > IV$ for the evolution gill surface of *H. fasciatus*. *Enteromius martorelli* offered equivalent surface area on arches I, II and III [8]. For *C. camerunensis*, the colonisable surface area varied according to

the model $IV < I < II = III$ [13]. In all cases, gill arch IV had the lowest number of filaments and the smallest colonisable surface. On *E. guirali*, the filaments number of arch II was significantly higher than that on arch I while, their colonisable surfaces were identical. [14] and [8] made similar observations between gill arches I and III on the gill system of *Hemichromis fasciatus* and arches I and II of *Enteromius martorelli* respectively. We join these authors to explain our result by the great thickness and size of the filaments of gill arches I and II.

Following the lateral gradient, filaments number decreased according to the $PH_2 > PH_3 > PH_1 > AH_2 > AH_1 = AH_3 = PH_4 > AH_4$ model and gill surface area according to the $AH_1 = AH_2 = PH_1 = PH_2 > PH_3 > AH_3 > PH_4 > AH_4$ model. Our results show that the number of filaments on the posterior hemibranch was always higher than that on the anterior one and, the filamentous surface was equivalent on both sides of arches I and II but larger on the posterior hemibranches of arches III and IV. [10] showed for *B. kingsleyae* that anterior and posterior sides of each gill arch had the same number of filaments according to the model $IIP = IIA > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP$. For *Enteromius camptacanthus*, the variation in the number of inter-hemibranch number of filaments followed the $HA_1 > HA_2 = HP_1 = HP_2 = HA_3 > HP_3 > HA_4 < HP_4$ model [9]. Concerning *Enteromius martorelli*, although the mean number of filaments on arch I was identical between its two faces, [8] noted that the anterior face of each other three gill arches always carried more filaments according to the $A_2 > A_3 > P_1 = A_1 > P_2 > A_4 = P_3 > P_4$ model. The variation models established by [5-7] on *H. fasciatus*, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), and *L. ramada* respectively revealed that the posterior hemibranch of each gill arch was always smaller.

The total number of filaments and total surface on the one hand and per side, gill arch, hemibranch on the other hand, progressively increased with the fish size. This observation reveals that, the studied biotope underwent perpetual modifications during the fish growth. Similar findings were made by [5,8,13]. We join [6] to explain our results by the fact that Teleost gill system develops gradually. Whatever the specimen size, the surface area of the posterior hemibranch was larger than that of the anterior one. This result is in contrast to the observations of [8,13,15] who reported equal surface areas between the two hemibranches of each arch regardless the fish size.

Conclusion

Based on the number of filaments and filamentous surface being identical on both sides of *E. guirali*, the present study shows that gill biotope of this Cyprinid has a bilateral symmetry. The mean number of filaments and filamentous surface were not uniform across each gradient and increased with fish size. These observations are indicative of the heterogeneity of this biotope. Even if similar results have been obtained previously, it should be noted that the resulting models varied according to the fish species. It is therefore advisable, before any study of the exploitation of a gill biotope by potential parasites, to know its specific characteristics.

Statements and Declarations

Competing Interests : The authors have no competing interests to declare that are relevant to the content of this article.

Funding : No funding was received for conducting this study.

Ethical approval : Approval was obtained from the ethics committee of the Faculty of science of the University of Yaoundé 1. The procedures used in this study adhere to the national regulations.

Data availability statements : All data generated or analysed during this study are included in this published article.

References

1. Lévêque C, Oberdorff T, Paugy D, Stiassny MLJ (2008) Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 545-567.
2. Maetens H, Van Steenberge M, Snoeks J, Decru E (2020) Revalidation of *Enteromius alberti* and presence of *Enteromius cf. mimus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in the Lake Edward system, East Africa. *Eur J Taxon* 700: 1-28.
3. Hayes MM, Armbruster JW (2017) The taxonomy and relationships of the African small barb (Cypriniformes: Cyprinidae). *Copeia* 105: 348-362.
4. Paugy D (2010) The Ethiopian subregion fish fauna: an original patchwork with various origins. *Hydrobiologia* 649: 301-315.
5. Bilong Bilong CF, Le Pommelet E, Silan P (1999) The gills of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 (Teleostei, Cichlidae), a biotope for ectoparasites: Structure, heterogeneity and growth model. *Ecologie* 30: 125-130.
6. Silan P, Euzet L, Maillard C, Cabral P (1987) Le biotope des ectoparasites branchiaux de poissons: Facteurs de variation dans le modèle Bar-mono-gènes. *Bull Ecol* 18: 383-391.
7. Caltran H, Silan P (1996) Gill filaments of *Liza ramada*, a biotope for ectoparasites: Surface area acquisition using image analysis and growth models. *J Fish Biol* 49: 1267-1279.
8. Bilong Bilong CF, Tombi J (2004) Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Poisson: Cyprinidae) et modèle de croissance. *J Cameroon Acad Sci* 4: 211-218.
9. Tombi J, Sanje-Bwame AS, Akoumba JF, Bilong Bilong CF (2016) Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum river, Cameroon. *J Appl Biosci* 101: 9661-9668.
10. Ndongo I, Onana-Ngono MT, Tombi J (2022) Gill Monogeneans of African Tetras, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), from the Nyong River: biotope, distribution and site selection. *Asian Fish Sci* 35: 294-303.
11. Rohde K (1977) A non competitive mechanism responsible for restricting niches. *Zool. Enz* 199: 164-172.
12. Olivry JC (1986) Fleuves et rivières du Cameroun. Collection «Monographie Hydrographie Office de la recherche scientifique et technique outrem-er.
13. Nack J, Bilong Bilong CF (2007) Biotpe des ectoparasites branchiaux de *Clarias camerunensis* Lönnberg, 1895 (Pisces ; Clariidae): Modèle de croissance de l'aire colonisable. *J Cameroon Acad Sci* 7: 11-16.
14. Bilong Bilong CF (1995) Les monogènes parasites des poissons d'eau douce du Cameroun: biodiversité et spécificité; biologie des populations inféodées à *Hemichromis fasciatus*. Thèse de Doctorat d'État, Université de Yaoundé I.
15. Silan P, Le Pommelet E (1995) Le biotope des ectoparasites branchiaux: Définition de l'espace colonisé et des unités d'échantillonnage. *Ecologie* 26: 9-16.



- Advances In Industrial Biotechnology | ISSN: 2639-5665
- Advances In Microbiology Research | ISSN: 2689-694X
- Archives Of Surgery And Surgical Education | ISSN: 2689-3126
- Archives Of Urology
- Archives Of Zoological Studies | ISSN: 2640-7779
- Current Trends Medical And Biological Engineering
- International Journal Of Case Reports And Therapeutic Studies | ISSN: 2689-310X
- Journal Of Addiction & Addictive Disorders | ISSN: 2578-7276
- Journal Of Agronomy & Agricultural Science | ISSN: 2689-8292
- Journal Of AIDS Clinical Research & STDs | ISSN: 2572-7370
- Journal Of Alcoholism Drug Abuse & Substance Dependence | ISSN: 2572-9594
- Journal Of Allergy Disorders & Therapy | ISSN: 2470-749X
- Journal Of Alternative Complementary & Integrative Medicine | ISSN: 2470-7562
- Journal Of Alzheimers & Neurodegenerative Diseases | ISSN: 2572-9608
- Journal Of Anesthesia & Clinical Care | ISSN: 2378-8879
- Journal Of Angiology & Vascular Surgery | ISSN: 2572-7397
- Journal Of Animal Research & Veterinary Science | ISSN: 2639-3751
- Journal Of Aquaculture & Fisheries | ISSN: 2576-5523
- Journal Of Atmospheric & Earth Sciences | ISSN: 2689-8780
- Journal Of Biotech Research & Biochemistry
- Journal Of Brain & Neuroscience Research
- Journal Of Cancer Biology & Treatment | ISSN: 2470-7546
- Journal Of Cardiology Study & Research | ISSN: 2640-768X
- Journal Of Cell Biology & Cell Metabolism | ISSN: 2381-1943
- Journal Of Clinical Dermatology & Therapy | ISSN: 2378-8771
- Journal Of Clinical Immunology & Immunotherapy | ISSN: 2378-8844
- Journal Of Clinical Studies & Medical Case Reports | ISSN: 2378-8801
- Journal Of Community Medicine & Public Health Care | ISSN: 2381-1978
- Journal Of Cytology & Tissue Biology | ISSN: 2378-9107
- Journal Of Dairy Research & Technology | ISSN: 2688-9315
- Journal Of Dentistry Oral Health & Cosmesis | ISSN: 2473-6783
- Journal Of Diabetes & Metabolic Disorders | ISSN: 2381-201X
- Journal Of Emergency Medicine Trauma & Surgical Care | ISSN: 2378-8798
- Journal Of Environmental Science Current Research | ISSN: 2643-5020
- Journal Of Food Science & Nutrition | ISSN: 2470-1076
- Journal Of Forensic Legal & Investigative Sciences | ISSN: 2473-733X
- Journal Of Gastroenterology & Hepatology Research | ISSN: 2574-2566
- Journal Of Genetics & Genomic Sciences | ISSN: 2574-2485
- Journal Of Gerontology & Geriatric Medicine | ISSN: 2381-8662
- Journal Of Hematology Blood Transfusion & Disorders | ISSN: 2572-2999
- Journal Of Hospice & Palliative Medical Care
- Journal Of Human Endocrinology | ISSN: 2572-9640
- Journal Of Infectious & Non Infectious Diseases | ISSN: 2381-8654
- Journal Of Internal Medicine & Primary Healthcare | ISSN: 2574-2493
- Journal Of Light & Laser Current Trends
- Journal Of Medicine Study & Research | ISSN: 2639-5657
- Journal Of Modern Chemical Sciences
- Journal Of Nanotechnology Nanomedicine & Nanobiotechnology | ISSN: 2381-2044
- Journal Of Neonatology & Clinical Pediatrics | ISSN: 2378-878X
- Journal Of Nephrology & Renal Therapy | ISSN: 2473-7313
- Journal Of Non Invasive Vascular Investigation | ISSN: 2572-7400
- Journal Of Nuclear Medicine Radiology & Radiation Therapy | ISSN: 2572-7419
- Journal Of Obesity & Weight Loss | ISSN: 2473-7372
- Journal Of Ophthalmology & Clinical Research | ISSN: 2378-8887
- Journal Of Orthopedic Research & Physiotherapy | ISSN: 2381-2052
- Journal Of Otolaryngology Head & Neck Surgery | ISSN: 2573-010X
- Journal Of Pathology Clinical & Medical Research
- Journal Of Pharmacology Pharmaceutics & Pharmacovigilance | ISSN: 2639-5649
- Journal Of Physical Medicine Rehabilitation & Disabilities | ISSN: 2381-8670
- Journal Of Plant Science Current Research | ISSN: 2639-3743
- Journal Of Practical & Professional Nursing | ISSN: 2639-5681
- Journal Of Protein Research & Bioinformatics
- Journal Of Psychiatry Depression & Anxiety | ISSN: 2573-0150
- Journal Of Pulmonary Medicine & Respiratory Research | ISSN: 2573-0177
- Journal Of Reproductive Medicine Gynaecology & Obstetrics | ISSN: 2574-2574
- Journal Of Stem Cells Research Development & Therapy | ISSN: 2381-2060
- Journal Of Surgery Current Trends & Innovations | ISSN: 2578-7284
- Journal Of Toxicology Current Research | ISSN: 2639-3735
- Journal Of Translational Science And Research
- Journal Of Vaccines Research & Vaccination | ISSN: 2573-0193
- Journal Of Virology & Antivirals
- Sports Medicine And Injury Care Journal | ISSN: 2689-8829
- Trends In Anatomy & Physiology | ISSN: 2640-7752

Submit Your Manuscript: <https://www.heraldopenaccess.us/submit-manuscript>

Onana-Ngono M.T., Ndongo I, Tombi J. (2024). Some ecological aspects of Monogeneans (Platyhelminthes) ectoparasites of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) from Cesala River in Cameroon. *Parasitology Research* **123**: 374. <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08379-8>



Some ecological aspects of Monogeneans (Platyhelminthes) ectoparasites of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) from Cesala River in Cameroon

Michel-Thierry Onana-Ngono¹ · Ivan Ndongo¹ · Jeannette Tombi¹

Received: 8 August 2024 / Accepted: 12 October 2024

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2024

Abstract

Fish are exposed to various parasites such as monogeneans which are flatworms that preferentially affect the gills and skin of these hosts. This study represents the first investigation concerning the distribution of monogenean infracommunities of *Enteromius guirali* in Cameroon. A total of 100 fish were collected from Cesala River and preserved in 8% formalin solution. Parasite community consisted of *Dactylogyrus mendehei* and *D. nyongensis*. These monogenean species adopted an aggregated distribution. Their mean intensities and prevalence increased with host size. Both sides of *E. guirali* were similarly infested, and no preference for gill arches was recorded for each parasite species. Posterior hemibranch was always the most parasitized, showing the highest parasitic load. Median sector and distal filamentous zone were highly colonized by both monogenean species. This study contributes to understand that the large gill surface offered by great hosts, heterogeneity, bilateral symmetrically of the host's gill system on one hand, and the morphology of haptor parts and reproduction of parasites, on the other hand, are the main factors which determine the distribution of studied component community.

Keywords Distribution · Freshwater · Gills · Monopisthocotylea · Teleostei · Lebamzip

Introduction

Freshwater ecosystems cover less than 1% of the earth's surface and are home nearly to 12% of animals and 2.4% of all known species on earth (Revenga et al. 2000). Among the faunal groups that inhabit the aquatic environments, teleost number more than 36 982 species (Fricke et al. 2024). These vertebrates are exposed to various parasites among which, those of the class of Monogenea Carus, 1863 that are flatworms characterized by their attachment organ called haptor, differentiated in the posterior region of the body.

Monogeneans are specifically distinguished by the morphology of their copulatory organs. The infection of fish by these organisms represents threat to their health or their physiology (Sindermann 1986). This is because monogeneans affect the organs and tissues of respiration such as gills and skin, which are vital to the normal functioning of the fish. In majority of cases, these parasites provoke dual type of injury to their host. Through their anchors and other organs of fixation, they break the continuity at the site of attachment and cause localised haemorrhages. Researches have established that the volume of blood sucked from fish is quite appreciable and this leads to certain conditions like anaemia and mortality (Dezfuli et al. 2007). At the same time, they feed upon the cells of ruptured tissue and blood. In the case of polyspecific infection, the various species of monogeneans generally share their biotope in order to coexist (Rubio-Godoy 2008; Tombi et al. 2014, 2016; Adou et al. 2017; Blahoua et al. 2018; Ndongo et al. 2022).

In Cameroon, ecological studies of monogeneans have contributed to the knowledge of the bio-ecological aspects of the helminthofauna of some fish species, making it possible to provide fish farmers with data they need to improve the management of their activities (Tombi et al. 2010, 2011,

Section Editor: Edgar Fernando Mendoza

✉ Jeannette Tombi
tombijeannette2007@yahoo.fr

Michel-Thierry Onana-Ngono
michelngono96@gmail.com

Ivan Ndongo
ivanndongo94@gmail.com

¹ Laboratory of Parasitology and Ecology, Department of Animal Biology and Physiology, Faculty of Science, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

2014, 2016; Tombi and Bilong, 2013; Nack et al. 2018; Ndongo et al. 2022). Since Birgi and Lambert (1987) had described *Dactylogyruis mendehei* Birgi and Lambert, 1987 and *Dactylogyruis nyongensis* Birgi and Lambert, 1987 on the gills of *Enteromius guirali*, no research has until now undertaken the study of their ecological aspects. The aim of the current work was to study the distribution of these two monogenean species.

Material and methods

Study framework

Fish were caught at Lebamzip along the Cesala River, between 4°24'–4°26' North latitude and 11°28'–11°59' East longitude (Fig. 1). Lebamzip is located in the Sa'a District, Lékié Division, Center Region, about 40 km from Yaoundé, the capital of the Republic of Cameroon. Its rugged relief presents numerous small rounded peaks. Ferralitic and clay-earth soils are predominant. Annual temperatures vary little and rain fall is high (Olivry 1986).

Fishing, dissection of the host's gill system and identification of monogeneans

Fish samples were captured using fishing rods and gillnets by the local fishermen. Once the fish were removed from the water, they were immediately fixed with formalin solution (8%). In the laboratory, after measuring the fork length (FL: distance between the extremity of the muzzle and the caudal fin base) of the fish, the various gill arches of each side were removed and placed in Petri dishes labelled 1 to 4, containing water. Each gill filament of various arches was screened exhaustively for monogeneans using an entomological needle under a *NOVEL* stereoscopic microscope. For each hemibranch of an arch, all monogeneans from each filamentous zone were collected separately and mounted between glass slide and coverslip in a drop of water. Monogenean species were identified under an optical microscope (*Yvimen System*) by observing their haptor and genital hard parts according to the descriptions proposed by Birgi and Lambert (1987).

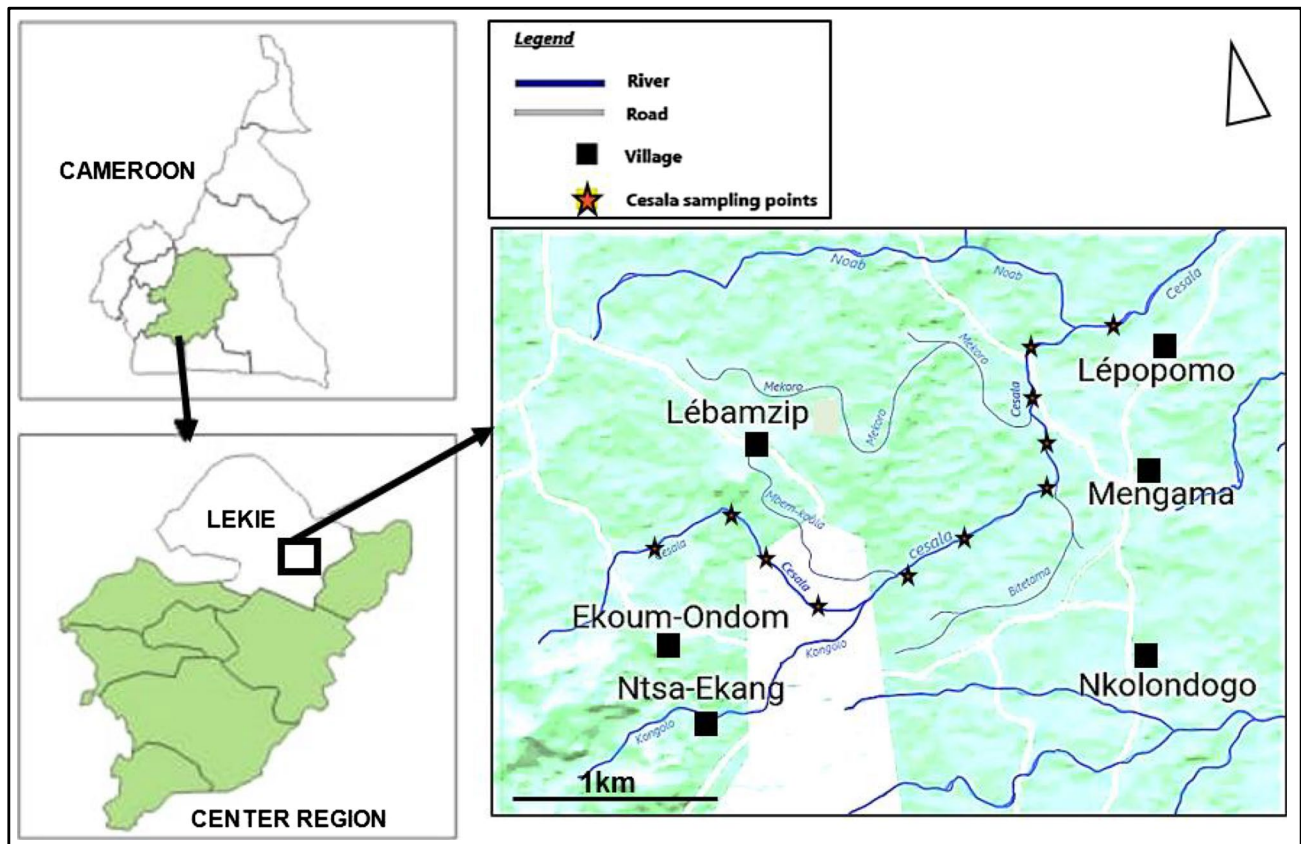


Fig. 1 Geographical location of the sampling points (mapbox accessed 13/07/2021)

Delimitation of different segregation partitionings of monogeneans and host length classes

The determination of the infestation site of each species took into account the fish side and different monogenean segregation gradients defined by Rohde (1977) in accordance with Fig. 2. Indeed, one side of *E. guirali* has four gills arches designated I, II, III and IV in the anteroposterior direction (transverse partitioning). Each gill arch is divided into two hemibranches or faces, the anterior one and the posterior one (lateral partitioning). Per hemibranch, three sectors were defined based on the number of filaments (longitudinal partitioning). Three equidistant portions, called filamentous zones, were delimited on each filament (vertical partitioning). *Enteromius guirali* reaches sexual maturity at an age that generally corresponds to a mean fork length of approximately 65 mm (Daget and Stauch 1968). On this basis, hosts were divided into two classes. Class I (40 mm < FL < 65 mm) included immature or small fish and class II (65 mm ≤ FL < 100 mm) comprised adult or larger hosts.

Statistical analysis

The terms prevalence and mean intensity were used in accordance with the terminology of Bush et al. (1997). The index of dispersion was used to determine the parasite distribution pattern. The chi-square (χ^2) test was used to compare two or more proportions. The Mann–Whitney (*U*) and Kruskal–Wallis (*K*) tests were respectively applied to compare two or more mean intensities. The statistical difference was significant if $P < 0.05$. Statistical tests were carried out using SPSS statistics software (Ndongo et al. 2022).

Results

From June to October 2020, a total of 100 individuals of *Enteromius guirali* with fork length ranging from 44 to 96 mm were captured and examined.

Presentation of the component community

Two monogenean species have parasitized the gill system of *E. guirali*. Infested fish harboured between 1 and 125 monogeneans. Among 2822 parasites collected, 1020 were assigned to *D. mendehei* and 1802 to *D. nyongensis*. The prevalence of both species combined was 97% and the mean parasitic load was 29.1 ± 21.68 .

At the species scale, *D. mendehei* had a prevalence of 92%, mean intensity of 11.33 ± 8.24 , variance (σ^2) of 68.0 and the index of dispersion equal to 6.0. The values of these infection parameters were 95%, 19.0 ± 14.4 , 207.1 and 10.9 for *D. nyongensis* respectively. It appears that the variance of both species was greater than mean intensity, indicating that each of them had an aggregated distribution.

Three hosts were not parasitized, while 9 and 88 harboured mono and bispecific infection respectively. In monospecific infection, two hosts were parasitized by 17 individuals of *D. mendehei* and 7 hosts were parasitized by 93 specimens of *D. nyongensis*. Moreover, 88 hosts were simultaneously infected by both species, with accumulative parasitic load equal to 2712 monogeneans. The parasite/host ratio was 8.5, 12.3 and 30.8 for *D. mendehei*, *D. nyongensis* and in the case of bispecific infection respectively. This study shows that most hosts harboured both parasitic species

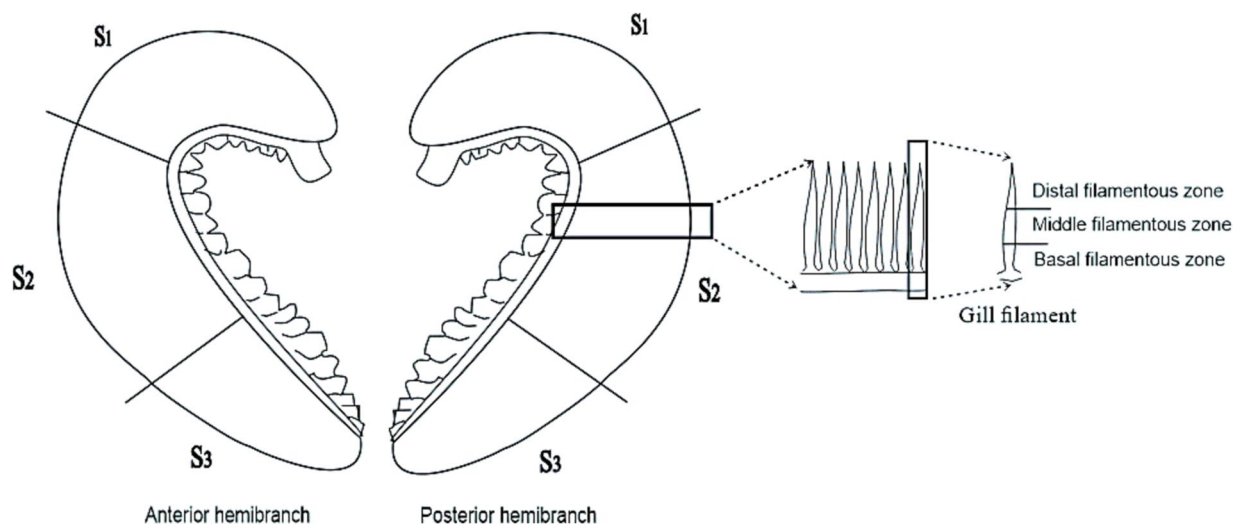


Fig. 2 Sectoral and zonal delimitation of gill arches of *Enteromius guirali*. Legend: S₁ = dorsal sector; S₂ = median sector; S₃ = ventral sector

and *D. nyongensis* was more frequent and more abundant in monospecific infection.

Parasitism as a function of fish size

Each species infected individuals of both classes. The values of the prevalence of *D. mendehei* were 78.5% and 92.3% ($\chi^2=5.2$; $P<0.05$), and those of *D. nyongensis* were 80.7% and 95.1% ($\chi^2=3.9$; $P<0.05$) for classes I and II respectively. The values of the mean intensity of *D. mendehei* were 9.6 ± 5.6 and 12.6 ± 9.4 ($U=891$; $P<0.05$) and those of *D. nyongensis* were 15.2 ± 9.97 and 22.2 ± 16.3 ($U=865.5$; $P<0.05$) for classes I and II respectively. Our results indicate that these two species were more frequent and more abundant in larger hosts. Taking in consideration the overall component community, Fig. 3 shows that prevalence progressively decreased with host size while the reverse phenomenon was observed for parasitic load.

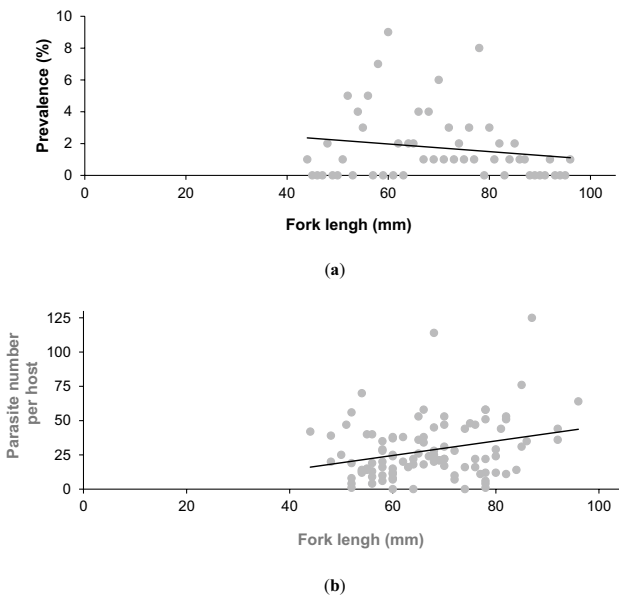
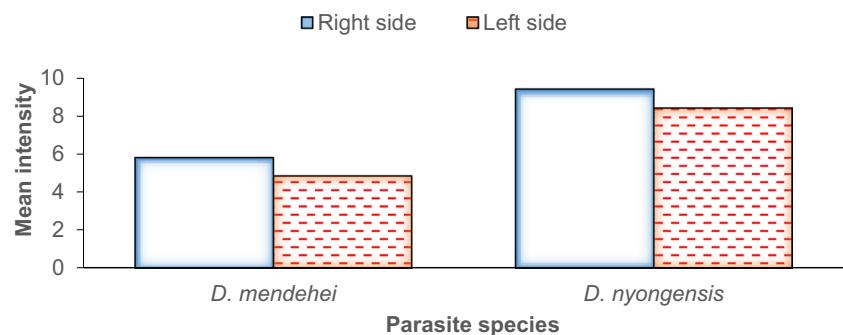


Fig. 3 Prevalence (a) and parasite number per host (b) as a function of the host size

Fig. 4 Mean intensity of each species as a function of host side



Parasitism as a function of host side

From the overall sample, 1332 and 1490 monogeneans were collected respectively on the left and right sides of the host's gill systems. Prevalence was 94% for the left side and 97% for the right side ($\chi^2=3.4$; $P>0.05$). Mean intensities were 13.1 ± 6.5 for the left side and 14.9 ± 7.8 for the right side ($U=388$; $P>0.05$).

At the species level, the prevalence of the left and right sides were 90% and 89% for *D. mendehei* ($\chi^2=0.003$; $P>0.05$) and 92% and 94% for *D. nyongensis* ($\chi^2=0.01$; $P>0.05$) respectively. For each monogenean species, the mean intensity (Fig. 4) was identical on both sides of the fish gill system ($U=319$ for *D. mendehei* and $U=177$ for *D. nyongensis*; $P>0.05$).

Distribution of monogeneans across the transverse partitioning

The prevalence and mean intensity per arch were 94% and 10.6 ± 5.9 (arch I), 95% and 11.3 ± 6.1 (arch II), 93% and 10.4 ± 6.1 (arch III), and 89% and 9.8 ± 7.17 (arch IV) respectively. Comparison of these values shown a non-significant difference for both prevalence ($\chi^2=0.1$; $P>0.05$) and mean intensities ($K=4.4$; $P>0.05$).

At the species scale, the prevalence and mean intensities of *D. mendehei* were 89% and 2.9 ± 1.7 (arch I), 89% and 3.1 ± 1.8 (arch II), 84% and 3.0 ± 1.6 (arch III), and 78% and 2.9 ± 1.8 (arch IV). Whatever the epidemiological index, the difference between these two parameters remained statistically non-significant ($\chi^2=0.5$ and $K=4.6$; $P>0.05$). The prevalence and mean intensities of *D. nyongensis* were 95% and 4.8 ± 2.6 (arch I), 94% and 4.7 ± 2.4 (arch II), 94% and 4.6 ± 2.9 (arch III), and 89% and 4.6 ± 3.2 (arch IV). The values of each infection parameter were statistically equal through the various gill arches ($\chi^2=0.1$ and $K=4.8$; $P>0.05$).

Distribution of monogeneans across the lateral partitioning

Irrespective of species and gill arches, prevalence and mean intensity values were 93% and 11.9 ± 8.7 for the anterior hemibranch; 85% and 17.2 ± 12.0 for the posterior hemibranch ($\chi^2 = 6.2$; $U = 809$; $P < 0.05$). Although overall monogeneans were more frequent on the anterior hemibranch, their number was higher on the posterior hemibranch.

At the species level and without distinction of gill arches, the prevalence and mean intensities of *D. mendehei* were 89% and 5.0 ± 3.6 for anterior hemibranch; 88% and 6.4 ± 5.0 for posterior hemibranch ($\chi^2 = 1.8$; $U = 284$; $P > 0.05$). Prevalence and mean intensities of *D. nyongensis* were 91% and 7.9 ± 5.9 for anterior hemibranch and 93% and 11.2 ± 8.0 for posterior hemibranch ($\chi^2 = 4.4$; $P > 0.05$ and $U = 424.1$; $P < 0.05$). It appears that *D. mendehei* did not prefer any hemibranch whereas *D. nyongensis* was more abundant on the posterior hemibranch.

At the species level and depending of gill arch (Fig. 5), although *D. mendehei* seemed to be more frequent and

more abundant on the posterior hemibranch of arches I, II and IV and more frequent on the anterior hemibranch of arch III, the difference remained non-significant in each case (χ^2 and U ; $P > 0.05$).

Dactylogyrus nyongensis was more frequent on the posterior hemibranch of arches I, II and IV and on the anterior hemibranch of arch III (χ^2 test; $P < 0.05$; Fig. 5). This species was more abundant on the posterior hemibranch of each arch ($U = 211.5$; $P < 0.05$).

Distribution of monogeneans across the longitudinal partitioning

Distribution of the component community

The median sector (Fig. 6) was more frequently and more intensely parasitized ($\chi^2 = 16.5$ and $K = 9.3$; $P < 0.05$). The comparison of mean intensities of the three sectors indicated that the component community statistically exploited the longitudinal partitioning according to the model: $S_1 = S_3 < S_2$ ($P < 0.05$; see Fig. 2 for details).

Fig. 5 Variation of prevalence (a) and mean intensities (b) as a function of hemibranch. Legend: HA = anterior hemibranch; HP = posterior hemibranch

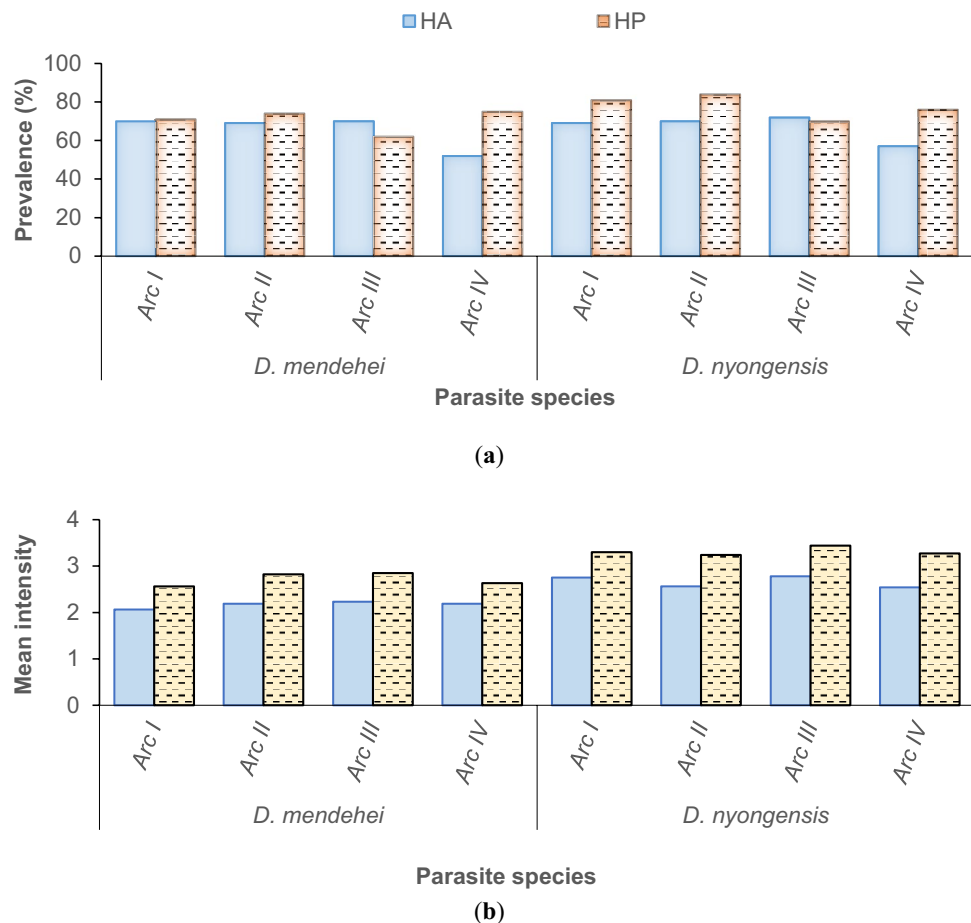
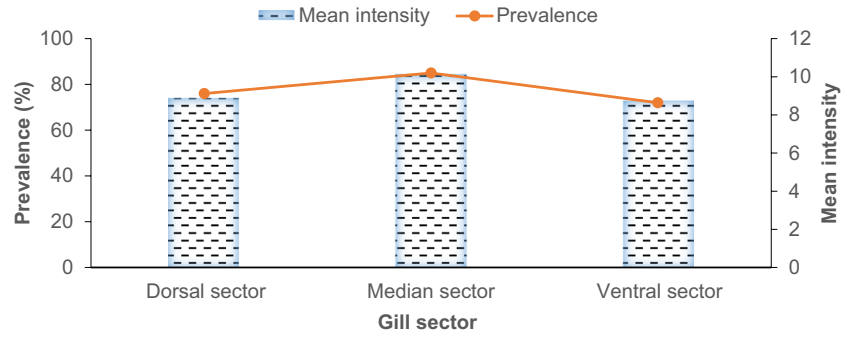


Fig. 6 Prevalence and mean intensity of the component community across longitudinal gradient



Distribution of *Dactylogyrus mendehei*

Without distinction of arches, prevalence values were 73%, 89% and 63% for S₁, S₂, and S₃ respectively ($\chi^2 = 13.5$; $P < 0.05$). A total of 351 (Mi = 3.6 ± 2.2), 380 (Mi = 6.9 ± 3.3) and 289 (Mi = 3.9 ± 1.5) individuals of *D. mendehei* were collected from S₁, S₂ and S₃ respectively ($K = 4.2$; $P < 0.05$). Taking into account gill arches (Table 1), prevalence values were statistically higher on median sector (S₂) of all arches except arch I, on which the dorsal sector (S₁) was more frequently parasitized ($P < 0.05$). The mean intensity values (Table 1) were statistically equal for all sectors of arches I and III ($P > 0.05$), but the median sector (S₂) of arches II and IV accumulated statistically more *D. mendehei* (Table 1; $P < 0.05$). This study shows that in almost all cases the median sector was the most frequently and intensely parasitized by *D. mendehei*.

Distribution of *Dactylogyrus nyongensis*

Disregarding the gill arches, prevalence values were 78%, 81% and 74% for sectors S₁, S₂ and S₃ respectively ($\chi^2 = 47.3$; $P > 0.05$). A total of 530 (Mi = 5.1 ± 3.4), 680 (Mi = 8.7 ± 4.3) and 592 (Mi = 4.7 ± 3.0) specimens of *D. nyongensis* were collected from sectors S₁, S₂ and S₃ respectively ($K = 2.1$; $P < 0.05$). Considering each gill arch (Table 1), the prevalence values were statistically higher on median sector (S₂) of arches I, III and IV and ventral sector (S₃) of arch II (χ^2 test; $P < 0.05$). The mean intensities (Table 1) were statistically similar for all gill sectors of arches I and II (K test; $P > 0.05$). The median sector (S₂) carried more monogeneans on arches III and IV (K test; $P < 0.05$). This study showed that the median sector (S₂) was more colonised in most cases.

Table 1 Prevalence and mean intensity values of *Dactylogyrus mendehei* and *Dactylogyrus nyongensis* on different gill sectors

Parasite	Arch	Prevalence (%)			χ^2 ; P -value	Mean intensity ± σ			K; P -value
		S ₁	S ₂	S ₃		S ₁	S ₂	S ₃	
<i>D. mendehei</i>	I	47	47	58	78.3; 0.03*	1.7 ± 0.9	1.4 ± 0.8	1.9 ± 0.1	3.2; 0.4
	II	52	59	54	112; 0.01*	1.4 ± 0.7	1.8 ± 0.9	1.4 ± 0.7	6.5; 0.03*
	III	42	60	59	135.25; 0.0*	1.6 ± 0.8	1.7 ± 0.9	1.5 ± 0.9	2.0; 0.6
	IV	44	59	58	130.2; 0.02*	1.4 ± 0.7	1.8 ± 0.9	1.5 ± 0.7	7.3; 0.0*
<i>D. nyongensis</i>	I	73	79	76	6.0; 0.0*	2.4 ± 1.5	2.2 ± 1.7	2.1 ± 1.4	3.2; 0.3
	II	73	66	77	17.4; 0.0*	2.0 ± 1.1	1.8 ± 0.9	1.8 ± 1.3	0.3; 0.8
	III	68	74	64	14.6; 0.0*	2.0 ± 1.2	2.3 ± 1.4	1.9 ± 1.2	7.0; 0.0*
	IV	71	72	62	10.0; 0.0*	2.0 ± 1.3	2.3 ± 1.6	1.9 ± 1.1	6.1; 0.02*

S₁, S₂ and S₃ according to their sectoral and zonal delimitation of gill arches as mentioned in Fig. 2.

S₁ dorsal sector, S₂ = median sector, S₃ ventral sector, σ standard error.

*Significant difference.

Distribution of monogenean across the vertical partitioning

Distribution of the component community

A total of 82%, 71% and 42% ($\chi^2 = 7.7$; $P < 0.05$) of the distal, middle and basal zones were parasitized by all monogeneans collected. The total number of these organisms was 1548 ($Mi = 15.2 \pm 6.5$), 835 ($Mi = 8.1 \pm 3.9$) and 439 ($Mi = 4.3 \pm 1.1$) respectively on the distal, middle and basal zones ($K = 196.4$; $P < 0.05$). The comparison of the various mean intensity values taken two by two made it possible to establish the following distribution model basal zone (BZ) < middle zone (MZ) < distal zone (DZ) ($P < 0.05$) indicating that the distal and basal zones were respectively the most and the least parasitized.

Distribution of *Dactylogyrus mendehei*

Without distinction of arches, the prevalence values were 86%, 67% and 49% for the distal, middle and basal zones respectively ($\chi^2 = 3.2$; $P < 0.05$). A total of 517 ($Mi = 5.4 \pm 3.3$), 325 ($Mi = 2.4 \pm 1.3$) and 178 ($Mi = 1.6 \pm 0.8$) individuals of *D. mendehei* were collected from the distal, middle and basal zones respectively ($K = 5.0$; $P < 0.05$). It appears that the distal and basal zones were more and less parasitized respectively.

Distribution of *Dactylogyrus nyongensis*

Without distinction of arches, the prevalence values were 83%, 60% and 38% respectively for the distal, middle and basal zones ($\chi^2 = 21.1$; $P < 0.05$). The number of specimens of this species was 1031 ($Mi = 9.5 \pm 5.2$), 505 ($Mi = 4.4 \pm 3.6$) and 266 ($Mi = 2.3 \pm 1.4$) on the distal, middle and basal zones respectively ($K = 5.3$; $P < 0.05$). The distal and basal zones were respectively the most and the least parasitized by *D. nyongensis*. Regardless of the gill arch considered, prevalence and mean intensities of this species were statistically higher on the distal zone (Table 2; $P < 0.05$). It follows from this part that distal zone was preferentially colonised by *D. nyongensis* (Table 2).

Discussion

Enteromius guirali gill monogeneans was composed of *D. mendehei* and *D. nyongensis* whose distribution is aggregated. The similar phenomenon was observed by Tombi et al. (2014), Blahoua et al. (2018) and Mbondo et al. (2022) on *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758, *Tilapia zillii* Gervais, 1848 and *Synodontis rebeli* Holly, 1926 respectively. The aggregation of *D. mendehei* and *D. nyongensis* on their host favours sexual reproduction because it facilitates cross-fertilization (Rohde 1979).

The parasite/host ratio was higher when *D. mendehei* and *D. nyongensis* cohabited. In other words, the monogenean numbers found on the gill system of *E. guirali* were higher in

Table 2 Prevalence and mean intensity values of *Dactylogyrus mendehei* and *Dactylogyrus nyongensis* on the different filamentous zones

Parasite	Arch	Prevalence (%)			χ^2 ; p -value	Mean intensity $\pm \sigma$			K; p -value
		BZ	MZ	DZ		BZ	MZ	DZ	
<i>D. mendehei</i>	I	42	56	61	2.8; 0.2	1.2 \pm 0.6	1.5 \pm 0.9	1.9 \pm 1.3	27.5; 0.0*
	II	39	65	72	6.9; 0.03*	1.1 \pm 0.6	1.5 \pm 1.0	1.8 \pm 1.2	17.4; 0.0*
	III	27	55	68	12.5; 0.0*	1.4 \pm 0.6	1.5 \pm 0.9	1.9 \pm 1.2	29.4; 0.0*
	IV	36	25	42	3.3; 0.2	1.2 \pm 0.7	1.0 \pm 0.0	1.3 \pm 0.8	19.7; 0.0*
<i>D. nyongensis</i>	I	54	56	87	17.5; 0.0*	1.5 \pm 0.9	2.3 \pm 1.4	2.8 \pm 1.9	29.9; 0.0*
	II	34	68	93	24.1; 0.0*	1.6 \pm 0.9	1.8 \pm 1.1	3.0 \pm 1.9	31.7; 0.0*
	III	39	78	94	30.0; 0.0*	1.3 \pm 0.8	1.6 \pm 0.9	2.8 \pm 1.8	36.7; 0.0*
	IV	23	39	56	30.7; 0.0*	1.1 \pm 0.4	1.5 \pm 0.9	1.8 \pm 1.2	37.2; 0.0*

BZ basal zone, MZ middle zone, DZ distal zone, σ standard error.

*Significant difference;

bispecific infection. These observations concur with those of Tombi et al. (2011) on *Enteromius martorelli* Roman, 1971 and indicate in accordance of Madhi and Belghyti (2006) that interactions between monogenean species are positive.

Young fish specimens were frequently affected but the parasitic load was always higher for adults. At the species level, *D. mendehei* and *D. nyongensis* were more frequent and more abundant on the gills of larger hosts. Other authors such as Blahoua et al. (2016) observed that larger specimens of *O. niloticus* harboured more monogeneans. On *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, Allalguia et al. (2015) reported that parasitism by *Dactylogyrus extensus* Mueller and Van Cleave, 1932; *Dactylogyrus cyclocirus* Paperna, 1973; *Dactylogyrus arcuatus* Yamaguti, 1942; *Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845) and *Pseudacolpenteron pavlovskii* Bychovsky and Gussev, 1955 increased with host size. Similarly, Adou et al. (2017) noted that *Cichlidogyrus cubitus* Dossou, 1982, *Cichlidogyrus ergensis* Dossou, 1982 and *C. vexus* were more frequent and more abundant on the gill system of adult specimens of *Tilapia guineensis* Bleeker, 1862. For these authors, the increase of monogenean load with the fish size is justified by the larger colonisable surface area offered by large fish. Concerning *E. guirali*, Onana et al. (2023) showed a progressive increase of the filaments number and colonisable surface area with fish length.

The left and right sides of the gill system of *E. guirali* were parasitized in the same way when considering both prevalence and mean intensities. Bouah et al. (2021) showed that *Protoancylodiscoides essetchii* Bouah, N'Douba and Pariselle, 2021 and *Protoancylodiscoides ivoiriensis* Bouah, N'Douba and Pariselle, 2021 are distributed identically on both sides of the gill system of *Clarotes laticeps* Rüppell, 1829. The same observation was made by Adou et al. (2017), Blahoua et al. (2018), Kouadio et al. (2022) and Ndongo et al. (2022) on gill monogeneans of various fish species. The equipartition of *D. mendehei* and *D. nyongensis* across both sides of the gill system of *E. guirali* can be explained by the bilateral symmetry of this system (Onana et al. 2023).

Dactylogyrus mendehei and *D. nyongensis* are equally distributed across the four pairs of gill arches. Such results are rarely encountered in the literature which mainly presents cases of preference of certain arches by monogeneans. For example, Tombi et al. (2014) reported that *Scutogyrus longicornis* Paperna and Thurston, 1969 and *Cichlidogyrus magnus* Paperna and Thurston, 1969 preferred arches II and III of *O. niloticus* respectively. On *C. laticeps*, Bouah et al. (2021) noted that *P. essetchii* preferentially exploited gill arches I, II and III while *P. ivoiriensis* preferred arch IV. Several hypotheses could explain the exploitation of the transverse partitioning by monogeneans. According to Kouadio et al. (2022), the preference for median arches can be associated with the larger colonisable surface area they offer to

parasites or the large volume of water which arrives at the level of these arches and which supplies them with more oncomiracidium larvae. The exploitation of the transverse partitioning by *D. mendehei* and *D. nyongensis* does not respect this explication but can be due to their low charges.

Monogeneans were more frequent on the anterior hemibranch but more abundant in the posterior hemibranch indicating that, posterior hemibranch was more colonised. In contrast, Ndongo et al. (2022) revealed that *Characidotrema regia* Birgi and Lambert, 1987, *Annulotrema combesi* Birgi and Lambert, 1987, *Annulotrema mailardi* Birgi and Lambert, 1987, *Annulotrema bouixi* Birgi and Lambert, 1987 and *Annulotrema nyongensis* Birgi and Lambert, 1987 exploited the lateral partitioning of *B. kingsleyae* equally. Similarly, Crafford et al. (2014) reported that gill monogeneans of *Clarias gariepinus* Burchell, 1922 and *Cyprinus carpio* showed no preference for hemibranches. These authors referred to the equality of filamentous surface between the anterior and posterior hemibranches of these hosts to explain their observations. In the case of *E. guirali*, the abundance of monogeneans on the posterior hemibranch would be linked to the larger colonisable surface area it offers to parasites.

The studied component community exploited the longitudinal gradient of *E. guirali* following the sequence $S_1 = S_3 < S_2$ indicating that median sector was most parasitized. Tombi et al. (2016) and Ndongo et al. (2022) reported the preference of certain sectors by gills monogeneans of *Enteromius camptacanthus* Bleeker, 1863 and *B. kingsleyae* respectively. Thus, *D. mendehei* intensely colonized the median sector of all gills arches while *D. nyongensis* exploited indifferently the sectors of arches I and II but parasitized more the median sector of arches III and IV. According to Euzet and Combes (1998) and Kouadio et al. (2022), the preference for attachment site by monogeneans is thought to be conditioned by factors such as competition, the power of the ventilatory water current which passes through each sector, the morphometry of the haptor parts and reproduction. Some species prefer to settle on the dorsal and ventral sectors where the ventilatory water current is weak, while others preferentially attach to the median sectors characterised by strong ventilatory water current (Tombi et al. 2010). For Ruchika (2016), the preference for median sectors is also linked to the comfort they offer to monogeneans.

Concerning the distribution of monogeneans through the vertical partitioning, the distal and basal zones were the most and the least parasitized respectively. On *E. camptacanthus* gill system, *Dactylogyrus amieti* Birgi and Lambert, 1987 and *Dogielius njinei* Birgi and Lambert, 1987 were more concentrated on the middle zone (Tombi et al. 2016). Ndongo et al. (2022) revealed that monogeneans preferentially settle in the

most ventilated areas. In this regard, Paling (1968) reported that distal zone of Teleost gill system receives more water than all the others. *Dactylogyrus mendehei* and *D. nyongensis* have a smaller body and more robust haptor parts (Birgi and Lambert 1987), enabling them to resist to high water flow, which would justify their preference for the distal zone. Moreover, on each sector, individuals of the same species were generally observed on the same filamentous zone. In the case of very low parasitic loads generally recorded in natural conditions, such a grouping makes it possible to meet partner for sexual reproduction (Nack et al. 2018). The very low values of mean intensities obtained during our study indicate the presence of numerous vacant niches, which excludes the idea of the existence of a possible competition between monogenean ectoparasites of *E. guirali* from Cesala River.

Author contribution JT and MTON conceptualized and designed the manuscript; MTON performed the fieldwork, laboratory, data analysis and wrote the first draft; IN assisted MTON in the laboratory and for data analysis; all authors read and approved the manuscript.

Data availability No datasets were generated or analysed during the current study.

Declarations

Ethics approval and consent to participate Approval was obtained from the Ethics Committee of the Faculty of Science of the University of Yaoundé 1. The procedures used in this study adhere to the national regulations.

Consent for publication Not applicable.

Competing interests The authors declare no competing interests.

References

- Adou YE, Blahoua KG, Kamelan TM, N'Douba V (2017) Prevalence and intensity of gill monogenean parasites of *Tilapia guineensis* Bleeker, 1862 in man-made Lake Ayamé 2, Côte d'Ivoire according to season, host size and sex. *Int J Biol Chem Sci* 11(4):1559–1576. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.13>
- Allalguia A, Guerfi S, Kouachi N, Boualleg C, Boucenna I, Barour C et al (2015) L'infestation de *Cyprinus carpio* (Cyprinidés) peuplant le barrage Foum El-Khanga (Souk ahras, Algérie) par les monogènes parasites. *Bull De La Soc Zool De France* 140:217–232
- Birgi E, Lambert A (1987) Les Dactylogyridae (Plathelminthes, Monogenea) des Cyprinidae du genre *Barbus* du Sud Cameroun. *Rev Hydrobiol Trop* 20(1):37–48
- Blahoua KG, Adou EY, N'Douba R, Yao SS, N'Douba V (2018) Occurrence of gill monogenean parasites in redbelly tilapia, *Tilapia zillii* (Teleostei: Cichlidae) from Lobo River, Côte d'Ivoire. *J Anim Plant Sci* 35 (3): 5674–5688. <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Blahoua KG, Yao SS, Etile RN, N'Douba V (2016) Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 in man-made lake Ayamé I Côte d'Ivoire. *Afr J Agric Res* 11(2):117–129. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10399>
- Bouah EF, Gogbé ZM, N'Douba V (2021) Distribution of two monogeneans gill parasites from *Claroetes laticeps* Ruppell, 1829 in Bagoué river, Côte d'Ivoire. *Int J Fish Aquat Stud* 9:117–125
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al revisited. *J Parasitol* 83:575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Crafford D, Luus-Powell W, Avenant-Oldewage A (2014) Monogenean parasites from fishes of the Vaal Dam, Gauteng Province, South Africa II. New Locality Records *Acta Parasitol* 59:485–492. <https://doi.org/10.2478/s11686-014-0271-x>
- Daget J, Stauch A (1968) Poissons d'eaux douces et saumâtres de la région côtière du Congo. *Cahier ORSTOM Ser Hydrobiol* 2(2):21–50
- Dezfuli BS, Giari L, Simoni E, Menegatti R, Shinn AP, Manera M (2007) Gill histopathology of cultured European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.), infected with *Diplectanum aequans* (Wagener, 1857) Diesing, 1958 (Diplectanidae: Monogenea). *Parasitol Res* 100:707–713
- Euzet L, Combes C (1998) The selection of habitat among the monogenea. *Int J Parasitol* 28:1654–1662. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(98\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00062-9)
- Fricke R, Eschmeyer WN, Van der Laan R (2024). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. Electronic version accessed 04/10/2024. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>)
- Kouadio ARE, Bouah EF, Yao SS, N'Douba V (2022) Impact de l'exploitation aurifère artisanale et clandestine sur la distribution des Monogènes parasites branchiaux de *Clarias gariepinus* dans la rivière Bagoué (Côte d'Ivoire). *Rev Mar Sci Agron Vét* 10(4):608–614
- Madhi YE, Belghyti D (2006) Répartition branchiale des monogènes *Gotocotyla acanthura* et *Pyragraphorus hollisiae* parente du Pompano, *Trachinotus ovatus* (Pisces; Carangidae) de la côte de Mehdiya (Maroc). *Agron Afri* 18(2):117–124
- Mbondi JA, Bassock BED, Bahanak DND, Nack J, Etchu K, Bilong Bilong CF (2022) Dynamics of monogenean gill parasites of *Synodontis rebeli* (Siluriformes, Mochokidae) from river Sanaga reveals unusual switching status. *Intl J Sci Res Publ* 12(9):57–61. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.12.09.2022.p12908>
- Nack J, Massende J, Messu MDF (2018) Distribution spatiale de deux monogènes du genre *Protoancylodiscooides* Paperna, 1996 (Dactylogyridea, Ancyrocephalidae) parasites branchiaux de *Chrysichthys auratus* Geoffroy Saint-Hilaire, 1808 (Siluriformes, Claroteidae) du lac Ossa (Littoral-Cameroun). *J Appl Biosci* 12(2):749–768. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.11>
- Ndongo I, Onana NMT, Tombi J (2022) Gill monogeneans of African tetras, *Brycinus kingsleyae* Günther, 1896, from the Nyong River: biotope, distribution and site selection. *Asian Fish Sci* 35:294–303. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.4.002>
- Olivry JC (1986) Fleuves et rivières du Cameroun. Paris, MESRES-ORSTOM 9:1–745
- Onana NMT, Ndongo I, Tombi J (2023) Structure of the gill biotope of *Enteromius guirali* Thominot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) in the Center Region of Cameroon. *J Aquac Fisheries* 7:062
- Paling JE (1968) A method of estimating the relative volumes of water flowing over the different gills of a freshwater fish. *J Exp Biol* 48:533–544
- Revenga C, Brunner J, Henniger N, Kassem K, Payne R (2000) Pilot analysis of freshwater ecosystems: freshwater systems. World Resources Institute. Washington DC, USA, pp 1–83
- Rohde K (1977) A non-comparative mechanism responsible for restricting niches. *Zool Anz* 199:164–172
- Rohde K (1979) A critical evaluation of intrinsic factors responsible for niche restriction in parasites. *Am Nat* 114:648–671
- Rubio-Godoy M (2008) Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout. *Folia parasitol* 55:270–276. <https://doi.org/10.14411/fp.2008.035>

- Ruchika K, Rokkam M, Bade S (2016) Spatial distribution of ectoparasites on the gills of the mullet, *Liza macrolepis*: the effects of pollution. *J Parasit Dis* 41:40–47. <https://doi.org/10.1007/s12639-015-0746-1>
- Sindermann CJ (1986) Effect of parasites on fish populations: practical considerations. *Int J Parasitol* 17(2):371–382. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(87\)90112-3](https://doi.org/10.1016/0020-7519(87)90112-3)
- Tombi J, Nack J, Bilong Bilong CF (2010) Spatial distribution of monogenean and myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): the role of intrinsic factors. *Afri J Agric Res* 5(13):1662–1669
- Tombi J, Bilong Bilong CF, Morand S (2011) Gill ectoparasites of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae) from tropical water course (Cameroon, Africa): conflict or coexistence? *Parasite* 18:71–78
- Tombi J, Bilong Bilong CF (2013) Gill arch occupation models of parasite communities of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae). *Int J Fish Aquacult* 5(8): 215–220
- Tombi J, Akoumba JF, Bilong Bilong CF (2014) The monogenean Community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaounde, Cameroon. *Int J Manag Bus Res* 2014(2): 16–23
- Tombi J, Sandje BAS, Akoumba JF, Bilong Bilong CF (2016) Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum river, Cameroon. *J Appl Biosci* 101:9661–9668

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.