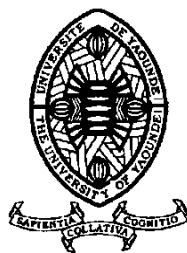


UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

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

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ECOLOGIE
LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

**Faunistique et bio-écologie des
monogènes branchiaux de quatre
Characiformes (Poissons -Téléostéens)
dans les régions du Centre et du
Littoral, Cameroun**

THÈSE

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

Option :

Parasitologie et Ecologie

Par

NDONGO Ivan

Matricule : 10Q0468

Master ès - Sciences

Sous la codirection de

TOMBI Jeannette Epouse BOLL

et


FOMENA Abraham

Maître de Conférences

Professeur

Année 2025



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

ANNÉE ACADEMIQUE 2024/2025

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 16 janvier 2025

ADMINISTRATION

1. **DOYEN** : OWONO OWONO Luc Calvin, *Professeur*
2. **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 BORIS | Maître de Conférences | En poste |
| 16. | BELINGA née NDOYE FOE F. M. C. | Maître de Conférences | <i>Chef DAF / FS</i> |
| 17. | DAKOLE DABOY Charles | Maître de Conférences | En poste |
| 18. | DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise | Maître de Conférences | En poste |
| 19. | DJUIDJE NGOUNOUE Marceline | Maître de Conférences | En poste |
| 20. | DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane | Maître de Conférences | En poste |
| 21. | EFFA ONOMO Pierre | Maître de Conférences | <i>VD/FS/Univ Ebwa</i> |
| 22. | EWANE Cécile Annie | Maître de Conférences | En poste |
| 23. | KENGNE NOUEMSI Anne Pascale | Maître de Conférences | En poste |
| 24. | KOTUE TAPTUE Charles | Maître de Conférences | En poste |
| 25. | LUNGA Paul KEILAH | Maître de Conférences | En poste |
| 26. | MANANGA Marlyse Joséphine | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|--|
| 27. | MBONG ANGIE M. Mary Anne | Maître de Conférences | En poste |
| 28. | MOFOR née TEUGWA Clotilde | Maître de Conférences | <i>Doyen FS / UDs</i> |
| 29. | NANA Louise épouse WAKAM | Maître de Conférences | En poste |
| 30. | NGONDI Judith Laure | Maître de Conférences | En poste |
| 31. | Palmer MASUMBE NETONGO | Maître de Conférences | En poste |
| 32. | PECHANGOU NSANGOU Sylvain | Maître de Conférences | En poste |
| 33. | TCHANA KOUATCHOUA Angèle | Maître de Conférences | En poste |
| 34. | BAKWO BASSOGOG Christian Bernard | Chargé de Cours | En poste |
| 35. | ELLA Fils Armand | Chargé de Cours | En poste |
| 36. | EYENGA Eliane Flore | Chargée de Cours | En poste |
| 37. | FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba | Chargé de Cours | En poste |
| 38. | KOUOH ELOMBO Ferdinand | Chargé de Cours | En poste |
| 39. | MADIESSE KEMGNE Eugenie Aimée | Chargée de Cours | En poste |
| 40. | MANJIA NJIKAM Jacqueline | Chargée de Cours | En poste |
| 41. | MBOUCHE FANMOE Marceline J. | Chargée de Cours | En poste |
| 42. | OWONA AYISSI Vincent Brice | Chargé de Cours | En poste |
| 43. | WILFRED ANGIE ABIA | Chargé de Cours | En poste |
| 44. | WOGUIA Alice Louise | Chargée de Cours | En poste |
| 2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (50) | | | |
| 1. | AJEAGAH Gideon AGHAINDUM | Professeur | <i>DAARS/FS</i> |
| 2. | DJIETO LORDON Champlain | Professeur | En poste |
| 3. | DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré | Professeur | En poste |
| 4. | ESSOMBA née NTSAMA MBALA | Professeure | <i>CD et Vice Doyen/FMSB/UYI</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 épse FOTSING | Maître de Conférences | En poste |
| 17. | JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHE | Maître de Conférences | En Poste |
| 18. | KANDEDA KAVAYE Antoine | Maître de Conférences | En poste |
| 19. | LEKEUFACK FOLEFACK Guy B. | Maître de Conférences | En poste |
| 20. | MAHOB Raymond Joseph | Maître de Conférences | En poste |
| 21. | MBENOUN MASSE Paul Serge | Maître de Conférences | En poste |
| 22. | MOUNGANG Luciane Marlyse | Maître de Conférences | En poste |
| 23. | NOAH EWOTI Olive Vivien | Maître de Conférences | En poste |
| 24. | MONY Ruth épse NTONE | Maître de Conférences | En Poste |
| 25. | MVEYO NDANKEU Yves Patrick | Maître de Conférences | En poste |
| 26. | NGUEGUIM TSOFAK Florence | Maître de Conférences | En poste |
| 27. | NGUEMBOCK | Maître de Conférences | En poste |
| 28. | TADU Zephyrin | Maître de Conférences | En poste |
| 29. | TAMSA ARFAO Antoine | Maître de Conférences | En poste |
| 30. | TOMBI Jeannette | Maître de Conférences | En poste |
| 31. | YEDE | Maître de Conférences | En poste |
| 32. | AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA | Chargée de Cours | En poste |
| 33. | BASSOCK BAYIHA Etienne Didier | Chargé de Cours | En poste |
| 34. | ETEME ENAMA Serge | Chargé de Cours | En poste |
| 35. | FEUGANG YOUMSSI François | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|-----|---|------------------|-------------------------------|
| 36. | 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 NSANGO 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. | NJOMOU C. épse DJANGANG | Professeur | En poste |
| 6. | NJOYA Dayirou | Professeur | En poste |
| 7. | ACAYANKA Elie | Maître de Conférences | En poste |
| 8. | EMADAK Alphonse | Maître de Conférences | En poste |
| 9. | KAMGANG YOUBI Georges | Maître de Conférences | En poste |
| 10. | KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C. | Maître de Conférences | En poste |
| 11. | KENNE DEDZO GUSTAVE | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|---|---------------------------------|-----------------------|--|
| 12. | MBEY Jean Aimé | Maître de Conférences | En poste |
| 13. | NDI Julius NSAMI | Maître de Conférences | <i>Chef de Département</i> |
| 14. | NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE | Maître de Conférences | <i>Sénatrice/SENAT</i> |
| 15. | NYAMEN Linda Dyorisse | Maître de Conférences | En poste |
| 16. | PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU | Maître de Conférences | En poste |
| 17. | TCHAKOUTE KOUAMO Hervé | Maître de Conférences | En poste |
| 18. | BELIBI BELIBI Placide Désiré | Maître de Conférences | <i>Chef Service/ ENS Bertoua</i> |
| 19. | CHEUMANI YONA Arnaud M. | Maître de Conférences | En poste |
| 20. | KOUOTOU 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/UYI</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 | SIELINOUE TEDJON Valérie | Chargé de Cours | En poste |
| 29 | TCHAMGOUE Joseph | Chargé de Cours | En poste |
| 30 | TSAFFACK Maurice | Chargé de Cours | En poste |
| 31 | TSAMO TONTSA Armelle | Chargée de Cours | En poste |
| 32 | TSEMEUGNE Joseph | Chargé de Cours | En poste |
| 33 | NDOGO ETEME Olivier | Assistant | En poste |
| 34 | NGUEMDJO CHIMEZE Valery Wilfried | Assistant | En poste |
| 6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1) | | | |
| 1. | BODO Bertrand | Professeur | <i>Chef de Département</i> |

7- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (22)

| | | | |
|----|-----------------------------|------------|---|
| 1. | ATSA ETOUNDI Roger | Professeur | <i>Chef de Division des SI/MINESUP</i> |
| 2. | FOUDA NDJODO Marcel Laurent | Professeur | <i>Inspecteur Général Académique/ MINESUP</i> |
| 3. | 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. | AMINOOU 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. | MONTHÉ DJIADEU Valéry 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/UYI</i> |
| 7. | TAKAM SOH Patrice | Maître de Conférences | En poste |
| 8. | TCHAPNDA NJABO Sophonie B. | Maître de Conférences | <i>Directeur/AIMS Rwanda</i> |
| 9. | TCHOUNDJA Edgar Landry | Maître de Conférences | En poste |
| 10. | AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard | Chargé de Cours | <i>Chef Cellule MINEPAT</i> |
| 11. | BOGSO ANTOINE Marie | Chargé de Cours | En poste |
| 12. | BITYE MVONDO Esther Claudine | Chargé de Cours | En poste |
| 13. | CHENDJOU Gilbert | Chargé de Cours | En poste |
| 14. | DJIADEU NGAHA Michel | Chargé de Cours | En poste |
| 15. | DOUANLA YONTA Herman | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|-----|-------------------------------|------------------|--|
| 16. | KIKI Maxime Armand | Chargé de Cours | En poste |
| 17. | KOKOMO AYISSI Eric Brice | Chargé de Cours | En poste (transfert de l'université de Douala) |
| 18. | LOUMNGAM KAMGA Victor | Chargé de Cours | En poste |
| 19. | MBAKOP Guy Merlin | Chargé de Cours | En poste |
| 20. | MBATAKOU Salomon Joseph | Chargé de Cours | En poste |
| 21. | MENGUE MENGUE David Joël | Chargé de Cours | <i>Chef Dpt /ENS Université d'Ebolowa</i> |
| 22. | MBIAKOP Hilaire George | Chargé de Cours | En poste |
| 23. | NGUEFACK Bernard | Chargé de Cours | En poste |
| 24. | NIMPA PEFOUKEU Romain | Chargée de Cours | En poste |
| 25. | OGADOA AMASSAYOGA | Chargée de Cours | En poste |
| 26. | POLA DOUNDOU Emmanuel | Chargé de Cours | <i>En stage</i> |
| 27. | TENKEU JEUFACK Yannick Léa | Chargé de Cours | En poste |
| 28. | TCHEUTIA Daniel Duviol | Chargé de Cours | En poste |
| 29. | TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric. | Chargé de Cours | En poste |
| 30. | EBODE ATANGANA Pie Désiré | Assistant | En poste |
| 31. | FOKAM Jean Marcel | Assistant | En poste |
| 32. | GUIDZAVAI KOUCHERE Albert | Assistant | En poste |
| 33. | MAMA ASSANDJE Prosper | Assistant | En poste |
| 34. | MANN MANYOMBE Martin Luther | Assistant | En poste |
| 35. | MEFENZA NOUNTU Thiery | Assistant | En poste |
| 36. | NYOUMBI DLEUNA Christelle | Assistant | En poste |

9 - DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

| | | | |
|-----|--|-----------------------|--|
| 1. | ESSIA NGANG Jean Justin | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 2. | KOUTCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte | Professeure | En poste |
| 3. | MUNE MUNE Martin Alain | Professeur | En poste |
| 4. | NYEGUE Maximilienne Ascension | Professeure | <i>Vice-Doyen / DSSE</i> |
| 5. | RIWOM Sara Honorine | Professeure | En poste |
| 6. | SADO KAMDEM Sylvain Leroy | Professeur | En poste |
| 7. | ASSAM ASSAM Jean Paul | Maître de Conférences | <i>Doyen/FASA/UDs</i> |
| 8. | BOUGNOM Blaise Pascal | Maître de Conférences | En poste |
| 9. | NJIKI BIKOÏ Jacky | Maître de Conférences | En poste |
| 10. | TCHIKOUA Roger | Maître de Conférences | <i>Chef de Service de la Scolarité</i> |
| 11. | EHETH Jean Samuel | Chargé de Cours | En poste |
| 12. | ESSONO Damien Marie | Chargé de Cours | En poste |
| 13. | EZO'O MENGO Fabrice Télésfor | Chargé de Cours | En poste |
| 14. | LAMYE Glory MOH | Chargé de Cours | En poste |
| 15. | MEYIN A EBONG Solange | Chargée de Cours | En poste |
| 16. | MONI NDEDI Esther Del Florence | Chargée de Cours | <i>Cheffe de service/DAAC/UIYI</i> |
| 17. | NKOUDOU ZE Nardis | Chargé de Cours | En poste |

| | | | |
|-----|-------------------------------------|------------------|----------|
| 18. | NKOUÉ TONG Abraham | Chargé de Cours | En poste |
| 19. | NGOUE NAM Romial Joël | Chargé de Cours | En poste |
| 20. | NJAPNDOUNKE Bilkissou | Chargé de Cours | En poste |
| 21. | TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie | Chargée de Cours | En poste |
| 22. | SAKE NGANE Carole Stéphanie | Chargée de Cours | En poste |
| 23. | TOBOLBAÏ Richard | Chargé de Cours | En poste |
| 24. | ZO'O EZO'O Fabrice 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 ép. ALOYEM | Professeur | En poste |
| 4. | EKOBENA FOUDA Henri Paul | Professeur | <i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i> |
| 5. | ESSIMBI ZOBO Bernard | Professeur | En poste |
| 6. | EYEBE FOUDA Jean sire | Professeur | En poste |
| 7. | FEWO Serge Ibraïd | Professeur | En poste |
| 8. | HONA Jacques | Professeur | En poste |
| 9. | NANA ENGO Serge Guy | Professeur | En poste |
| 10. | NANA NBENDJO Blaise | Professeur | <i>Chef de Département/Uni. Bertoua</i> |
| 11. | NDJAKA Jean Marie Bienvenu | Professeur | <i>Chef de Département</i> |
| 12. | NJANDJOCK NOUCK Philippe | Professeur | En poste |
| 13. | SAIDOU | Professeur | <i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i> |
| 14. | SIEWE SIEWE Martin | Professeur | En poste |
| 15. | SIMO Elie | Professeur | En poste |
| 16. | TABOD Charles TABOD | Professeur | <i>Doyen FS/Univ/Bda</i> |
| 17. | TCHAWOUA Clément | Professeur | En poste |
| 18. | WOAFO Paul | Professeur | En poste |
| 19. | ZEKENG Serge Sylvain | Professeur | En poste |
| 20. | VONDOU Derbetini Appolinaire | Professeur | En poste |
| 21. | ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA | Maître de Conférences | <i>Cheffe de Div./ENSPY</i> |
| 22. | FOUEJIO David | Maître de Conférences | <i>Chef Cell/MINADER</i> |
| 23. | MBINACK Clément | Maître de Conférences | En poste |
| 24. | MBONO SAMBA Yves Christian U. | Maître de Conférences | En poste |
| 25. | MEL'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/UIYI |
| 39. | SOUFFO TAGUEU Merimé | Chargé de Cours | En poste |
| 40. | TCHAPET NJAFA Jean-Pierre | Chargé de Cours | Chef Ser. Adj./FLASH/UIYI |
| 41. | TEYOU NGOUPPO Ariel | Chargé de Cours | En poste |
| 42. | TOGUEU MOTCHEYO Alain Bertrand | Chargé de Cours | En poste |
| 43. | WANDJI NYAMSI William | Chargé de Cours | En poste |
| 44. | ETEME Armand Sylvain | Assistant | En poste |
| 45. | NGO MOUELLAS épouse LOTHIN | Assistante | En poste |
| 46. | TCHODIMOU Carole | Assistant | En poste |
| 47. | SOUFFO TAGUEU Merimé | Assistant | En poste |

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

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

| | | | |
|-----|---|-----------------------|--------------------------------|
| 11. | Elisé SABABA | Maitre de Conférences | En poste |
| 12. | EYONG John TAKEM | Maître de Conférences | En poste |
| 13. | FUH Calistus Gentry | Maître de Conférences | <i>Sec. D'Etat/MINMIDT(ai)</i> |
| 14. | MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM | Maitre de Conférences | En poste |
| 15. | MBIDA YEM | Maître de Conférences | En poste |

| | | | |
|-----|--|-----------------------|----------------------------|
| 16. | MBESSE Cécile Olive | Maitre de Conférences | En poste |
| 17. | METANG Victor | Maître de Conférences | En poste |
| 18. | NGO BIDJECK Louise Marie | Maître de Conférences | En poste |
| 19. | NJILAH Isaac KONFOR | Maître de Conférences | En poste |
| 20. | NTSAMA ATANGANA Jacqueline | Maître de Conférences | En poste |
| 21. | TCHAKOUNTE Jacqueline épouse 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 épouse TIH | 546164-I | 27/12/1955 | MBANGA | F | 28/07/2000 | RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION | MC |
| 8. | NKENGFAK EPHRAIM AUGUSTIN | 546948-F | 17/06/1955 | YAOUNDE | M | 01/09/1983 | RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION | PR |
| 9. | NDIKONTAR MAURICE KOR | 169784G | 09/05/1958 | Mbaa | M | 10/01/1991 | RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE | PR |
| 10. | NJIOKOU FLOBERT | 547321H | 11/06/1958 | Nkongsamba | M | 03/05/1993 | RETRAITE - CONTRAT DE COLLABORATION-EN COURS DE SIGNATURE | PR |
| 11. | BENG NEE NINTCHOM PENLAP VERONIQUE | 546643B | 07/01/1957 | 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 |

DEDICACE

A

Bouché Kengmoé Michelle Noël, mon amour pour la vie.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier profondément tous ceux qui de près ou de loin ont de quelque manière que ce soit contribué à la réalisation de ce travail. Je n'ose pas croire que les mots seuls pourront traduire ma gratitude mais que le Seigneur les bénisse abondamment. Ainsi j'exprime ma reconnaissance à/au :

- **Professeur TOMBI Jeannette**, cette thèse pourrait lui être dédiée mais cela ne traduirait toujours pas la réalité de ce que je souhaite exprimer. Elle a été depuis mon entrée en cycle de recherche bien plus qu'un encadreur ; en elle j'ai aussi trouvé un modèle de vie, une conseillère et plus encore j'ai trouvé une mère. Sa rigueur, son engagement, sa disponibilité et son talent dans l'art de transmettre la connaissance sont extraordinaires. Je me rappelle de cette fois où elle a décidé de nous accompagner sur le terrain échantillonner, c'était un moment épique, symbolique et inoubliable ;

- **Professeur FOMENA Abraham**, son cours intitulé BOA 111 a été le premier auquel j'ai assisté dans mon parcours universitaire. Depuis ce jour la Biologie m'a paru plus attractive. Il m'a fait le grand honneur de présider ma soutenance de Master II et cela a été un honneur encore plus grand de le voir accepter de codiriger cette thèse. Il n'a jamais hésité ni à me remonter le moral encore moins à se montrer disponible. Son esprit critique a contribué à améliorer ce travail. Il est un modèle dans la vie en général et en ichtyoparasitologie encore plus ;

- **Professeur NJIOKOU Flobert**, le voir disposer à suivre l'évolution de cette thèse depuis son début a une valeur inestimable. Sa bienveillance et son habileté scientifique ont contribué à rehausser les attentes envers ce travail. En plus d'avoir été un enseignant et un modèle, sa disponibilité à présider ce jury de thèse est un grand honneur ;

- **Professeur LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît**, qui n'a jamais hésité à se rendre disponible et à me faire profiter de son expérience depuis les travaux de Master II. C'est un homme admirable et un enseignant formidable ;

- **Professeur KEKEUNOU Sévilor**, le savoir dans ce jury me remplit de joie et de reconnaissance. En effet depuis le Master I, il m'a via ses enseignements procurer l'amour de l'écologie. Profiter de sa grande expertise dans cette thèse est un cadeau immense ;

- **Professeur BILONG BILONG Charles Felix** (*In memoriam*), Il a été grandiose à chaque fois qu'il devait nous enseigner. Il a écrit les plus belles lettres de noblesse de l'étude des monogènes donnant envie à des jeunes comme moi de suivre ses pas. Que son âme repose en paix et que sa maîtrise de l'art de la parasitologie perdure à travers ces générations qu'il a formées ;

- tous mes enseignants de l'Université de Yaoundé I et particulièrement ceux du Département de Biologie et Physiologie Animales en particulier le **Pr ZEBAZÉ TOGOUET Serge Hubert, Pr ATSAMO Albert Donatien, Pr NGOUNOUE KAMKUMO Raceline épouse FOTSING, Pr NGUEGUIM TSOFAK Florence**, feu **Dr BELLET** ;

- ma feu mère **ASSOMO TIBETA Josephine** qui nous a quitté alors que j'avais à peine 3 ans. J'espère que son âme repose en paix et qu'elle est fière de l'homme que je suis devenu ;

- Ma tante **EBA Hélène** qui s'est occupée de ma sœur et moi depuis le décès de notre mère. Son affection et ses multiples aides ont permis la réalisation de cette thèse ;

- mon oncle **ONGOTO Mathurin** pour tous ses encouragements multiformes ;

- mes oncles et tantes **ALO'O Fidel, MANESOU, ATÉBA NGOUSSOU, NTSAMA** qui ont toujours crus en mes capacités ;

- ma grande sœur **MEDZA ASSOMO Calixte Xaverie** qui s'est chargée de mon éducation depuis le décès de notre mère. Elle a ainsi dû endosser le rôle de parent alors qu'elle n'était qu'une adolescente ;

- mon aîné de laboratoire **AKOUMBA John Francis**, je ne saurai jamais comment le remercier pour tous ces sacrifices qu'il a dû faire pour m'enseigner les bases de l'étude de la systématique des monogènes. Sa disponibilité, sa bienveillance et ses conseils font de lui un membre officieux de mon équipe d'encadrement ;

- **Professeur JEAN-LOU Justine**, en tant que chef de la section Helminthologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, il a permis la conservation de nos échantillons dans l'une des plus prestigieuses structures de collection au Monde. Sa réactivité et son enthousiasme lors de nos échanges m'ont grandement encouragé ;

- mes camarades de laboratoire **SANDJÉ BWAMÉ Agnès Solange ET ONANA NGONO Michel Thierry**, pour le soutien indéfectible, la disponibilité et les encouragements. Leurs conseils dans la rédaction et lors des présentations ont contribué à améliorer certains aspects de ce travail ;

- mes cadets de laboratoire (*Team Tombi*) **MOUAFON KPOUMIE Hervé Giresse, KENMOÉ NGUEUBOU Anne Mimosette, ADAMOU NDAM Abdel Azizi et DIOKGNE Maïva**. Pour tous les efforts consentis et la disponibilité notamment lors des présentations ;

- tous mes camarades / promotionnaires en particulier **Dr FEUDJIO DOGMO Bienvenu, Dr DJUIDEU Christian, Dr FOSTO TOGUEM Yvan, BANLOCK Agnès Thierry, ASSONG Danielle épouse FOTSO, MEKUATÉ VANESSA épouse TOGUEM, MBALLA, FOKOU Roberto** ;

- **Monsieur BOLL**, il n'a pas hésité à se rendre disponible et à prendre sous sa charge les dépenses effectuées lors des échantillonnages dans la Mefou ;
- **feu papa APPOLINAIRE** mon oncle qui, m'a aidé à pêcher à Ngombi ainsi que **messieurs** les pêcheurs **BITCHOKA** à Akonolinga et **MANGA** à Binguéla qui ont parfois abandonnés leurs différentes activités tellement ils ont accordé de l'importance à ce travail. Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans leur sens de l'engagement et de la responsabilité ;
- mes sœurs et frères **NGA EMANA Anastasie Fernande**, **NGA ESSAMA Nadège** (*in memoriam*), **ASSOMO Inès**, **MENGUE Peninne**, **MENDOMO Christelle**, **MEVOUTA Brenda**, **TIBETA Aimé**, **EDJIMBI Joel**, **OHANDA Blaise**, **NGOUSSOU Dilane**, **NTONGA Eric**, **EKOTTO NTONGA**, **NGOMO Yves** pour leur affection ;
- monsieur **MANDJIMBAYE Alexis**, qui a toujours été prompt à aider par ses conseils et même financièrement. Ses encouragements tout au long de ce travail m'ont toujours remonté le moral ;
- monsieur **BEYEME GOUONG Guy Laurent Bertin**, pour ses conseils et ses différentes aides qui ont toujours permis de mieux nous organiser afin de mener à bien ce travail ;
- mademoiselle **NGAKU FOUANJIO TCHINDA Annaïs**, pour son amitié, ses conseils, sa grande disponibilité et pour m'avoir formé à l'utilisation de certains logiciels d'analyse de données ;
- mes amis d'enfance **ESSAH BENDEGUE Brice**, **NGOA Rostand**, **KADJE Francky**, **OUSMANOU Guilbakäi**, **EDIGA Henry**, **BAYAME Aladin**, **DJIMASDÉ Eric**, **BOUGNA**, **BENODJEL**, pour le soutien inconditionnel.

SOMMAIRE

| | |
|--|--------|
| DEDICACE | xvi |
| REMERCIEMENTS | xvii |
| LISTE DES FIGURES | xxii |
| LISTE DES TABLEAUX | xxvi |
| LISTE DES ANNEXES | xxviii |
| TERMINOLOGIE | xxix |
| RESUME | xxx |
| ABSTRACT | xxxii |
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE | 4 |
| I-1- Synthèse sur les monogènes | 5 |
| I-1-1- Généralités | 5 |
| I-1-2- Caractéristiques morphologiques des stades de développement | 5 |
| I-1-3- Classification sommaire des monogènes | 7 |
| I-1-4- Cycle de vie des monogènes | 9 |
| I-1-5- Pathogénicité | 9 |
| I-1-6- Traitement de la parasitose due aux monogènes | 10 |
| I-1-7- Aperçu de la systématique des monogènes du Cameroun | 11 |
| I-1-9- Faune des monogènes récoltés sur les Characidés au Cameroun | 13 |
| I-1-10- Quelques données écologiques sur les monogènes ectoparasites au Cameroun | 14 |
| I-2- Synthèse sur l'ichtyofaune hôte | 15 |
| I-2-1- Généralités | 15 |
| I-2-2- Famille des Alestidae (Cockerell, 1910) | 15 |
| I-3-3- Famille Hepsetidae : genre <i>Hepsetus</i> Swainson, 1838 | 17 |
| CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE, MATERIEL ET METHODES | 18 |
| II-1- Cadre géographique | 19 |
| II-1-1- Plateau sud-camerounais | 19 |

| | |
|---|------------|
| II-1-2- Plaine côtière..... | 23 |
| II-2- Matériel et méthodes | 24 |
| II-2-1-Espèces hôtes..... | 24 |
| II-2-2- Pêche et conservation des spécimens hôtes | 28 |
| II-2-3- Etude morphométrique des monogènes | 28 |
| II-2-4- Etude écologique des monogènes | 30 |
| II-2-5- Analyses statistiques..... | 32 |
| II-2-6- Relation taille-poids et coefficient de condition K..... | 33 |
| II-2-7- Sex-ratio et regroupement en classes des hôtes | 34 |
| II-2-8- Modèle de dispersion des monogènes | 34 |
| CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION | 35 |
| III- 1-Résultats..... | 36 |
| III-1-1- Description/redescription des monogènes récoltés | 36 |
| III-1-2- Études écologiques..... | 72 |
| III-2- Discussion..... | 109 |
| III-2-1- Étude faunistique..... | 109 |
| III-2-2- Ecologie..... | 112 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 120 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 123 |
| ANNEXES..... | 139 |
| PUBLICATIONS ISSUES DE CETTE THESE..... | 151 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1. Organisation générale d'un monogène Monopisthocotylea adulte | 6 |
| Figure 2. Morphologie générale d'un œuf de monogène | 7 |
| Figure 3. Morphologie générale d'une larve de Monopisthocotylea | 8 |
| Figure 4. Cycle de développement typique des monogènes | 9 |
| Figure 5. Différents sites de capture des poissons au cours de l'étude | 20 |
| Figure 6. Photographies des points de récolte sur le Nyong | 21 |
| Figure 7. Vue partielle du site d'échantillonnage sur la Mefou | 22 |
| Figure 8. Vue partielle de la rivière Akono à Binguéla..... | 22 |
| Figure 9. Vue partielle de la zone d'échantillonnage sur la Dibamba | 24 |
| Figure 10. Photographie de <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 25 |
| Figure 11. Photographie de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 26 |
| Figure 12. Photographie de <i>Phenacogrammus major</i> | 27 |
| Figure 13. Photographie de <i>Hepsetus odoe</i> | 27 |
| Figure 14. Méthode de mensuration des pièces sclérifiées des espèces du genre <i>Annulotrema</i> | 29 |
| Figure 15. Méthode de mensuration des pièces sclérifiées des espèces du genre <i>Characidotrema</i> | 30 |
| Figure 16. Divisions sectorielle et zonale de la branchie d'un Alestidae..... | 31 |
| Figure 17. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema ngombiensis</i> n. sp..... | 38 |
| Figure 18. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema ngombiensis</i> n. sp..... | 39 |
| Figure 19. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema nkengfacki</i> n. sp..... | 42 |
| Figure 20. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema nkengfacki</i> n. sp..... | 43 |
| Figure 21. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema combesi</i> | 45 |
| Figure 22. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema combesi</i> | 46 |
| Figure 23. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema maillardi</i> | 48 |
| Figure 24. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema maillardi</i> | 49 |
| Figure 25. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema bouixi</i> | 51 |
| Figure 26. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema bouixi</i> | 52 |
| Figure 27. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema nyongensis</i> | 54 |
| Figure 28. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema nyongensis</i> | 55 |
| Figure 29. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema amieti</i> | 57 |

| | |
|---|----|
| Figure 30. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema amieti</i> | 58 |
| Figure 31. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema gabrioni</i> | 59 |
| Figure 32. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema gabrioni</i> | 60 |
| Figure 33. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema hepseti</i> | 63 |
| Figure 34. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema hepseti</i> | 64 |
| Figure 35. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema regia</i> | 66 |
| Figure 36. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema regia</i> Erreur ! Signet non défini. | |
| Figure 37. Photographies des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema spiropenis</i> | 68 |
| Figure 38. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema spiropenis</i> | 68 |
| Figure 39. Analyse en composantes principales des mensurations prise sur les pièces sclérifiées des monogènes du genre <i>Annulotrema</i> | 70 |
| Figure 40. Analyse en composantes principales avec projection des individus sur les différents axes factoriels..... | 72 |
| Figure 41. Evolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille du poisson..... | 73 |
| Figure 42. Evolution du nombre de filaments en fonction de l'arc branchial..... | 73 |
| Figure 43. Evolution du nombre total de filaments branchiaux par hémibranchie d'un arc en fonction de la taille du poisson..... | 75 |
| Figure 44. Relation entre la taille et le poids de tous les spécimens de <i>Brycinus</i> <i>macrolepidotus</i> échantillonnés | 76 |
| Figure 45. Relation taille- poids pour les poissons de taille inférieure à 15 cm | 77 |
| Figure 46. Relation taille-poids pour les poissons de taille supérieure ou égale à 15 cm | 77 |
| Figure 47. Relation taille-poids en fonction du sexe de <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 78 |
| Figure 48. Variations mensuelles du facteur de condition | 79 |
| Figure 49. Variation du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 80 |
| Figure 50. Evolution du nombre de filaments branchiaux de chaque arc en fonction de la taille de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 81 |
| Figure 51. Evolution du nombre total de filaments branchiaux d'une hémibranchie de chaque arc en fonction de la taille du poisson..... | 82 |
| Figure 52. Evolution du nombre de monogènes en fonction de la taille du poisson..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| Figure 53. Variation du taux d'infestation spécifique en fonction de l'hémibranchie de chaque arc chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 87 |
| Figure 54. Charge parasitaire moyenne spécifique par hémibranchie de chaque arc | 87 |
| Figure 55. Variation du taux d'infestation interzonale pour chaque arc branchial au sein de la xénocommunauté chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 89 |
| Figure 56. Variation du taux d'infestation zonal de <i>Annulotrema ngombiensis</i> n. sp. en fonction de l'arc branchial..... | 90 |
| Figure 57. Variation du taux d'infestation zonal de <i>Annulotrema nkengfacki</i> n. sp. en fonction de l' arc branchial..... | 90 |
| Figure 58. Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite en fonction des secteurs chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 91 |
| Figure 59. Charges parasitaires spécifiques en fonction des secteurs chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 92 |
| Figure 60. Taux d'infestation par secteur sur chaque arc branchial chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 92 |
| Figure 61. Variation de l'intensité moyenne par secteur de chaque arc chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 93 |
| Figure 62. Variation du taux d'infestation sectoriel de <i>Annulotrema ngombiensis</i> n. sp. en fonction de l'arc branchial..... | 94 |
| Figure 63. Variation du taux d'infestation sectoriel de <i>Annulotrema nkengfacki</i> n. sp. | 94 |
| Figure 64. Evolution du coefficient de condition en fonction du parasitisme | 95 |
| Figure 65. Analyse en composantes principales des facteurs liés au parasitisme..... | 96 |
| Figure 66. Evolution du nombre de parasites avec la taille de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 98 |
| Figure 67. Variation de la charge parasitaire de chaque arc en fonction de la longueur du poisson..... | 99 |
| Figure 68. Variation de la charge parasitaire moyenne de chaque espèce parasite et de la xénocommunauté en fonction de l'hémibranchie | 100 |
| Figure 69. Occupation des secteurs de chaque arc par les différentes espèces parasites | 101 |
| Figure 70. Variation de la charge parasitaire moyenne des différentes espèces par secteurs de chaque arc branchial | 102 |
| Figure 71. Taux d'infestation de chaque espèce en fonction de la zone branchiale | 103 |

Figure 72. Charge parasitaire moyenne de chaque espèce en fonction de la zone
branchiale 103

Figure 73. Variation mensuelle du taux d’infestation de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. 104

Figure 74. Variation saisonnière du taux d’infestation de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. 105

Figure 75. Variation mensuelle du taux d’infestation de *Annulotrema nkengfacki* n. sp. 105

Figure 76. Variation saisonnière du taux d’infestation chez *Annulotrema nkengfacki* n.
sp. 106

Figure 77. Variation mensuelle de la charge parasitaire moyenne de *Annulotrema
ngombiensis* n. sp. 106

Figure 78. Variation saisonnière de la charge parasitaire moyenne de *Annulotrema
ngombiensis* n. sp. 107

Figure 79. Variation de la charge parasitaire moyenne mensuelle de *Annulotrema
nkengfacki* n. sp. 108

Figure 80. Variation saisonnière de la charge parasitaire moyenne chez *Annulotrema
nkengfacki* n. sp. 108

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau I. Liste des espèces des monogènes parasites des Characidés récoltés au Cameroun | 14 |
| Tableau II : Variables considérées dans l'analyse en composantes principales (ACP) | 33 |
| Tableau III. Mensurations des populations de <i>Annulotrema</i> spp. parasites de <i>Brycinus kingsleyae</i> issues de la description originelle (Birgi , 1988) et de la présente étude..... | 55 |
| Tableau IV. Mensurations (en μm) des populations de <i>Annulotrema</i> spp. parasites de <i>Phenacogrammus major</i> issues de la description originelle (Birgi , 1988) et de la présente étude | 61 |
| Tableau V. Mensurations (μm) des pièces sclérifiées de différentes populations de <i>Annulotrema hepseti</i> | 65 |
| Tableau VI. Mensurations (en μm) issues de différentes populations de <i>Characidotrema regia</i> et <i>Characidotrema spiropenis</i> | 69 |
| Tableau VII : Espèces et groupes morphologiques considérés pour l'Analyse en Composantes Principales..... | 71 |
| Tableau VIII : Nombre moyen de filaments par hémibranchie..... | 74 |
| Tableau IX : Equations de variation du nombre de filaments des hémibranchies de chaque arc en fonction de la longueur standard du poisson | 75 |
| Tableau X : Facteur de condition K moyen de <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 79 |
| Tableau XI : Facteur de condition K de <i>Brycinus macrolepidotus</i> en fonction des saisons..... | 80 |
| Tableau XII : Equations traduisant la variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'hémibranchie..... | 82 |
| Tableau XIII : Indices épidémiologiques des monogènes de <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 83 |
| Tableau XIV : Taux d'infestation et charges parasitaires moyennes des monogènes en fonction du sexe de <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 83 |
| Tableau XV : Variation du taux d'infestation (en %) de chaque espèce parasite en fonction de l'holobranchie chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 85 |
| Tableau XVI : Variation de l'intensité moyenne de chaque espèce parasite en fonction de l'holobranchie chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 85 |
| Tableau XVII : Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté entre les hémibranchies chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tableau XVIII : Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté par hémibranchie de chaque holobranchie chez <i>Brycinus</i> <i>macrolepidotus</i> | 86 |
| Tableau XIX : Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite en fonction de la zone filamenteuse chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 88 |
| Tableau XX : Variation de l'intensité moyenne interzonale pour chaque holobranchie au sein de la xénocommunauté chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 89 |
| Tableau XXI : Comparaison deux à deux des charges parasitaires moyennes intersectorielles toutes espèces confondues | 91 |
| Tableau XXII : Comparaison des intensités moyennes sectorielles de la xénocommunauté par arc branchial..... | 93 |
| Tableau XXIII : Modèles d'exploitation intersectorielle par espèce parasite et par arc branchial | 94 |
| Tableau XXIV : Taux d'infestation et intensité moyenne de chacune des espèces parasites de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 96 |
| Tableau XXV : Taux d'infestation et intensité moyenne de chaque espèce parasite en fonction du sexe de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 97 |
| Tableau XXVI : Taux d'infestation et charges parasitaires moyennes en fonction du côté de <i>Brycinus kingsleyae</i> | 98 |
| Tableau XXVII : Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite par holobranchie chez <i>Brycinus kingsleyae</i> | 99 |
| Tableau XXVIII : Variation de l'intensité moyenne de chaque espèce parasite par holobranchie chez <i>Brycinus kingsleyae</i> | 100 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|---|-----|
| Annexe 1. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema combesi</i> tirés de Birgi, 1988 | 140 |
| Annexe 2. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema maillardi</i> tirés de Birgi, 1988..... | 141 |
| Annexe 3. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema bouixi</i> tirés de Birgi, 1988 | 142 |
| Annexe 4. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema nyongensis</i> tirés de Birgi, 1988..... | 143 |
| Annexe 5. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema amieti</i> tirés de Birgi, 1988 | 144 |
| Annexe 6. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema gabrioni</i> tirés de Birgi, 1988..... | 145 |
| Annexe 7. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Annulotrema hepseti</i> selon Paperna et Thursthon, 1969 | 146 |
| Annexe 8. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema regia</i> tirés de Birgi, 1988 | 147 |
| Annexe 9. Dessins des pièces sclérifiées de <i>Characidotrema spiropenis</i> tirés de Birgi, 1988..... | 148 |
| Annexe 10. Comparaison deux à deux du nombre de filaments branchiaux par arc chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 149 |
| Annexe 11. Comparaison inter-hémibranchies du nombre de filaments branchiaux chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 149 |
| Annexe 12. Comparaison deux à deux des charges parasitaires des huit hémibranchies chez <i>Brycinus macrolepidotus</i> | 149 |
| Annexe 13. Variation de l'intensité moyenne de <i>Annulotrema ngombiensis</i> n. sp. par zone filamenteuse de chaque holobranchie | 150 |
| Annexe 14. Variation de l'intensité moyenne de <i>Annulotrema nkengfacki</i> n. sp. par zone filamenteuse de chaque holobranchie | 150 |

TERMINOLOGIE

Dans cette partie, nous nous proposons de définir certains termes écologiques utilisés dans notre document.

- Espèce : c'est l'ensemble d'individus qui partagent les mêmes caractères morphologiques, qui sont interféconds et génétiquement isolés des autres groupes d'individus (**Clamens et Allano, 2012**).
- Infrapopulation : c'est l'ensemble des individus parasites d'une espèce donnée infestant un hôte ou un organe donné à un instant précis (**Combes, 1995**).
- Population : c'est l'ensemble des individus d'une espèce précise occupant un espace donné et qui présentent des probabilités quasiment identiques de se reproduire entre eux (**Combes, 1995**).
- Infracommunauté : c'est l'ensemble des individus parasites toutes espèces comprises rencontrés chez un individu hôte d'une espèce donnée à un instant précis (**Combes, 1995**).
- Xénocommunauté : c'est l'ensemble des individus parasites d'espèces différentes infestant une population d'hôtes de la même espèce dans un lieu donné à un moment précis (**Combes, 1995**).
- Abondance (A) : c'est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre total d'hôtes (parasités et non parasités) de l'échantillon examiné (**Bush et al. 1997**).
- Prévalence (P) : c'est le rapport du nombre d'individus d'une espèce hôte infestés par une espèce parasite donnée sur le nombre total d'individus hôtes examinés (**Bush et al., 1997**). Les termes "espèce dominante" (prévalence > 50%), "espèce satellite" ($10 \leq \text{prévalence} \leq 50\%$) et "espèce rare" (prévalence < 10%) ont été définis selon **Valtonen et al. (1997)**.
- Intensité moyenne (I_m) : c'est le rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite récoltés dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes d'une espèce infestés dans cet échantillon (**Bush et al. 1997**). Les intensités moyennes (I_m) ainsi obtenues ont été classées selon **Bilong Bilong et Njiné (1998)** en intensité forte si $I_m > 100$; moyenne si $50 < I_m \leq 100$; faible si $10 < I_m \leq 50$ et très faible si $I_m \leq 10$.

RESUME

La pêche et la pisciculture sont deux activités qui permettent de fournir aux populations les ressources halieutiques indispensables en matière de sécurité alimentaire. Or, il se trouve que les milieux aquatiques subissent de plus en plus des menaces qui conduisent parfois à la disparition des espèces ichthyques. Le développement de l'aquaculture est le meilleur moyen pour permettre aux Etats dont les revenus sont limités de subvenir aux besoins de leurs populations en poissons. En situation d'élevage, les monogènes peuvent par leur cycle de vie direct, leurs effectifs élevés, leur mode de fixation et de nutrition provoquer des pertes considérables chez leurs hôtes. Leur mode de nutrition par broutage favorise aussi la coinfection par des germes plus virulents. Ce travail de recherche a été entrepris dans le but d'étudier la diversité et la bio-écologie des monogènes de quatre espèces ichthyques potentiellement cultivables. Les captures ont été effectuées de février 2019 à décembre 2020 dans les bassins du Nyong et de la Dibamba par des pêcheurs locaux. Les méthodes de capture, la conservation, les techniques parasitologiques, les méthodes d'analyses et d'interprétation ont été faites conformément à celles en vigueur dans le domaine de l'étude des monogènes de poissons. L'étude de la faunistique a rendu possible la description de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. et de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.. *Annulotrema ngombiensis* n. sp. se singularise par son appareil copulateur mâle allongé et composé d'une pièce accessoire présentant une cape terminale et un réservoir prostatique tubiforme. *Annulotrema nkengfacki* n. sp. se distingue par son appareil copulateur mâle dont la pièce accessoire est composée d'une partie basale trapézoïdale surmontée par une autre partie fourchue et par sa barre ventrale munie d'une doublure médiane. La redescription de neuf espèces antérieurement décrites au Cameroun a également été réalisée chez leurs hôtes types. Concernant les parasites de *Brycinus kingsleyae*, les redescriptions de *Annulotrema bouixi* et *Characidotrema regia* ont coïncidé avec les descriptions originelles. Par contre, des caractères nouveaux ont été signalés chez trois espèces parasites de cet hôte. Ainsi, chez *Annulotrema combesi*, le tube du pénis contrairement à la description initiale qui signalait un seul tour de spire peut s'enrouler sur deux ; *A. maillardi* présente sur la barre transversale dorsale, une structure sclérifiée qui n'avait pas été observée lors de la description initiale ; une boucle a été pour la première fois notée sur la barre transversale ventrale de *A. nyongensis*. Pour les parasites de *Phenacogrammus major*, le vagin a été pour la première fois observé chez *A. gabrioni* et *Characidotrema spiropenis*. Un prolongement membranaire jamais signalé sur la barre transversale dorsale de *Annulotrema hepseti*, parasite de *Hepsetus odoe* a été observé au cours de cette étude. L'étude du biotope des monogènes faite sur la base du nombre des

filaments branchiaux, supports de ces helminthes a mis en évidence son hétérogénéité. En effet, le nombre total des filaments branchiaux a augmenté avec la taille du poisson. Ce nombre est resté identique sur les deux côtés du poisson ainsi que sur les deux hémibranchies de chaque holobranchie. Suivant le gradient transversal, l'évolution des filaments a respecté le modèle $A_I = A_{II} = A_{III} = A_{IV}$ chez *B. macrolepidotus* et $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$ chez *B. kingsleyae*. Il ressort de l'analyse de la structuration des xénocommautés et des infrapopulations que le modèle de distribution des monogènes au niveau du côté et de l'hémibranchie a été identique à celui des filaments branchiaux. Le sexe de l'hôte a influencé la distribution de *Annulotrema maillardi* qui a plus parasité les poissons femelles. Les autres espèces ont parasité les hôtes des deux sexes indifféremment. Aussi bien chez *B. kingsleyae* que chez *B. macrolepidotus*, les monogènes ont plus exploité les secteurs intermédiaires de la branchie et les zones médianes et distales du filament branchial. Les forts courants d'eau ont entraîné le détachement des monogènes et ont limité la colonisation des branchies pendant la grande saison des pluies. La charge parasitaire a augmenté avec la condition physiologique de l'hôte ce qui permet à cette espèce de garder une bonne condition malgré son parasitisme élevé. Ceci a confirmé que *B. macrolepidotus* est propice pour une exploitation piscicole.

Mots clés : *Annulotrema*, Cameroun, *Characidotrema*, Characiformes, écologie, faunistique, Monogenea.

ABSTRACT

Fishing and fish farming are two practices that make it possible to provide populations with the fishing resources essential to ensure food security. However, natural environments are increasingly subject to threats that sometimes lead to the disappearance of aquatic species. The development of aquaculture is the best way to enable states with limited income to meet the fish needs of their populations. In breeding situations, monogeneans can by their direct life cycle, their high load and their mode of nutrition and fixation cause considerable losses in their hosts. Their nutrition mode by grazing favors also coinfection by germs that are more virulent. This research work was undertaken with the aim of studying the biodiversity and bio-ecology of four potentially cultivable fish species. The fish catches were made from February 2019 to December 2020 in the Nyong basin and the Dibamba basin by local anglers using suitable methods. The conservation, parasitological techniques, analysis and interpretation methods were carried out in accordance with those are required in the field of the study of fish monogeneans. Faunistic studies have made possible the description of *Annulotrema ngombiensis* n. sp. and *Annulotrema nkengfacki* n. sp.. *Annulotrema ngombiensis* n. sp. is distinguished by its elongated male copulatory organ composed of an accessory part with a terminal cap and a tubiform prostatic reservoir. *Annulotrema nkengfacki* n. sp. is distinguished by its male copulatory organ whose accessory part is composed of a trapezoidal basal part surmounted by another forked part and by its ventral bar provided with a median lining. The redescription of nine species previously described in Cameroon was also carried out in their type-hosts in order to complete the diagnosis of some of them with characters not mentioned during the original description. Concerning the parasites of *Brycinus kingsleyae*, the redescriptions of *Annulotrema bouixi* and *Characidotrema regia* coincided with the original descriptions. However, new characteristics have been reported in three parasites of this host. So, for *Annulotrema combesi*, the tube of the copulatory piece which indicated a single turn in the initial description, can contrary be rolled up twice; *A. maillardi* presents on its dorsal bar a sclerotized structure which had not been observed during the initial description; A loop was noted for the first time on the ventral transverse bar of *A. nyongensis*. For the parasites of *Phenacogrammus major*, the vagina was for the first time observed in *A. gabrioni* and *Characidotrema spiropenis*. A membrane extension never reported on the dorsal bar of *Annulotrema hepseti*, parasite of *Hepsetus odoe*, was observed during this study. The study of the monogenean biotope made on the basis of the gill filaments number, support of these helminths, highlighted its heterogeneity. Indeed, the total number of gill filaments increases with the size of

the fish. This number remained the same on both sides of the fish as well as on the two hemibranches of each gill arch. Following the transverse gradient, the filaments evolution respected the model $A_I = A_{II} = A_{III} = A_{IV}$ for *B. macrolepidotus* and $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$ for *B. kingsleyae*. It appears from the analysis of the structuration of component communities and infracommunities that the distribution model of monogeneans at the side and hemibranch level was identical to that of the gill filaments. The sex of the host influenced the distribution of *Annulotrema maillardi*, which parasitized more female fishes. The other species parasitized hosts of both sexes indifferently. In both *B. kingsleyae* and *B. macrolepidotus*, the monogeneans exploited more the intermediate sectors of the gill and the middle and distal zones of the gill filament. The high water currents caused the detachment of the monogeneans and limited the colonization of the gills during the long rainy season. The parasite load increased with the condition factor of the host, which allowed this species to maintain a good condition despite its high parasitism. This confirmed that *B. macrolepidotus* is suitable for fish farming.

Keywords: *Annulotrema*, Cameroon, *Characidotrema*, Characiformes, ecology, faunistic, Monogenea.

INTRODUCTION

Le poisson est une source en protéines animales de qualité, en éléments minéraux essentiels et en oligoéléments. Sa consommation réduit les risques de survenue des accidents cérébraux, des cardiopathies coronariennes, des troubles cognitifs, de l'anxiété et des pathologies inflammatoires (FAO, 2010 ; 2016 ; Soro, 2017 ; BBC, 2023). L'importance de cette ressource halieutique étant ainsi avérée, on s'attendrait à ce que la filière pêche et aquaculture soit florissante notamment en Afrique. En effet, le continent africain compte de nombreux cours d'eau dont l'ichtyofaune est diversifiée. Malheureusement, le rendement des pêcheries est sans cesse décroissant depuis quelques décennies et le niveau d'évolution de l'aquaculture ne permet toujours pas de satisfaire pleinement les besoins en poisson des populations (MINEPIA, 2013 ; Kengfack *et al.*, 2020).

Aucun pays ne saurait se soustraire aux phénomènes d'explosion démographique ou de concentration des populations dans les métropoles. Le Cameroun n'est pas en marge de ce problème qui a des répercussions négatives sur l'emploi et la gestion des ressources disponibles. Dans ce pays, la pisciculture qui est principalement axée sur la culture des poissons appartenant aux ordres des Siluriformes et Perciformes produit encore 340.000 tonnes de poissons par an. Cette production est insuffisante pour combler les besoins des populations estimés à plus de 500.000 tonnes de poissons par an. Face à cette difficulté, on estime à plus de 134 milliards de FCFA les dépenses liées aux importations annuelles de poisson (Ccima, 2021 ; Djama et Abo'o, 2023).

Afin de booster sa production aquacole, le Cameroun devrait envisager l'élevage des poissons Characidés (NEPAD, 2014 ; AfriMAQUA, 2020). En effet, l'ordre des Characiformes est parmi les plus diversifiés et les plus répandus dans les eaux douces et saumâtres d'Afrique. À ce jour, il compte trois familles, vingt genres et cinquante-trois espèces (Stiassny *et al.*, 2007). La taille des individus varie de quelques centimètres à plus de 1 m (Paugy, 2011). Il se trouve que, la culture de quelques espèces appartenant aux genres *Brycinus* Valenciennes, 1840, *Alestes* Müller et Troschel, 1846 et *Hepsetus* Swainson, 1838 est déjà entreprise dans quelques pays africains à l'instar de la Côte d'Ivoire, du Nigéria, du Burkina-Faso, du Mali (Kouassi et Ndembélé, 2000 ; Olopade, 2019 ; Sadio *et al.*, 2021). L'élevage des espèces de poissons Characiformes reste toujours non expérimenté au Cameroun.

Les monogènes principalement parasites de poissons se trouvent dans la plupart des cas en équilibre avec leurs hôtes en milieux naturels. En situation d'élevage ils peuvent cependant provoquer des pertes considérables du fait notamment de leur cycle de vie direct, leurs effectifs par hôte élevés et leur mode de nutrition qui favorise la coinfection par des germes plus virulents (Beverley-Burton, 1994 ; Ogawa, 2002 ; Grau *et al.*, 2003 ; Montero *et al.*, 2004). Le transfert d'une espèce ichthyque d'un milieu naturel vers un milieu de culture nécessite au préalable de

connaître sa parasitofaune et particulièrement sa faune en monogènes afin d'envisager les méthodes de lutte. L'étude de ces parasites contribue également à une meilleure connaissance des milieux aquatiques et des modèles de répartition en écologie des populations (**Bilong Bilong**, 1995 ; **Ayotunde et al.**, 2007).

De nombreux travaux sur les monogènes parasites des poissons du Cameroun ont été entrepris chez diverses espèces hôtes (**Birgi** 1987 ; 1988 ; **Bilong Bilong**, 1995 ; **Tombi**, 2005 ; **Tombi et Bilong Bilong**, 2004 ; **Tombi et al.**, 2002 ; 2004 ; 2016a, 2016b, 2017 ; **Bahanack et al.**, 2016, **Akoumba et al.**, 2017, **Nack et al.**, 2023). Parmi toutes ces études, seules les travaux de taxinomie menés par **Birgi** (1987 ; 1988) ont concerné les monogènes des poissons Characiformes. Ainsi, aucun projet à but taxinomique et écologique n'a été entrepris sur les monogènes de Characidés du Cameroun. Cet état des lieux a suscité en nous quelques questions de recherches à savoir : i) la richesse spécifique en monogènes des poissons Characidés du Cameroun est-elle connue de façon exhaustive et l'étude morpho-anatomique de chaque espèce déjà décrites est-elle complète ? ii) la structure du microhabitat des monogènes des poissons Characidés influence-t-elle celle de leurs infrapopulations ? iii) les monogènes des poissons Characidés sont-ils inféodés à certaines catégories d'hôtes ? iv) quelles sont les périodes de pullulation des monogènes des poissons Characidés du fleuve Nyong ? Ces questions nous ont conduit à émettre des hypothèses de recherches suivantes : i) la richesse spécifique en monogènes des poissons Characidés du Cameroun est insuffisamment connue, compte tenu du nombre limité d'études initiées dans ce sens ; ii) la distribution des filaments branchiaux qui sont les sites de fixation des monogènes étudiés, influence leur distribution à travers les divers gradients de ségrégation de ces helminthes ; iii) les monogènes étant sujets à l'agrégation, les spécimens étudiés parasitent plus certaines catégories d'hôtes ; iv) la saisonnalité a un impact sur la variation longitudinale des indices épidémiologiques des monogènes étudiés car ces organismes sont sensibles aux facteurs abiotiques.

Pour vérifier ces différentes hypothèses, l'objectif général fixé pour ce travail a été d'étudier la faunistique et la bio-écologie des monogènes ectoparasites de *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849, *Brycinus kingsleyae* Günther, 1896, *Phenacogrammus major* Boulenger, 1903 et *Hepsetus odoe* (Block, 1794) récoltées dans les bassins du Nyong et de la Dibamba au Cameroun. De ce fait, quatre objectifs spécifiques ont été retenus :

1) révéler la richesse spécifique en monogènes des poissons Characidés récoltés ainsi que le statut taxinomique de chaque espèce de monogène retrouvée ;

2) établir la structure du biotope des monogènes chez *B. macrolepidotus* et *B. kingsleyae* sur la base du nombre de leurs filaments branchiaux ;

3) déterminer les structures de la xénocommunauté et des infrapopulations des monogènes branchiaux de *B. macrolepidotus* et de *B. kingsleyae* en fonction des différents gradients de répartition de ces helminthes, du sexe et de la taille des hôtes ;

4) évaluer la répartition spatio-temporelle de la xénocommunauté des monogènes branchiaux de *B. macrolepidotus* ainsi que la relation entre le parasitisme et le bien-être physiologique de cette espèce hôte.

En plus de l'introduction et de la conclusion, cette thèse s'organise en trois chapitres : la revue de la littérature (chapitre I) ; le cadre d'étude, matériel et méthodes (chapitre II) et les résultats et discussion (chapitre III).

CHAPITRE I :
REVUE DE LA LITTERATURE

I-1- Synthèse sur les monogènes

I-1-1- Généralités

Les monogènes sont des vers plats, exclusivement parasites à l'état adulte. On les retrouve essentiellement chez les poissons mais, quelques espèces parasitent les Chéloniens, les Amphibiens et les Mammifères (**Thurston et Laws, 1965**). Si ces helminthes sont majoritairement ectoparasites, divers cas de mésoparasitisme ont été signalés (**Paperna, 1963 ; Combes, 1968 ; Bilong-Bilong, 1995**). En raison de leur site préférentiel d'infestation que constituent les branchies, les monogènes sont pour la plupart sensibles aux caractéristiques physico-chimiques du milieu dans lequel évoluent leurs hôtes ce qui en fait d'excellents indicateurs des variations des facteurs abiotiques et sont dans certains cas, de bons indicateurs de la qualité des eaux (**Tombi et Bilong Bilong, 2013**). Si en général, chaque espèce de monogène est inféodée à une seule espèce hôte, dans de rares cas, la même espèce peut parasiter un ensemble d'hôtes taxonomiquement proches (même genre) (**Noble et al., 1989 ; Schmidt et Roberts, 1989 ; Poulin, 1992**). Les monogènes sont des organismes hermaphrodites protogynes (**Cunningham et al., 2001**), ovipares qui se reproduisent généralement de façon croisée. Des exceptions sont observées chez les représentants de la famille Gyrodactylidae qui sont vivipares et pratiquent la polyembryonie. Chez certains d'entre eux, la reproduction asexuée est courante (**Harris, 1993**).

I-1-2- Caractéristiques morphologiques des stades de développement

I-1-2-1- Stade adulte

Le monogène adulte (figure 1) a une taille comprise entre 0,3 micron et 6 mm, mais peut exceptionnellement atteindre 30 mm. Ces organismes présentent un corps non métamérisé, doté d'une symétrie bilatérale, d'un gradient antéro-postérieur et subdivisé en trois parties caractéristiques. La partie antérieure appelée prohaptor, porte les ocelles ainsi que les glandes céphaliques dont les sécrétions collantes, renforcent l'adhésion de l'animal à son hôte. La partie postérieure du monogène se caractérise par un organe de fixation particulier, l'opisthohaptor ou haptor. C'est la pièce maîtresse dont dépend l'existence même du parasite car elle permet la réalisation du couple hôte-parasite (**Lambert, 1980**). Il est muni de différentes pièces sclérifiées que sont les crochets (gripi ou hamuli), les crochetons (uncinuli), et les barres transversales, utilisées comme critères de diagnose. Entre ces deux parties se trouve la partie moyenne ou tronc qui est parcouru des cæcums intestinaux, des ganglions nerveux et qui loge les appareils reproducteurs mâle et femelle. Les adultes sont toujours parasites et ovipares dans la majorité des cas.

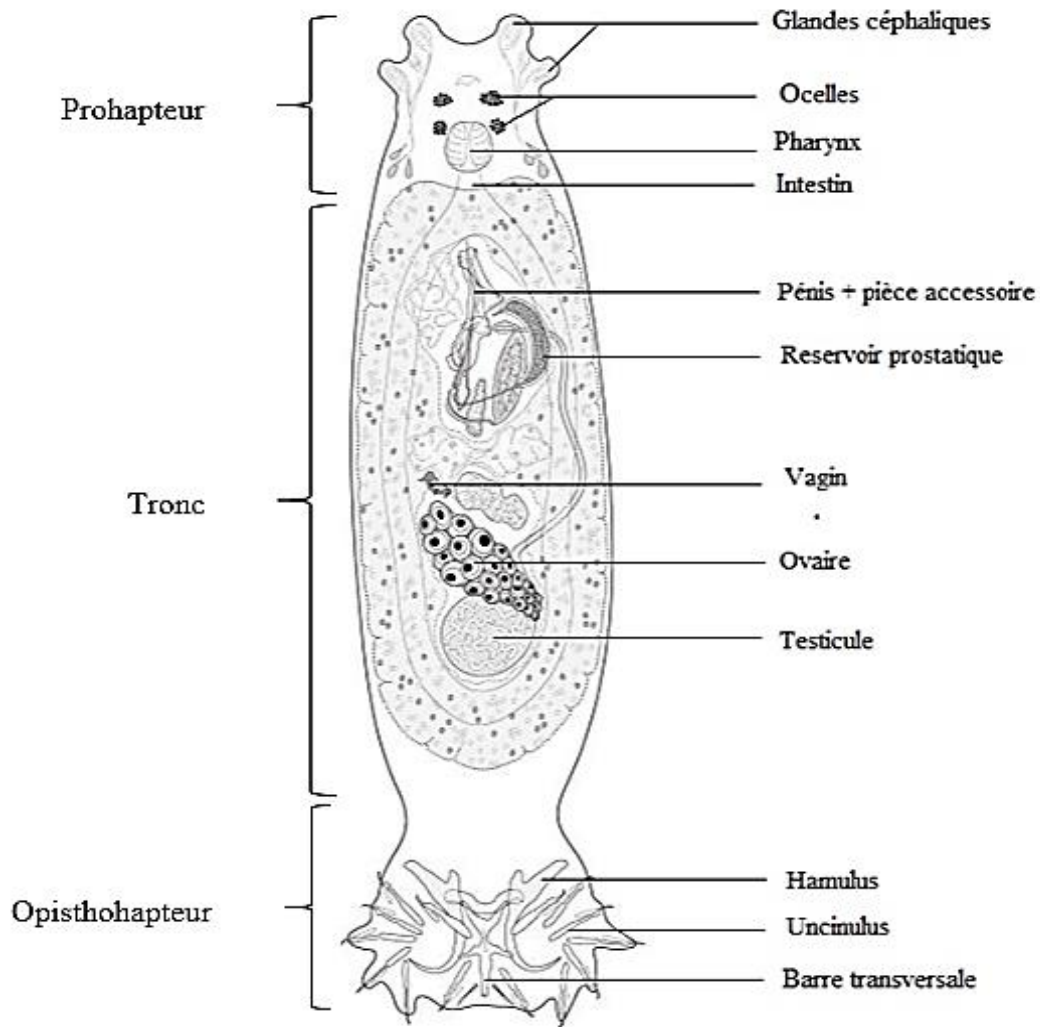


Figure 1. Organisation générale d'un monogène Monopisthocotylea adulte (**Řehulková et al.**, 2020)

I-1-2-2- Stade œuf

L'œuf de monogène (figure 2) a une forme variable et présente à l'un des pôles un filament relativement long. Le pôle opposé est muni d'un opercule qui facilite la sortie de la larve. L'œuf est entouré d'une coque épaisse. Il est rarement utilisé comme critère de diagnose des espèces (**Oliver**, 1984). Après la ponte, l'œuf doit passer un certain temps dans le milieu extérieur avant éclosion (**Lambert**, 1980).

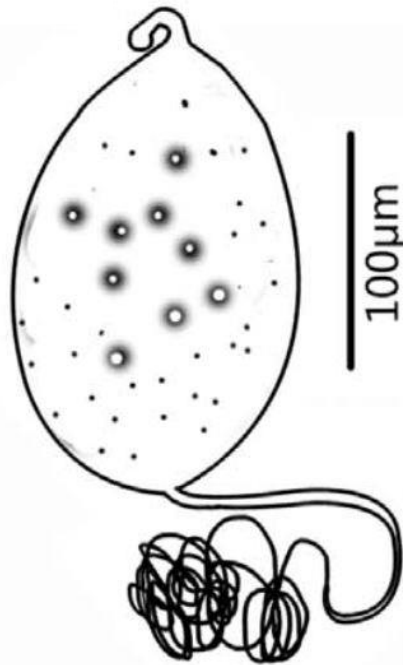


Figure 2. Morphologie générale d'un œuf de monogène (**Zhou et al.**, 2020)

I-1-2-3- Stade larvaire

La larve de monogène, nommée oncomiracidium (figure 3) par **Llewellyn** (1957), est le seul stade libre et donc la seule phase de dispersion connue chez ce groupe de plathelminthes. Elle est morphologiquement proche de l'adulte mais remarquable par l'importance de son appareil ciliaire à rôle locomoteur. Les cils sont répartis sur plusieurs zones (céphalique, latérales, haptoriale). Des exceptions à cette règle générale existent chez les espèces vivipares (*Gyrodactylidae*) ainsi que chez quelques espèces ovipares (**Euzet et Raibaut**, 1962 ; **Lambert**, 1980). Ce stade larvaire présente déjà les ébauches des divers organes caractéristiques de l'adulte. Le hapter larvaire est circulaire et formé uniquement de crochets périphériques et semble adapté à une infestation cutanée (**Lambert**, 1980). Contrairement à l'adulte dont l'organe de fixation présente une variabilité interspécifique, sa morphologie chez la larve est identique chez plusieurs espèces.

I-1-3- Classification sommaire des monogènes

Ces organismes sont rattachés à l'embranchement des Plathelminthes, au sous-embranchement Neodermata et à la classe Monogenea Carus, 1863 ou Monogènes (**Baer et Euzet**, 1961), subdivisée en deux sous-classes.

I-1-3-1- Sous-classe Monopisthocotylea (Odhner, 1912)

Les espèces de cette sous-classe sont de petite taille (moins de 1mm généralement). Leur opisthohapter est unique, simple et possède des crochets et des crochetons (**Rohde et al.**, 1992). Ils présentent des organes glandulaires céphaliques, un tube digestif plus ou moins court et un organe copulateur pourvu d'une pièce accessoire. Le canal génito-intestinal est généralement absent (**Paperna et Thurston**, 1968 ; 1969 ; **Birgi**, 1988).

Les Monopisthocotylea s'alimentent par broutage du mucus et des cellules épidermiques de leurs hôtes. Ils sont très pathogènes du fait notamment de leur grand effectif par hôte (**Silan et Maillard**, 1986 ; 1990). Ces organismes se retrouvent en milieu marin et dulcicole (**N'douba**, 2000). Leur métamorphose se traduit par l'apparition des pièces haptorales plus grandes (hamuli, barre(s) transversale(s)) et l'orientation dorsale de certains crochets (**Lambert**, 1978 ; 1980).

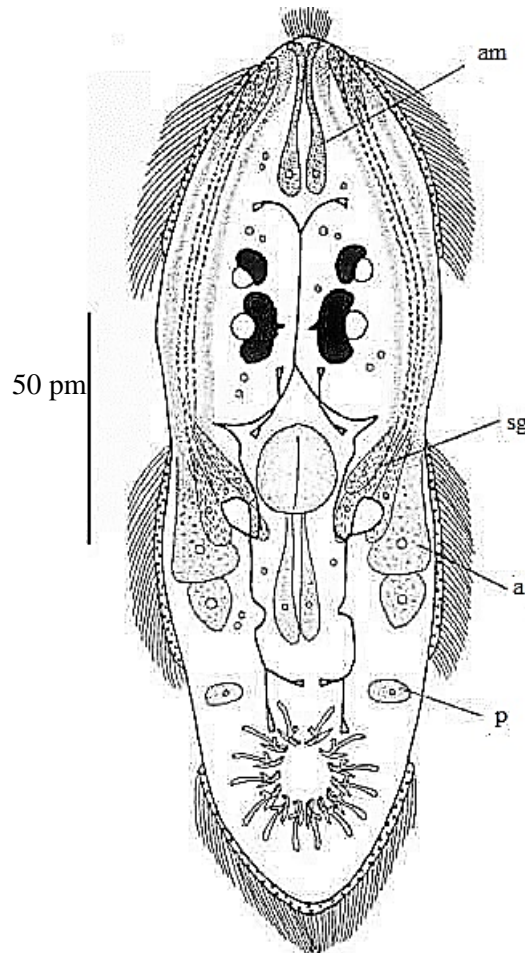


Figure 3. Morphologie générale d'une larve de Monopisthocotylea (d'après **Chisholm et Whittington**, 1996)

Légende : am = cellules glandulaires antéro-médian ; a = cellules glandulaires antérieures ; sg = sécrétion glandulaire ; p = cellules glandulaires postérieures.

I-1-3-2- Sous-classe Polyopisthocotylea (Odhner, 1912)

Elle renferme des individus de grande taille (plus de 1mm). Ils ont un hapteur plus complexe, formé de crochets et de ventouses. Les spécimens de cette sous-classe ont un canal génito-intestinal. Ils sont pour la plupart hématophages et évoluent généralement en effectif limité sur leurs hôtes. Les Polyopisthocotylea colonisent principalement les espèces des milieux marins (**Oliver**, 1977 ; **Silan**, 1984 ; **N'douba**, 2000). Leur métamorphose rend possible le remplacement des pièces haptorales larvaires par des pinces et des ventouses.

I-1-4- Cycle de vie des monogènes

Le cycle de vie des monogènes (figure 4) est direct (monoxène ou holoxène) c'est-à-dire sans hôte intermédiaire.

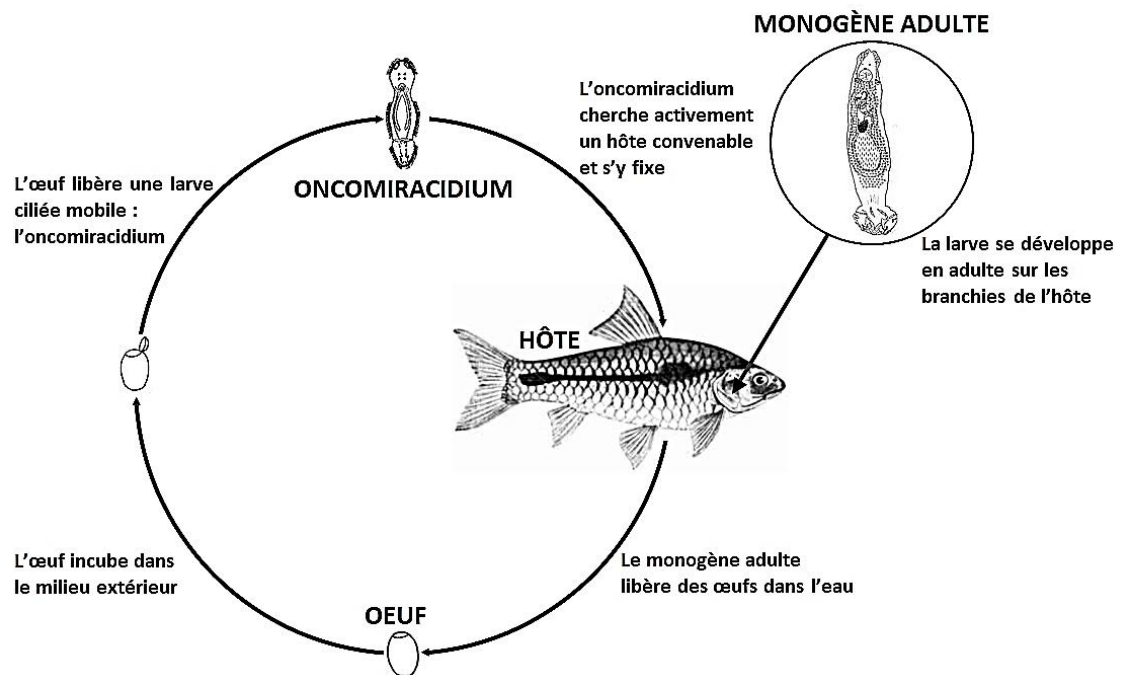


Figure 4. Cycle de développement typique des monogènes (Desdevises, 2001; modifié)

Après fécondation, l'adulte émet des œufs qui vont chez quelques rares espèces se fixer sur les branchies de l'hôte ou alors comme dans la majorité des cas, être disséminés dans l'eau. A la fin de l'incubation dont la durée varie en fonction de l'espèce et de la température de l'eau, ils vont éclore et laisser s'échapper l'oncomiracidium qui va activement rechercher son hôte. Si cette éventualité est réalisée, la larve des Monopisthocotylea se fixe d'abord sur le corps de l'hôte avant de gagner les branchies alors que celle des Polyopisthocotylea gagne directement les branchies (Lambert, 1980). Une fois fixée sur l'hôte, cette larve se métamorphose en adulte et le cycle recommence (Justine, 1998 ; Buchmann et Lindenstrom, 2002 ; Bakke *et al.*, 2007).

I-1-5- Pathogénicité

Les monogènes sont considérés comme un danger non négligeable pour leurs hôtes. Bien que la majorité des études parlent d'un équilibre hôtes-monogènes en milieu naturel, des cas de mortalités massives dues à ces parasites ont été observés dans certains fleuves et rivières (Buchmann et Lindenstrom, 2002 ; Froese et Pauly, 2018). L'effet pathogène de ces parasites est plus accentué en milieu aquacole où les défenses immunitaires du poisson soumis à un stress plus grand s'affaiblissent.

Le mode de nutrition par broutage ou par succion des monogènes peut causer l'anémie, les troubles respiratoires et même l'asphyxie et par conséquent la mort de l'hôte. Par ailleurs, les blessures causées par les piqûres des crochets de ces organismes, sont le plus souvent les

portes d'entrée de divers germes opportunistes comme les virus, bactéries et champignons dont la prolifération détériore plus la condition physiologique du poisson (**Beverley-Burton**, 1994 ; **Ogawa**, 2002 ; **Grau et al.**, 2003 ; **Montero et al.**, 2004).

Le cycle de vie direct et donc court des monogènes, associé au confinement des hôtes en élevage est souvent à l'origine de fortes charges parasitaires. De telles attaques massives se traduisent par la pâleur et parfois la destruction des branchies, la perte des écailles du poisson, ce qui réduit sa valeur marchande (**Paperna**, 1996 ; **Froese et Pauly**, 2018). Par ailleurs, la nage nonchalante que l'état du poisson ainsi parasité lui impose, le rend très vulnérable à l'attaque des prédateurs.

I-1-6- Traitement de la parasitose due aux monogènes

Fort de ce qui précède, des méthodes de lutte contre les infections dues aux monogènes sont préconisées. Il s'agit des méthodes préventives et curatives appliquées en élevage dans les bacs dont le but principal dans la plupart des cas est la rupture du cycle parasite (**Brazenor et Hutson**, 2015). Il existe des traitements à base de produits naturels et d'autres à base de produit de synthèse. L'efficacité de ces produits varie non seulement en fonction de l'espèce parasite, mais aussi de son stade de développement. Ainsi, certains produits sont ovicides alors que d'autres sont larvicides et adulticides (**Brazenor et Hutson**, 2015).

I-1-6-1- Traitements à base de produits de synthèse

L'utilisation des produits de synthèse est très fréquente en pisciculture. Le traitement peut être administré directement aux poissons ou encore viser l'assainissement du milieu d'élevage. Le Praziquantel (PZQ) s'est montré particulièrement efficace contre les monogènes parasites de certaines espèces de poissons tant en eau douce que saumâtre (**Thoney**, 1990 ; **Kim et al.**, 1998 ; **Hirazawa et al.**, 2002). L'administration de cet antihelminthique se fait soit par des bains de traitements à une concentration variant de 2,5-20 mg/l pour une durée de 3 à 24 H (**Thoney**, 1990), soit par voie orale à des doses de 50-400 mg/kg de poisson par jour pour une durée de 20 jours (**Hirazawa et al.**, 2000).

Le formol est aussi très indiqué pour le traitement des monogènes. **Sharp et al.** (2004) recommandent son utilisation à des concentrations de 25 mg/l pour des bains prolongés et de 150-250 mg/l pendant 30 min.

La chaux hydratée s'est révélée très efficace dans la protection des étangs. Son application sur toute la surface intérieure des étangs vides et humides (à raison de 1120 kg/ha), a entraîné une baisse de la prévalence des monogènes parasites de *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède, 1803) à Langerville (**Affoumou et al.**, 2016).

Un bain des poissons pendant 30 min dans un mélange de Parasiticide-S® et Pyceze® aux doses respectives de 15 mg par litre d'eau et 1 ml par 25 litres d'eau avant la mise en étang, rend possible l'élimination des monogènes et même d'autres parasites (**Affoumou et al.**, 2016).

Un résultat similaire a été obtenu après administration aux poissons d'un bain transitoire de six semaines dans un mélange d'Ovaldine® et Slice à raison de 10 ml par litre d'eau (**Affoumou et al.**, 2016).

Le permanganate de potassium, le sulfate de calcium, le peroxyde d'hydrogène, le mebendazole, le phoxim, le trichlorfon et le cuivre ont conduit à l'élimination des œufs, larves et adultes des monogènes. Certains de ces produits présentent l'avantage de fournir une protection contre certains germes opportunistes en eau douce (**Buchman et al.**, 1987 ; **Reed et al.**, 2003 ; **Thoney**, 2006 ; **Ho** et **Ut**, 2007 ; **Xiao et al.**, 2014 ; **Boylan et al.**, 2021). A cause de leur toxicité, ces produits de synthèse sont souvent responsables de la contamination de l'environnement. Leur utilisation répétée favorise le développement de la résistance des parasites et des effets secondaires chez les poissons. Par ailleurs, le recours à ces anthelminthiques de synthèse est souvent confronté à la pénurie ainsi qu'à la flambée des prix (**Thomas et al.**, 2016). Ainsi, malgré leur efficacité, la recherche des solutions alternatives s'est révélée nécessaire.

I-1-6-2- Traitement à base d'extraits de plantes

Ces traitements ne semblent pas toxiques à l'environnement et visent non seulement l'élimination du parasite mais aussi un renforcement du système immunitaire du poisson hôte (**El-Galil et Aboelhadid**, 2012 ; **Zhou et al.**, 2020).

Les extraits aqueux infusés et macérés et à l'éthanol de *Markhamia tomentosa* (Bignoniaceae) et *Combretum molle* (Combretaceae) ont infligé aux monogènes ectoparasites de *Oreochromis niloticus*, des taux de mortalité allant de 37,9 à 98,6 % (**Dongmo et al.**, 2016). Selon **Hutson et al.** (2012), les extraits aqueux des algues *Ulva* sp. et *Asparagopsis taxiformis* empêchent le développement embryonnaire de plusieurs espèces de monogènes. Les extraits de *Euphorbia fischeriana* ont un effet parasiticide vis-à-vis des espèces du genre *Dactylogyrus* (**Zhang et al.**, 2014). Les extraits méthanoliques des graines de *Piper guineense* (Piperaceae) administrés à différentes concentrations exterminent les monogènes cutanés et branchiaux de *Carassius auratus auratus*, poisson rouge (**Ekanem et al.**, 2004).

Les huiles essentielles à base de *Mentha piperita* (menthe) sont efficaces contre les parasites de *Oreochromis niloticus* (**Dos Anjos et Isaac**, 2020). Les gousses et les huiles essentielles d'*Allium sativum* (ail) ont un effet similaire contre de nombreuses espèces de monogènes du genre *Gyrodactylus* (**El-Galil et Aboelhadid**, 2012).

I-1-7- Aperçu de la systématique des monogènes du Cameroun

I-1-7-1- Données générales

Depuis l'étude menée par **Birgi et Euzet** (1983) dans la zone côtière du Cameroun, un grand nombre de travaux ont été entrepris dans le but d'améliorer les connaissances sur la

systématique de l'ichtyoparasitofaune des eaux camerounaises. La majorité des espèces de monogènes décrites appartiennent à la sous-classe Monopisthocotylea et à l'ordre Dactylogyridea Bychowsky, 1937 auquel deux groupes de familles sont rattachés. Les familles dont les représentants possèdent un ovaire massif situé entre les cæcums intestinaux et celles dont les membres ont un ovaire entourant la branche intestinale droite. Le premier groupe inclut les familles Ancyrocephalidae Bychowsky et Nagibina, 1978 (avec quatre gripi : deux dorsaux et deux ventraux) ; Heteronchocleidae Bilong Bilong, 1988 (avec trois gripi et une ébauche ventrale) et Dactylogyridae Bychowsky, 1937 (avec deux gripi et deux ébauches ventrales). Le deuxième groupe compte les familles Diplectanidae Bychowsky, 1957 (avec quatre gripi et deux squamodisques) et Hetertesiidae Euzet et Dossou, 1979 (avec quatre gripi) (**Dossou et Birgi**, 1984 ; **Birgi et Lambert**, 1986 ; 1987 ; **Birgi**, 1988 ; **Bilong Bilong**, 1995 ; **Bilong Bilong et al.**, 1989 ; 1991 ; 1994 ; **N'douba et al.**, 2000 ; **Nack et al.**, 2015 ; **Bahanak et al.**, 2016 ; 2017 ; **Bassock Bayiha et al.**, 2016 ; 2017 ; **Mbondo et al.**, 2017 ; **Akoumba et al.**, 2017). Ces études ont conduit à la description de plusieurs espèces appartenant aux genres *Protoancylo-discoides* Paperna, 1969 ; *Cichlidogyrus* Paperna, 1960 ; *Quadriacanthus* Paperna, 1961 ; *Bagrobdella* Paperna, 1969 ; *Enterogyrus* Paperna, 1963 ; *Schilbematrematoides* Kritsky et Kulo, 1992 ; *Characidotrema* Paperna et Thurston, 1968 ; *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969 ; *Dactylogyrus* Diesing, 1850 ; *Dogielius* Bykhowski, 1936 ; *Onchobdella* Paperna, 1968 ; *Synodontella* Dossou et Euzet, 1993 etc.

I-1-7-2- Genre *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969

Le genre *Annulotrema* a pour espèce type *Annulotrema gravis* Paperna et Thurston, 1969 dont l'hôte-type a pendant quelques années été considéré comme *Brycinus nurse* (Rüppel, 1832) du Lac Victoria en Ouganda. C'est en 1973 que **Paperna** admit qu'il eut erreur d'identification de cette espèce hôte-type qui est plutôt *Brycinus jacksonii* (Boulenger, 1912). La majorité des espèces du genre *Annulotrema* ont une spécificité étroite. Il existe néanmoins des espèces à spécificité sténoxène à l'instar de *Annulotrema besalis*, Řehulková, Musilová et Gelnar, 2014 qui a été décrite au Sénégal sur les branchies du characin *Hydrocynus Brevis* son hôte type et réécrite au Kenya sur les branchies de *Hydrocynus forskalii* (**Kičinjaová et al.**, 2015).

Le genre *Annulotrema* est l'un des plus diversifiés dans l'ordre Dactylogyridea avec plus de 40 espèces décrites (**Kičinjaová et al.**, 2015). Les *Annulotrema* se retrouvent principalement en Afrique où ils parasitent les poissons Characidae, Hepseptidae et Distichodontidae. Les espèces de ce genre se caractérisent par un hapter muni de 4 crochets ou hamuli (les hamuli ventraux ont une garde et un manche qui forment un U tandis que ces deux structures forment un V dans les hamulis dorsaux) et 7 paires de crochetons dont les deux premières sont les plus petites et la cinquième la plus grande (**Paperna et Thurston**, 1969).

I-1-7-2-1- Présentation des groupes morphologiques du genre *Annulotrema* du Cameroun

Sur la base de la forme du hapter, du pénis et de la pièce accessoire, **Birgi** (1988) a scindé les espèces du genre *Annulotrema* en cinq groupes morphologiques.

I-1-7-2-1-1- Groupe *Combesi*

Les espèces de ce groupe se caractérisent par une barre transversale ventrale rectangulaire, une barre transversale dorsale amincie en baguette. Les hamuli dorsaux ont un manche vestigial, le pénis est courbé et la pièce accessoire se termine par une pince.

I-1-7-2-1-2- Groupe *Nyongensis*

Les membres de ce groupe possèdent une barre transversale ventrale rectangulaire et incurvée et une barre transversale dorsale qui forme un quadrilatère. La lame forme un angle droit avec le manche et la garde. Le pénis est courbé ou droit et possède une pièce accessoire avec une pince plus longue au niveau de la branche externe.

I-1-7-2-1-3- Groupe *Amieti*

Les deux barres des spécimens de ce groupe présentent une apophyse au niveau de leur milieu qui porte parfois des prolongements. Les hamuli dorsaux forment un V et les ventraux un U. Le pénis courbé fait un tour de spire. La pièce accessoire a l'allure d'une baguette sclérifiée qui forme un cordon à son extrémité où glisse le pénis.

I-1-7-2-1-4- Groupe *Nannaethiopsis*

Ce groupe renferme des espèces dont les barres transversales sont des lames simples. Le manche et la garde des hamuli dorsaux forment un V. Le pénis est long et spiralé ou enroulé.

I-1-7-2-1-5- Groupe *Hepseti*

Les hamuli et les barres sont simples. Le pénis est long, forme des tortillons et sa pièce accessoire présente une morphologie caractéristique.

I-1-8- Genre *Characidotrema* Paperna et Thurston, 1968

Les monogènes du genre *Characidotrema* ne parasitent que les Tetras africains. Ce genre compte présentement 13 espèces dont 10 colonisent uniquement les poissons du genre *Brycinus* ; 02 sont communes à ceux des genres *Brycinus* et *Alestes* et 01 des genres *Phenacogrammus* et *Hemigrammopetersius* (**Řehulková et al.**, 2019). Les espèces de ce genre se caractérisent principalement par leur génitalia mâle très particulier et leurs pièces haptorales de petite taille (**Birgi**, 1988). Au Cameroun, les études relatives à ce genre se limitent aux travaux de **Birgi** (1988).

I-1-9- Faune des monogènes récoltés sur les Characidés au Cameroun

Les travaux sur les monogènes des poissons Alestidae et Hepsetidae ont permis la description de 15 espèces du genre *Annulotrema* et 02 du genre *Characidotrema* (tableau I).

Tableau I. Liste des espèces des monogènes parasites des Characidés récoltés au Cameroun

| Espèce | Hôte | Localité | Auteur |
|--------------------------|---|---|---------------------------|
| <i>A. combesi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. nyongensis</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. gabrioni</i> | <i>Phenacogrammus major</i> Boulenger, 1903 et <i>Hemigrammopetersius pulcher</i> Boulenger, 1909 | Sangmelima : sur le Dja Yaoundé : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. amieti</i> | <i>Phenacogrammus major</i> Boulenger, 1903 et <i>Hemigrammopetersius pulcher</i> Boulenger, 1909 | Sangmelima : sur le Dja Yaoundé : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. bouixi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. edeensis</i> | <i>Micralestes</i> sp. | Somakek : sur la Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. kribiensis</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko: sur la Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. lamberti</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko: sur la Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. maillardi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. moanko</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko : sur la Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. sangmelinensis</i> | <i>Micralestes humilis</i> Boulenger, 1899 | Sangmelima : sur le Dja | Birgi, 1988 |
| <i>A. nannoethiopsis</i> | <i>Nannoethiopsis unitoeniatus</i> Günther, 1872 | Nkolya: sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. bilongi</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll et Goss, 1963 | Nkolya: sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. endjami</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll et Goss, 1963 | Nkolya: sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. fomenai</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll et Goss, 1963 | Nkolya: sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>A. hepseti</i> | <i>Hepsetus odoe</i> Block, 1794 | Affluents du Nyong | Paperna et Thurston, 1969 |
| <i>C. spiropenis</i> | <i>Phenacogrammus major</i> Boulenger, 1903 et <i>Hemigrammopetersius pulcher</i> Boulenger, 1909 | Sangmelima : sur le Dja Yaoundé : sur le Nyong | Birgi, 1988 |
| <i>C. regia</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo : sur le Nyong | Birgi, 1988 |

I-1-10- Quelques données écologiques sur les monogènes ectoparasites au Cameroun

Les études écologiques menées sur les monogènes de poissons au Cameroun ont enregistré des charges parasitaires plus élevées en milieux confinés que dans les eaux naturelles (Bilong Bilong *et al.*, 1998 ; Tombi *et al.*, 2015). Ces organismes sont le plus souvent agrégés chez leurs hôtes et présentent une variabilité d'infestation en fonction de la taille de l'hôte, mais

rarement en fonction de son sexe. La distribution des parasites est dans certains cas calquée sur les modèles d'évolution des filaments branchiaux (**Bilong Bilong**, 1995 ; **Boungou et al.**, 2008). La plupart des espèces sont restreintes à des sites d'infestation bien particuliers (**Tombi et al.**, 2002 ; 2004 ; 2010 ; 2014 ; 2016a). L'explication de ces préférences branchiales a été associée à de nombreux facteurs liés à l'hôte et à l'environnement (**Bilong Bilong et Njiné**, 1988 ; **Tombi et al.**, 2016b ; **Onana et al.**, 2023). Le choix du microhabitat par les monogènes est également affecté par les variations saisonnières et les mensurations des pièces sclérifiées des monogènes (**Tombi et al.**, 2002 ; 2004 ; 2010 ; 2014 ; 2016a ; 2017). Certains de ces facteurs peuvent agir en synergie (**Bilong Bilong**, 1995 ; **Nack et al.**, 2020). Par ailleurs, la spécificité de site facilite la coexistence entre diverses espèces, réduit la compétition interspécifique et renforce les barrières reproductives pour empêcher l'hybridation (**Bilong Bilong**, 1995 ; **Tombi**, 2005). Si les monogènes sont généralement omniprésents chez leurs hôtes, l'étude de la dynamique de leurs populations a indiqué une saisonnalité dans leur infestation (**Bilong Bilong**, 1995 ; **Tombi et al.**, 2014 ; 2015). Nonobstant l'équilibre hôtes-monogènes signalé en milieu naturel, une diminution de la condition physiologique avec la charge parasitaire du poisson a parfois été mise en évidence (**Nack et al.**, 2018 ; **Bouah**, 2021).

I-2- Synthèse sur l'ichtyofaune hôte

I-2-1- Généralités

La faune ichtyologique des fleuves et rivières d'Afrique est variée et abondante. Cela suppose une diversité d'espèces parasites car comme signalé par **Poulin et Morand** (2000), chaque espèce libre est supposée être l'hôte d'au moins une espèce parasite. Par ailleurs, cette ichtyofaune ne serait pas encore totalement connue même si de nombreuses études ont été menées dans ce sens. En effet, les phénomènes de migrations et d'introduction accidentelle ou volontaire des poissons accroissent le nombre d'espèces ichtyques circulant dans les eaux douces et saumâtres d'Afrique (**Paugy**, 1988). Selon **Stiassny et al.** (2007), les fleuves et rivières d'Afrique renferment plus de 580 espèces endémiques réparties en plus de 62 genres et 47 familles.

I-2-2- Famille des Alestidae (Cockerell, 1910)

I-2-2-1- Données générales

Parmi les différents ordres de poissons qu'on retrouve en Afrique, l'ordre des Characiformes est l'un des plus répandus et diversifiés. Il est exclusivement tropical et se retrouve tant en Afrique qu'en Amérique du Sud. Cet ordre est composé de quatre familles dont celle des poissons Alestidae encore connus sous l'appellation de Tetras africains. Cette famille est composée de poissons carnassiers, essentiellement piscivores (**Paugy**, 2011). Ils ont un corps allongé, recouvert d'écailles et une chair qui renferme beaucoup d'arêtes (**Stiassny et al.**,

2007). La taille des individus varie d'environ 2cm à plus de 1m. Quant à la masse, elle fluctue entre quelques grammes à plus de 50 kg pour *Hydrocynus goliath* (Paugy, 2011).

La plupart des poissons Alestidae présente un dimorphisme sexuel qui affecte la forme de la nageoire anale. Ils sont pélagiques et se caractérisent par une dentition forte, pointue et tranchante. Sur la base du nombre et la forme des dents (critères de distinction), les poissons Alestidae sont scindés en trois groupes parmi lesquels celui qui inclut les genres *Alestes* et *Brycinus*. Ils se caractérisent par des dents de petite taille, pluricuspidés et dont la deuxième rangée prémaxillaire est de type molariforme. Les poissons Alestidae forment une famille très diversifiée et l'une des plus représentée numériquement avec notamment plus de 200 espèces déjà décrites réparties en 21 genres (Paugy, 2011).

I-2-2-2- Genre *Brycinus* Valenciennes, 1840

Les espèces appartenant au genre *Brycinus* se caractérisent par une paupière adipeuse rudimentaire à peine visible et une vessie gazeuse qui ne se prolonge pas au-delà de l'anus. En fonction de la taille, les espèces de ce genre sont séparées en trois groupes. Le groupe *Longipinnis* est constitué d'espèces de petites tailles, dont les spécimens possèdent tous une fontanelle pariétale jusqu'à l'âge adulte. Le groupe *Nurse* rassemble les espèces de taille moyenne dont la fontanelle pariétale caractérise uniquement les jeunes. Ce groupe et le précédent, sont dotés d'un dimorphisme sexuel observable au niveau de la nageoire anale. Le groupe *Macrolepidotus* est composé d'espèces de grande taille, ne présentant ni fontanelle pariétale, ni dimorphisme sexuel.

I-2-2-3- Genre *Phenacogrammus* Eigenmann, 1907

Au sein des Alestidae, se trouve la tribu des Petersiini ou characidés nains à laquelle sont rattachées les espèces de poissons du genre *Phenacogrammus*. Les poissons de ce genre sont de petite taille, ont un corps assez robuste, possèdent deux dents sur la prémaxillaire, une ligne latérale incomplète et 4,5 écailles en rangé transversale entre la ligne latérale et l'origine de la nageoire caudale (Poll, 1967 ; Paugy, 2003). Le dimorphisme sexuel affecte la hauteur du corps, la longueur des rayons de certaines nageoires, la forme du bord antérieur de la nageoire anale et la pigmentation du corps et des rayons. Ce genre comprend huit espèces qui colonisent notamment les cours d'eau du Cameroun et du Congo (Poll, 1967 ; Stiassny *et al.*, 2007 ; AquaPortail, 2011 ; Fishpedia, 2013).

I-3-2-4- Zoogéographie

Dans l'ordre des Characiformes, la famille des Alestidae est la seule qui est présente à la fois en Amérique et en Afrique. En Afrique les individus de ce taxon se retrouvent dans toute la zone intertropicale. Ils peuplent notamment les Bassins du Tchad, de la Guinée, du Niger, du Congo, du Zaïre, le Nil, le Zambèze et de nombreux grands lacs africains tels les lacs Victoria, Tanganyika et Turkana (Paugy, 2011).

Ces poissons peuplent les fleuves côtiers du Sud Cameroun (Ntem, Lokoundje, Campo, Nyong...), la Sanaga et de nombreux autres affluents des grands fleuves du Cameroun (**Stiassny et al.**, 2007).

I-3-3- Famille Hepsetidae : genre *Hepsetus* Swainson, 1838

Les poissons Hepsetidae ou brochets africains forment une famille très proche de celle des poissons Alestidae (**Stiassny et al.**, 2007). Ses représentants se retrouvent exclusivement en Afrique et sont tous regroupés au sein du genre *Hepsetus* et de l'espèce *Hepsetus odoe*. Il s'agit donc d'un groupe monogénérique et monospécifique dont les membres présentent des dents sur tout le maxillaire, un os ectoptérygoïde accessoire et un supraopercule traversé par un canal sensoriel (**Roberts**, 1969). Ce genre se définit par un corps allongé, entièrement recouvert d'écaillés cycloïdes, un long museau, une grande bouche et les mâchoires recouvertes de dents coniques disposées sur trois rangées. Il existe un repli dermique triangulaire sur la mâchoire inférieure et arrondi sur la mâchoire supérieure ; les narines sont rapprochées. Ce genre est signalé dans la plupart des bassins de l'Afrique Centrale et de l'Afrique de l'Ouest. En raison de sa taille assez considérable, les spécimens de ce taxon sont grandement commercialisés en Afrique mais l'élevage reste cependant peu pratiqué (**Greenwood**, 1966 ; **Moriarty**, 1983 ; **Stiassny et al.**, 2007 ; **Paugy**, 2011).

CHAPITRE II :
CADRE GEOGRAPHIQUE,
MATERIEL ET METHODES

II-1- Cadre géographique

L'étude a été réalisée dans les bassins du Nyong rattaché au plateau sud-camerounais et de la Dibamba, situé dans la plaine côtière.

II-1-1- Plateau sud-camerounais

Le plateau sud-camerounais s'étend du 2^{ème} au 6^{ème} parallèle nord et du 10^{ème} au 16^{ème} méridien est. Il couvre près de la moitié de la superficie du pays soit 225 100 Km² (**Morin**, 1979), avec une altitude moyenne de 600 m. Il est relevé à sa limite nord et s'abaisse progressivement vers l'est et le sud pour se terminer par un abrupt dans sa partie limitrophe avec la plaine côtière et la cuvette du Congo (**Olivry**, 1986). Le relief du plateau sud-camerounais n'est pas uniforme. Le sud-ouest est caractérisé par un relief assez accidenté présentant des collines séparées de vallées jalonnées d'inselbergs. Le sud-est est une pénéplaine qui descend en pente faible vers la cuvette du Congo. Les cours d'eau (Dja, Boumba et Sangha) ont taillé le plateau en creusant de larges vallées. Au nord de la Sanaga, le plateau sud-camerounais se relève jusqu'à 900 m au contact de l'Adamaoua. Le relief est accidenté à cause de la présence de plusieurs massifs. Le climat équatorial de type guinéen règne sur l'ensemble du plateau sud-camerounais. La végétation est principalement constituée d'une forêt ombrophile ; on y rencontre également la savane. Le plateau sud-camerounais est entièrement occupé par les Bantous et les Pygmées. Sa partie ouest est plus peuplée que sa partie est, mais la population augmente au fur et à mesure que l'on se rapproche de la savane. Les principales cultures vivrières sont le manioc et la banane plantain. Les cultures de rente sont constituées du cacao, du café, de la canne à sucre et du tabac. Cette partie du territoire camerounais est inappropriée à l'élevage bovin à cause de la présence de la mouche tsé-tsé, mais l'élevage du petit bétail et de la volaille y est pratiqué.

II-1-1-1- Bassin du Nyong

Le bassin du Nyong présente une physionomie hétérogène. Son cours supérieur est marqué par des vastes zones marécageuses dues à la présence des pentes extrêmement faibles (d'environ 0,1%) avec un relief très mou tandis que le cours inférieur est marqué par des chutes avec une pente moyenne (6,7%). Il reçoit les affluents tels que le So'o (affluent le plus important), le Mfoumou, la Mefou, l'Akono, le Maloume, l'Ato, le Koumbala, le Soumou et la Kélé, son plus long tributaire (**Morin**, 1979 ; **Olivry**, 1986). Les poissons issus de ce bassin ont été capturés dans le fleuve Nyong et les rivières Mefou et Akono (Figure 5).

II- 1-1-1-1- Fleuve Nyong

C'est le deuxième plus important fleuve entièrement inclus dans le territoire camerounais après la Sanaga. Il est compris entre les parallèles 2°48'N et 4°32'N et les méridiens 9°54'E et 13°30'E. Ce fleuve est orienté entre les directions EO et ENE-OSO. Le Nyong a une longueur d'environ 520 Km et prend sa source à environ 40 Km à l'est de la ville

d'Abong-Mbang à 690 km d'altitude. La largeur de son bassin varie en fonction des localités. Elle est comprise entre 40 km (Makak) et 120 km (Yaoundé), avec une moyenne d'environ 70 Km (**Olivry, 1986**). Le Nyong a un débit d'environ 443 m³/s. La température moyenne de l'eau varie de 20 à 24° C et le pH moyen est de 6,2. La coloration de l'eau est sombre en saison sèche mais claire en saison pluvieuse. La superficie du bassin du Nyong est d'environ 27800 km² (**Olivry, 1986**).

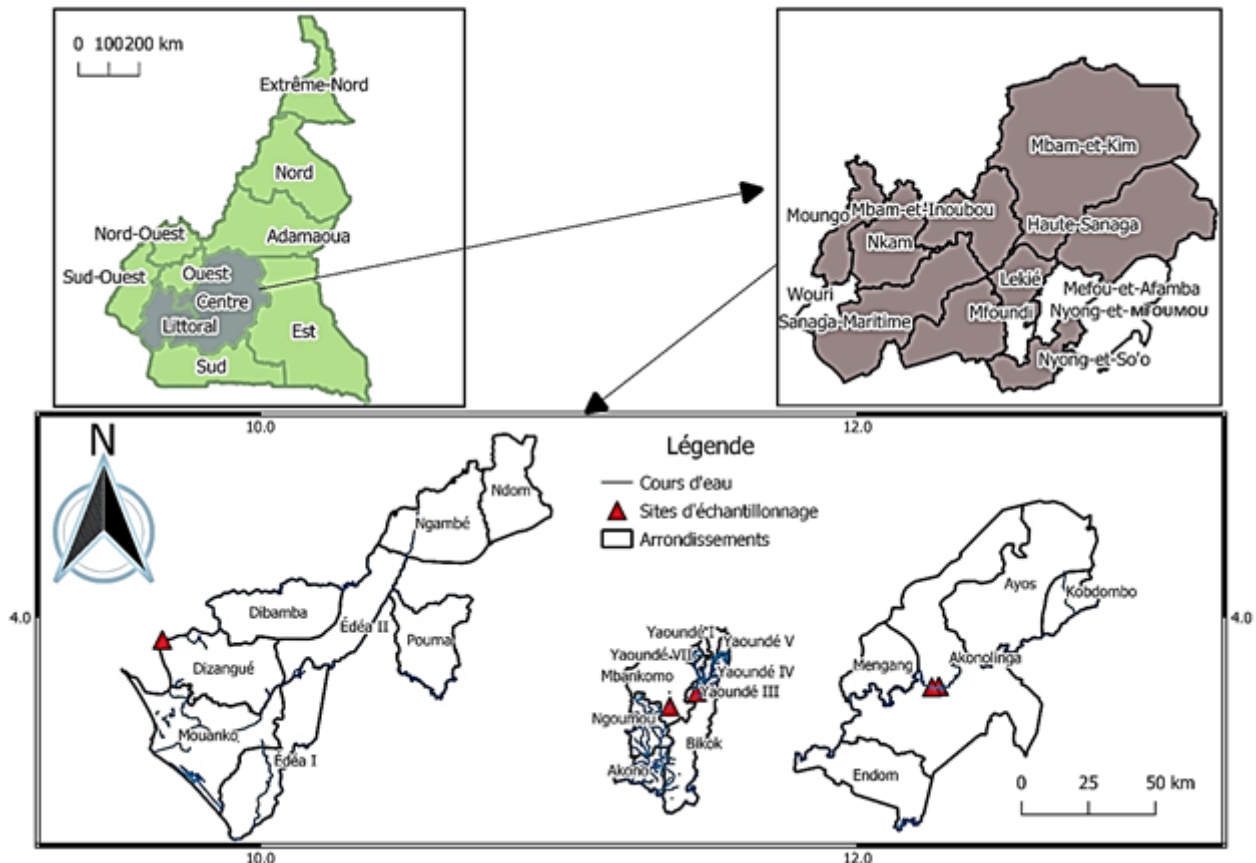


Figure 5. Différents sites de capture des poissons au cours de l'étude (**Ndongo, 2023**)

Tous les échantillons de ce fleuve ont été capturés dans le Département du Nyong et Mfoumou, Arrondissement d'Akonolinga dont le Centre a pour coordonnées géographiques 3°46'00'' N et 12°15'00'' E (Figure 5). C'est une ville située à environ 160 Km de Yaoundé (donnée routière). L'Arrondissement d'Akonolinga est soumis au climat subéquatorial chaud et humide avec quatre saisons de longueurs variables au cours d'une année (**Olivry, 1986**) : une grande saison des pluies qui couvre les mois de mars à juin ; une petite saison sèche qui va de juillet à août ; une petite saison des pluies qui s'étale de septembre à novembre et une grande saison sèche, de novembre à février. La pluviométrie annuelle varie de 1215 mm à 1800 mm. La température moyenne se situe entre 24,75°C et 25,25°C. La population est essentiellement composée de cultivateurs, de commerçants et de pêcheurs. Akonolinga est caractérisé par une forêt secondaire composée de nombreuses plantations et d'arbres fruitiers. Les principales cultures vivrières qu'on y rencontre sont : *Xanthosoma sagittifolium* (macabo), *Manihot esculenta* (manioc) et *Arachis hypogaea* (arachide). Les sites de capture (figure 5) sont

localisés au niveau du pont d'Akonolinga, des quartiers Sombo et Melan en plein centre-ville et au village Ngombi.

Sombo et Melan sont symétriques par rapport au pont du Nyong qui a pour coordonnées géographiques $3^{\circ}46'10,53''\text{N}$; $12^{\circ}14'49,062''\text{E}$. Sombo, de coordonnées géographiques $3^{\circ}46'13,548''\text{N}$; $12^{\circ}16'27,612''\text{E}$, est situé en amont du fleuve alors que Melan de coordonnées géographiques $3^{\circ}46'11,424''\text{N}$; $12^{\circ}16'22,236''\text{E}$, se trouve en aval. Le village Ngombi (figure 6), dont les coordonnées géographiques sont $3^{\circ}46'00''\text{N}$ et $12^{\circ}15'00''\text{E}$ se trouve à environ 15 km du centre-ville d'Akonolinga (Données routières).

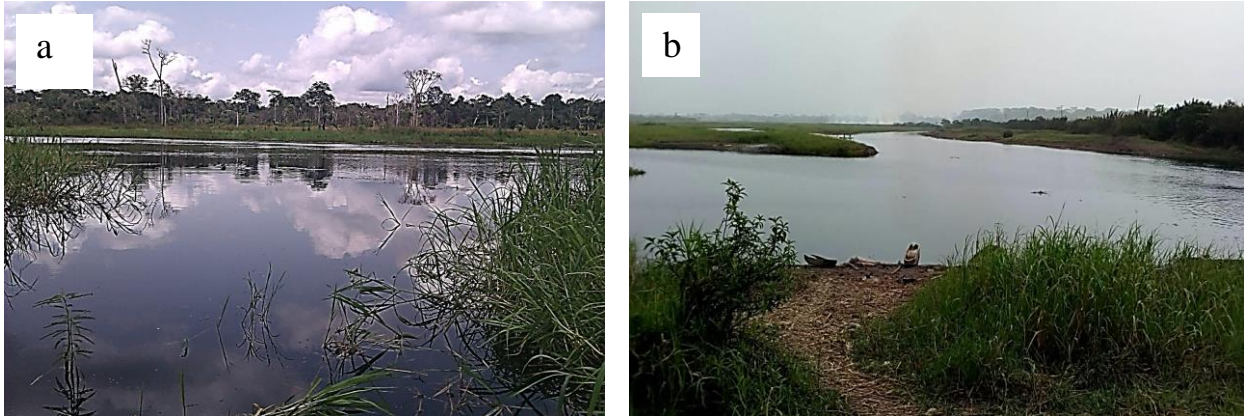


Figure 6. Photographies des points de récolte sur le Nyong (Ndongo, 2022)
a =Akonolinga Centre; b = village Ngombi

II-1-1-1-2- Rivière Mefou

La Mefou est un affluent de la rive droite du Nyong. Son bassin versant a une longueur d'environ 35 km, une altitude allant de 650 à 1200 m et couvre une surface d'environ 840 Km². Il est situé sous les latitudes $3^{\circ}32'60''\text{N}$; $3^{\circ}58'51,96''\text{N}$ et les longitudes $11^{\circ}21'18,72''\text{E}$; $11^{\circ}38'43,08''\text{E}$. Les principaux affluents de la Mefou sont : le Mfoundi (qui couvre une superficie de 90 km² et draine la partie la plus urbanisée du bassin), l'Anga'a, le Nga et l'Ossongoué qui couvrent une superficie de 54 km², 51 km² et 43 km² respectivement (Jourdan, 2020 ; Njogi Bella, 2020).

Dans sa partie nord-ouest, ce bassin a un relief marqué par de hautes collines ayant chacune une altitude supérieure à 1000 m. Les bas-fonds se rencontrent plus en aval du bassin et aux environs du Mfoundi. Les larges zones inondables s'observent le long du réseau hydrographique et sont dues aux faibles pentes de 1‰ et 5‰ (Jourdan, 2020).

Les sols sont ferralitiques (rouges et jaunes à texture argileuse avec un pH inférieur à 5,5) au sommet des versants et hydromorphiques (argilo-sableux issus des colluvions des pentes et des alluvions des rivières) dans les vallées et les bas-fonds (Santoir, 2022).

Les captures sur la Mefou ont été effectuées à Afanoyo'o, dans le Département du Mfoundi, l'Arrondissement de Yaoundé 3. Ce village est situé à 52 km (données routières) du centre-ville de Yaoundé. Le site de récolte (figure 7) de coordonnées géographiques $3^{\circ}44' 60''\text{N}$; $11^{\circ}27'$

51''E est situé dans une forêt secondaire hémi ombrophile, stratifiée et composée d'un sous-bois, d'arbustes et de grands arbres. Les sterculiacées (cacaoyers), maracées (caoutchouc), ulmées (ormes), fougères aquatiques, raphias et ficus sont les végétaux qui y prédominent (Letouzey, 1968 ; Jourdan, 2020). La couleur de l'eau est sombre probablement à cause des déchets issus des habitations, et des usines environnantes (Cimencam, usine de traitement des eaux, stations services, entreprises de fabrication d'adhésifs, encres et colorants).



Figure 7. Vue partielle du site d'échantillonnage sur la Mefou (Ndongo, 2023)

II-1-1-1-3- Rivière Akono

La rivière Akono est un affluent de la rive droite du Nyong qu'il rejoint au Km 421. Les caractéristiques de son bassin versant sont très proches de celles de la Mefou (Olivry, 1986). L'échantillonnage sur ce bassin versant s'est déroulé dans la localité de Binguéla, de coordonnées géographiques 3°46'00'' N ; 11°24'00'' E, située dans l'Arrondissement de Mbankomo, Département de la Mefou et Akono, Région du Centre-Cameroun. Le site retenu pour la récolte des poissons (figure 8) a pour coordonnées géographiques 3°42'8''N ; 11°22'21''E.



Figure 8. Vue partielle de la rivière Akono à Binguéla (Ndongo, 2022)

II-1-2- Plaine côtière

Située dans le golfe de Guinée, la plaine côtière est divisée en trois grands ensembles physiques qui couvrent les Régions du Sud-Ouest et du Littoral. 1) Les basses terres du nord du mont Cameroun comprennent la cuvette de Mamfé, drainée par la Manyu. Elle est adossée sur les massifs de Bamenda, les Bamboutos et les Rumpi Hills. Cette partie de la plaine côtière englobe également le delta marécageux du Rio Del Rey où pousse la mangrove. 2) Le bassin de Douala qui correspond au plus vaste ensemble de la plaine côtière est constitué par les grandes trouées qui englobent les estuaires du Wouri, de la Sanaga et du Nyong. 3) Les bas plateaux constitués d'une succession de collines dont l'altitude varie entre 300 et 500 m. La plaine côtière est baignée par l'océan Atlantique et les alizés océaniques. Le climat équatorial de type camerounien y prédomine, avec des températures constamment élevées. La population est constituée de Bantous et de Pygmées. Parmi les Bantous, on compte les Bassa, Bakoko, Batanga, Bakossi, Balong, Bakwerea, Douala, Fang, Malimba, Ngumba et les Pongo. L'agriculture est dominée par les vastes plantations capitalistes de bananiers, d'hévéa, de thé, de palmier à huile, d'ananas créées par de grosses entreprises et les firmes multinationales comme CDC, SOCAPALM, HEVECAM. Il existe également de petites exploitations paysannes consacrées surtout à la culture du café, du cacao et des cultures vivrières. L'élevage du petit et du gros bétail est insignifiant mais celui de la volaille est très développé. La pêche qui bénéficie du vaste littoral se pratique de façon artisanale ou industrielle. La plaine côtière est le poumon industriel du Cameroun. Toutes les grandes entreprises y sont installées et opèrent dans la pré-transformation, la cimenterie, la métallurgie, le montage, la consommation, la fabrication chimique (Suchel, 1987).

II-1-2-1- Bassin de la Dibamba

Le bassin de la Dibamba a une superficie d'environ 2400 km² pour une longueur de 68 km. Ce fleuve côtier est situé au sud du bassin du Wouri et traverse une région constituée de collines à l'ouest de la Sanaga inférieure et de Ngambé au sud de Yingui. Les deux principaux affluents de ce fleuve sont l'Ebo et l'Ekem. Les précipitations annuelles sont estimées à 2660 mm et le débit moyen est compris entre 400 et 420 m³/s. Ce fleuve est soumis dans son bief aval à l'influence des marées et la salinité de son eau peut atteindre 0,8 g/litre (Olivry, 1986).

Le site retenu pour la récolte des hôtes sur ce bassin (figure 9) a pour coordonnées géographiques 3°55' 31''N ; 9°40' 21''E. Il est situé à quelques mètres du pont sur la Dibamba dans le Département de la Sanaga-Maritime, Arrondissement de Dibamba. Ce pont relie le petit village côtier Dibamba composé de pêcheurs et des creuseurs de sable au quartier Yassa de la ville de Douala.



Figure 9. Vue partielle de la zone d'échantillonnage sur la Dibamba (Ndongo, 2023)

II-2- Matériel et méthodes

II-2-1-Espèces hôtes

Les poissons retenus pour cette étude appartiennent aux familles Alestidae ou characins africains et Hepstidae ou brochets africains. Ces familles sont composées essentiellement d'espèces dulcicoles. Leurs positions systématiques tirées de **Stiassny et al.** (2007) et **AquaBase** (2024) sont les suivantes :

Règne : Animalia

Embranchement des Chordata

Sous-embranchement des Vertebrata

Super-classe des Osteichthyens

Classe des Actinopterygii

Sous-classe des Neopterygii

Infra-classe des Teleostei

Super-ordre des Ostariophysi

Ordre des Characiformes

Famille des Alestiidae (Cockerell, 1910)

Genre : *Brycinus* Valenciennes, 1849

Genre : *Phenacogrammus* (Eigenmann, 1907)

Famille : Hepstidae (Hubbs, 1939)

Genre : *Hepsetus* Swainson, 1838

II-2-1-1- Genre *Brycinus* Valenciennes, 1849

II-2-1-1-1- *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849

Les spécimens de cette espèce ont une longueur maximale de 530 mm et une masse maximale de 2900 g (Paugy, 1986). Contrairement à la plupart des characidés, cette espèce ne présente pas de dimorphisme sexuel. *Brycinus macrolepidotus* (figure 10) ne présente ni paupières ni frontanelle fronto-pariétale. Elle possède une tache humérale et une tache pré-caudale noire qui s'étend en partie sur les rayons médians de la nageoire caudale. Chez les jeunes, il existe une tache blanche au-dessus du pédoncule caudal. Cette espèce se retrouve dans toute l'Afrique intertropicale notamment au Cameroun, au Gabon et en Guinée. Il a un régime alimentaire omnivore mais se nourrit principalement de petites plantes, de crustacés et même d'alevins. Sa culture est courante et ancienne en Côte d'Ivoire (Paugy, 1986 ; Stiassny *et al.*, 2007).



Figure 10. Photographie de *Brycinus macrolepidotus* (Ndongo, 2022)

II-2-1-1-2- *Brycinus kingsleyae* Günther, 1896

La longueur standard maximale de ce poisson est de 166 mm. Les jeunes spécimens présentent une fontanelle fronto-pariétale qui diminue au fur et à mesure que le poisson grandit pour disparaître à l'âge adulte. Les branchiospines sont fines et assez courtes, l'os supra-orbitaire est bien développé. *Brycinus kingsleyae* (figure 11) possède une tache humérale très

nette localisée sur la troisième écaille post operculaire. Les huit dents de la première rangée prémaxillaire sont situées sur la même ligne. Sur chaque flanc de cette espèce on observe une bande longitudinale noire très contrastée qui s'étend du milieu de la nageoire dorsale rayonnée jusqu'à l'adipeuse. Cette bande, plus large en avant qu'en arrière couvre environ une rangée d'écailles.



Figure 11. Photographie de *Brycinus kingsleyae* (Ndongo, 2022)

Brycinus kingsleyae présente un dimorphisme sexuel observable au niveau de la forme de la nageoire anale. Sa répartition géographique est vaste (fleuves du Cameroun, Gabon, Congo...). Au Cameroun, il se retrouve principalement dans les fleuves du Sud comme le Nyong et le Ntem. Ce Téléostéen se nourrit essentiellement d'insectes et de crustacés aquatiques (Paugy, 1986 ; Stiassny *et al.* 2007 ; Brummett *et al.*, 2010).

II-2-1-2- Genre *Phenacogrammus* (Eigenmann, 1907) : *Phenacogrammus major* (Boulenger, 1903)

Ce characin africain a une longueur standard maximale de 95 mm. Son corps est comprimé latéralement et robuste. Le museau est supérieur avec la mâchoire inférieure proéminente. Les flancs sont argentés et le bord des écailles du dos est souvent pigmenté. La nageoire anale a 18 à 22 rayons. La nageoire dorsale adipeuse est importante, son bord postérieur dépassant la verticale du milieu du pédoncule caudal. La ligne longitudinale compte 24 à 26 écailles. Chez les spécimens vivants, la nageoire dorsale adipeuse est rouge ou rouge-violet chez les mâles. La pointe des nageoires ventrales est noire. Les autres nageoires sont jaunâtres ou grisâtres. Chez *Phenacogrammus major* (figure 12), la majorité des individus porte une tache humérale.



Figure 12. Photographie de *Phenacogrammus major* (Ndongo, 2022)

Cette espèce se retrouve en basse Guinée. Au Cameroun, elle est présente dans le bassin du Nyong, le Ntem, la Sanaga et dans le Dja (Paugy, 1986 ; Stiassny *et al.*, 2007).

II-2-1-3- Genre *Hepsetus* Swainson, 1838 : *Hepsetus odoe* Block, 1794

Le brochet africain (figure 13) a une longueur standard maximale pouvant atteindre 70 cm et une masse corporelle maximale de 4000 g. Son corps est allongé avec 45 à 49 vertèbres, 9 à 15 branchiospines sur le cératobranchial et 3 à 12 sur l'épibranchial. De façon générale, la longueur standard représente 4 à 5 fois la hauteur du corps et 3 à 4 fois la longueur de la tête. Sa coloration est brunâtre au niveau du dos et blanche au niveau du ventre. Les individus adultes présentent des bandes verticales sombres au niveau des flancs et de petites taches noires sur les nageoires impaires. L'œil de *Hepsetus odoe* a une partie supérieure orangée. Cette espèce est signalée dans la majorité des fleuves de la Basse Guinée. Au Cameroun on la retrouve notamment dans le Wouri, le Nyong, la Sanaga, la Kienké et le Ntem (Greenwood *et al.*, 1966 ; Roberts, 1969 ; Moriarty, 1983).



Figure 13. Photographie de *Hepsetus odoe* (Ndongo, 2023)

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

Les poissons ont été capturés par des pêcheurs locaux au moyen des filets épervier ou dormant à mailles 2 cm x 2 cm ou 1,5 cm x 1,5 cm en fonction de l'espèce recherchée, de l'état du cours d'eau et de la saison. Après décérébration, les poissons dont les parasites seraient utilisés pour les études morphologiques ont directement été conservés dans des glacières contenant des blocs de glace. Le reste a été fixé dans du formol dilué à 10 % après réalisation d'une boutonnière d'environ 1 cm de long à partir de la papille urogénitale pour les études écologiques. Les différents échantillons ont par la suite été transportés au Laboratoire de Parasitologie et Ecologie de l'Université de Yaoundé I où les poissons conservés dans la glace ont directement été transférés dans un congélateur.

II-2-3- Etude morphométrique des monogènes

II-2-3-1-Prélèvement des branchies et montage des monogènes

Au laboratoire, chaque holobranchie a été détachée après deux sections dont l'une dorsale et l'autre ventrale et placée dans une boîte de Pétri contenant de l'eau de robinet. A la loupe binoculaire de marque NOVEL, chaque filament branchial a été examiné et chaque monogène trouvé, a été détaché à l'aide d'une aiguille montée sur mandrin d'horloger et monté entre lame et lamelle dans une goutte de picrate d'ammonium glycéroiné encore appelé jaune de Malmberg (GAP) (**Malmberg**, 1957) qui a servi à colorer les différentes pièces sclérifiées. Chaque lame a été lutée 72h après avec une solution de vernis gel (**Bates**, 1997).

II-2-3-2-Photographies, mensurations et réalisation des dessins

Les photographies des monogènes ont réalisées au moyen d'un appareil photographique préalablement étalonné de marque Amscope version MU 408 et connecté à un microscope optique de marque YVYMEN. Les mesures des différentes pièces sclérifiées (figures 14 et 15) ont été réalisées à l'aide du logiciel Amscope, en suivant les recommandations de **Gussev** (1962), **Kičinjaová et al.** (2015) et **Řehulková et al.** (2019).

La nomenclature des crochets est celle adoptée à ICOPA IV (**Euzet et Prost**, 1981). Les différentes mensurations sont exprimées en μm sous la forme : moyenne (minimum-maximum) \pm erreur standard. Les différents dessins des pièces sclérifiées du haptère et des appareils reproducteurs mâle et femelle ont été réalisés à l'aide du logiciel Corel Draw X8 (Version 18.0 ; Corel Corporation).

II-2-3-3- Détermination du statut taxonomique de chaque espèce et conservation des lames

Les dessins et les mesures obtenues de chaque espèce de monogènes ont été par la suite comparés à ceux des autres espèces du même genre antérieurement décrites. L'identification générique d'une espèce s'est faite sur la base des critères de diagnose établis par **Paperna et Thurston** (1968 ; 1969). En effet, les *Annulotrema* sont distingués par leur haptère munis de 4

crochets (l'espace manche-garde forme un U au niveau des crochets ventraux et généralement un V au niveau des crochets dorsaux), 2 barres transversales et 7 paires de crochetons (les deux premières paires étant les plus petites) ; le prohaptor a 4 taches oculaires (les deux postérieures sont pourvues de cristallin) ; le tronc est marqué par des branches intestinales simples unies postérieurement, un testicule médian postérieur avec un appareil copulateur mâle formé d'un pénis et d'une pièce accessoire, l'ovaire est médian et prétesticulaire. Le genre *Characidotrema* se sépare des autres par son haptor avec 4 crochets réduits, une barre ventrale parfois pourvue des expansions latérales, 7 paires de crochetons (les deux premières en position antérieure) ; les deux branches de l'intestin se terminent en cul de sac à l'extrémité du corps. Pour déterminer si une espèce était déjà décrite (connue) ou pas (nouvelle), les données morphométriques de chacune d'elles ont été comparées à celles de chacune des 48 espèces du genre *Annulotrema* et des 13 du genre *Characidotrema* (Kičinjaová *et al.* 2018 ; Řehulková *et al.* 2019).

Des lames servant d'holotypes ou de paratypes, ont été déposées au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN). Le reste des lames a été conservé au Laboratoire de Parasitologie et Ecologie de l'Université de Yaoundé I pour des besoins ultérieurs. Les espèces considérées comme nouvelles ont été enregistrées sur le site de Zoobank sous le lien d'enregistrement suivant : urn:lsid:zoobank.org:act:BB687A6C-8359-4F75-9DA1-14C5B9C31A87.

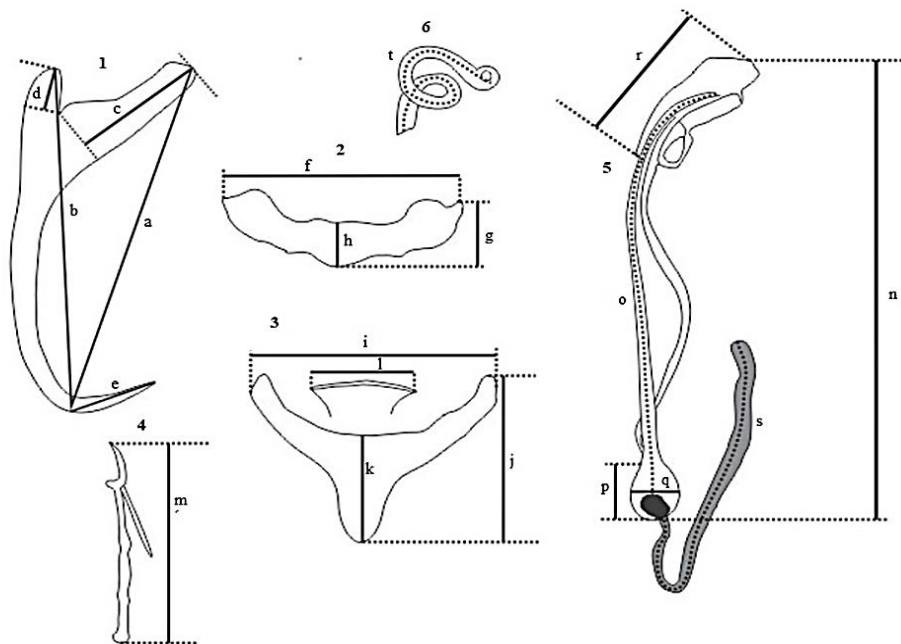


Figure 14. Méthode de mensuration des pièces sclérifiées des espèces du genre *Annulotrema*

Légende : (1) crochet : a = longueur interne, b = longueur externe, c = longueur de la garde, d = longueur du manche, e = longueur de la pointe ; (2) barre transversale ventrale : f = longueur totale, g = épaisseur totale, h = épaisseur médiane ; (3) barre transversale dorsale : i = longueur totale, j = épaisseur totale, k = épaisseur médiane, l = longueur de la pièce sclérotisée médiane ; (4) crochetons : m = longueur totale ; (5) organe copulateur mâle : n = longueur totale, o = longueur du tube copulateur, p = longueur de la pièce basale, q = diamètre de la pièce basale, r = longueur de la cape de la pièce accessoire, s = longueur du tube du réservoir prostatique ; (6) vagin : t = longueur du tube.

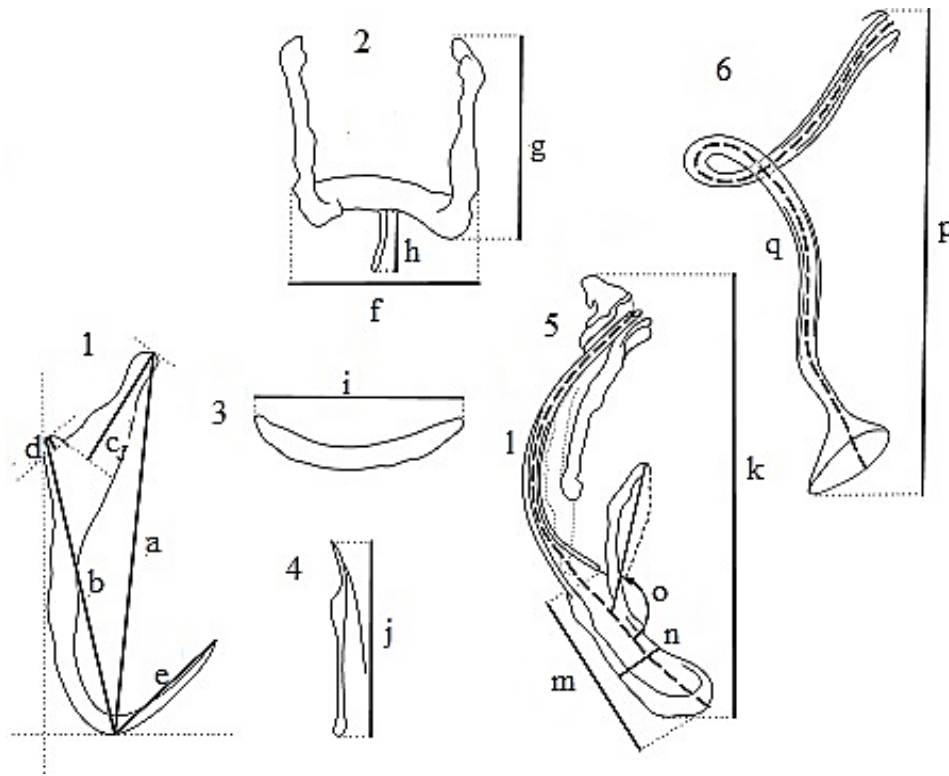


Figure 15. Méthode de mensuration des pièces sclérifiées des espèces du genre *Characidotrema* (Řehulková *et al.*, 2019 ; modifié)

Légende : (1) crochet : a = longueur interne, b = longueur externe, c = longueur de la garde, d = longueur du manche, e = longueur de la pointe ; (2) barre transversale ventrale : f = longueur totale, g = épaisseur totale, h = longueur du prolongement postérieur ; (3) barre transversale dorsale : i = longueur totale ; (4) crochetons : j = longueur totale ; (5) organe copulateur mâle : k = longueur totale, l = longueur du tube copulateur, m = longueur de la pièce basale, n = diamètre de la pièce basale, o = angle formé par le prolongement basal de l'organe copulateur mâle ; (6) vagin : p = longueur totale, q = longueur du tube.

II-2-4- Etude écologique des monogènes

II-2-4-1- Mensurations, détermination du sexe du poisson et évaluation du nombre de filaments branchiaux

Dans l'ensemble 390 poissons ont été examinés dans le cadre des études sur l'écologie. Chaque spécimen hôte a été lavé afin d'éliminer l'excédent de formol. A l'aide d'une règle graduée au millimètre près, sa longueur standard (longueur allant du bout du museau jusqu'au début de la nageoire caudale du poisson) a été déterminée. La masse corporelle totale a par la suite été évaluée à l'aide d'une balance sensible au milligramme près de marque CAMRY model EHA 251. Le sexe du poisson a alors été identifié soit à l'œil nu soit à la loupe binoculaire après examen des gonades. En effet, les spécimens de sexe mâle présentent des gonades lisses alors que les femelles ont des gonades à texture granuleuse. L'opercule de chaque côté du poisson a été ôté à l'aide d'une pince fine et des ciseaux fins, les quatre holobranchies ont été prélevées et placées dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau de robinet et étiquetées de I à IV du numéro correspondant à chaque arc.

A la loupe binoculaire de marque NOVEL, le nombre de filaments par hémibranchie (antérieure et postérieure) de chacune des quatre holobranchies (I, II, III et IV) a été compté de l'extrémité ventrale vers l'extrémité dorsale.

Après avoir testé plusieurs types d'ajustements à l'aide du tableur Excel 2016, la courbe présentant le meilleur ajustement (c'est-à-dire celle ayant le coefficient de régression R^2 le plus petit) a été retenue et les équations ont été générées.

II-2-4-2- Détermination du site de fixation

La détermination le site de fixation d'un monogène a consisté à préciser le côté (gauche ou droite), l'holobranchie (gradient transversal), l'hémibranchie (gradient latéral), le secteur (gradient longitudinal) et la zone (gradient vertical) parasités. Ainsi, à la loupe binoculaire, chaque hémibranchie (antérieure ou postérieure) a été divisée en cinq secteurs sur la base du nombre de filaments branchiaux. Pour un secteur, chaque filament parasité a été virtuellement divisée en trois zones équidistantes afin de déterminer laquelle hébergeait le parasite (Figure 16).

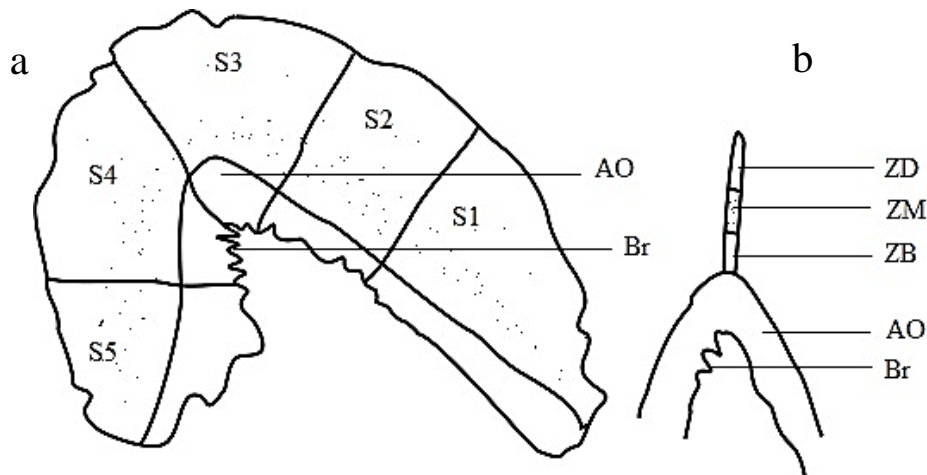


Figure 16. Divisions sectorielle et zonale de la branchie d'un Alestidae (Ndongo, 2022)

Légende : a = arc branchial ; b = filament branchial, Br = branchiospine, AO = arc osseux ; S1 = secteur ventral, S2 = secteur médio-ventral ; S3 = secteur médian, S4 = secteur médiodorsal ; S5 = secteur dorsal ; ZB = zone basale ; ZM = zone médiane ; ZD = zone distale.

II-2-4-3- Montage des monogènes et identification des espèces

Chaque monogène observé a été isolé à l'aide d'une aiguille montée et déposé individuellement sur une lame porte-objets au moyen d'une micropipette. L'excédent d'eau a été éliminé à l'aide du papier buvard ou d'une seringue à insuline et la préparation a été recouverte d'une lamelle couvre-objets.

Au microscope optique de marque YVYMEN, chaque préparation a été examinée à différents objectifs (x10, x20, x40 et x100). Sur la base des pièces sclérifiées du haptère et de l'appareil reproducteur, chaque monogène récolté a été comparé aux espèces antérieurement décrites ceci a rendu possible la détermination spécifique.

II-2-5- Analyses statistiques

Les différents tests statistiques ont été réalisés à l'aide des logiciels PAST version 3.12, SPSS version 28.0.1 et R version 4.2.1. Le test de Shapiro-Wilk a révélé une distribution anormale de nos différents échantillons ; suscitant ainsi l'utilisation des tests non paramétriques.

II-2-5-1- Test d'indépendance du χ^2 (chi deux)

Le test du chi carré a été utilisé pour comparer les prévalences et les proportions provenant des échantillons non appariés.

II-2-5-2- Test H de Kruskal-Wallis

C'est un test non paramétrique qui nous a permis de comparer les intensités moyennes de plus de deux échantillons.

II-2-5-3- Test U de Mann Whitney

Nous avons utilisé ce test non paramétrique dans le but de comparer les intensités moyennes provenant des échantillons non appariés.

Pour toutes les analyses, nous avons retenu un degré de certitude égal à 95% autrement dit, le résultat a été statistiquement significatif si la probabilité $P < 0,05$.

II-2-5-4- Analyse en composantes principales (ACP)

Pour vérifier si les variables utilisées sont suffisantes pour séparer les espèces du genre *Annulotrema*, vingt-trois (23) variables (tableau II) ont été retenues. Chacune de ces mesures a été transformée en ratio en divisant chacune d'elles par la taille du crocheton II. Ce crocheton est celui dont la taille varie le moins quelles que soient les dimensions de l'animal. Les variables prises sur l'animal entier n'ont pas été considérées dans cette étude afin de minimiser l'influence de la taille sur la longueur des pièces.

L'ACP a été utilisée pour établir les liens morphométriques entre les espèces parasites sur la base des 23 variables retenues dans la description des différentes espèces. Elle a aussi servi à visualiser l'influence de certains facteurs sur le parasitisme. Il s'agit d'une méthode d'analyse factorielle descriptive qui traite des données quantitatives ou qualitatives ordinales. Elle a pour objectif de visualiser sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données rectangulaires avec n lignes et p colonnes. Chaque ligne représente un individu et chaque colonne représente une variable. Elle permet d'étudier la variabilité entre les individus et les liaisons entre les variables retenues (**Guerrien**, 2003). L'ACP a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 26 en respectant les conditions suivantes

- déterminant de la matrice de corrélation $\neq 0$ et $\neq 1$;
- indice KMO $> 0,05$;
- test de sphéricité de Barlett $< 0,05$.

Tableau II : Variables considérées dans l'analyse en composantes principales (ACP)

| | | |
|-----------------|------------|---|
| 1 | OCM | Longueur de l'organe copulateur mâle |
| 2 | I | Longueur du crocheton I |
| 3 | III | Longueur du crocheton III |
| 4 | IV | Longueur du crocheton IV |
| 5 | V | Longueur du crocheton V |
| 6 | VI | Longueur du crocheton VI |
| 7 | VII | Longueur du crocheton VII |
| Barre ventrale | BV | |
| 8 | LBV | Longueur totale |
| 9 | EBV | Epaisseur totale |
| 10 | EMBV | Epaisseur médiane |
| Barre dorsale | BD | |
| 11 | LBD | Longueur totale |
| 12 | EBD | Epaisseur totale |
| 13 | EMBD | Epaisseur médiane |
| Crochet Ventral | CV | |
| 14 | CVI | Longueur interne |
| 15 | CVE | Longueur externe |
| 16 | CVG | Longueur de la garde |
| 17 | CVM | Longueur du manche |
| 18 | CVP | Longueur de la pointe |
| Crochet dorsal | CD | |
| 19 | CDI | Longueur interne |
| 20 | CDE | Longueur externe |
| 21 | CDG | Longueur de la garde |
| 22 | CDM | Longueur du manche |
| 23 | DAP | Longueur de la pointe |

II-2-6- Relation taille-poids et coefficient de condition K

Les équations traduisant l'évolution de ces paramètres ont été générées à l'aide du tableur Excel 2016.

II-2-6-1- Relation taille-poids

La relation taille-poids a été évaluée selon **Le Cren** (1951) grâce à la formule $Pt = aL^b$ avec Pt = masse corporelle totale du poisson en gramme, L = longueur standard du poisson en centimètre, a = origine de la droite de régression, b = pente de la droite de régression encore appelée coefficient d'allométrie. Une transformation logarithmique de la forme $\text{Log } P = a + b\text{Log } L$ a permis de retrouver les valeurs des constantes a et b afin d'interpréter les résultats.

Si $b > 3$ l'allométrie est positive ; si $b < 3$ l'allométrie est négative alors que si $b = 3$, il y'a isométrie.

II-2-6-2- Coefficient de condition K

Le coefficient de condition de Fulton (**Fulton**, 1911) a été déterminé par la formule $K = 100 (Pt/L^3)$ avec ; Pt = masse (poids) corporelle totale du poisson en gramme, L = longueur standard du poisson en centimètre. Une valeur de K supérieure à 1 traduit l'embonpoint d'une espèce de poisson dans son habitat tandis qu'un K inférieur à 1 reflète une mauvaise croissance du poisson.

II-2-7- Sex-ratio et regroupement en classes des hôtes

- La sex-ratio (SR) a été déterminée selon **Kartas** et **Quignard** (1984) en utilisant la formule :
 $SR = \text{Nombre de mâles} / \text{Nombre de femelles}$.

- En se servant de la taille moyenne, les poissons de chaque population d'hôtes échantillonnée ont été scindés en deux classes ; une classe correspondant aux poissons de taille inférieure à la moyenne et une autre regroupant les poissons de taille supérieure à la moyenne.

II-2-8- Modèle de dispersion des monogènes

Le modèle de dispersion des espèces parasites a été déterminé selon **Anderson** et **Gordon** (1982). Cette méthode est basée sur le rapport de la variance sur l'abondance parasitaire moyenne. Si ce rapport est égal à 1 la distribution est normale, s'il est inférieur à 1 la distribution est sous-dispersée et s'il est supérieur à 1 la distribution est agrégée ou sur-dispersée.

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSION

III- 1-Résultats

III-1-1- Description/redescription des monogènes récoltés

Lors de cette étude, onze espèces de monogènes dont deux nouvelles pour la Science ont été récoltées sur les branchies des quatre espèces ichtyques retenues. Parmi ces espèces parasites neuf appartiennent au genre *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969 et deux au genre *Characidotrema* Paperna et Thurston, 1968.

III-1-1-1- Espèces du genre *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969

III-1-1-1-1- *Annulotrema ngombiensis* n. sp. (figures 17 et 18)

Hôte-type : *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849

Site d'infestation : Branchies

Localité-type : Nyong à Akonolinga - centre au niveau du pont (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49,062 E).

Autres localités : Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E) et à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E).

Prévalence : 87,5% (28 poissons parasités sur 32 examinés)

Matériel étudié : 40 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimens types : holotype MNHN HEL 1646, paratypes MNHN HEL 1647, MNHN HEL 1648

Description

La longueur totale du corps de l'animal (hapter inclus) est de 533 ± 85 (314-790) μm , la largeur est de 49 ± 9 (24-69) μm au niveau du pharynx et de $66 \pm 13,4$ (49-86) μm au niveau des ovaires. Le hapter est muni de 4 hamuli ou crochets (1 paire dorsale et 1 paire ventrale), 2 barres transversales et 14 crochetons marginaux.

Les crochets ventraux ont une garde robuste, environ trois fois plus longue que le manche avec lequel elle forme un angle d'environ 90°. La lame apparaît droite dans sa partie médiane, et se termine par un coude formant une courte pointe. Les mensurations (en μm) enregistrées sur ces pièces sont : longueur interne = $37 \pm 1,9$ (34-41) ; longueur externe = $35 \pm 2,0$ (30-39) ; longueur de la garde = $12 \pm 1,7$ (7-16) ; longueur du manche = $4 \pm 0,9$ (3-7) ; longueur de la pointe = $8 \pm 0,8$ (6-10).

Les crochets dorsaux apparaissent moins robustes que les ventraux (figure 17). Ils possèdent un manche réduit qui forme un V avec la garde et une lame dont la forme de la partie terminale rappelle celle des crochets ventraux. Les mensurations obtenues sur ces hamuli sont les suivantes : longueur interne = $42 \pm 2,3$ (36-46) μm ; longueur externe = $35 \pm 2,3$ (30-43) μm ; longueur de la garde = $15 \pm 2,2$ (5-18) μm ; longueur du manche = $5 \pm 0,9$ (3-7) μm ; longueur de la pointe = $7 \pm 0,7$ (5-9) μm .

La barre transversale ventrale a la forme d'un arc faiblement renflé à ses extrémités. Ses mensurations (en μm) sont les suivantes : longueur totale = $24 \pm 1,9$ (20-27) ; épaisseur totale = $6 \pm 0,9$ (5-9) ; épaisseur médiane = $4 \pm 0,8$ (3-7).

La barre transversale dorsale a la forme d'une fourche dont les bras sont sub-égaux et minces. Une structure sclérifiée triangulaire est visible au centre de la fourche. Cette barre se caractérise par les données suivantes : longueur totale = $23 \pm 1,5$ (20-28) μm ; épaisseur totale = $16 \pm 2,4$ (10-21) μm ; longueur de la pièce médiane = $9 \pm 2,2$ (7-11) μm ; épaisseur médiane = $10 \pm 1,3$ (6-12) μm .

Les 14 crochets marginaux présentent des filaments et les paires I et II sont les plus petites. La longueur (en μm) de chaque paire de crochets est la suivante : crochets I (médio-antérieurs) = $12 \pm 1,5$ (9-15) ; crochets II (médio-postérieurs) = $13 \pm 1,5$ (10-17) ; crochets III (latéro-dorsaux) = $16 \pm 2,5$ (12-24) ; crochets IV (latéro-dorsaux) = 18 ± 2 (13-22) ; crochets V (latéro-ventraux) = $21 \pm 0,6$ (17-25) ; crochets VI (latéro-ventraux) = $20 \pm 2,1$ (15-25) ; crochets VII (latéro-ventraux) = $17 \pm 0,4$ (13-21).

Le génitalia mâle (figures 17 et 18) débute par une ampoule basale piriforme. A cette ampoule, fait suite un tube copulateur arqué dont l'extrémité s'engage dans la partie terminale de la pièce accessoire. La pièce accessoire part de la base du tube copulateur, forme une lame incurvée qui se scinde en sa partie terminale pour donner une formation qui a l'allure d'une double capsule de $18 \pm 2,75$ (11-23) μm de long. Le réservoir prostatique est long et tubulaire. Il débute à l'intérieur de l'ampoule basale, ressort du côté distal de cette dernière, se coude pour former une structure en U et longe le tube copulateur sur environ $24 \pm 3,71$ (19-27) μm . Les caractéristiques métriques (en μm) de cette pièce sont les suivantes : longueur totale = $48 \pm 6,7$ (34-60) ; longueur du tube copulateur = $62 \pm 6,1$ (45-71) ; longueur de l'ampoule basale = $7 \pm 0,9$ (5-8) ; diamètre de l'ampoule basale = $5 \pm 0,6$ (4-6) ; longueur de la cape = $18 \pm 2,8$ (11-23) ; longueur du tube du réservoir prostatique = 35 ± 6 (26-49).

Le vagin, tubulaire et sinueux, forme généralement un nœud de 6 au tiers de sa longueur et se termine par une ouverture. La longueur du tube vaginal est de $26 \pm 3,6$ (21-33) μm .

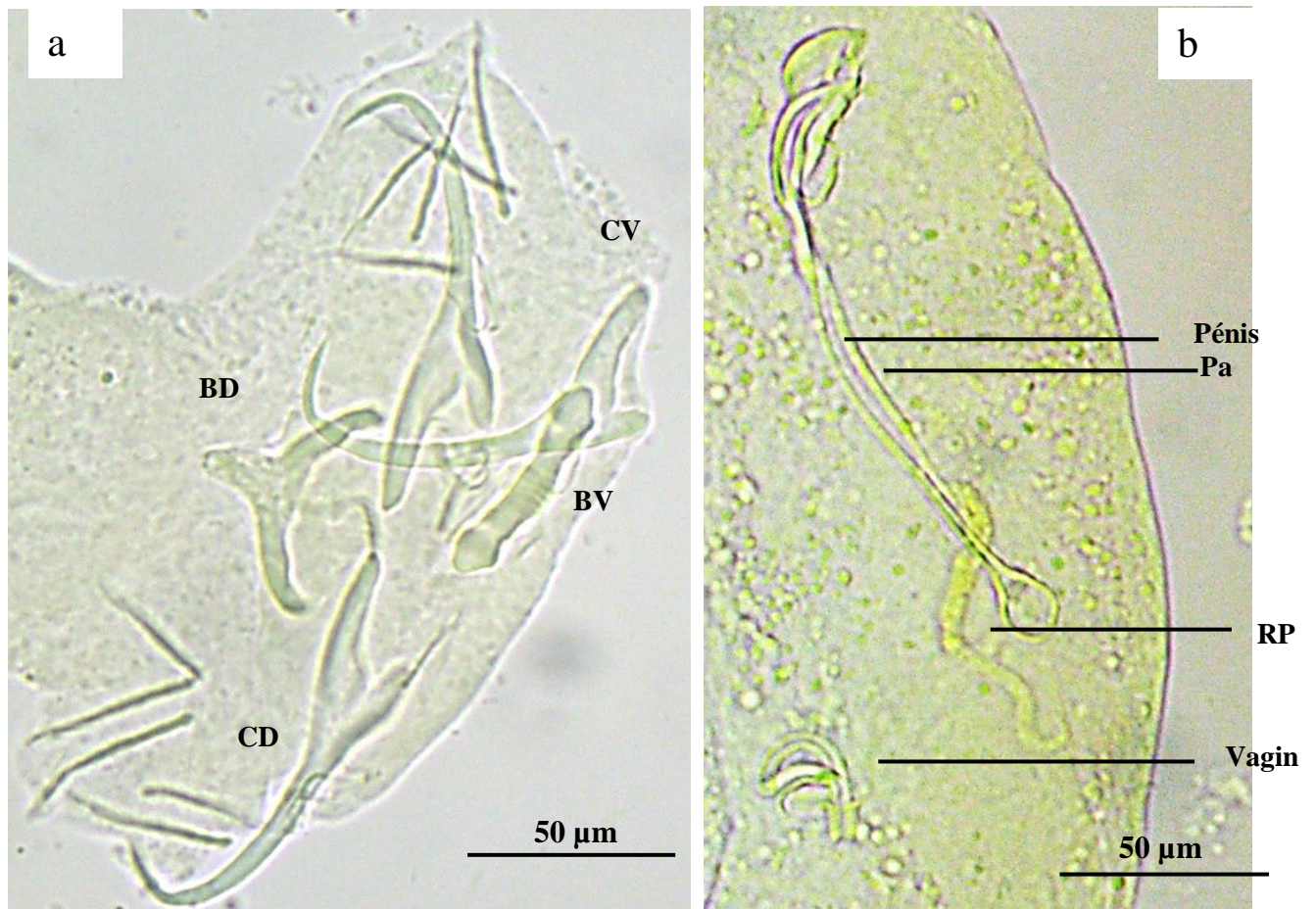


Figure 17. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

a = haptreur ; b = organes reproducteurs mâle et femelle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, RP = réservoir prostatique, Pa = pièce accessoire.

Remarque

L'espèce en cours de description présente des ressemblances avec *Annulotrema tenuicirra* Paperna, 1973 décrite sur les branchies de *B. macrolepidotus* en Ouganda. En effet, les deux espèces présentent une barre transversale dorsale qui a l'allure d'une fourche, un organe copulateur mâle avec un pénis allongé, une pièce accessoire qui forme dans sa partie terminale une cape et un réservoir prostatique visible attaché à la base de l'ampoule basale de l'organe copulateur mâle. Cependant, la barre ventrale est rectiligne chez *A. tenuicirra* mais forme un V chez notre espèce. En outre, chez l'espèce en cours de description, la barre dorsale a une base arrondie tandis qu'elle est triangulaire chez *A. tenuicirra*. Chez l'espèce décrite dans le présent travail, la partie terminale du tube copulateur demeure emprisonnée dans la pièce accessoire et le réservoir prostatique est tubulaire, allongé et parcourt le tube copulateur alors que chez l'espèce décrite par **Paperna** (1973), le tube copulateur traverse la pièce accessoire et le réservoir prostatique puis forme une masse ovale réduite à la base de l'ampoule.

La morphologie de l'appareil copulateur mâle de notre espèce se rapproche de celle de *Annulotrema elongata* Paperna et Thurston, 1969 retrouvé sur le système branchial de *Alestes*

baremoze en Ouganda. Cependant chez *A. elongata*, la pièce accessoire ne forme pas de cape. Par ailleurs, bien que la barre transversale dorsale des deux espèces soit fourchue, celle de *A. elongata* présente une extension inférieure qui n'existe pas chez le parasite de *B. macrolepidotus*.

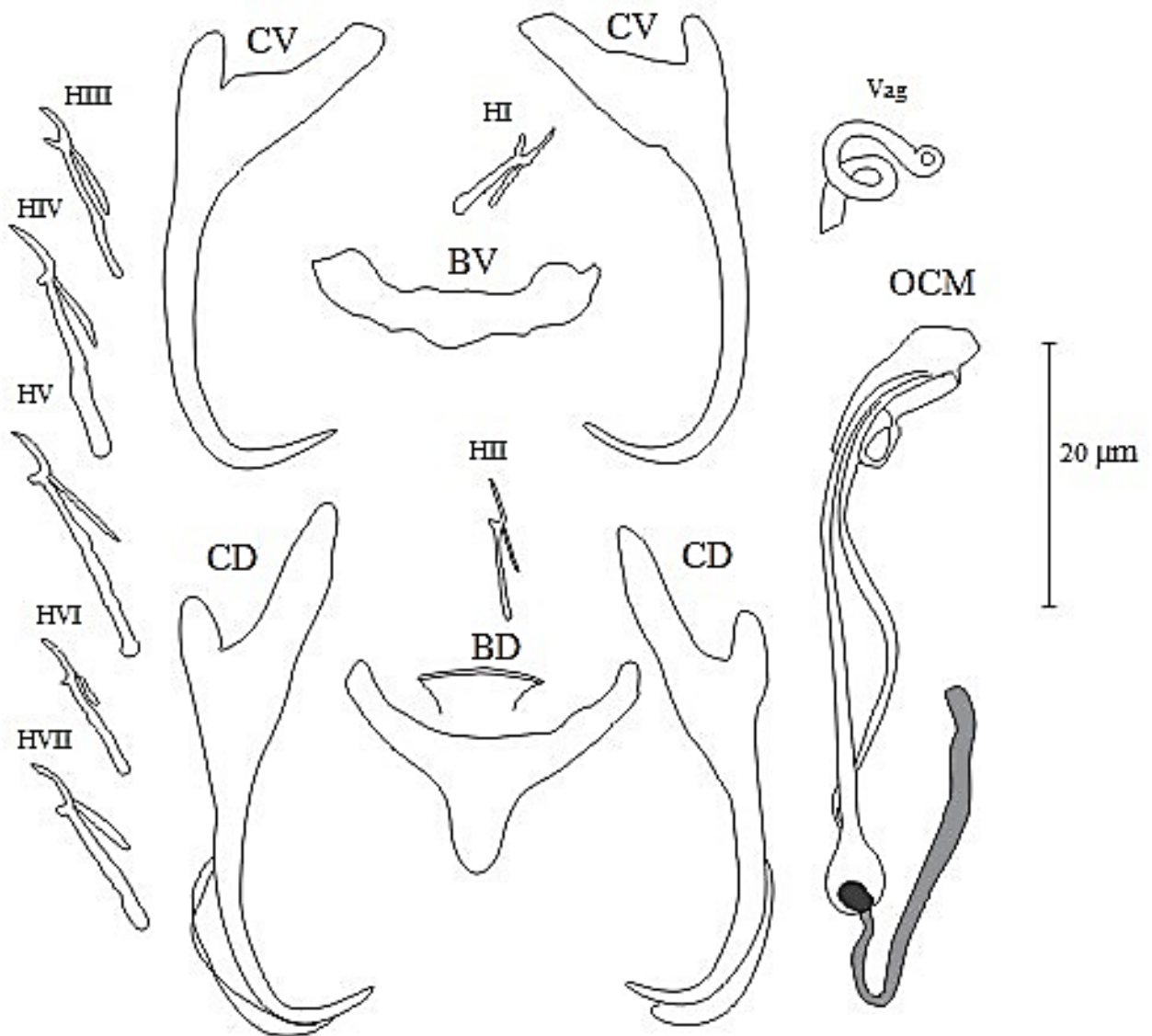


Figure 18. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Légende : HI-HVII = crochets I à VII, CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, OCM = organe copulateur mâle, Vag = vagin.

La forme allongée avec une base piriforme de l'organe copulateur mâle et la forme fourchue de la barre dorsale rapprochent notre parasite de *Annulotrema pikei* Price, Peebles et Bamford, 1969 décrit chez *Hydrocynus forskalii* en Ouganda. Cependant la fourche de la barre dorsale est moins marquée chez *A. pikei*. Aussi, la barre ventrale chez cette dernière espèce présente une extension postérieure nettement visible qui n'a pas été observée chez le parasite en cours de description. Compte tenu des caractères constants spécifiques à notre parasite, nous le considérons comme nouveau pour la Science. Nous proposons de le nommer *Annulotrema*

ngombiensis n. sp. du nom du village Ngombi situé dans l'Arrondissement d'Akonolinga où ce parasite a été retrouvé pour la première fois de façon fortuite lors de la prospection de nos travaux de Master.

III-1-1-1-2- *Annulotrema nkengfacki* n. sp. (figures 19 et 20)

Hôte-type : *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849

Site d'infestation : Branchies

Localité-type : Nyong à Akonolinga - centre au niveau du pont (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49,062 E)

Autres localités : Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E) et Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E)

Prévalence : 50% (16 poissons infestés sur 32 poissons examinés)

Matériel étudié : 15 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimens types : holotype MNHN HEL 1649, paratypes MNHN HEL 1650, MNHN HEL 1651

Description

Les individus récoltés mesurent $303 \pm 50,6$ (232 - 426) μm de long (hapter inclus), $42 \pm 8,6$ (27- 57) μm de large au niveau du pharynx et $68 \pm 15,7$ (36-96) μm de large au niveau des ovaires.

Les crochets ventraux ont une garde robuste, deux fois plus longue que le manche avec lequel elle forme un angle d'environ 90°. La lame est bien arquée et se termine par une longue pointe recourbée. Les mensurations enregistrées sur ces crochets sont les suivantes : longueur interne = $30 \pm 1,6$ (28-32) μm ; longueur externe = $29 \pm 1,0$ (28-31) μm ; longueur de la garde = $10 \pm 1,0$ (8-12) μm ; longueur du manche = $5 \pm 1,0$ (3-7) μm ; longueur de la pointe = $3 \pm 0,6$ (2-4) μm .

Les crochets dorsaux sont moins robustes que les ventraux. La garde est deux fois plus longue que le manche avec lequel il forme un angle plus ou moins aigu. La lame est fine et se termine par une courte pointe. Les mensurations obtenues sur ces hamuli sont les suivantes : longueur interne = $31 \pm 1,9$ (28-35) μm ; longueur externe = $26 \pm 2,2$ (24-30) μm ; longueur de la garde = $11 \pm 1,5$ (9-14) μm ; longueur du manche = $5 \pm 1,0$ (4-7) μm ; longueur de la pointe = $2 \pm 0,3$ (2-3) μm .

La barre transversale ventrale est en forme de V, avec l'une des branches plus robuste et légèrement sinueuse. Dans sa partie médiane, on observe une structure trapézoïdale munie d'un prolongement sur chaque extrémité de sa grande base. Les mensurations de cette barre sont : longueur totale = $17 \pm 3,0$ (13-20) μm ; épaisseur totale = $9 \pm 1,4$ (7-12) μm ; épaisseur médiane = $5 \pm 1,1$ (3-7) μm .

La barre transversale dorsale est arquée avec une partie inférieure bombée. Cette barre se caractérise par les données suivantes : longueur totale = $20 \pm 1,2$ (18-22) μm ; épaisseur totale = $8 \pm 1,9$ (6-12) μm ; épaisseur médiane = $4 \pm 0,8$ (3-5) μm .

Chacune des sept paires de crochets porte une membrane filamenteuse bien visible, avec les paires I et II plus petites. La longueur (en μm) de chaque paire de crochets est la suivante : crochets I (médio-antérieurs) = $12 \pm 1,3$ (9-14) ; crochets II (médio-postérieurs) = $11 \pm 0,8$ (10-13) ; crochets III (latéro-dorsaux) = $18 \pm 0,8$ (17-20) ; crochets IV (latéro-dorsaux) = $17 \pm 1,5$ (15-20) ; crochets V (latéro-ventraux) = $17 \pm 0,9$ (15-19) ; crochets VI (latéro-ventraux) = $16 \pm 1,0$ (14-18) ; crochets VII (latéro ventraux) = $15 \pm 1,5$ (13-18).

L'appareil copulateur mâle présente à sa base une ampoule ovoïde faisant suite à un pénis tubulaire qui forme un tour dans le sens horaire. La partie inférieure de la pièce accessoire est piriforme et surmontée d'une petite structure pédiforme dans laquelle coulisse le pénis. Les mensurations des pièces de ce complexe en μm sont : longueur totale = $21 \pm 2,0$ (16-24) ; longueur du tube = $56 \pm 10,1$ (36-69) ; longueur de l'ampoule basale = $5 \pm 0,4$ (4-6) et diamètre de l'ampoule basale = $4 \pm 0,5$ (3-5).

Le vagin est un tube sclérifié en V pourvu d'une petite ouverture à sa partie terminale. Sa longueur est de $6 \pm 3,0$ (5-7) μm .

Remarque

La morphologie de la barre transversale ventrale et la taille des crochets de l'espèce en cours de description rappellent celles de *Annulotrema helicocirra* Paperna, 1973 retrouvée en Ouganda sur *Brycinus macrolepidotus*. Cependant, le tube copulateur présente deux tours de spire chez *A. helicocirra* mais un seul chez *A. nkengfacki* n. sp. Par ailleurs, l'espèce présentement décrite se distingue de toutes ses congénères connues par divers caractères constants. Nous la considérons comme nouvelle pour la Science et proposons de la nommer *Annulotrema nkengfacki* n. sp. en sympathie pour le **Professeur Nkengfack Ephrem** chef de Département en Chimie Organique à la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I.

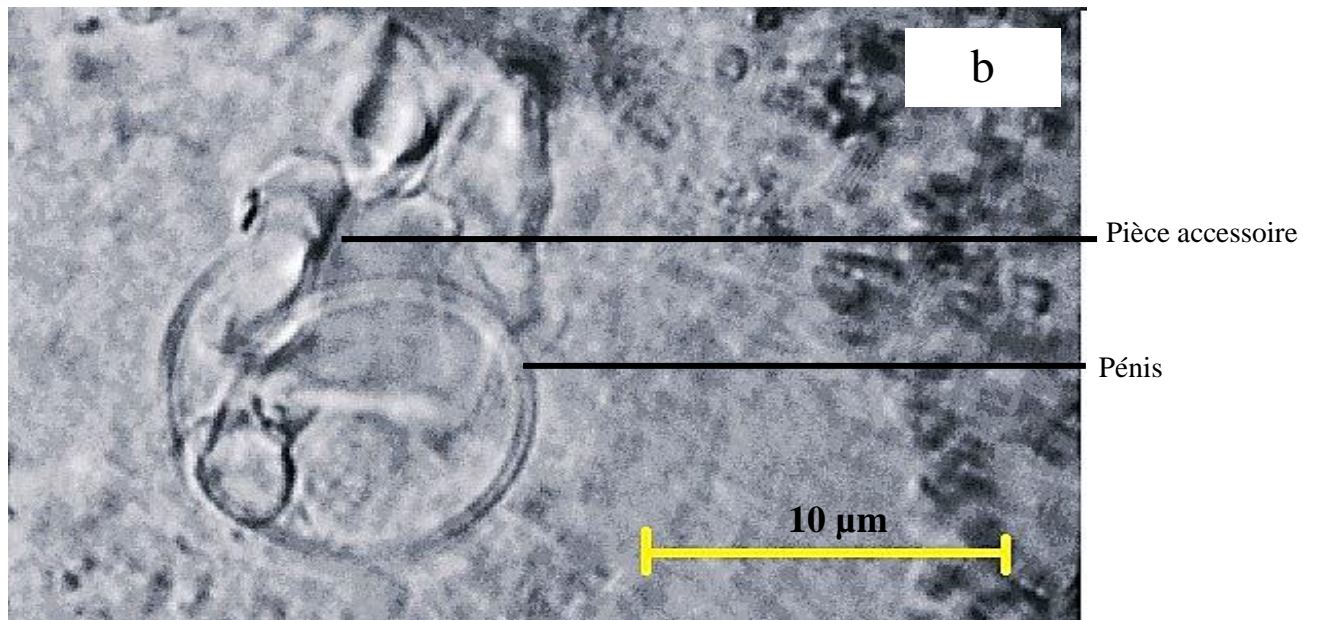
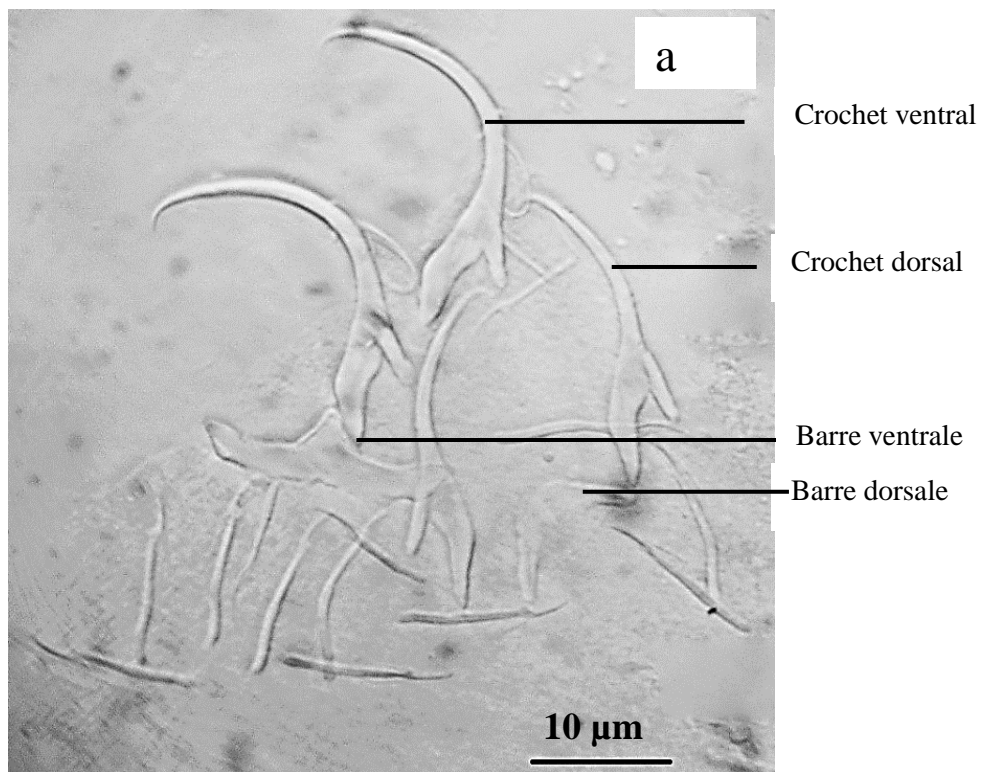


Figure 19. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema nkengacki* n. sp.
 a = hapter, b = organe reproducteur mâle

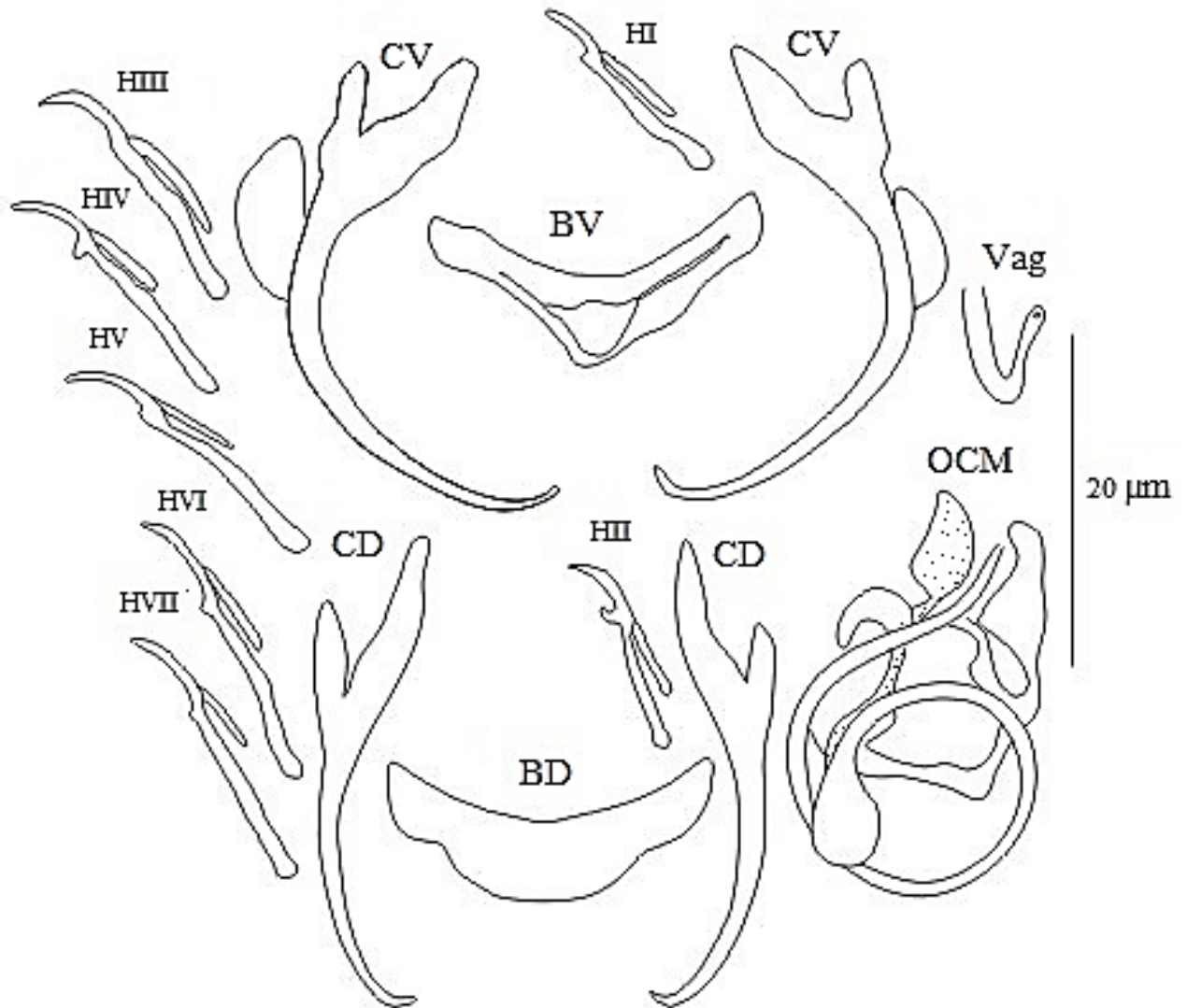


Figure 20. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

III-1-1-1-3- *Annulotrema combesi* Birgi, 1988 (figures 21 et 22)

Hôte type : *Brycinus kingsleyae* Günther, 1896

Localité type : Nyong à Ebogo

Autres localités : Nyong à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E) et à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 5 % (2 poissons parasités sur 40 poissons examinés)

Matériel étudié : 2 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL 2076

Redescription

La largeur au niveau du pharynx est de 104 μm et de 98 à 99 μm au niveau du hapter. Les crochets ventraux sont robustes, arqués avec une pointe réduite et sont dépourvus de filaments. Les crochets dorsaux filiformes, ont un manche vestigial, une longue garde et une pointe réduite. La barre transversale ventrale est un quadrilatère aux extrémités renflées. Le côté antérieur a la forme d'une accolade. Le diamètre de la boucle médiane est de 3 μm . La barre transversale dorsale très fine, a la forme du chiffre 7 couché. Tous les crochetons portent un filament ; les paires I à V étant les plus robustes.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovulaire soudée à une pièce accessoire allongée. Le tube copulateur forme deux tours de spire dans le sens trigonométrique avant de coulisser dans la partie distale de la pièce accessoire. Les mensurations (en μm) enregistrées sur cet appareil sont : longueur du tube = 148 à 149 ; diamètre du premier tour de spire = 16 à 17 ; diamètre du deuxième tour de spire = 28 à 29 ; distance entre les tours de spire = 4-5 ; longueur de l'ampoule basale = 8 à 9 ; diamètre de l'ampoule basale = 5 à 6.

Le vagin n'a pas été observé.

Remarque

La description de l'espèce présentement redécrite avait été faite par **Birgi** (1988) chez le même hôte dans le fleuve Nyong. Certaines caractéristiques observées pendant cette redescription ne coïncident pas avec celles présentées lors de la description originelle (Annexe 1). En effet, la disposition de la pièce accessoire par rapport au tube copulateur ne correspond pas à celle présentée par **Birgi** (1988). Par ailleurs, pour cet auteur, le tube pénial décrit un tour de spire contre deux dans la présente étude. De plus, les mensurations des crochetons I et II signalées par **Birgi** (1988) sont plus grandes comparées aux nôtres (tableau III). Les similitudes morphométriques décelées sur les crochets et les barres transversales ainsi que l'exploitation de la même espèce hôte permettent de rattacher les spécimens obtenus lors de notre étude à l'espèce *Annulotrema combesi*. Le reste des mensurations des différentes pièces sclérifiées est consigné dans le tableau III.

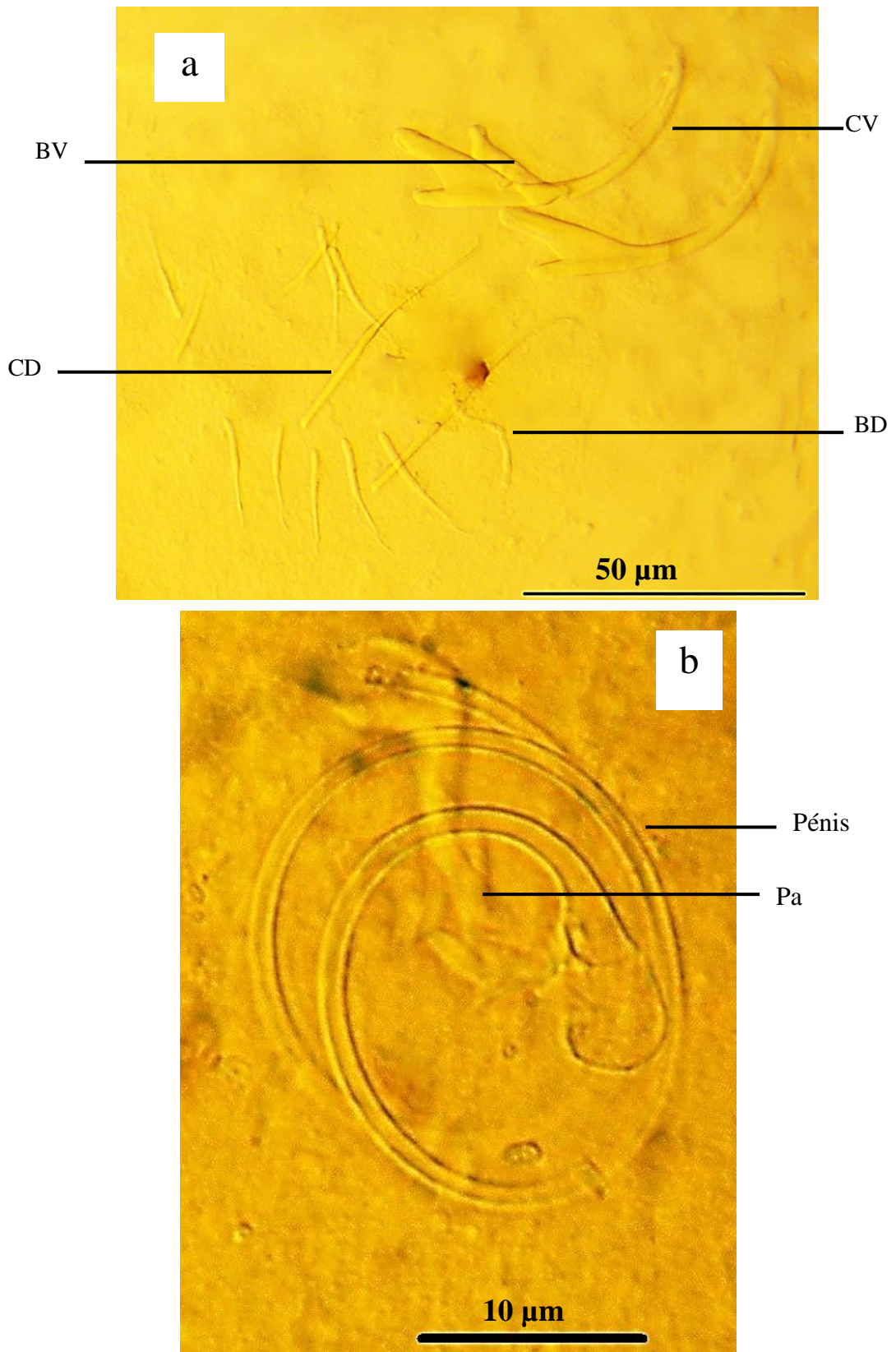


Figure 21. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema combesi*
a = hapeur, b = génitalia mâle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

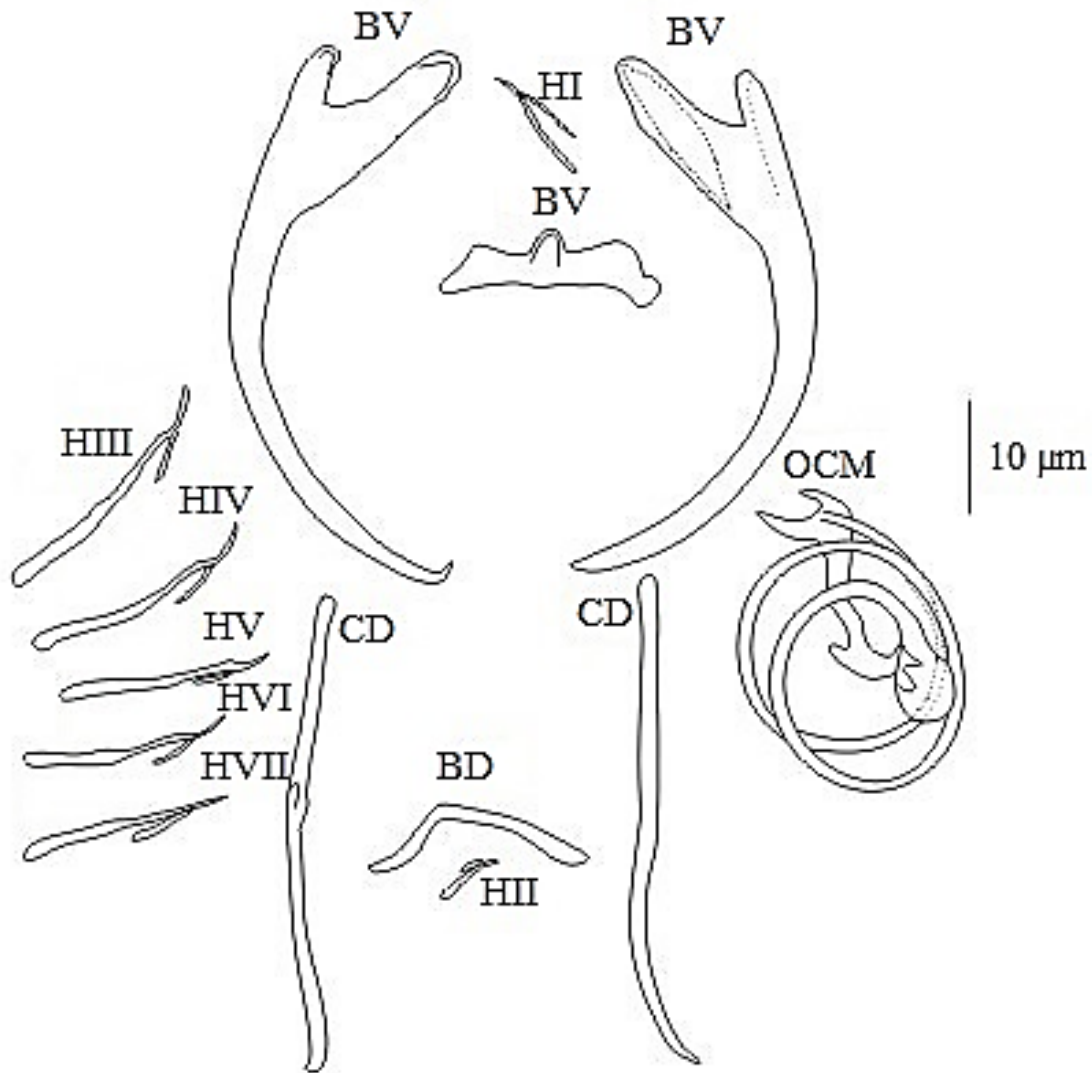


Figure 22. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema combesi*

Légende : HI-HVII : crochetons I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

III-1-1-1-4- *Annulotrema maillardi* Birgi, 1988 (figures 23 et 24)

Hôte type : *Brycinus kingsleyae* Günther, 1986

Localité type : Nyong à Ebogo

Autres localités : Nyong à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E), Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E), Pont du Nyong à Akonolinga-centre (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49.062 E) ; Rivière Mefou à Afanoyo'o (3°44' 60''N ; 11°27' 51''E).

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 20% (8 poissons parasités sur 40 examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL2077

Redescription

L'animal mesure $101 \pm 8,81$ (89-110) μm de large au niveau du pharynx et $88 \pm 27,34$ (45-122) μm de large au niveau du hapter. Les crochets ventraux sont robustes et pourvus d'un filament avec un manche réduit et une pointe prononcée. Les crochets dorsaux sont allongés fins et portent chacun un filament, avec une garde développée et une pointe marquée. La barre transversale ventrale est une lame aux extrémités renflées. Sa partie médiane fine, présente un prolongement membraneux du côté basal. La barre transversale dorsale est triangulaire et surmontée d'une fine structure rectiligne. Les crochetons sont robustes et dépourvus de filament. Ils se distinguent par leurs positions et leurs mensurations.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovale. Il se poursuit par un pénis tubulaire qui fait un tour dans le sens trigonométrique, avant de glisser dans une fine pièce accessoire plate soudée à l'ampoule basale. Les mensurations enregistrées pour cet organe sont les suivantes : longueur du pénis = $49 \pm 1,15$ (48-51) μm ; longueur de l'ampoule basale = $6 \pm 0,72$ (5-7) μm ; diamètre de l'ampoule basale = $4 \pm 0,48$ (3-5) μm .

Le vagin n'a pas été observé.

Remarque

La morphologie du complexe génital mâle du parasite ici redécrit, rappelle celle de *Annulotrema maillardi* Birgi, 1988 récolté sur les branchies de la même espèce hôte dans le fleuve Nyong à Ebogo au Cameroun (Annexe 2). Cependant, les spécimens observés lors de l'étude en cours présentent certaines différences comparées à la description originelle de cette espèce. En effet, la barre transversale ventrale décrite par **Birgi** (1988) est un simple quadrilatère convexe alors que les spécimens de la présente étude ont une barre dorsale aplatie et munie d'un prolongement médio-basal. En plus, pour **Birgi** (1988) la barre transversale dorsale est un quadrilatère aux bords rétrécis tandis que chez nos spécimens, cette barre est triangulaire et surmontée d'une pièce sclérotisée médiane. Compte tenu de la grande similitude observée au niveau du complexe génital mâle et des différents crochets, nous rattachons les spécimens étudiés à l'espèce *Annulotrema maillardi*. Les différentes mensurations des pièces sclérifiées de cette espèce sont récapitulées dans le tableau III.

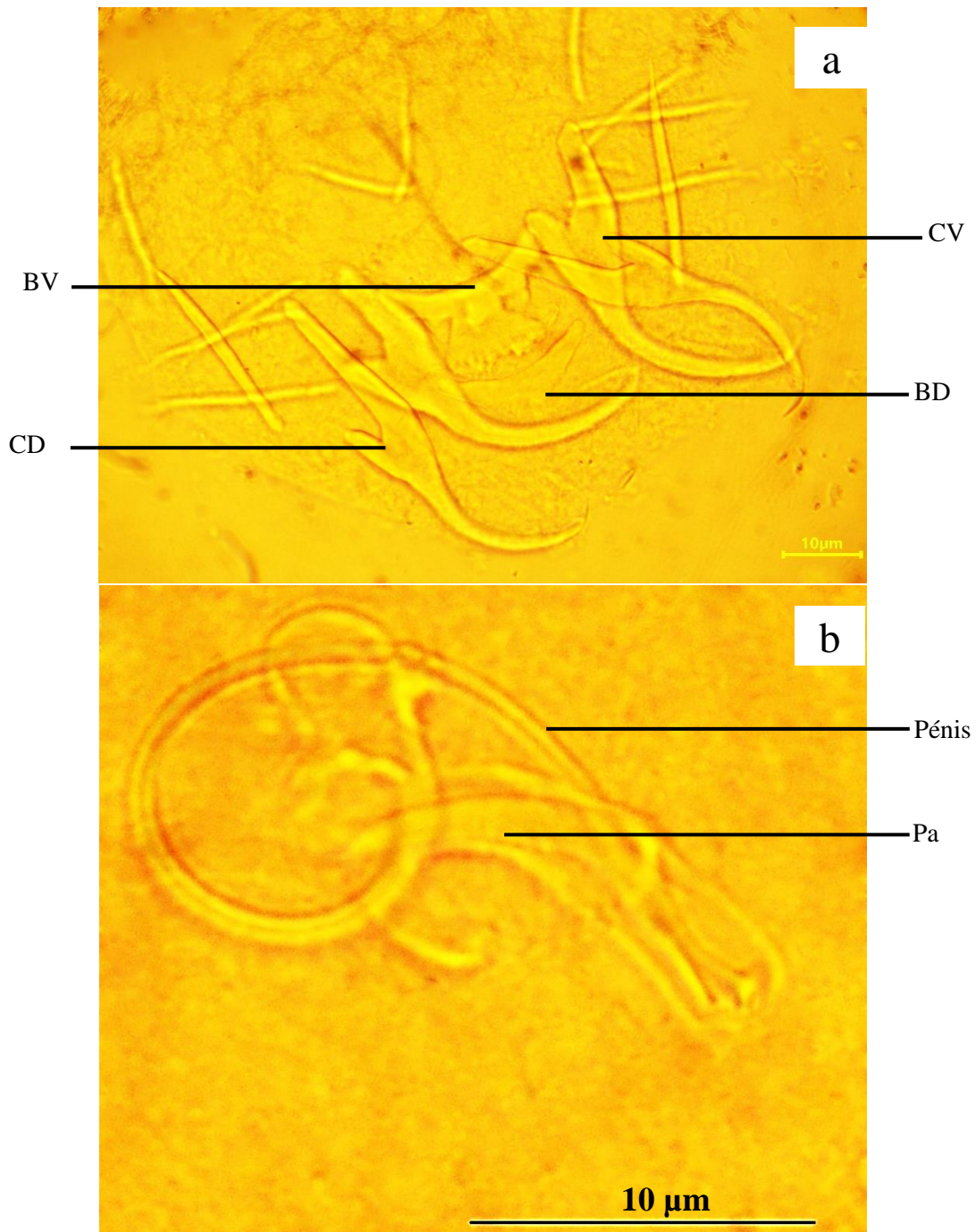


Figure 23. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema maillardi*
a = hapeur, b = génitalia mâle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

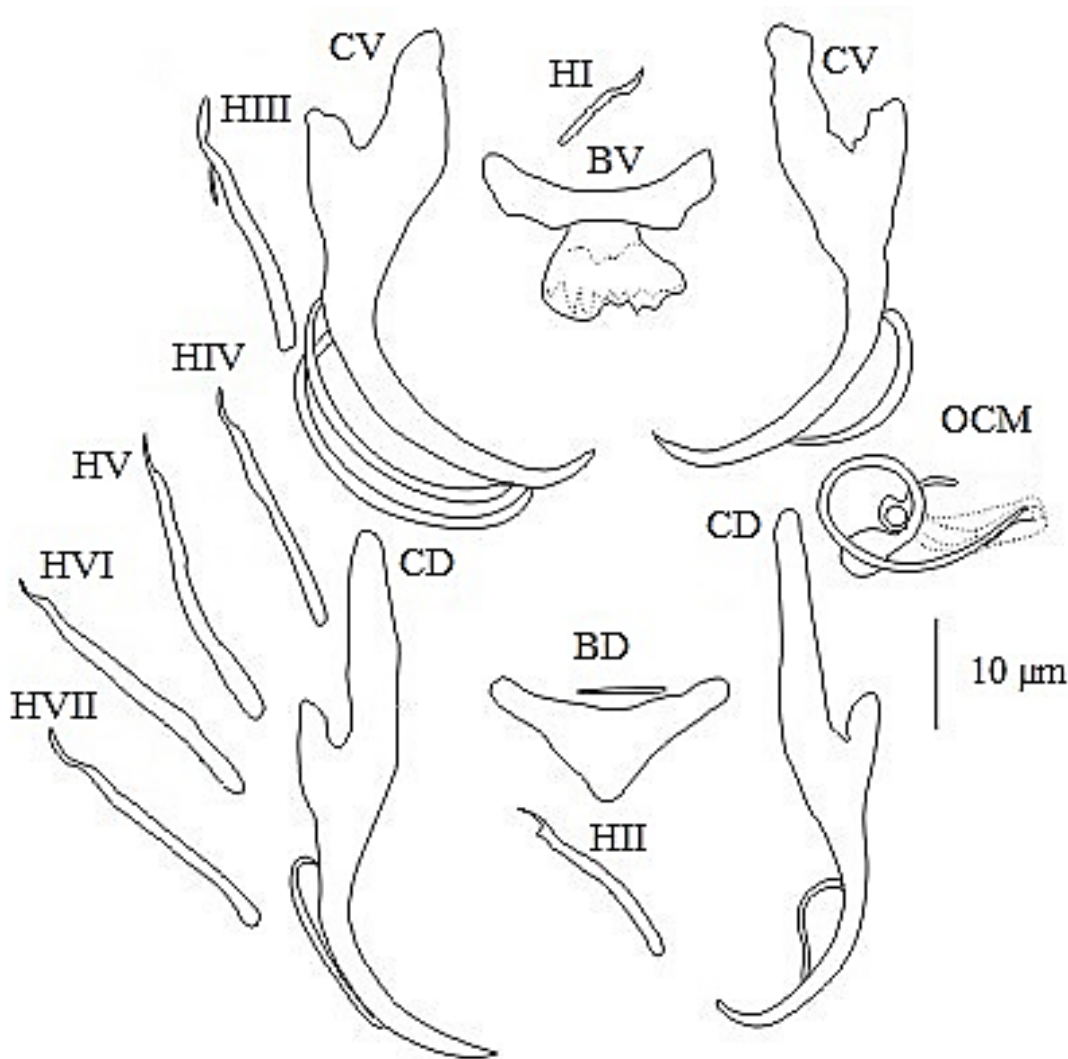


Figure 24. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema maillardi*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

III-1-1-1-5- *Annulotrema bouixi* Birgi, 1988 (figures 25 et 26)

Hôte type : *Brycinus kingsleyae* Günther, 1986

Localité type : Nyong à Ebogo

Autres localités : Nyong à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E), Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E), Pont sur le Nyong à Akonolinga-centre (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49,062 E) ; Rivière Mefou à Afanoyo'o (3°44' 60''N ; 11°27' 51''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 75 % (30 poissons parasités sur 40 poissons examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL2078

Redescription

La largeur est de $63 \pm 14,84$ (44-93) μm au niveau du pharynx et de $80 \pm 13,43 \pm (52-95)$ μm au niveau du hapter. Les crochets ventraux pourvus de filaments, sont robustes, avec une garde et un manche bien individualisés. La lame est arquée et se termine par une pointe réduite. Les crochets dorsaux sont renflés au niveau de la liaison garde-manche, portent chacun un filament et se terminent par une pointe marquée. La barre transversale ventrale est constituée d'une épaisse lame rectangulaire, légèrement incurvée, dont la partie médiane du côté basal est reliée par une fine sclérification longitudinale à une seconde lame moins épaisse qui lui est parallèle ; rappelant la forme d'un T renversé dont la barre mesure $12 \pm 2,77$ (8-13) μm . La barre transversale dorsale est en forme de Y dont la branche impaire est tronquée. Les crochetons se distinguent par leur taille et leur position. Les paires III à VII sont pourvues de filaments.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovulaire soudée à la partie basale de la pièce accessoire, décrit une boucle dans le sens horaire qui entoure la moitié inférieure de ladite pièce et se termine dans la partie distale de celle-ci. La longueur du tube copulateur est de $46 \pm 5,10$ (40-55) μm ; celle de la base de $4 \pm 0,35$ (3-4) μm pour un diamètre de $4 \pm 0,73$ (3-4) μm .

Le vagin est peu sclérifié. Cet organe est un tube pédiforme de 26 μm de long qui laisse entrevoir une ouverture à l'une des extrémités.

Remarque

La taille des spécimens récoltés au cours de cette étude, la morphologie et les mensurations des différentes pièces sclérifiées du hapter et de l'appareil copulateur correspondent à celles de *Annulotrema bouixi* Birgi, 1988 décrite sur les branchies de *B. kingsleyae* capturée dans le fleuve Nyong au village Ebogo (Annexe 3). L'unique différence réside au niveau de la lame inférieure de la barre transversale ventrale dont la taille est plus grande que celle mentionnée dans la description originelle. Cette différence minimale permet de rattacher les présents spécimens à ceux de *Annulotrema bouixi*. Les mensurations prises sur les pièces sclérifiées sont résumées dans le tableau III.

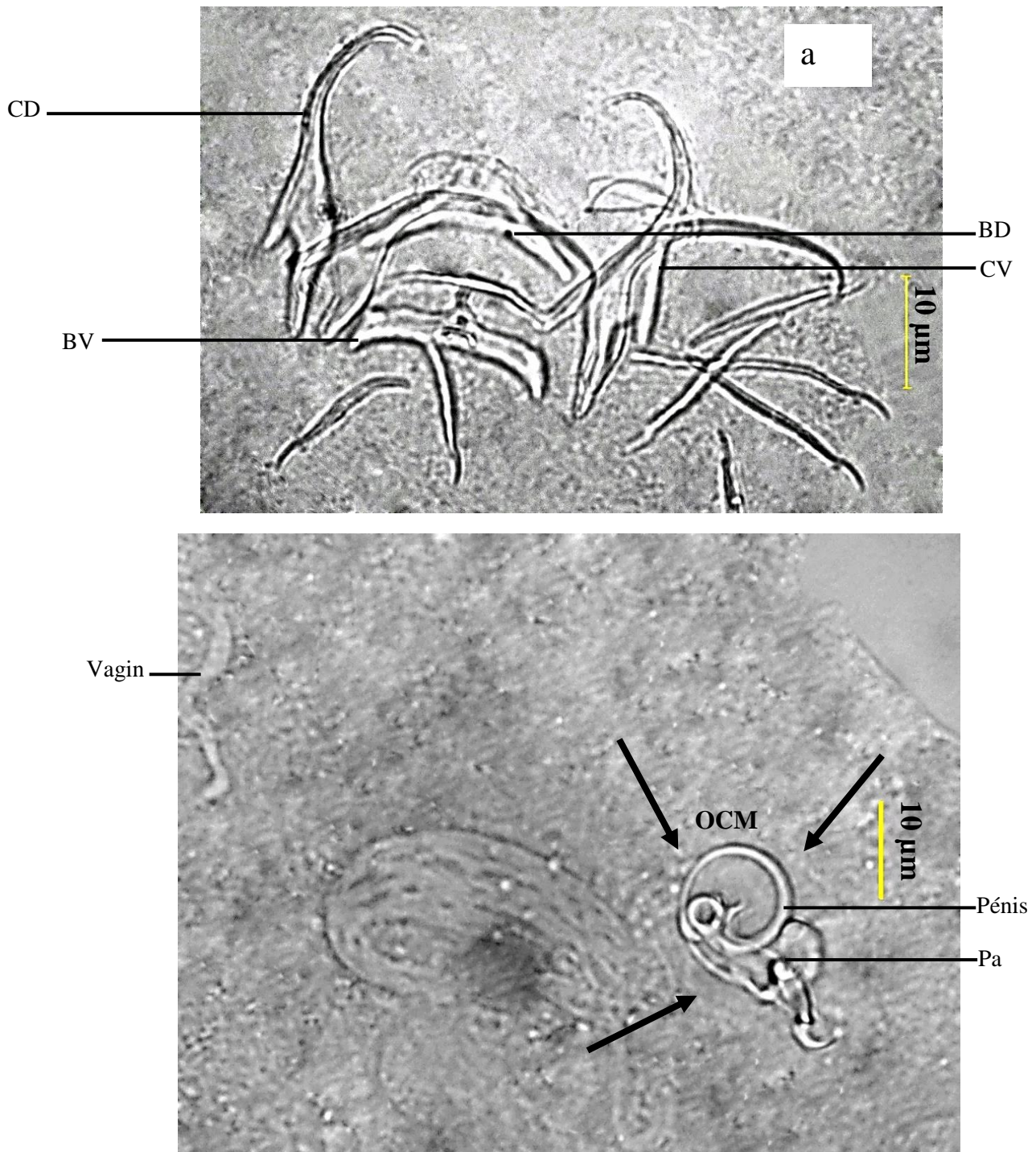


Figure 25. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema bouixi*
 a = hapeur, b = génitalia mâle et femelle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

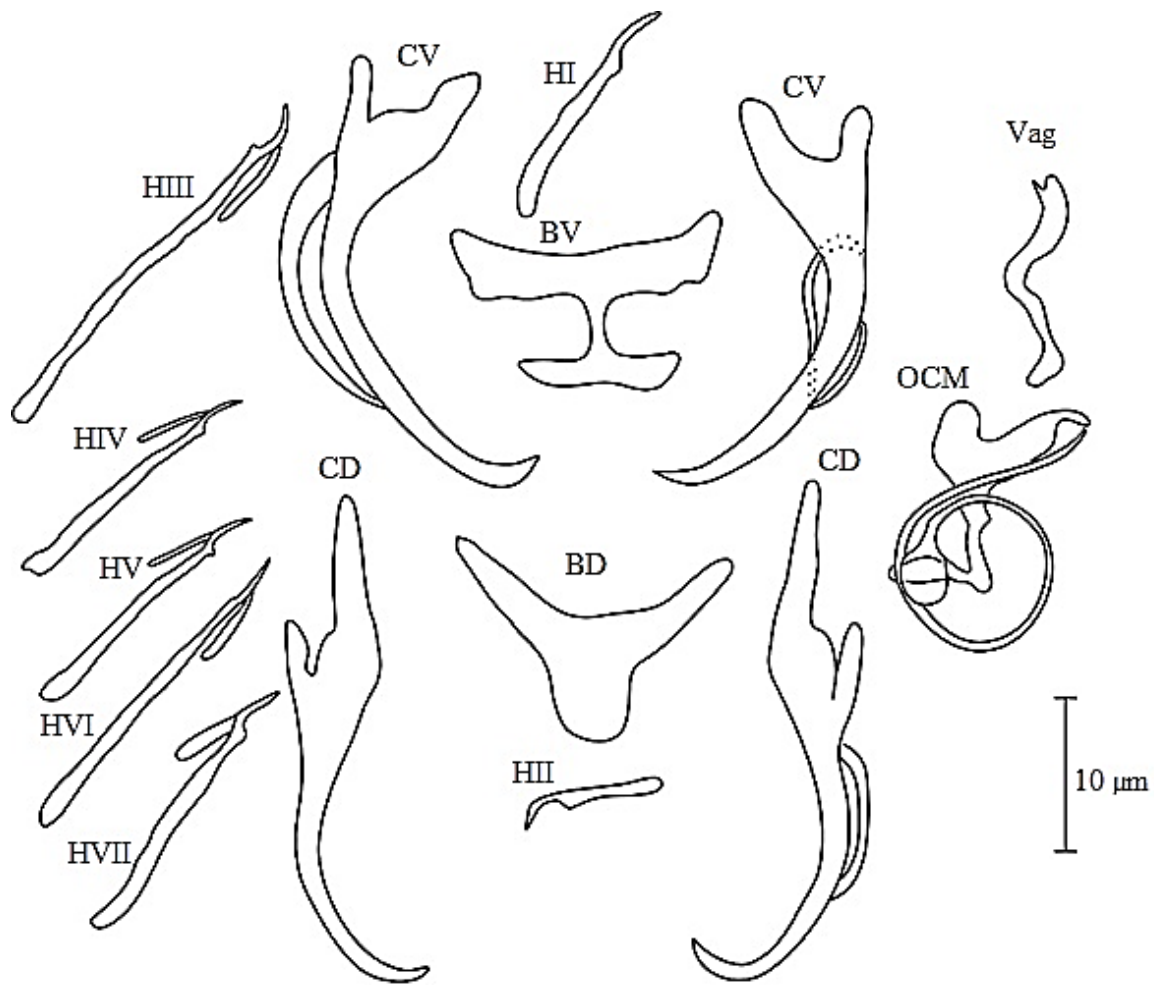


Figure 26. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema bouixi*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

III-1-1-1-6- *Annulotrema nyongensis* Birgi, 1988 (figures 27 et 28)

Hôte type : *Brycinus kingsleyae* Günther, 1986

Localité type : Nyong à Ebogo

Autres localités : Nyong à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E), Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E), Nyong au niveau du Pont à Akonolinga-centre (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49,062 E) ; Mefou à Afanoyo'o (3°44' 60''N ; 11°27' 51''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 25% (10 poissons parasités sur 40 poissons examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL 2079

Redescription

L'animal a une longueur de $54 \pm 6,58$ (44 - 62) μm au niveau du pharynx et de $67 \pm 10,73$ (48-89) μm au niveau du haptateur. Les crochets ventraux ont une garde et un manche peu individualisés. La lame est très arquée et se termine par une pointe peu marquée. Les crochets dorsaux sont moins robustes que les ventraux, le manche et la garde sont bien individualisés et la lame est fine avec une pointe réduite. La barre transversale ventrale est une épaisse lame incurvée portant une boucle médiane qui mesure $2 \pm 0,23$ (1-2) μm de diamètre. La forme de la barre transversale dorsale rappelle la lettre **A**. La grande barre a $10 \pm 0,91$ (8 -11) μm de long et la petite barre $7 \pm 4,95$ (6 - 8) μm de long. Les crochetons sont robustes, pourvus chacun d'un filament et se distinguent par leur position et leur taille.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovalaire soudée à la base de la branche rectiligne de la pièce accessoire. Cette ampoule fait suite au tube copulateur qui, après une légère ondulation, glisse entre les deux branches de la partie terminale de la pièce accessoire. La longueur du tube copulateur est de $35 \pm 3,13$ (31- 40) μm ; l'ampoule basale a $5 \pm 0,31$ (4 -5) μm de long et $4 \pm 0,25$ (4 -5) μm de diamètre.

Le vagin n'a pas été observé.

Remarque

Les similitudes observées au niveau des pièces sclérifiées du haptateur et du complexe copulateur mâle permettent de rattacher les spécimens du présent parasite à *Annulotrema nyongensis* Birgi, 1988, ectoparasite de *B. kingsleyae*. Néanmoins, les mensurations des spécimens obtenus au cours de la présente étude sont plus grandes (tableau III) que celles de la description originelle (Annexe 4). Par ailleurs, **Birgi** (1988) ne mentionne pas la boucle observée au niveau de la barre transversale ventrale de tous les spécimens mais, un léger renflement. Le reste des mesures prises sur les différentes pièces est consigné dans le tableau II.

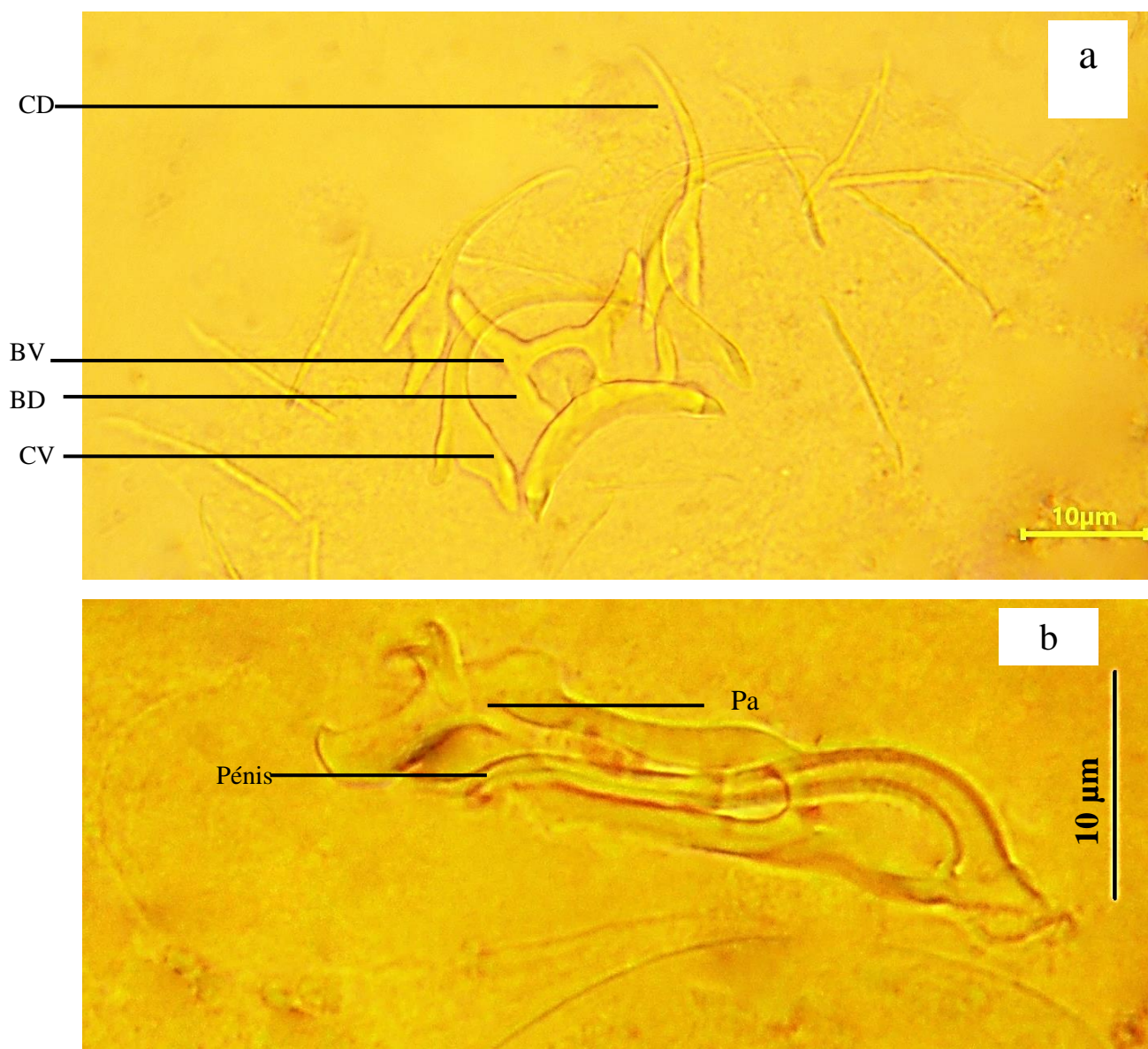


Figure 27. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema nyongensis*
 a = hapter, b = génitalia mâle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

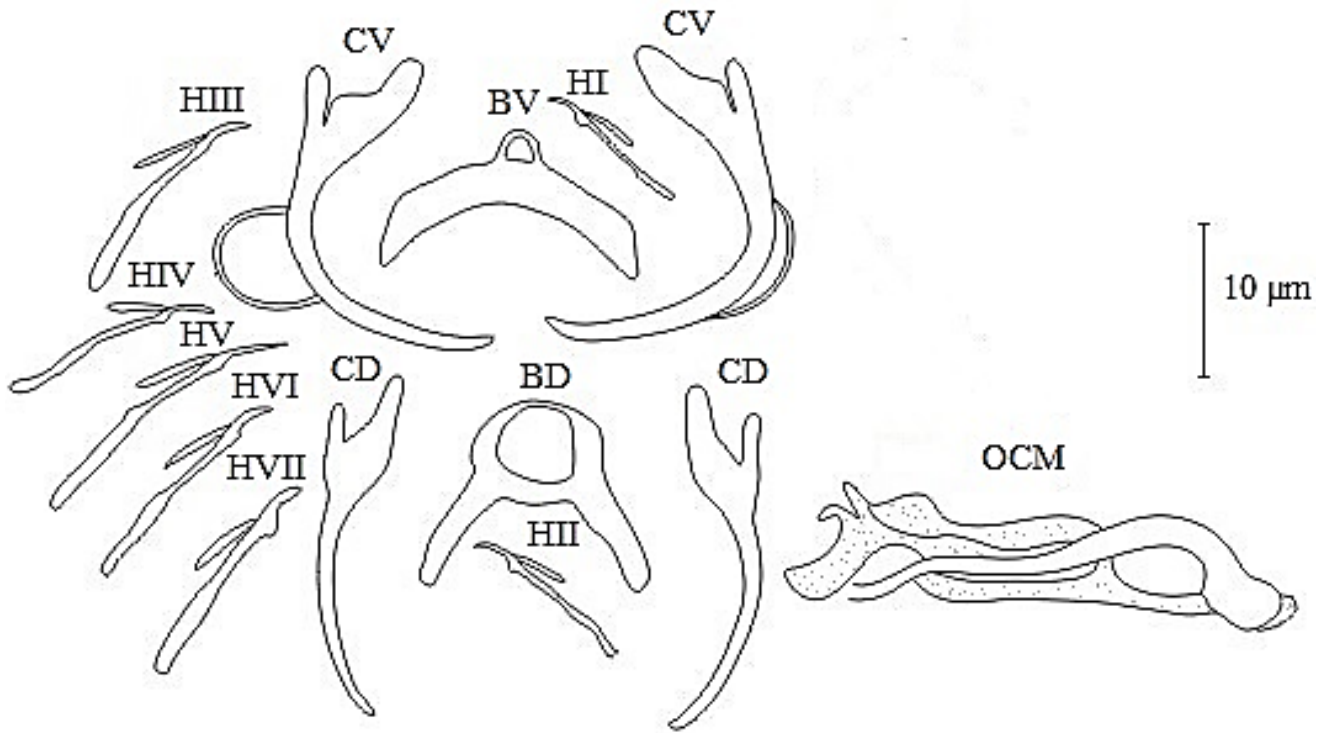


Figure 28. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema nyongensis*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

Tableau III. Mensurations des populations de *Annulotrema* spp. parasites de *Brycinus kingsleyae* issues de la description originelle (Birgi, 1988) et de la présente étude

| Espèce Paramètre | Origine des mensurations | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| | Birgi, 1988 | | | | Présente étude | | | |
| | A. <i>combesi</i> | A. <i>maillardi</i> | A. <i>bouixi</i> | A. <i>nyongensis</i> | A. <i>combesi</i> | A. <i>maillardi</i> | A. <i>bouixi</i> | A. <i>nyongensis</i> |
| L | 450 | | | 500 | 454-455 | 508-636 | 370-489 | 338-379 |
| l | | | | 100 | 98-99 | 102-177 | 61-100 | 58-93 |
| OCM | 55 | 35 | 55-65 | 35-38 | 148-149 | 48-51 | 55-65 | 31-40 |
| Vag | | | | | | | 26 | |
| I | 50 | 17 | 18 | 15-17 | 9-10 | 17-22 | 18 | 10-15 |
| II | 20 | 22 | 10 | 12-14 | 15-16 | 8-11 | 10 | 11-14 |
| III | 50 | 27 | 20 | 18 | 27-28 | 17-34 | 20 | 11-17 |
| IV | 50 | 29 | 22 | 20 | 25-27 | 26-29 | 22 | 15-17 |
| V | 60-70 | 28 | 27-28 | 20-23 | 23-24 | 28-31 | 27-28 | 17-19 |
| VI | 60-70 | 25 | 22 | 20-23 | 22-23 | 25-28 | 22 | 15-17 |
| VII | 60-70 | 22 | 18-19 | 20-23 | 23-24 | 19-26 | 18-19 | 16-18 |
| CV | | | | | | | | |
| a | 45 | 34-40 | 24-32 | 22-25 | 57-58 | 43-48 | 24-32 | 20-22 |
| b | | | | | 58-59 | 39-43 | 28-30 | 23-24 |
| c | 12 | 3-5 | 4-5 | 3-4 | 18 | 14-18 | 4-5 | 8-9 |
| d | 5 | 8-10 | 5-7 | 5-7 | 8-10 | 4-6 | 5-7 | 3-6 |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| e | 5 | 2-5 | 2 | 7-8 | 2-3 | 3-6 | 2 | 1-2 |
| CD | | | | | | | | |
| a | 47-50 | 45-49 | 30-32 | 23-26 | 52-53 | 47-53 | 30-32 | 23-25 |
| b | | | | | | 33-38 | 26-29 | 21-23 |
| c | 22-25 | 20-23 | 12-14 | 5-8 | 20-24 | 21-27 | 12-14 | 8-9 |
| d | 7-8 | 5 | 5-6 | 3-5 | | 5-10 | 5-6 | 4-5 |
| e | 5 | 5 | 3-4 | 1-2 | 1-3 | 3-5 | 3-4 | 1-2 |
| BV | | | | | | | | |
| f | 20 | 35 | 24 | 26-30 | 23-24 | 22-27 | 24 | 18-21 |
| g | 5 | 3-5 | 2-3 | 4-5 | 8-9 | 11-14 | 2-3 | 7-13 |
| h | | | | | 6 | 8-15 | 7-10 | 4-6 |
| BD | | | | | | | | |
| i | 65 | 35 | | 8 | 20-21 | 20-26 | 11-17 | 15-17 |
| j | 5 | 3-5 | 5-7 | 10 | 7 | 11-14 | 5-7 | 7-15 |
| k | 10 | | | | 2 | 8-10 | 8-11 | 4-9 |

Légende : (L) longueur du corps, (l) largeur au niveau des ovaires, (OCM) longueur de l'organe copulateur mâle, (Vag) longueur du vagin, (I-VII) longueur crochets I-VII, (CV) crochet ventral : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e), (CD) crochet dorsal : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e), (BV) barre ventrale : longueur totale (f), épaisseur totale (g), épaisseur médiane (h), (BD) Barre dorsale : longueur totale (i), épaisseur totale (j), épaisseur médiane (k).

III-1-1-1-7- *Annulotrema amieti* Birgi, 1988 (figures 29 et 30)

Hôtes : *Phenacogrammus major* Boulenger, 1903 et *Hemigrammopetersius pulcher* Pellegrin, 1926

Localité type : Yaoundé (Bassin du Nyong) et Sangmélina (Bassin du Dja)

Autre localité : Rivière Akono à Binguéla (3°42' 8''N ; 11°37' 57''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 80 % (40 poissons parasités sur 50 poissons examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés dans du liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL 2081

Redescription

L'animal mesure $58 \pm 17,64$ (36-79) μm de large au niveau du pharynx, et $85 \pm 19,79$ (72-114) μm de large au niveau du haptor. Les crochets ventraux ont un manche et une garde bien individualisés, séparés par un angle aigu. La lame est assez arquée et se termine par une pointe marquée. Les crochets dorsaux présentent chacun une surface rugueuse, un manche bien individualisé et une garde plus épaisse dans sa partie basale. La lame d'abord rectiligne, devient progressivement arquée puis se coude pour former une pointe relativement longue. La base de la barre transversale ventrale est une lame arquée surmontée d'une expansion médiane qui se divise ensuite en deux branches courbées obliquement pour rejoindre la base par le biais de fins filaments. La barre transversale dorsale est triangulaire, concave et plus longue du côté

antérieur. Les crochetons I et II sont les plus petits. Les paires III à VII sont pourvues de filaments.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovulaire de laquelle part le tube copulateur. Ce dernier forme un tour de spire dans le sens horaire, coulisse dans la partie moyenne de la pièce accessoire et ressort vers sa partie terminale. Cette pièce accessoire est d'abord scindée en deux branches qui se rejoignent par la suite pour former une structure en forme de crochet. La longueur du tube copulateur est de $56 \pm 4,06$ (49-61) μm ; la longueur de l'ampoule basale de $6 \pm 1,29$ (4-7) μm et le diamètre de l'ampoule basale de $5 \pm 0,8$ (4-7) μm .

Le vagin est un long tube fin mesurant 37 μm .

Remarque

L'armature du haptère et la morphologie des appareils génitaux des spécimens obtenus au cours de notre étude rappellent celles de *Annulotrema amieti* Birgi, 1988 décrit au Cameroun sur les branchies de *Phenacogrammus major* (Annexe 5). Malgré quelques différences de taille (tableau IV) observées au niveau des crochets ventraux et des barres transversales, les dimensions des autres pièces sclérifiées enregistrées par les deux études restent très voisines. De plus, la présence de ces parasites chez le même hôte (*Phenacogrammus major*) nous amène à les rattacher à l'espèce *Annulotrema amieti*.

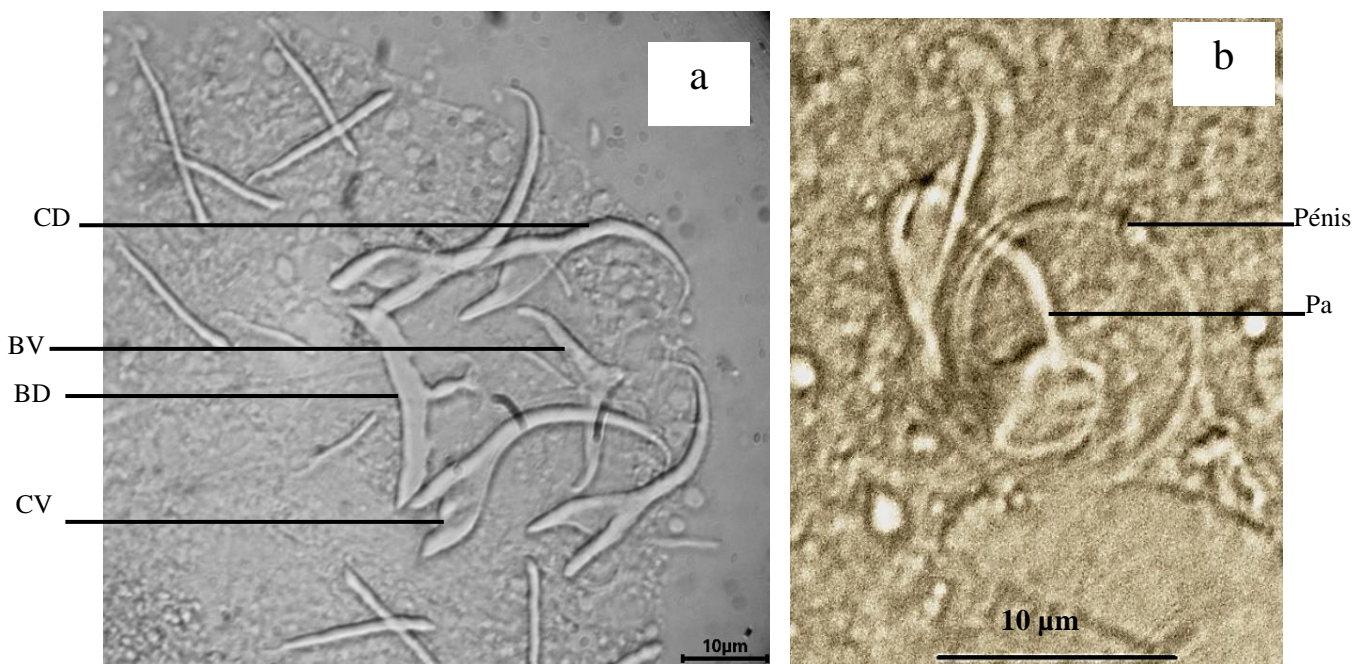


Figure 29. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema amieti*

a = haptère ; b = organe copulateur mâle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

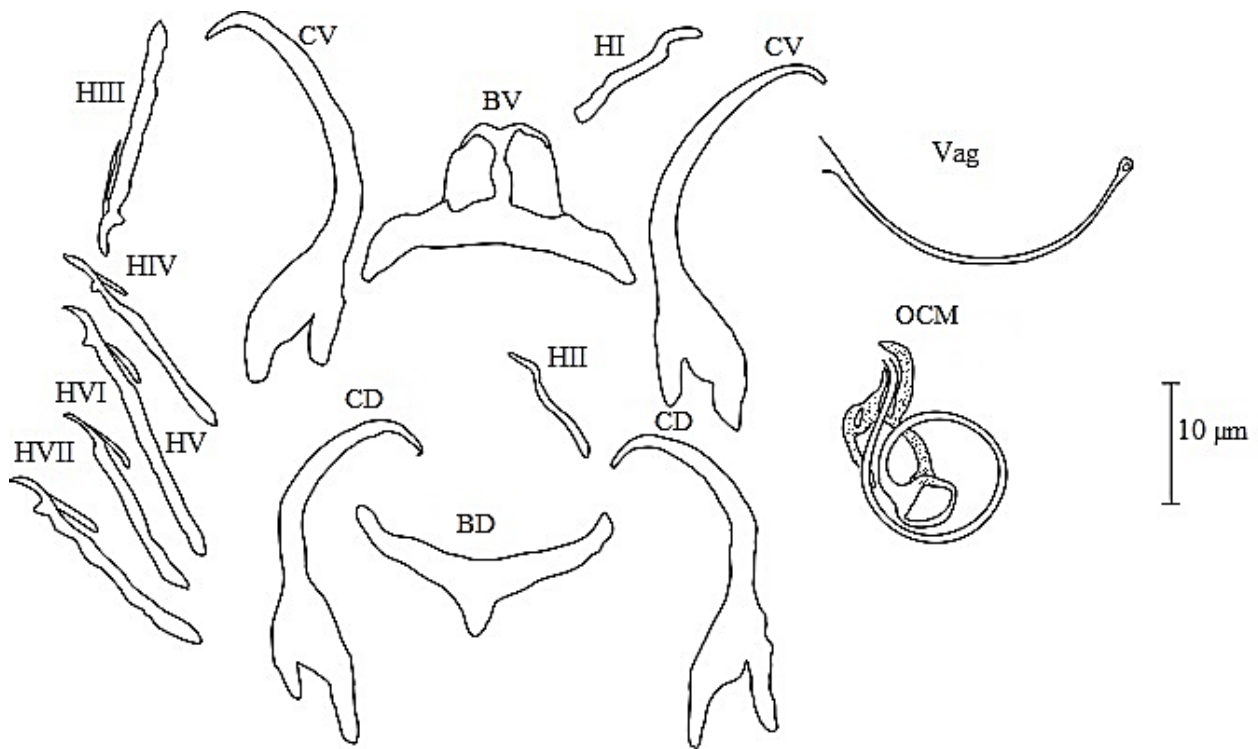


Figure 30. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema amieti*

Légende : HI-HVII : crochetons I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

III-1-1-1-8- *Annulotrema gabrioni* Birgi, 1988 (figures 31 et 32)

Hôtes : *Phenacogrammus major* Boulenger, 1903 et *Hemigrammopetersius pulcher* Pellegrin, 1926

Localité type : Bassin du Nyong à Yaoundé et bassin du Dja à Sangmélima

Autre localité : Rivière Akono à Binguéla (3°42' 8''N ; 11°37' 57''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 50% (25 poissons parasités sur 50 poissons examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL 2082

Redescription

Le parasite mesure $47 \pm 16,07$ (13-64) μm de large au niveau du pharynx et $63 \pm 11,23$ (50-87) μm de large au niveau du hapter. Les crochets ventraux ont un manche pointu, une garde robuste et une lame entièrement arquée se terminant par une courte pointe. Les crochets dorsaux sont moins robustes que les ventraux, avec un manche et une garde développés et pointus. La lame est fine, légèrement arquée et se termine par une pointe plus longue que celle des crochets ventraux. La barre transversale dorsale rappelle la lettre **A** avec une ouverture de $6 \pm 0,67$ (5-7) μm de diamètre. La barre transversale ventrale forme un arc de cercle. Les crochetons se distinguent par leur taille et leur position.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovale, soudée à la base de la pièce accessoire. Cette ampoule se poursuit par un court tube copulateur qui s'insinue dans la pièce accessoire puis en ressort. La pièce accessoire se scinde dans sa partie basale pour former deux branches qui se rejoignent dans la partie distale et forme une cape. Certaines caractéristiques métriques de cette pièce en μm sont les suivantes : longueur du tube = $19 \pm 1,61$ (16-21) ; longueur de l'ampoule basale = $5 \pm 0,67$ (4-6) ; diamètre de l'ampoule basale = $3 \pm 0,43$ (3-4).

Le vagin a une longueur de $35 \mu\text{m}$. Il débute par une base en forme de spatule plate de $4 \mu\text{m}$ de long et $3 \mu\text{m}$ de large et se poursuit par un tube de $31 \mu\text{m}$ de long.

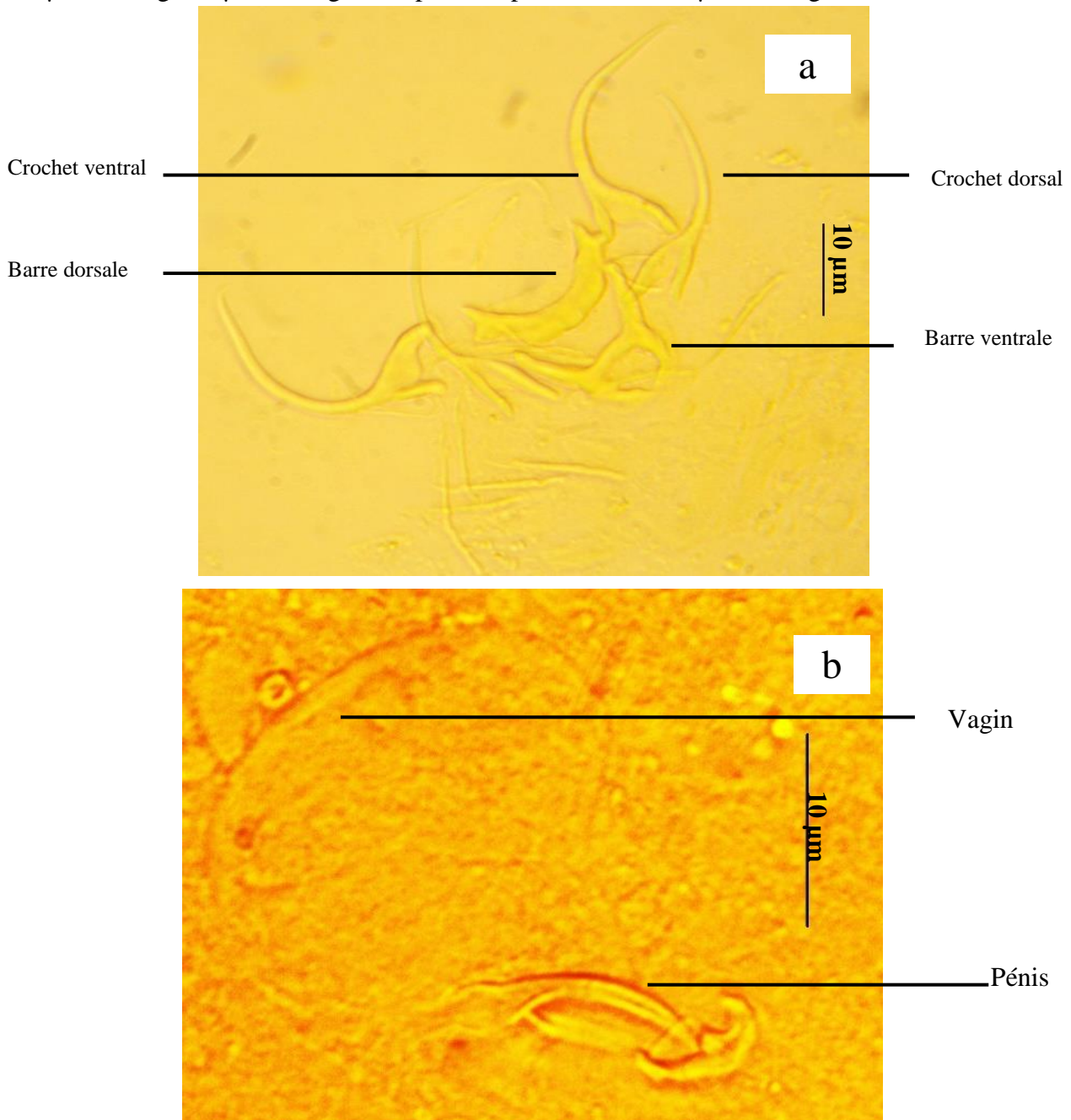


Figure 31. Photographies des pièces sclérifiées de *Annulotrema gabrioni*
 a = hapter, b = organes reproducteurs

Remarque

La structure et la taille de la plupart des pièces du hapter ainsi que la morphologie et les mensurations du complexe copulateur mâle des spécimens récoltés lors du présent travail amènent à les assimiler à *Annulotrema gabrioni* Birgi, 1988 (Annexe 6). Cependant, l'apophyse triangulaire signalée lors de la description initiale sur la barre transversale ventrale (Birgi, 1988), n'a pas été observée lors de l'analyse de nos échantillons. De plus Birgi ne signale pas la sclérification du vagin qui a pourtant été bel et bien observé, photographié et dessiné dans la présente étude. Il existe également quelques différences de mensurations au niveau des crochets ventraux et dorsaux (tableau IV).

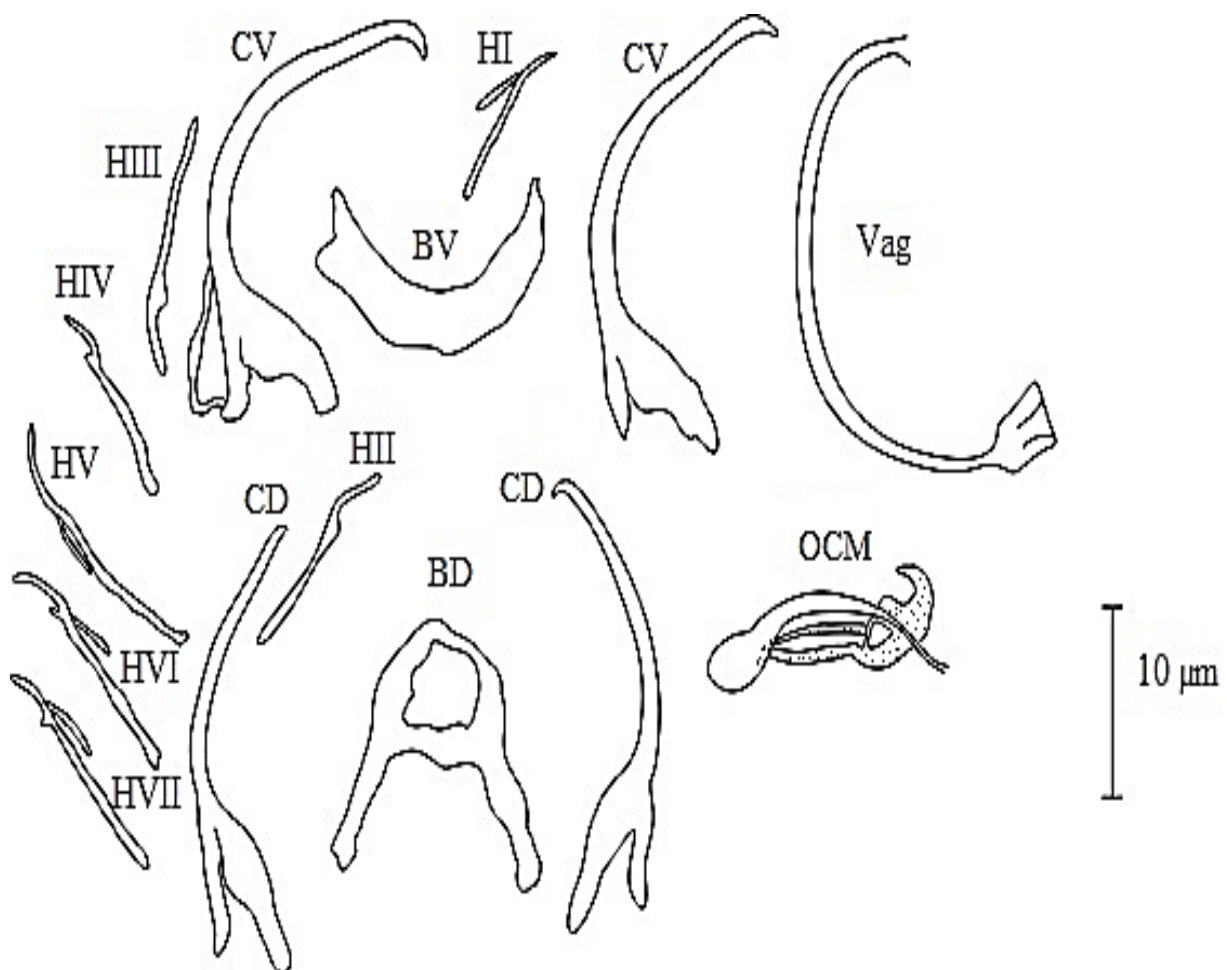


Figure 32. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema gabrioni*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin

Tableau IV. Mensurations (en μm) des populations de *Annulotrema* spp. parasites de *Phenacogrammus major* issues de la description originelle (Birgi, 1988) et de la présente étude

| Espèce Paramètre | Origine des mensurations | | | |
|---------------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | Birgi, 1988 | | Présente étude | |
| | <i>A. amieti</i> | <i>A. gabrioni</i> | <i>A. amieti</i> | <i>A. gabrioni</i> |
| L | 400-450 | | 307-763 | 302-518 |
| l | 120 | | 72-114 | 50-87 |
| OCM | 50-60 | 20-25 | 49-61 | 16-21 |
| Vag | | | 37 | 40 |
| I | 12-16 | 12-16 | 13-15 | 12-16 |
| II | 12-15 | 14-15 | 11-14 | 9-14 |
| III | 20 | 15 | 16-23 | 13-15 |
| IV | 25 | 18 | 17-24 | 12-18 |
| V | 26-32 | 20-21 | 17-29 | 13-19 |
| VI | 22 | 17-18 | 14-25 | 13-17 |
| VII | 22-28 | 18 | 19-24 | 14-16 |
| CV | | | | |
| a | 35-40 | 26-30 | 31-35 | 22-25 |
| b | | | 30-35 | 25-27 |
| c | 8-12 | 5-8 | 9-13 | 7-10 |
| d | 5-7 | 4-6 | 6-9 | 2-7 |
| e | 5 | 3 | 3-4 | 1-2 |
| CD | | | | |
| a | 30-33 | 30-32 | 28-35 | 26-27 |
| b | | | 26-35 | 23-29 |
| c | 8-10 | 8-12 | 9-13 | 7-11 |
| d | 6-8 | 4-6 | 5-8 | 3-7 |
| e | 4-5 | 1 | 3-5 | 1-3 |
| BV | | | | |
| f | 30 | 28-32 | 21-26 | 17-22 |
| g | 5 | 4-5 | 10-18 | 9-12 |
| h | | | 3-5 | 3-7 |
| BD | | | | |
| i | 30 | | 20-27 | 15-19 |
| j | 5 | | 9-13 | 12-19 |
| k | | | 4-8 | 5-7 |

Légende : (L) longueur du corps, (l) largeur au niveau des ovaires, (OCM) longueur de l'organe copulateur mâle, (Vag) longueur du vagin, (I-VII) longueur des crochets I-VII, (CV) crochet ventral : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e), (CD) crochet dorsal : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e) (BV) barre ventrale : longueur totale (f), épaisseur totale (g), épaisseur médiane (h), (BD) Barre dorsale : longueur totale (i), épaisseur totale (j), épaisseur médiane (k).

III-1-1-1-9- *Annulotrema hepseti* Paperna et Thurston, 1969 (figures 33 et 34)

Hôte type: *Hepsetus odoe* (Block, 1794)

Localité type : Rivière Beira à New Tafo (Ghana)

Autres localités : Ayamé (rivière Bia en Côte d'Ivoire), Mohembo (rivière Okavango au Botswana), bassin versant de la Dibamba à Japoma au Cameroun (3°55' 31''N ; 9°40' 21''E)

Prévalence : 100% (15 poissons parasités sur 15 poissons examinés)

Site d'infestation : Branchies

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : Paratype MNHN HEL 2084

Redescription

Les spécimens ont $749 \pm 94,70$ (549-860) μm de long, $97 \pm 18,91$ (62-128) μm de large au niveau du pharynx, $152 \pm 26,33$ (107-182) μm de large au niveau des ovaires et $136 \pm 20,70$ (109-169) μm de large au niveau du hapter.

Les crochets ventraux ont une garde épaisse, séparée du manche par un espace en forme de V. La lame est grossièrement oblique puis se coude pour former une pointe marquée. Les mensurations (en μm) enregistrées sur cette pièce sont les suivantes : longueur interne = $50 \pm 3,97$ (41-54) ; longueur externe = $47 \pm 2,74$ (40-50) ; longueur de la garde = $20 \pm 1,69$ (17-24) ; longueur du manche = $7 \pm 1,15$ (5-9) ; longueur de la pointe = $4 \pm 0,9$ (3-6).

Les crochets dorsaux ont une garde très développée, environ trois fois plus longue que le manche. La lame est légèrement arquée et se termine par une pointe marquée. Les éléments de cette structure ont les mensurations (en μm) suivantes : longueur interne = $50 \pm 3,67$ (41-53) ; longueur externe = $41 \pm 2,91$ (34-45) ; longueur de la garde = $19 \pm 2,26$ (17-24) ; longueur du manche = $7 \pm 0,91$ (5-8) ; longueur de la pointe = $4 \pm 0,68$ (3-5).

La barre transversale ventrale forme un croissant de lune. Les mensurations enregistrées sur cette barre sont les suivantes : longueur totale = $34 \pm 4,01$ (28-43) μm ; épaisseur totale = $11 \pm 2,51$ (7-15) μm ; épaisseur médiane = $7 \pm 1,26$ (5-8) μm .

La barre transversale dorsale possède une base en croissant de lune, surmontée d'une sclérification rectangulaire médiane. Ses mensurations (en μm) sont les suivantes : longueur totale de $28 \pm 2,55$ (24-32) ; épaisseur totale = $11 \pm 1,75$ (7-12) ; épaisseur médiane = $7 \pm 1,67$ (5-10).

Les crochetons se distinguent par leur taille et leur disposition. La longueur (en μm) de chaque paire de crochetons est la suivante : paire I (médio-antérieure) = $29 \pm 4,4$ (18-33) ; paire II (médio-postérieure) = $13 \pm 1,92$ (7-14) ; paire III (latéro-dorsale) = $36 \pm 6,18$ (20-43) ; paire IV (latéro-dorsale) = $39 \pm 9,3$ (18-47) ; paire V (latéro-ventrale) = $37 \pm 6,09$ (23-45) ; paire VI (latéro-ventrale) = $35 \pm 6,98$ (18-41) ; paire VII (latéro-ventrale) = $33 \pm 5,12$ (19-37).

L'appareil copulateur mâle est allongé et débute par une ampoule basale piriforme qui fait suite au tube copulateur tortillonné. La pièce accessoire est distale et forme une petite capsule qui coiffe la partie terminale du tube copulateur. Les mensurations des pièces enregistrées sur ce complexe sont les suivantes : longueur totale = $65 \pm 7,91$ (52-76) μm ; longueur du tube copulateur = $56 \pm 7,80$ (40-66) μm ; longueur de l'ampoule basale = $8 \pm 2,09$ (6-12) μm ; diamètre de l'ampoule basale = $5 \pm 0,6$ (4-6) μm .

Le vagin est un tube qui se termine par une fourche. Sa longueur est de $28 \pm 3,51$ (24-32) μm .

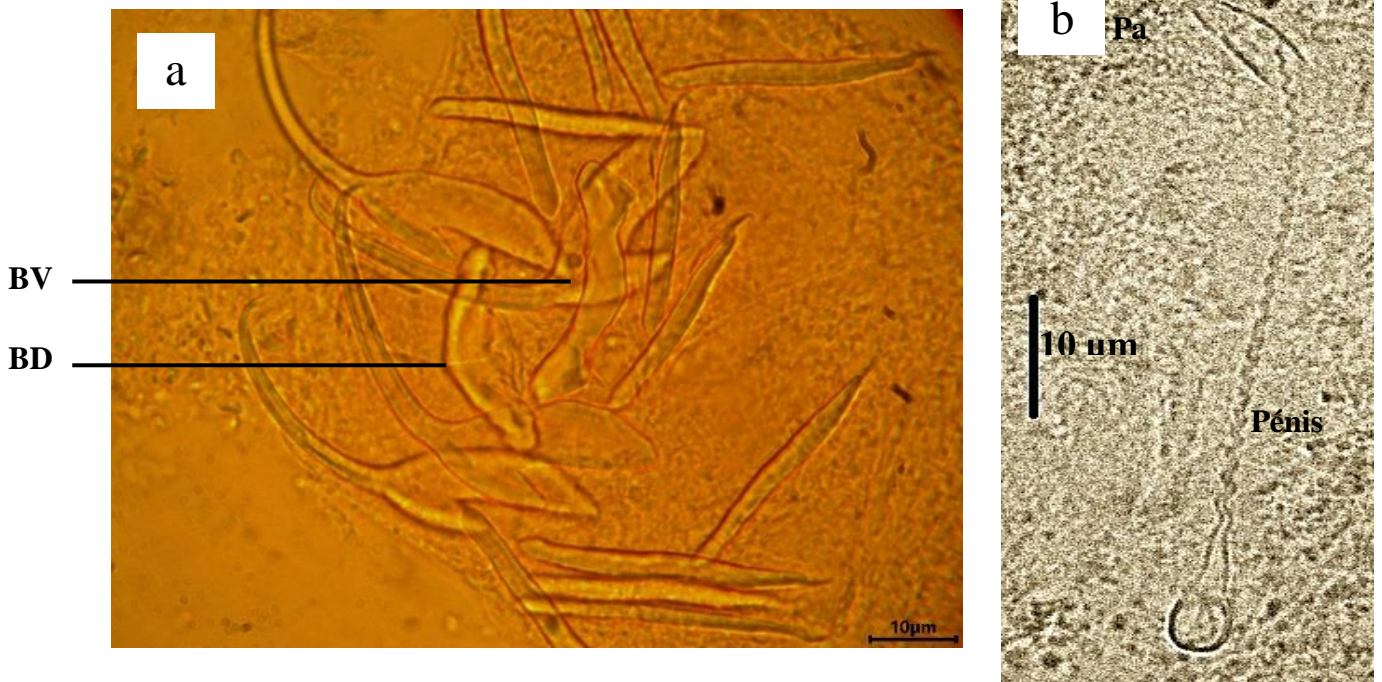


Figure 33. Photographies des pièces scléifiées de *Annulotrema hepseti*
a = hapter, b = organe copulateur mâle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

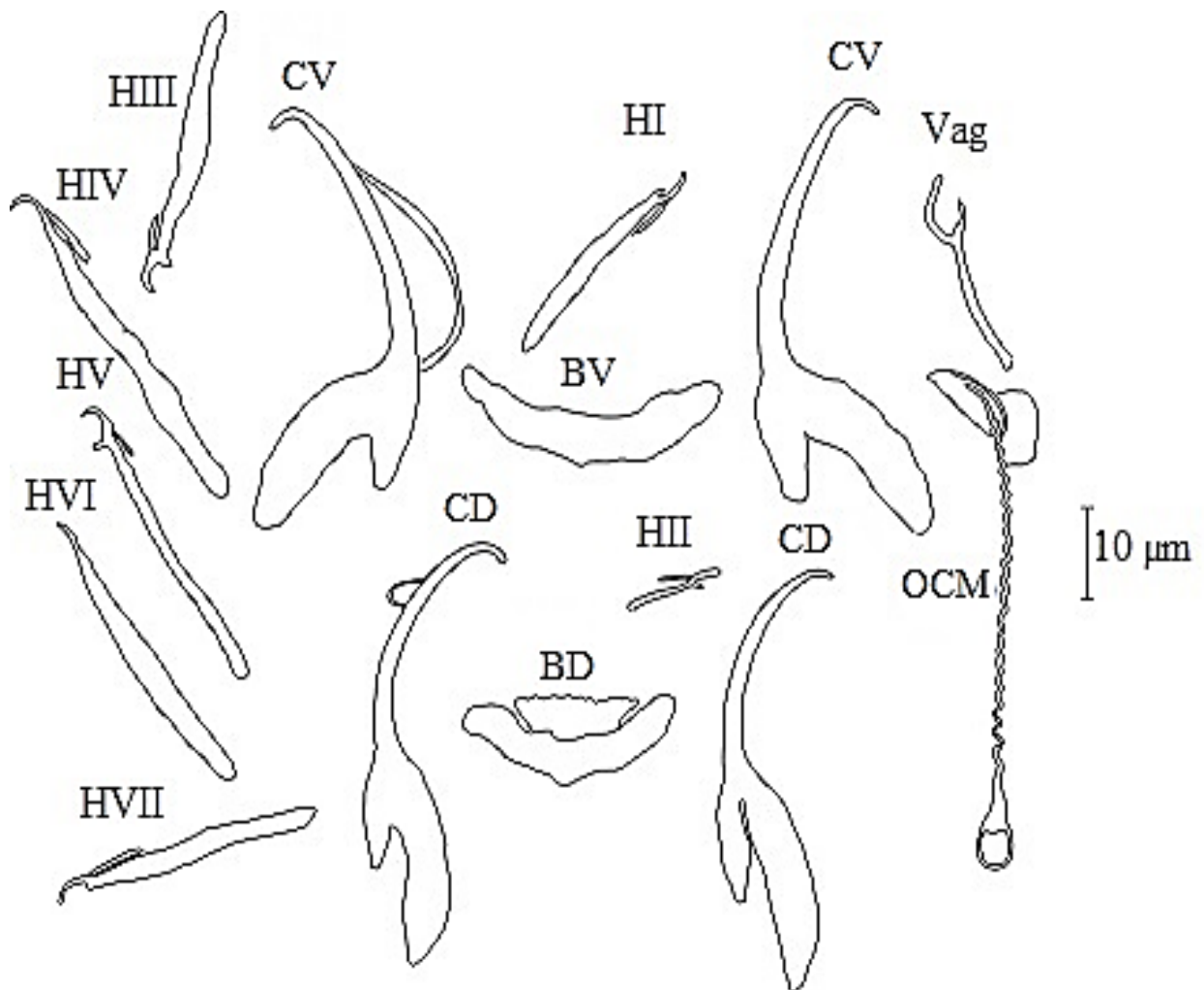


Figure 34. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema hepseti*

Légende : HI-HVII : crochetons I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Remarque

La morphologie des appareils génitaux rappelle celle de *Annulotrema hepseti* Paperna et Thurston, 1969 décrit au Ghana sur les branchies de *Hepsetus odoe* (Annexe 7). Une redescription de ce plathelminthe sur la même espèce hôte a été faite en Côte d'Ivoire (N'Douba *et al.*, 1997) et au Botswana (Christison, 1998). Aucun de ces auteurs n'a observé le prolongement membranaire que nous avons noté au-dessus de la barre transversale dorsale. En plus, les mensurations des pièces sclérifiées du haptéur et des appareils copulateurs obtenues au cours de la présente étude ne se rapprochent pas de celles de nos prédécesseurs (tableau V). Cependant la grande similarité observée au niveau de la morphologie des organes génitaux et des crochets permet de rattacher les échantillons examinés à *Annulotrema hepseti*.

Tableau V. Mensurations (μm) des pièces sclérifiées de différentes populations de *Annulotrema hepseti*

| Paramètre | Origine des mensurations | | | |
|---|--------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------|
| | Christison, 1998 | N'Douba <i>et al.</i> , 1997 | Paperna et Thurston, 1969 | Présente étude |
| Longueur totale | 310-560 | 418-777 | 200-300 | 549-860 |
| Crochets ventraux | 61-77 | 55-74 | 60-75 | 41-54 |
| Prolongement membranaire sur la barre dorsale | Pas signalé | Pas signalé | Pas signalé | Signalé |
| Crochets dorsaux | 58-83 | 45-66 | 70-100 | 41-53 |
| Organe copulateur mâle | 43-78 | 68-82 | | 40-66 |
| Longueur des crochetons | 33-55 | 46-58 | 40-60 | 18-47 |

III-1-1-2- Espèces du genre *Characidotrema* Paperna et Thurston, 1968

III-1-1-2-1- *Characidotrema regia* Birgi, 1988 (figures 35 et 36)

Hôte type : *Brycinus kingsleyae* Günther, 1986

Localité type : Nyong à Ebogo

Autres localités : Nyong à Melan (3°46' 11,424''N ; 12°16' 22,236''E), Nyong à Sombo (3°46' 13,548''N ; 12°16' 27,612''E), Nyong au niveau du Pont à Akonolinga-centre (3°46' 10,53''N ; 12°14' 49,062 E) ; Mefou à Afanoyo'o (3°44' 60''N ; 11°27' 51''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 62,5% (25 poissons parasités sur 40 poissons examinés)

Matériel étudié : 10 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : MNHN HEL 2080

Redescription

Cette espèce mesure $88 \pm 12,07$ (79-105) μm de large au niveau du pharynx et $74 \pm 27,65$ (53-113) μm de large au niveau du hapter. Les crochets ventraux sont trapus, le manche est arqué et bien séparé de la garde qui est rectiligne. La lame est courbée avec une pointe très réduite et forme un angle d'environ 180° avec le bout du manche. Les crochets dorsaux ont une longue garde et un manche réduit. La lame est d'abord rectiligne ensuite se coude pour former une longue pointe. La barre transversale ventrale forme une accolade dont la face interne présente trois protubérances de tailles différentes. La barre transversale dorsale forme une mince lame légèrement arquée. Les sept paires de crochetons portent chacune un filament et se distinguent par leur taille et leur position.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale piriforme enfouie dans la partie basale de la pièce accessoire. Cette ampoule fait suite au tube copulateur qui forme un arc de cercle dans le sens horaire avant de déboucher dans la partie distale de la pièce accessoire. La face interne du tube est partiellement recouverte par la pièce accessoire. Les mensurations

(en μm) enregistrées sur cet organe sont les suivantes: longueur du tube copulateur = $39 \pm 4,88$ (31-44) ; longueur de l'ampoule basale = $6 \pm 1,15$ (5-9) ; diamètre de l'ampoule = $4 \pm 0,70$ (3-5).

Le vagin a une base piriforme qui se poursuit par un tube de $27 \mu\text{m}$ de long.

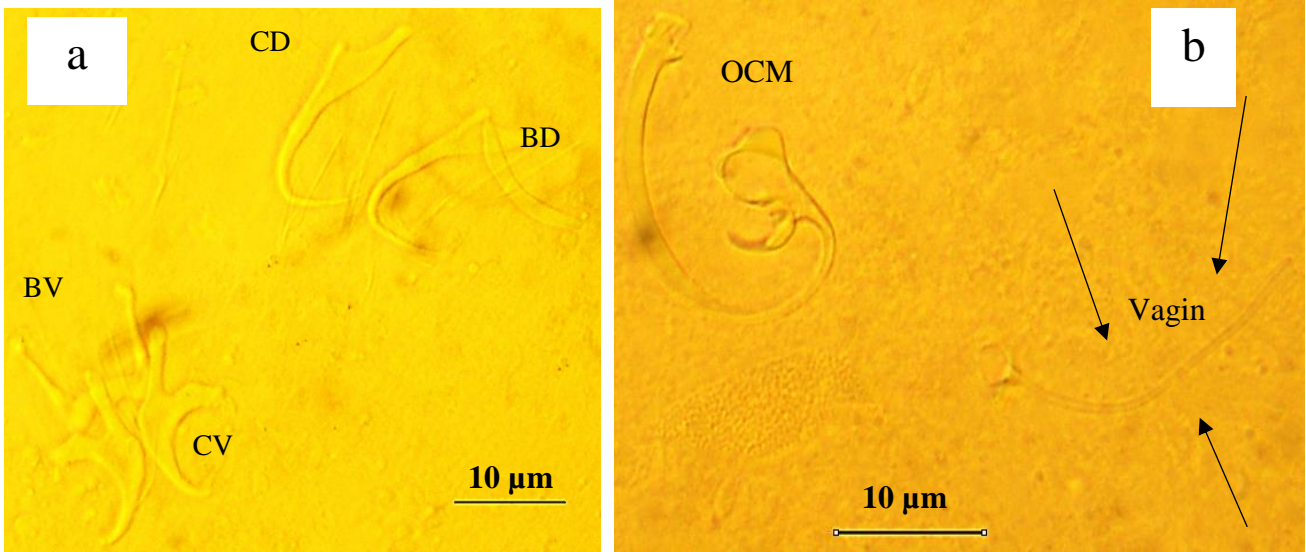


Figure 35. Photographies des pièces sclérifiées de *Characidotrema regia*
a = haptère, b = génitalia mâle et femelle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, OCM = organe copulateur mâle.

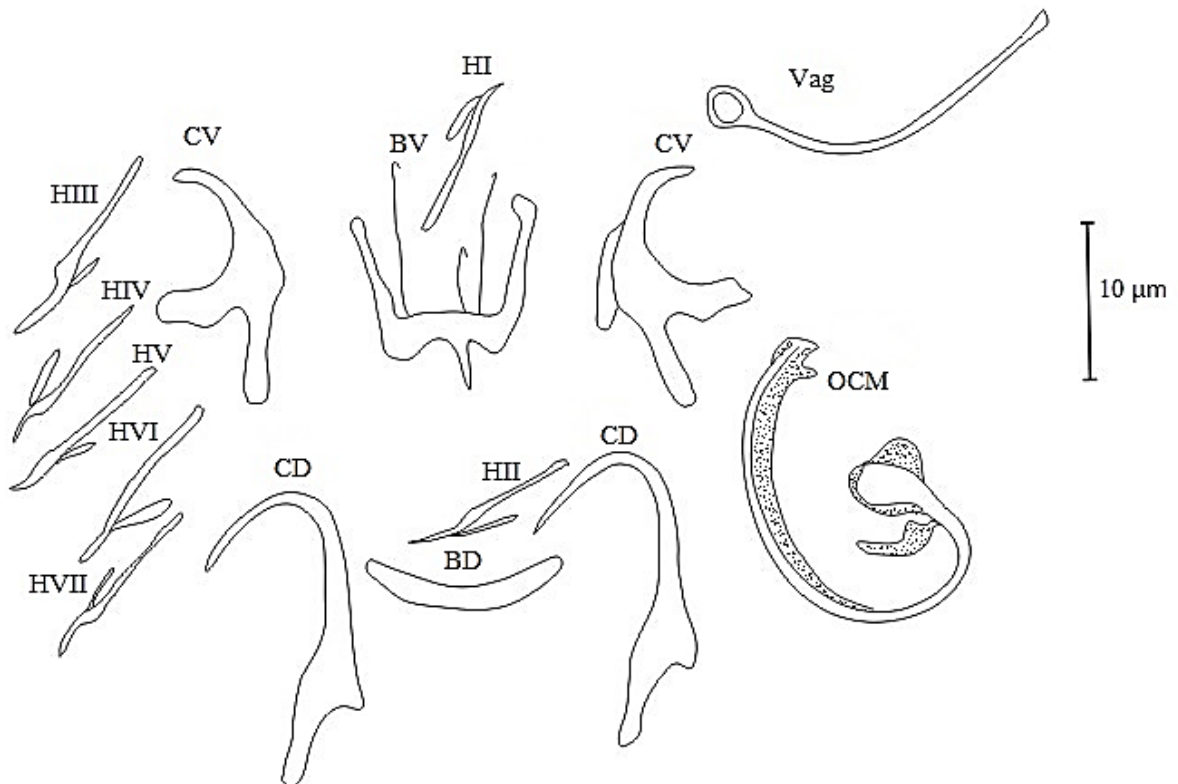


Figure 36 : Dessins des pièces sclérifiées de *Characidotrema regia*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Remarque

Malgré les différences observées au niveau de la taille des spécimens examinés et de leurs crochétions (tableau VI), la morphologie et les mensurations de la plupart des sclérites du haptéur et des appareils copulateurs sont identiques à celles de *Characidotrema regia* Birgi, 1988 (Annexe 8) à laquelle nous les rangeons.

III-1-1-2-2- *Characidotrema spiropenis* Birgi, 1988 (figures 37 et 38)

Hôtes : *Phenacogrammus major* Boulenger, 1903 et *Hemigrammopetersius pulcher* Pellegrin, 1926

Localité type : Yaoundé (Bassin du Nyong) et Sangmélima (Bassin du Dja)

Autre localité : Rivière Akono à Binguéla (3°42' 8''N ; 11°37' 57''E)

Site d'infestation : Branchies

Prévalence : 4% (2 poissons parasités sur 50 poissons examinés)

Matériel étudié : 02 individus montés au liquide de Malmberg

Spécimen type : MNHN HEL 2083

Redescription

Le ver mesure 47 μm de large au niveau du pharynx et 53-54 μm de large au niveau du haptéur. Les crochets ventraux sont trapus et robustes. Le manche et la garde sont disposés perpendiculairement. La lame très courte, se termine par une petite pointe. Les crochets dorsaux, plus longs que les ventraux, se caractérisent par un manche vestigial et une garde moyennement longue. La lame très courbée, se termine par une longue pointe. La barre transversale ventrale a l'allure d'un W. La longueur de chaque branche longitudinale du W a 8 μm . La barre transversale dorsale est une fine lame légèrement incurvée. Les sept paires de crochétions sont pourvues de filament.

L'appareil copulateur mâle débute par une ampoule basale ovale de laquelle part un long tube copulateur qui, fait d'abord quatre tours de spire en arrière de l'ampoule puis revient vers l'avant coulisser dans la partie distale de la pièce accessoire. Cette dernière est insérée entre les spires du tube copulateur. Elle est d'abord horizontale se plie ensuite pour former une deuxième branche perpendiculaire à la première et une troisième qui lui est parallèle. Les caractéristiques métriques (en μm) du génitalia mâle sont les suivantes : longueur du tube copulateur = 231-233 ; longueur de l'ampoule basale = 6 -7 ; diamètre de l'ampoule basale = 5.

Le vagin est un long tube de 45 μm qui rappelle le chiffre 2. Il est enroulé à chacune de ses extrémités et pourvu d'une ouverture postérieure.

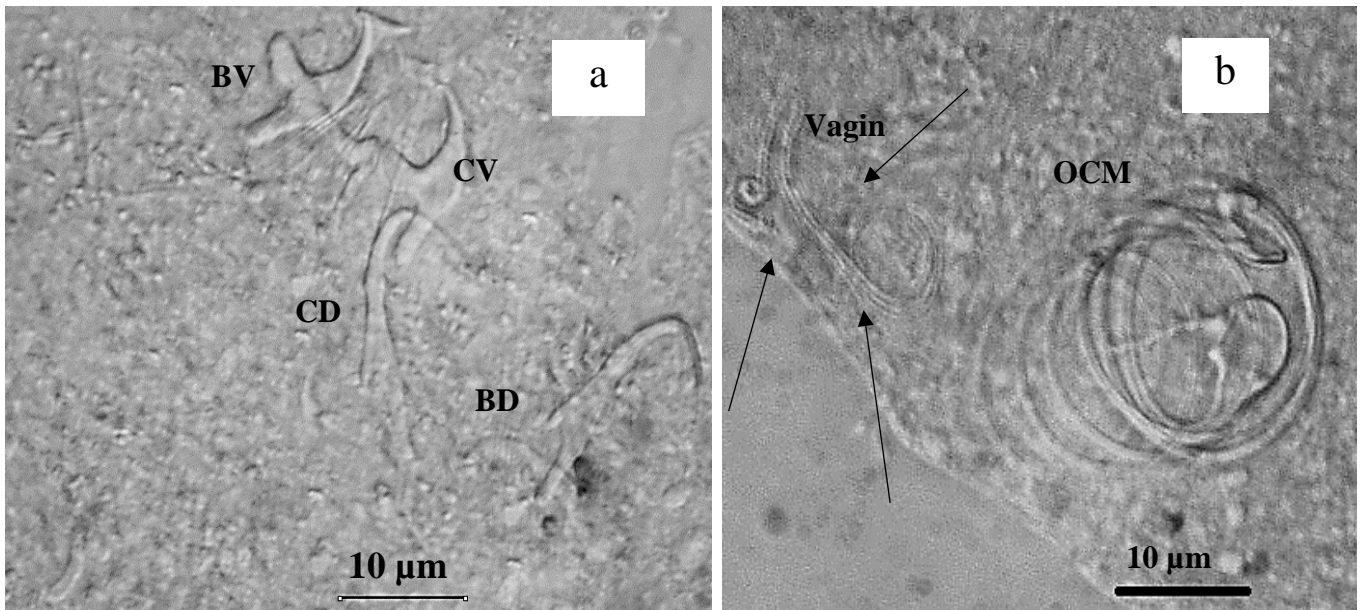


Figure 37. Photographies des pièces sclérifiées de *Characidotrema spiropenis*

a = hapteur, b = appareil reproducteur mâle et femelle

Légende : CV = crochet ventral, CD = crochet dorsal, BV = barre ventrale, BD = barre dorsale, Pa = pièce accessoire.

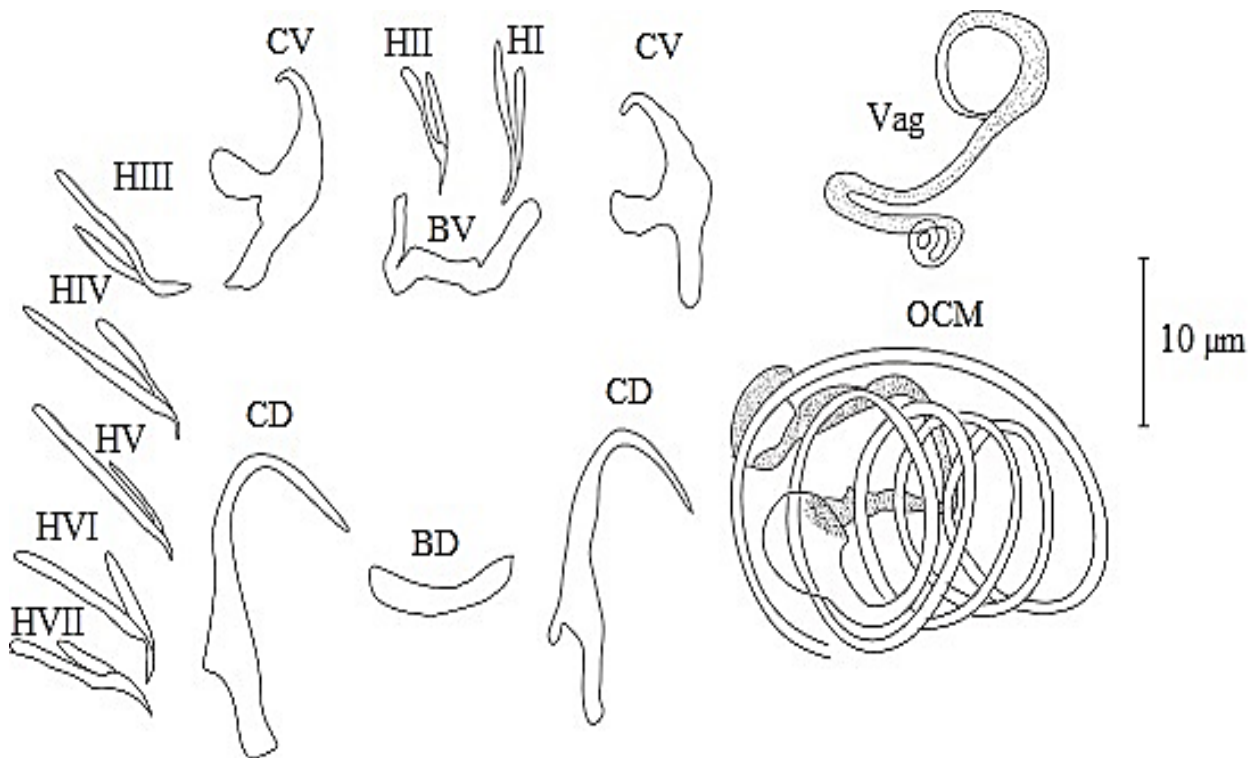


Figure 38. Dessins des pièces sclérifiées de *Characidotrema spiropenis*

Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin

Remarque

Bien que les spécimens présentement rédécrits soient de plus petite taille comparés à ceux décrits par **Birgi** (tableau VI), l'armature du hapter et la configuration du génitalia mâle correspondent à celles de *Characidotrema spiropenis* Birgi, 1988 décrite sur les branchies de *Phenacogrammus major* et *Hemigrammopetersius pulcher* au Cameroun (Annexe 9). Le reste des mensurations des pièces est consigné dans le tableau VI.

Tableau VI. Mensurations (en μm) issues de différentes populations de *Characidotrema regia* et *Characidotrema spiropenis*

| Espèce Paramètre | Origine des mensurations | | | |
|---------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| | Birgi, 1988 | | Présente étude | |
| | <i>C. regia</i> | <i>C. spiropenis</i> | <i>C. regia</i> | <i>C. spiropenis</i> |
| L | 250-450 | 350-750 | 392-857 | 314-315 |
| l | | 40-120 | 53-113 | 66 |
| OCM | 35-45 | 18-20 | 31-44 | 29 |
| Vag | 15-20 | 40 | 27 | 45 |
| I | 7-9 | 10-14 | 12 | 10 |
| II | 7-9 | 10-14 | 9-13 | 8 |
| III | 13-19 | 13-15 | 13-14 | 14 |
| IV | 17 | 13-15 | 11-15 | 10-11 |
| V | 15-17 | 15-18 | 15-17 | 14 |
| VI | 15-17 | 15-18 | 13-15 | 11 |
| VII | 15-17 | 15-18 | 11-15 | 11 |
| CV | | | | |
| a | 18-22 | 16-18 | 10-11 | 8 |
| b | | | 16-17 | 14 |
| c | 7-9 | 5-6 | 5 | 7 |
| d | 5-7 | 6-8 | 7 | 5 |
| e | 2 | 2 | 3 | 1 |
| CD | | | | |
| a | 20-22 | 20-22 | 18-20 | 20 |
| b | | | 14-16 | 14 |
| c | 6-8 | 6-8 | 6-8 | 8 |
| d | 1-2 | 1-2 | 1-2 | 1 |
| e | 7-9 | 6-8 | 7-8 | 9 |
| BV | | | | |
| f | 10 | 8-10 | 13-14 | 7-8 |
| g | 2-5 | 2 | 14 | 8 |
| h | | | 7 | 2 |
| BD | | | | |
| i | 20 | 16 | 12-14 | 10 |
| j | 2 | 2 | 2-4 | 3 |
| k | | | 1-2 | 1 |

Légende : (L) longueur du corps, (l) largeur au niveau des ovaires, (OCM) longueur de l'organe copulateur mâle, (Vag) longueur du vagin, (I-VII) longueur des crochets I-VII, (CV) crochet ventral : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e), (CD) crochet dorsal : longueur interne (a), longueur externe (b), longueur du manche (c), longueur de la garde (d), longueur de la pointe (e) (BV) barre ventrale : longueur totale (f), épaisseur totale (g), épaisseur médiane (h), (BD) Barre dorsale : longueur totale (i), épaisseur totale (j), épaisseur médiane (k).

III-1-1-3- Analyse des liens morphométriques chez les *Annulotrema* récoltés

III-1-1-3-1- Présentation des variables descriptives retenues pour l'analyse

Le déterminant de la matrice des corrélations a été différent de zéro, l'indice KMO a donné une valeur de 0,896 et le test de Bartlett a été significatif ($P < 0,001$). Ces résultats ont ainsi traduit l'adéquation du jeu de données utilisé pour l'ACP.

Le cercle de corrélation a été réduit à deux composantes (figure 39). La première composante a renfermé 66,84% des informations, elle a été fortement liée à la longueur de la pointe du crochet ventral, à la pointe du crochet dorsal (respectivement CVP et CDP) et à la longueur de l'organe copulateur mâle. Ces variables ont été fortement corrélées entre elles et moins corrélées avec les variables fortement liées à la composante 2 (le degré de corrélation est inversement proportionnel à l'angle formé entre deux variables). Ainsi, la composante 1 a renfermé les informations sur la forme des pointes des crochets et de l'appareil copulateur mâle. En effet, la longueur de la pointe a varié en fonction de la courbure de la lame du crochet (c'est-à-dire sa forme). De même, la longueur de l'appareil copulateur mâle a été fortement liée à sa forme (allongée, recourbée ou enroulée).

La deuxième composante a renfermé 14 % des informations. Cette composante a été fortement corrélée à LBL, CVM, CDM, CVI, CVG, CDI, EBV et à la longueur des différents crochets. Ce deuxième facteur a été lié aux informations sur la taille des différentes pièces. En effet, les longueurs interne, externe, du manche et de la garde des crochets, la longueur totale de la barre ventrale sont des variables en rapport principalement avec la taille de ces pièces à l'instar des mesures sur les crochets. Ces résultats confirment que les caractères descriptifs considérés sur les pièces sclérifiées lors de cette étude permettent de différencier les espèces du genre *Annulotrema* récoltées dans notre travail.

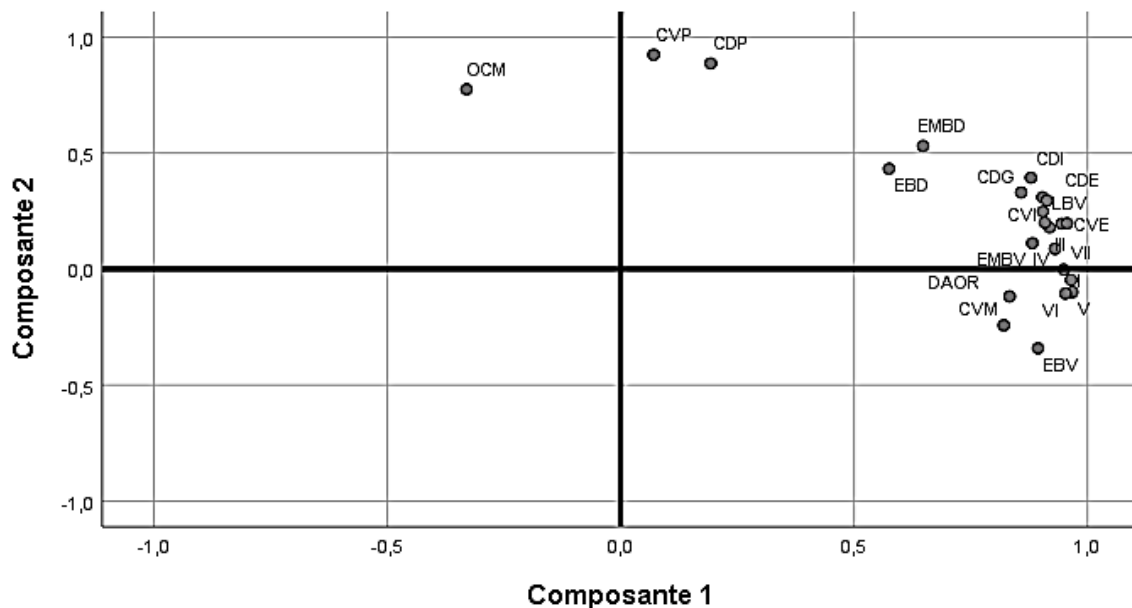


Figure 39 : Analyse en composantes principales des mensurations prise sur les pièces sclérifiées des monogènes du genre *Annulotrema*

II-1-1-4-Détermination des groupes morphologiques auxquels appartiennent *Annulotrema ngombiensis* n. sp. et *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Pour identifier à quel des groupes morphologiques établis par **Birgi** (1988) appartiennent les deux espèces nouvelles décrites dans la présente étude, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée en considérant les neuf espèces du genre *Annulotrema* connues (tableau VII). L'espèce *A. hepseti* qui appartient à un groupe morphologique absent chez les poissons du genre *Brycinus* a été incluse du fait de la configuration de son appareil copulateur mâle semblable à celle de *A. ngombiensis* n. sp. En effet, cette espèce est la seule au Cameroun qui présente un génitalia allongé sans tour de spire. L'analyse a été réduite à deux axes (variances cumulées = 75,75%).

Tableau VII : Espèces et groupes morphologiques considérés pour l'Analyse en Composantes Principales

| Groupe morphologique | Espèce parasite |
|----------------------|-------------------------|
| <i>Combesi</i> | 1- <i>A. combesi</i> |
| <i>Nyongensis</i> | 2- <i>A. nyongensis</i> |
| | 3- <i>A. gabrioni</i> |
| | 4- <i>A. amieti</i> |
| <i>Amieti</i> | 5- <i>A. bouixi</i> |
| | 6- <i>A. maillardi</i> |
| <i>Hepseti</i> | 7- <i>A. hepseti</i> |

Il en ressort que l'espèce *A. ngombiensis* n. sp. possède des caractéristiques propres qui l'isolent facilement des autres espèces du genre *Annulotrema* récoltées durant cette étude (figure 40). Cette espèce appartient donc à un nouveau groupe morphologique différent des cinq précédemment établis par **Birgi** (1988) que nous nommons groupe *Ngombiensis* n. gr.

Annulotrema nkengfacki n. sp. a plus d'affinité avec *A. nyongensis* et *A. gabrioni* classées dans le groupe morphologique *Nyongensis* (**Birgi**, 1988). Cette affinité nous autorise à ranger *A. nkengfacki* n. sp. dans le groupe *Nyongensis*.

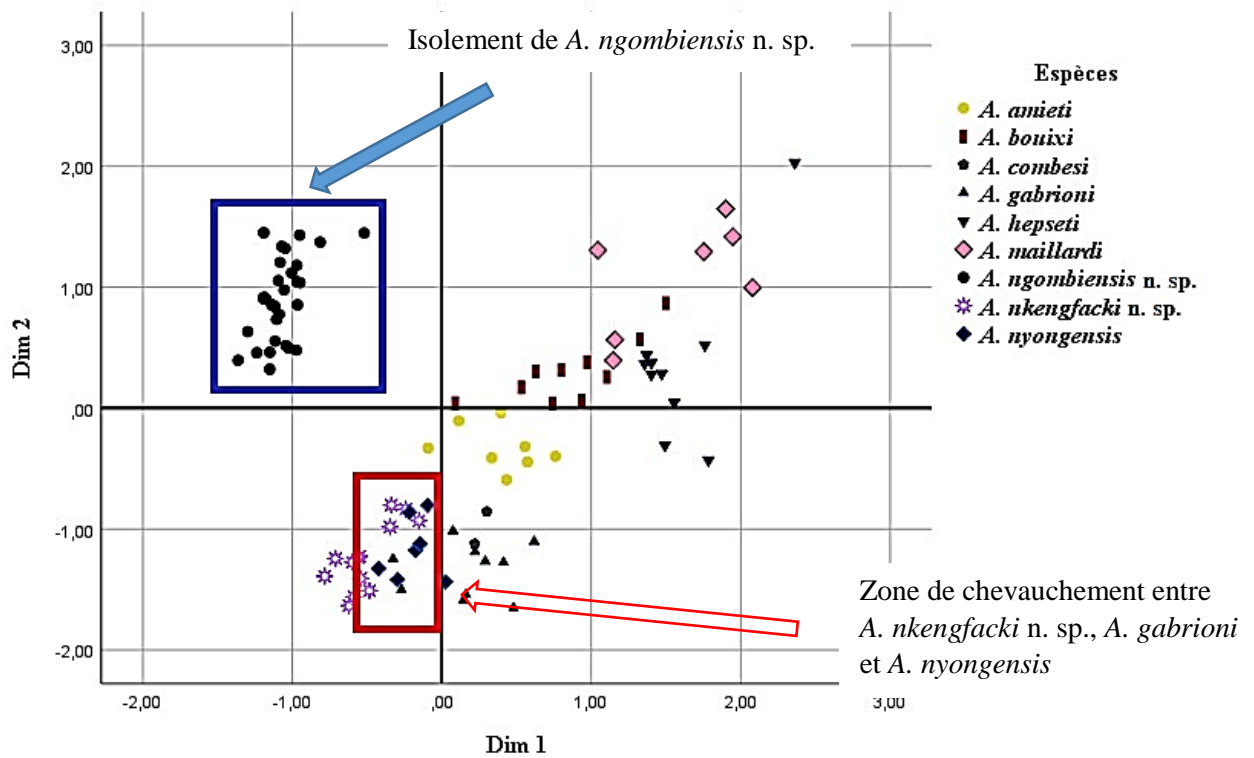


Figure 40 : Analyse en composantes principales avec projection des individus sur les différents axes factoriels

III-1-2- Études écologiques

Cette étude a été effectuée sur 100 spécimens de *B. macrolepidotus* et 100 individus de *B. kingsleyae* capturés dans le fleuve Nyong à Akonolinga. Pour chacune de ces espèces hôtes, l'étude de la structuration des xénocommunités de monogènes a été précédée d'une étude du biotope branchial. L'analyse de ce biotope permet en effet d'appréhender la structure du milieu de vie des monogènes dont la distribution sera par la suite étudiée.

III-1-2-1- Etude du biotope branchial et de quelques caractéristiques métriques et pondérales chez *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849

III-1-2-1-1-Evolution du nombre de filaments branchiaux de *Brycinus macrolepidotus*

III-1-2-1-1- 1-Évolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille du poisson

Le nombre total moyen de filaments branchiaux a été de $1485,71 \pm 118,94$. En fonction du côté, le nombre moyen de filaments a été de $738,59 \pm 59,18$ pour le côté gauche (CG) et $747,12 \pm 63,64$ pour le côté droit (CD). Bien que le côté droit ait semblé porter plus de filaments, la différence est restée non significative ($U = 4661$; $ddl = 198$; $P = 0,01$). En définitive, le modèle de distribution des filaments branchiaux en fonction du côté est $CG = CD$.

Le nombre de filaments branchiaux total et par côté du poisson a été positivement corrélé avec la taille du poisson (figure 41) ; $r = + 0,79$ (total) ; $r = + 0,77$ (côté gauche) et $r = + 0,77$ (côté droit) ; $P < 0,01$). Cette augmentation progressive du nombre de filaments en fonction de la taille du poisson est traduite par les équations linéaires suivantes $Y_{total} = 28,645LS +$

1039,7 ($R^2 = 0,6321$) ; $Y_{\text{côté gauche}} = 13,895LS + 522,25$ ($R^2 = 0,6009$) et $Y_{\text{côté droit}} = 14,75LS + 517,46$ ($R^2 = 0,5855$).

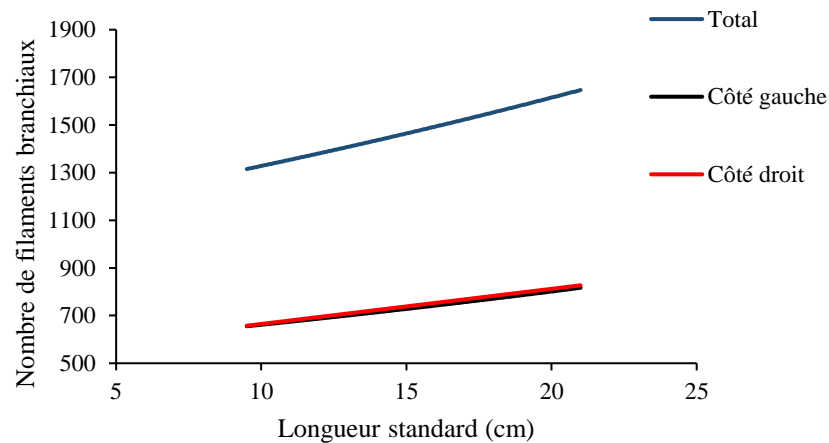


Figure 41 : Evolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille du poisson

III-1-2-1-1- 2- Évolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'arc

Le nombre moyen de filaments branchiaux a été de $359,18 \pm 26,18$ (arc I) ; $389,69 \pm 33,90$ (arc II) ; $378,19 \pm 34,02$ (arc III) et $358,65 \pm 36,09$ (arc IV). L'arc II a porté le plus grand nombre de filaments tandis que les arcs I et IV ont présenté le plus petit nombre de filaments ($H = 52,65 > 7,81$; ddl = 3 ; $P = 0,0000$). La comparaison du nombre total moyen de filaments branchiaux des arcs pris deux à deux (Annexe 10) a permis d'obtenir le modèle de distribution suivant $AII > AIII > AI = AIV$ (U ; $P < 0,05$).

Le nombre de filaments branchiaux de chaque arc a progressivement augmenté avec la taille du poisson (figure 42). Par ailleurs, quelle que soit la longueur standard ce nombre a été plus élevé sur l'arc II.

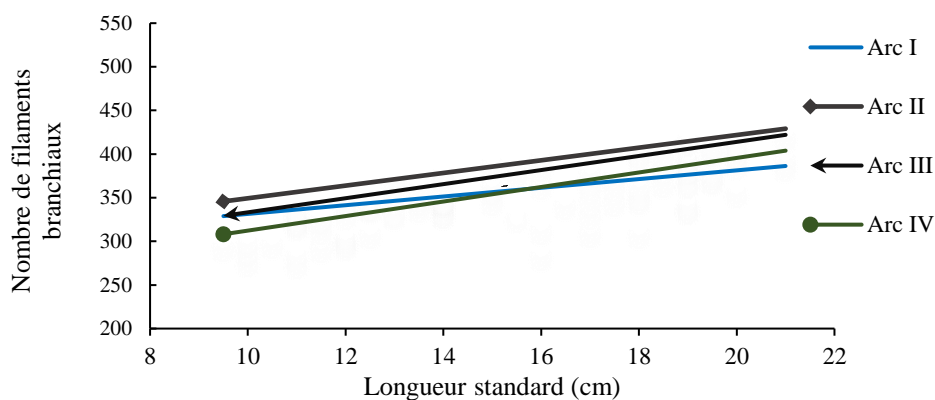


Figure 42 : Evolution du nombre de filaments en fonction de l'arc branchial

Les équations linéaires qui traduisent la variation du nombre de filaments de chaque arc en fonction de la longueur standard du poisson sont : $Y_{\text{arc I}} = 4,9932LS + 281,44$; $R^2 = 0,3963$;

$Y_{\text{arc II}} = 7,2499\text{LS} + 276,81$; $R^2 = 0,4984$; $Y_{\text{arc III}} = 8,0714\text{LS} + 252,52$; $R^2 = 0,6134$ et $Y_{\text{arc IV}} = 8,3303\text{LS} + 228,95$; $R^2 = 0,5806$.

III-1-2-1-1-3- Évolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'hémibranchie

L'hémibranchie antérieure de chaque arc a semblé porter plus de filaments que son homologue postérieure ; la différence a cependant été non significative dans tous les cas (tableau VIII ; $P > 0,05$). La comparaison du nombre moyen de filaments branchiaux des huit hémibranchies a indiqué que leur nombre était significativement plus élevé sur l'hémibranchie antérieure de l'arc II ($H = 107,7$; $\text{ddl} = 7$; $P = 0,0000$). Comparés deux à deux (Annexe 11), le modèle de variation du nombre moyen de filaments des diverses hémibranchies est le suivant $\text{IIP} = \text{IIA} > \text{IIP} = \text{IIIA} > \text{IA} = \text{IP} = \text{IVA} = \text{IVP}$.

Tableau VIII : Nombre moyen de filaments par hémibranchie

| Hémibranchie | Moyenne \pm écart type | Test U |
|---------------------|--------------------------|------------|
| Antérieure arc I | 180,7 \pm 13,20 | $P = 0,61$ |
| Postérieure arc I | 179,11 \pm 13,54 | |
| Antérieure arc II | 195,02 \pm 16,10 | $P = 0,89$ |
| Postérieure arc II | 194,70 \pm 18,54 | |
| Antérieure arc III | 190,92 \pm 15,60 | $P = 0,20$ |
| Postérieure arc III | 187,75 \pm 19,26 | |
| Antérieure arc IV | 181,59 \pm 17,32 | $P = 0,07$ |
| Postérieure arc IV | 176,93 \pm 19,89 | |

Le nombre de filaments branchiaux de chaque hémibranchie a progressivement augmenté avec la longueur standard du poisson (figure 43). Les équations qui traduisent cette évolution font l'objet du tableau IX.

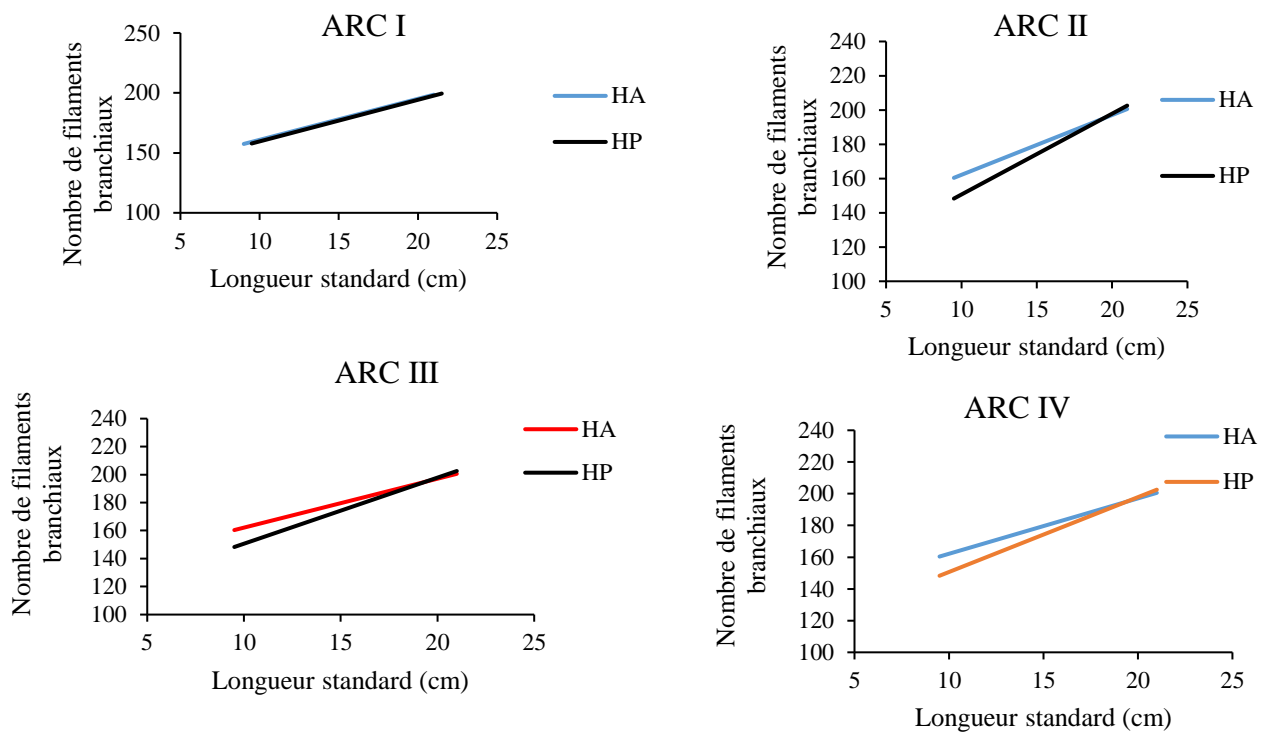


Figure 43 : Evolution du nombre total de filaments branchiaux par hémibranchie d'un arc en fonction de la taille du poisson

Légende : HA : hémibranchie antérieure, HP : hémibranchie postérieure

Tableau IX : Equations de variation du nombre de filaments des hémibranchies de chaque arc en fonction de la longueur standard du poisson

| Arc | Hémibranchie | Equation |
|----------------|--------------|--|
| Arc I | Antérieure | $Y = 2,4536LS + 141,87 ; R^2 = 0,3763$ |
| | Postérieure | $Y = 2,4729LS + 140,61 ; R^2 = 0,3637$ |
| Arc II | Antérieure | $Y = 3,074LS + 147,16 ; R^2 = 0,3972$ |
| | Postérieure | $Y = 4,1988LS + 129,32 ; R^2 = 0,5588$ |
| Arc III | Antérieure | $Y = 3,2887LS + 139,71 ; R^2 = 0,4842$ |
| | Postérieure | $Y = 4,7231LS + 114,21 ; R^2 = 0,6551$ |
| Arc IV | Antérieure | $Y = 3,4929LS + 127,21 ; R^2 = 0,4435$ |
| | Postérieure | $Y = 4,7191LS + 103,45 ; R^2 = 0,6136$ |

III-1-2-1-2- Relation taille-poids et coefficient de condition K chez *Brycinus macrolepidotus*

De février 2019 à février 2020, 30 spécimens de l'espèce *B. macrolepidotus* ont été capturés chaque mois soit un total de 390 poissons. La longueur standard a varié entre 8,5 cm et 21 cm, le poids quant à lui a fluctué entre 9 g et 253 g. Les poissons ont été séparés en deux classes de taille en se référant à la moyenne de ce paramètre (15 cm).

III-1-2-1-2-1- Relation taille-poids chez *Brycinus macrolepidotus*

Quand on tient compte de tous les hôtes échantillonnés (figure 44), la transformation logarithmique de l'équation qui décrit la relation entre la taille et le poids chez *Brycinus macrolepidotus* en une fonction linéaire permet d'obtenir l'équation $\text{Log (Pt)} = 3,1178 \text{ Log (LS)} - 4,1104$ avec $R^2 = 0,9033$. Il en ressort que le coefficient d'allométrie (pente de la droite de régression) est supérieur à 3, ce qui traduit une allométrie majorante. La corrélation est très forte et positive entre les deux variables ($r = 0,93$; $P < 0,001$).

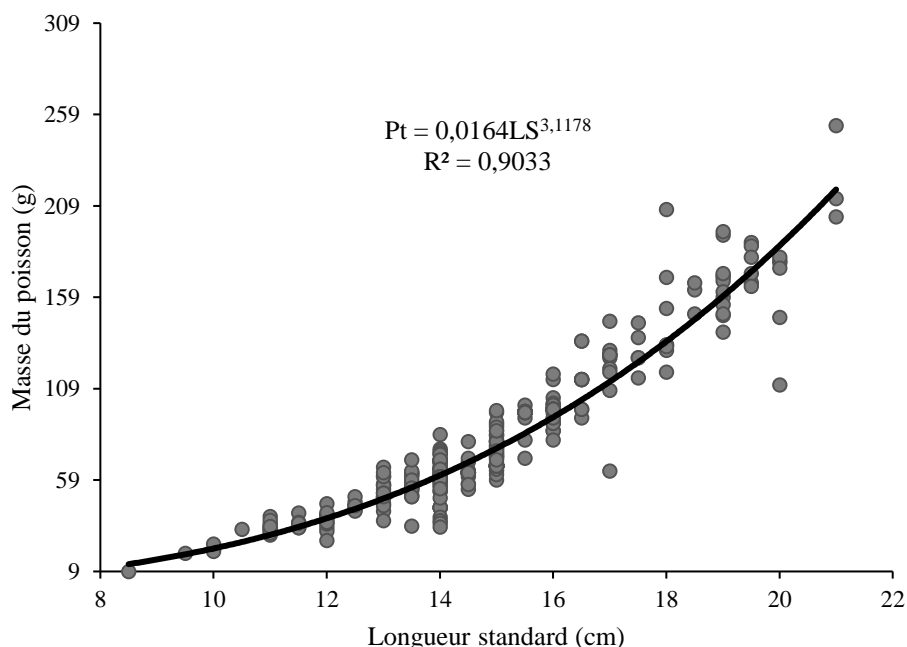


Figure 44 : Relation entre la taille et le poids de tous les spécimens de *Brycinus macrolepidotus* échantillonnés

Lorsqu'on considère uniquement les poissons de taille inférieure à 15 cm (figure 45), la relation entre la taille et le poids de ce téléostéen peut être décrite par l'équation linéaire $\text{Log (Pt)} = 2,8014 \text{ Log (LS)} - 3,2995$ avec $R^2 = 0,7607$. Le coefficient d'allométrie inférieur à 3 traduit une allométrie minorante. La corrélation a par ailleurs été positive et significative ($r = 0,83$; $P < 0,001$). Ces observations révèlent que la croissance des poissons de taille inférieure à 15 cm, est plus axée sur la taille au détriment du poids mais que les deux variables sont étroitement liées.

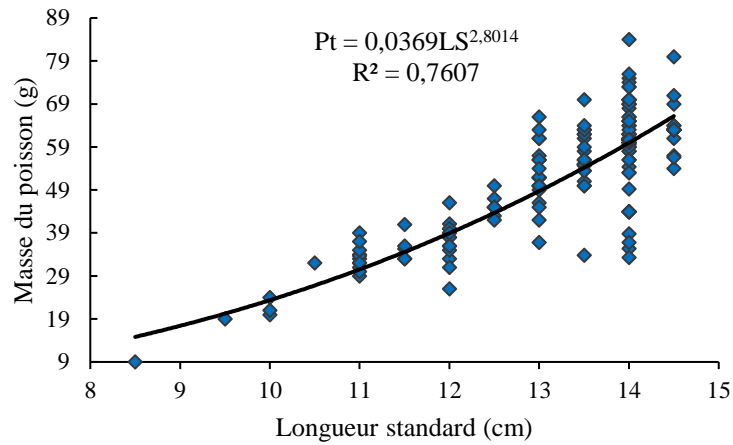


Figure 45 : Relation taille- poids pour les poissons de taille inférieure à 15 cm

Pour les poissons de taille supérieure à 15 cm (figure 46), il apparaît que les points sont entassés à l'exception de quelques-uns, considérés comme artéfacts. L'équation linéaire obtenue à la suite de la transformation logarithmique est $\text{Log}(\text{Pt}) = 3,2474 \text{Log}(\text{LS}) - 4,4567$; $R^2 = 0,8465$. L'allométrie a été majorante car la pente de la droite de régression est supérieure à 3. La relation entre les deux variables pour les poissons de taille supérieure à 15cm a été positive et très forte ($r = 0,93$; $P < 0,001$). Ces observations traduisent une croissance en faveur du poids contrairement à ce qui a été noté chez les poissons de taille inférieure à 15 cm.

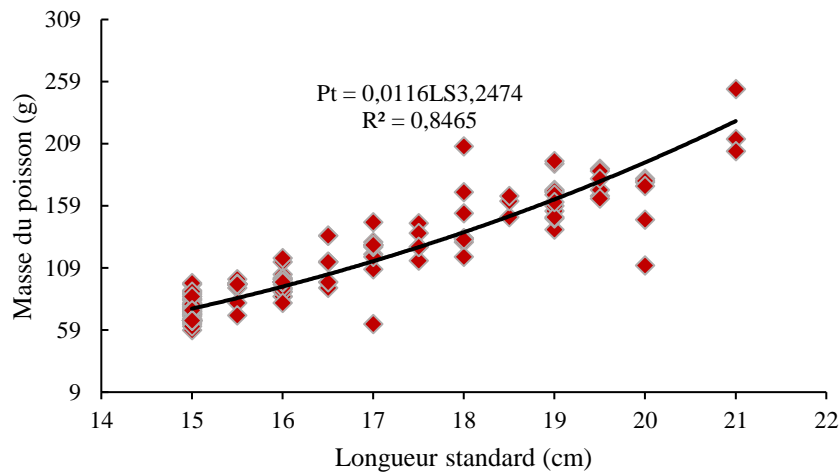


Figure 46 : Relation taille-poids pour les poissons de taille supérieure ou égale à 15 cm

III-1-2-1-2-1-1- Relation taille-poids en fonction du sexe du poisson

La longueur standard a varié de 8,5 cm à 21 cm chez les femelles et de 9,5 cm à 21 cm chez les mâles. Le poids total quant à lui a varié de 9 g à 253 g chez les femelles et de 19 g à 203 g chez les mâles.

Chez les femelles, la croissance de la masse corporelle a été plus rapide que la croissance de la taille. En effet, les différents points semblent s'ajuster à la courbe (figure 47a) et l'équation linéaire obtenue est $\text{Log}(\text{Pt}) = 3,307 \text{Log}(\text{LS}) - 4,6152$; $R^2 = 0,8863$.

Chez les mâles l'équation traduisant la relation entre les deux variables est $\text{Log (Pt)} = 2,9465 \text{ Log (LS)} - 3,642$; $R^2 = 0,9289$. Le nuage de points s'est ajusté à la courbe et le coefficient d'allométrie a été inférieure à 3 (figure 47b).

Ces valeurs du coefficient d'allométrie traduisent une allométrie majorante chez les femelles et minorante chez les mâles de *B. macrolepidotus*. Contrairement aux femelles, la croissance en masse chez les mâles est donc moins importante que la croissance en taille. Dans les deux cas la corrélation entre les deux variables a été très significative et positive ($r = 0,95$ et $0,92$; $P < 0,001$, respectivement pour les mâles et les femelles).

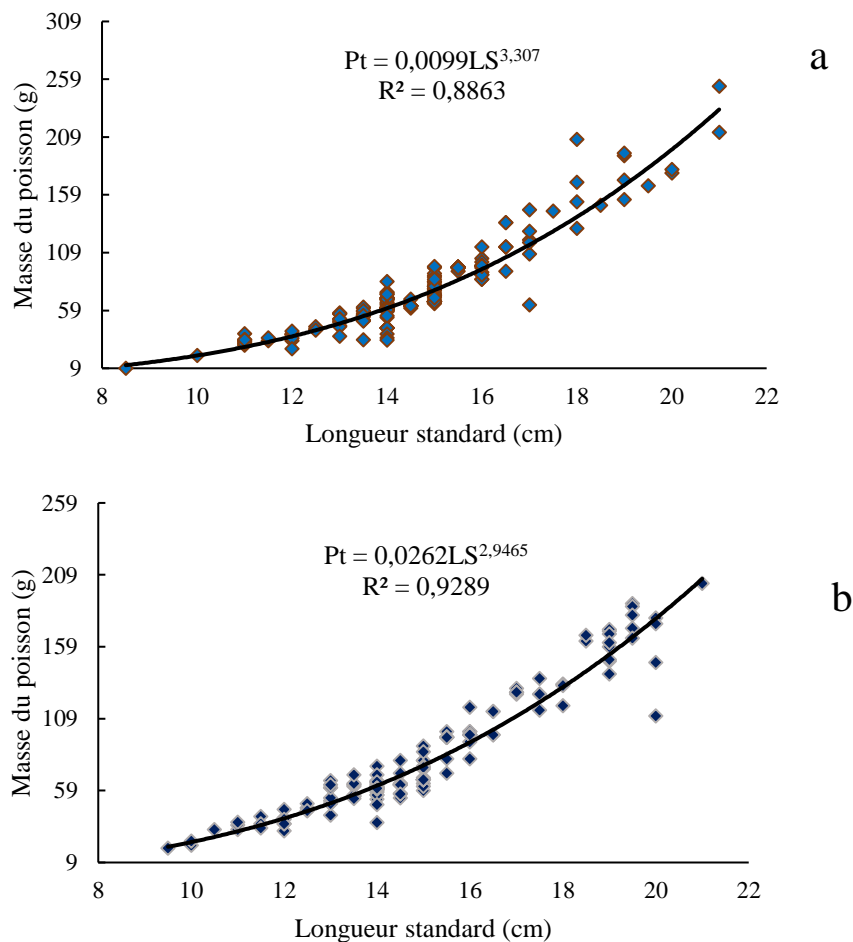


Figure 47 : Relation taille-poids en fonction du sexe de *Brycinus macrolepidotus*
a) cas des femelles ; b) cas des mâles

III-1-2-1-2-2- Coefficient de condition K

III-1-2-1- 2-2-1-Variation du coefficient de condition K en fonction de la taille, du poids et du sexe chez *Brycinus macrolepidotus*

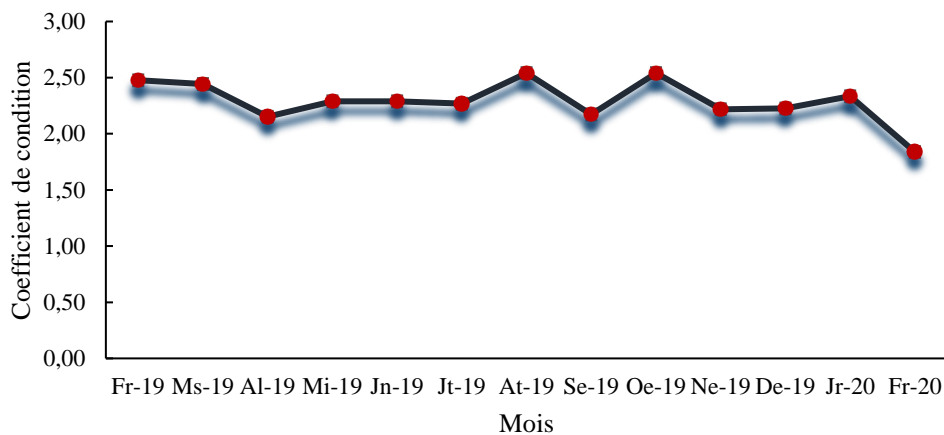
D'une manière générale un embonpoint a été constaté pour tous la population de *B. macrolepidotus* ($K > 1$; tableau X), ce qui traduirait une bonne adaptation de cette espèce à son milieu de vie. Cependant, la condition physiologique a été meilleure chez les poissons de grande taille ($U = 1157$; $P = 0,02$). Les poissons mâles ont présenté une valeur moyenne de K supérieur aux femelles.

Tableau X : Facteur de condition K moyen de *Brycinus macrolepidotus*

| Caractéristiques de <i>B. macrolepidotus</i> | K moyen | Kr (relatif) |
|--|---------|--------------|
| Toute la population | 2,28 | 1,013 |
| Ls < 15 cm | 2,23 | 1,011 |
| Ls ≥ 15 cm | 2,32 | 1,004 |
| Femelles | 2,27 | 1,008 |
| Mâles | 2,29 | 1,008 |

III-1-2-1- 2-2-2-Variation mensuelle du coefficient de condition K

L'évolution mensuelle du coefficient de condition est triphasique (figure 48). La première phase dont les valeurs se situent entre 2,48 en février 2019 et 2,15 en avril de la même année se caractérise par une diminution de la croissance pondérale jusqu'en avril 2019, suivie d'une légère augmentation et d'une stabilisation entre mai et juillet 2019. La deuxième phase qui couvre les mois d'août à novembre 2019 évolue en dents de scie entre les valeurs 2,54 (valeur maximale) et 2,17 obtenues respectivement en août et septembre. La dernière phase débute par une légère augmentation puis conduit le coefficient de condition à sa valeur minimale (1,84) enregistrée en février 2020. Cette observation indiquerait une dégradation de l'état physiologique du poisson en début de l'année 2020.

**Figure 48** : Variations mensuelles du facteur de condition

Légende : Fr-19 : février 2019, Ms-19 : mars 2019, Al-19 : avril 2019, Mi-19 : mai 2019, Jn-19 : juin 2019, Jt-19 : juillet 2019, At-19 : août 2019, Se-19 : septembre 2019, Oe-19 : octobre 2019, Ne-19 : novembre 2019, De-19 : décembre 2019, Jr-20 : janvier 2020, Fr-20 : février 2020.

III-1-2-1- 2-2-3-Variation saisonnière du coefficient de condition K

En fonction des saisons, les différentes valeurs du facteur de condition K sont résumées au tableau XI. Il en découle que *B. macrolepidotus* du Nyong présente une meilleure condition physiologique durant la petite saison sèche ($H = 32,38$; $P = 0,0000$).

Tableau XI : Facteur de condition K de *Brycinus macrolepidotus* en fonction des saisons

| Saison | Facteur de condition K |
|--------------------------|------------------------|
| Grande saison des pluies | 2,32 |
| Petite saison sèche | 2,40 |
| Petite saison des pluies | 2,20 |
| Grande saison sèche | 2,13 |

III-1-2-1-2-Evolution du nombre de filaments branchiaux chez *Brycinus kingsleyae*

III-1-2-1-2-1- Evolution du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille du poisson

Le nombre total moyen de filaments chez *B. kingsleyae* a été de $1419,24 \pm 63,10$. Ce nombre a été de $709,44 \pm 35,52$ sur le côté gauche et de $709,80 \pm 35,13$ sur le côté droit. La comparaison de ces valeurs a montré que les deux côtés du système branchial de *B. kingsleyae* sont identiques quant à ce paramètre ($U = 4798$; $ddl = 98$; $P = 0,62$) soit le modèle $CG = CD$.

Le nombre de filaments branchiaux total et par côté a progressivement augmenté avec la taille du poisson (figure 49). Les équations qui décrivent ce phénomène sont les suivantes : $Y_{total} = 1158,1e^{0,0175LS}$ ($R^2 = 0,1427$) ; $Y_{CG} = 562,09e^{0,0201LS}$ ($R^2 = 0,148$) et $Y_{CD} = 595,05e^{0,0152LS}$ ($R^2 = 0,0842$).

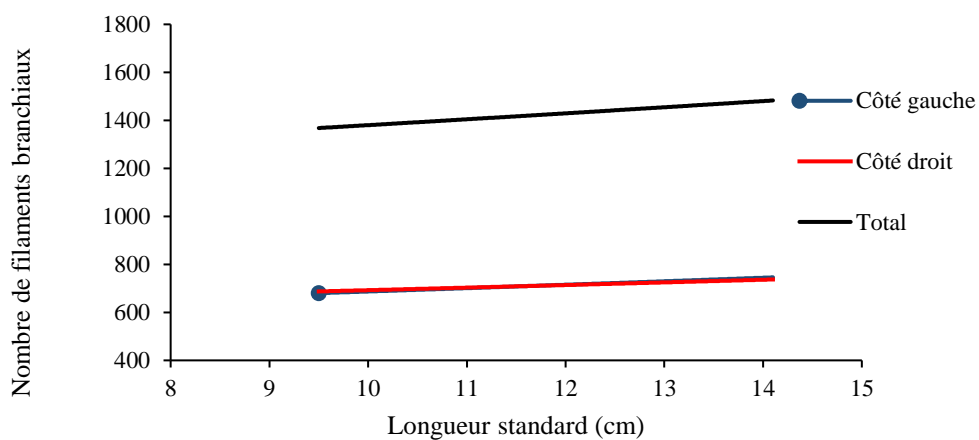


Figure 49 : Variation du nombre de filaments branchiaux total et par côté en fonction de la taille de *Brycinus kingsleyae*

III-1-2-1-2-2- Evolution du nombre de filaments branchiaux en fonction de l'arc

Le nombre moyen de filaments a été de $363,84 \pm 21,36$ (arc I) ; $379,40 \pm 16,63$ (arc II) ; $359,95 \pm 21,77$ (arc III) et $316,05 \pm 22,05$ (arc IV). La comparaison globale de ces valeurs ($H = 139,5$; $P = 0,0000$) d'une part et prises deux à deux d'autre part a permis d'établir le modèle de distribution $AII > AI = AIII > AIV$ indiquant que le nombre de filaments branchiaux a été respectivement plus et moins élevé sur les arcs II et IV.

En fonction de la taille, il apparaît que le nombre de filaments branchiaux de chaque holobranchie a augmenté progressivement avec la taille du poisson (figure 50).

Les équations qui décrivent ce phénomène sont : $Y_{\text{arc I}} = 310,74e^{0,0135LS}$, $R^2 = 0,0471$; $Y_{\text{arc II}} = 343,12e^{0,0086LS}$, $R^2 = 0,0352$; $Y_{\text{arc III}} = 267,69e^{0,0255LS}$, $R^2 = 0,1626$ et $Y_{\text{arc IV}} = 239,35e^{0,0239LS}$, $R^2 = 0,1061$.

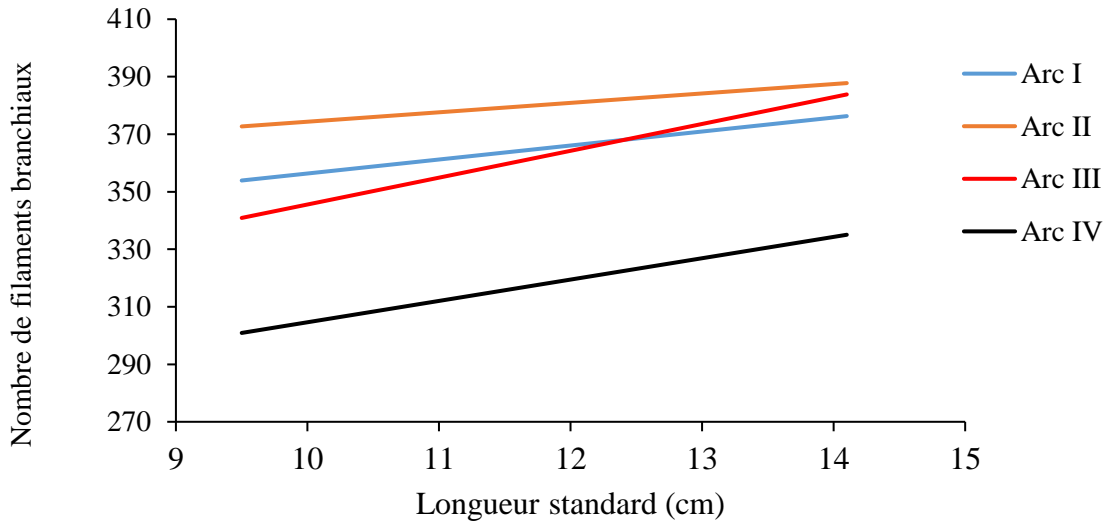


Figure 50 : Evolution du nombre de filaments branchiaux de chaque arc en fonction de la taille de *Brycinus kingsleyae*

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

Sans distinction de l'arc, le nombre de filaments branchiaux moyen a été de $713,58 \pm 32,83$ pour l'hémibranchie antérieure et de $705,66 \pm 33,79$ pour son homologue postérieure. La différence n'a pas été significative ($U = 4388$; $P = 0,14$). Le constat a été le même pour chaque arc (figure 51 ; U ; $P > 0,05$). La comparaison du nombre de filaments moyen des huit hémibranchies a indiqué que ces structures sont plus abondantes sur les faces antérieure et postérieures de l'arc II ($H = 395,4$; $ddl = 7$; $P < 0,001$). En les comparant deux à deux, le modèle établi est $IIA = IIP > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP$.

Le nombre de filament branchiaux de chaque hémibranchie a augmenté progressivement avec la taille du poisson. Pour chaque arc, l'hémibranchie antérieure a évolué plus rapidement que son homologue postérieure (figure 51).

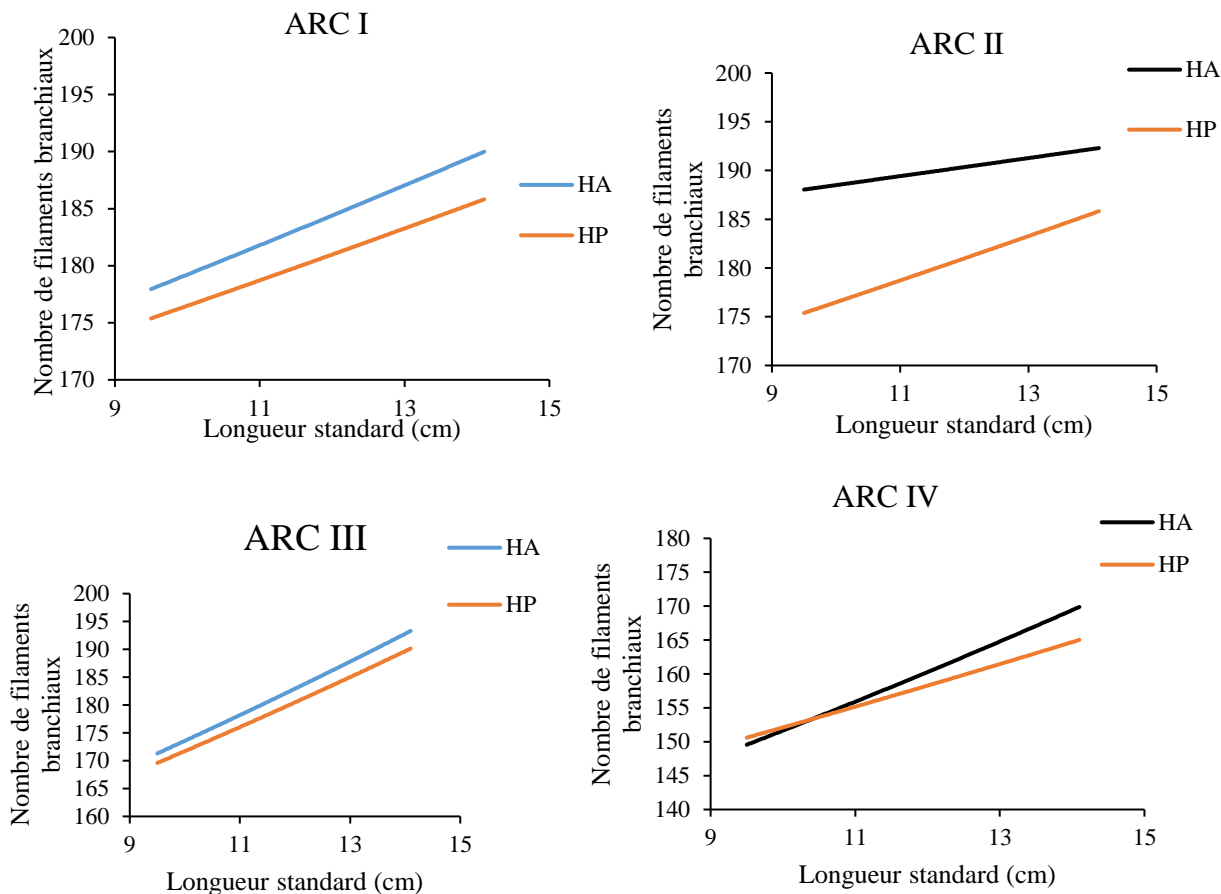


Figure 51 : Evolution du nombre total de filaments branchiaux d’une hémibranchie de chaque arc en fonction de la taille du poisson

Légende : HA : hémibranchie antérieure, HP : hémibranchie postérieure

Les équations qui résument l’évolution du nombre de filaments branchiaux de chaque hémibranchie en fonction de la taille du poisson font l’objet du tableau XII.

Tableau XII : Equations traduisant la variation du nombre de filaments branchiaux en fonction de l’hémibranchie

| | Hémibranchie | Equation |
|----------------|--------------|--|
| Arc I | Antérieure | $Y = 155,45e^{0,0142LS}$ $R^2 = 0,0477$ |
| | Postérieure | $Y = 155,65e^{0,0126LS}$ $R^2 = 0,0367$ |
| Arc II | Antérieure | $Y = 179,54e^{0,0049LS}$ $R^2 = 0,0102$ |
| | Postérieure | $Y = 155,65e^{0,0126LS}$ $R^2 = 0,0367$ |
| Arc III | Antérieure | $Y = 133,5e^{0,0262LS}$ $R^2 = 0,1449$ |
| | Postérieure | $Y = 133,95e^{0,0248LS}$ $R^2 = 0,1276$ |
| Arc IV | Antérieure | $Y = 114,95e^{0,0277LS}$ $R^2 = 0,1055$ |
| | Postérieure | $Y = 124,69e^{0,0199LS}$ $R^2 = 0,0662$ |

III-1-2-2- Aspects parasitologiques

III-1-2-2-1- Répartition des monogènes branchiaux chez *Brycinus macrolepidotus*

III-1-2-2-1-1- Présentation de la xénocommunauté branchiale

Sur les 100 poissons examinés capturés de février 2019 à mai 2019, 4 ont été indemnes alors que 96 ont hébergé 10986 monogènes dont 10789 spécimens de *A. ngombiensis* n. sp. et 197 de *A. nkengfacki* n. sp.

La charge parasitaire a varié de 1 à 1296 monogènes par poisson parasité. La valeur de cet indice a été supérieure à 50 monogènes chez 44% d'hôtes échantillonnés. *Annulotrema ngombiensis* n. sp. a été une espèce principale ou dominante et *A. nkengfacki* n. sp. une espèce satellite avec respectivement une intensité moyenne forte et très faible (tableau XIII). Chacune de ces deux espèces a par ailleurs adopté une distribution agrégée (variance > Im).

Tableau XIII : Indices épidémiologiques des monogènes de *Brycinus macrolepidotus*

| Espèce parasite | <i>A. ngombiensis</i> n. sp. | <i>A. nkengfacki</i> n. sp. |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Taux d'infestation (%) | 92 | 23 |
| Intensité moyenne (σ) | 117,27 (198,75) | 8,57 (18,63) |
| Abondance (σ) | 107,89 (6175,92) | 1,97 (107,71) |
| Variance | 37333,74 | 90,25 |

III-1-2-2-1-2- Etude du parasitisme en fonction du sexe du poisson

Des 100 poissons capturés pour cette étude, 49 ont été de sexe femelle et 51 de sexe mâle. Sans distinction d'espèces parasites, les taux d'infestation entre les poissons femelles (93,88%) et mâles (88,24%) sont statistiquement identiques ($\chi^2 = 2 < 3,84$; ddl = 1 ; $P = 0,157$). L'intensité moyenne est statistiquement identique ($U = 870$; ddl = 92 ; $P = 0,14$) entre les poissons femelles ($163,18 \pm 257,77$) et mâles ($134,61 \pm 214,92$).

A l'échelle spécifique, les deux espèces ont parasité les hôtes mâles et femelles de façon identique (tableau XIV).

Tableau XIV : Taux d'infestation et charges parasitaires moyennes des monogènes en fonction du sexe de *Brycinus macrolepidotus*

| Espèce parasite | Taux d'infestation (%) | | | Intensité moyenne \pm écart type | | |
|-------------------------------|------------------------|---------|---------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | mâle | femelle | test χ^2 | mâle | femelle | test U |
| <i>A. ngombiensis</i> n.sp | 90,20 | 93,88 | 67,44 $P = 0,39$ | 132,89 \pm 214,92 | 101,65 \pm 192,01 | U =1242,5 $P = 0,15$ |
| <i>A. nkengfacki</i> n.sp. | 25,49 | 20,41 | 14,11 $P = 0,22$ | 5,57 \pm 6,14 | 8,55 \pm 27,88 | U=1324,5 $P = 0,48$ |

III-1-2-2-1-3-Etude du parasitisme en fonction de la taille de l'hôte

Le parasitisme de l'ensemble de la xénocommunauté a significativement augmenté avec la taille du poisson ($r = 0,59$; $P < 0,001$). Les points du nuage semblent mieux alignés avec la courbe de tendance pour les tailles inférieures à 15 cm. Au-delà de cette valeur on constate un éparpillement de ces points (figure 52). Il en découle que le parasitisme augmente avec la taille et que les hôtes de taille supérieures à 15 cm sont plus infestés. L'équation qui traduit la relation entre le parasitisme et la taille du poisson est $Y = 340,4\ln(LS) - 815,98$ avec $R = 0,1451$.

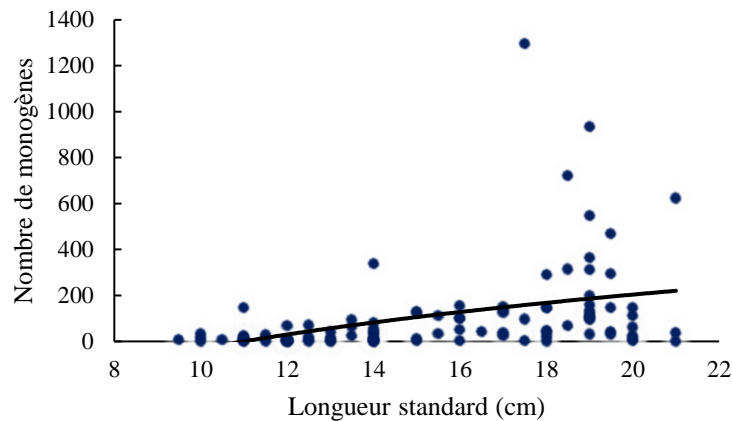


Figure 52 : Evolution du nombre de monogènes en fonction de la taille du poisson

III-1-2-2-1-4- Etude du parasitisme en fonction du côté du poisson

Le taux d'infestation des deux espèces confondues a été de 90% pour le côté gauche et 86% pour le côté droit ($\chi^2 = 95,79$; ddl = 99 ; $P = 0,37$). L'intensité moyenne globale a été de $63,75 \pm 112$ pour le côté gauche et $61,24 \pm 95,54$ pour le côté droit ($U = 3944,5$; $P = 0,83$).

A l'échelle spécifique, les valeurs des taux d'infestation de *A. ngombiensis* n. sp. ont été de 90% pour le côté gauche et 86% pour le côté droit ($\chi^2 = 94,24$; $P = 0,42$). Pour *A. nkengfacki* n. sp. les valeurs de cet indice ont été de 19% et 16% respectivement pour le côté gauche et le côté droit ($\chi^2 = 7,60$; $P = 0,58$).

L'intensité moyenne de *A. ngombiensis* n. sp. a été de $61,97 \pm 3,30$ pour le côté gauche et de $61,42 \pm 9,94$ pour le côté droit ($U = 3948,5$; $P = 0,81$). Pour *A. nkengfacki* n. sp., l'intensité moyenne a été de $7,74 \pm 4,16$ pour le côté gauche et de $3,29 \pm 1,86$ pour le côté droit ($U = 120,5$; $P = 0,29$). En définitive, les deux côtés du système branchial de *B. macrolepidotus* ont été parasités de façon identique.

III-1-2-2-1-5- Etude du parasitisme en fonction de l'holobranchie

A l'échelle de la xénocommunauté, les valeurs du taux d'infestation ont été de 84%, 81%, 83% et 79% respectivement pour les arcs I, II, III et IV ($\chi^2 = 0,1$; ddl = 3 ; $P = 0,99$)

Les intensités moyennes des arcs I, II, III et IV ont été respectivement de $38,89 \pm 80,79$; $40,20 \pm 70,03$; $32,70 \pm 44,40$ et $22,68 \pm 28,37$. La comparaison faite entre ces valeurs a révélé que même si l'intensité moyenne a semblé plus élevée sur l'arc II, la différence n'a pas été significative ($H = 3,32$; $P = 0,34$). La comparaison des intensités moyennes des arcs pris deux à deux a conduit au modèle $A_I = A_{II} = A_{III} = A_{IV}$ traduisant l'équipartition de la xénocommunauté étudiée à travers le gradient transversal.

Annulotrema ngombiensis n. sp. a semblé plus fréquent sur l'arc I (tableau XV) mais plus abondant sur l'arc II (tableau XVI) tandis que *A. nkengfacki* n. sp. a semblé plus parasiter l'arc II (tableaux XVII et XVIII). Toutefois, tant pour les taux d'infestations, que pour les charges parasitaires aucune différence n'a été significative.

Tableau XV : Variation du taux d'infestation (en %) de chaque espèce parasite en fonction de l'holobranchie chez *Brycinus macrolepidotus*

| Espèce parasite | Holobranchie | | | | Statistique |
|---------------------------------|--------------|----|-----|----|---------------------------------|
| | I | II | III | IV | |
| <i>A. ngombiensis</i> n. sp. | 84 | 81 | 83 | 79 | $\chi^2 = 281,90$ $P = 0,54$ |
| <i>A. nkengfacki</i> n. sp. | 11 | 16 | 15 | 10 | $\chi^2 = 27,39$ $P = 0,40$ |

Tableau XVI : Variation de l'intensité moyenne de chaque espèce parasite en fonction de l'holobranchie chez *Brycinus macrolepidotus*

| Espèces parasites | Holobranchie | | | | Statistique |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| | I | II | III | IV | |
| <i>A. ngombiensis</i> n. sp. | $38,39 \pm 79,43$ | $39,12 \pm 66,92$ | $32,07 \pm 43,36$ | $22,39 \pm 28,18$ | $H = 2,91$ $P = 0,40$ |
| <i>A. nkengfacki</i> n. sp. | $3,82 \pm 3,68$ | $5,44 \pm 15,13$ | $3,47 \pm 5,37$ | $2,69 \pm 1,22$ | $H = 1,5$ $P = 0,68$ |

III-1-2-2-1-6- Etude du parasitisme en fonction de l'hémibranchie

Sans distinction d'arcs ni d'espèces parasites, les hémibranchies antérieures et postérieures ont été parasitées de la même manière (tableau XVII).

Tableau XVII : Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté entre les hémibranchies chez *Brycinus macrolepidotus*

| Paramètre | Hémibranchie | | Statistique |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| | Antérieure | Postérieure | |
| Taux d'infestation (%) | 90 | 90 | |
| Intensité moyenne \pm écart-type | $61,19 \pm 103,06$ | $60,91 \pm 102,93$ | $U = 3958,5$ $P = 0,79$ |

En considérant les quatre holobranches du poisson soit huit hémibranches, la valeur la plus élevée du taux d'infestation a été obtenue sur l'hémibranchie antérieure de l'arc I tandis que la valeur la plus faible de cet indice a été enregistrée sur l'hémibranchie postérieure de l'arc IV. La comparaison en tenant compte des huit hémibranches a cependant révélé une différence non significative (tableau XVIII).

Sans distinction d'espèces mais en fonction de l'arc, l'hémibranchie antérieure de l'arc II a présenté la plus grande valeur de l'intensité moyenne. La valeur la plus basse de cet indice a été obtenue sur l'hémibranchie postérieure de l'arc IV. Cependant, comme dans le cas des taux d'infestation, la comparaison des valeurs des intensités moyennes des huit hémibranches a révélé une différence non significative (tableau XVIII). La comparaison des charges parasitaires prises deux à deux (Annexe 12) a conduit au modèle suivant $IA = IP = IIA = IIP = IIIA = IIIP > IVP = IVA$.

Tableau XVIII : Variation du taux d'infestation et de l'intensité moyenne de la xénocommunauté par hémibranchie de chaque holobranche chez *Brycinus macrolepidotus*

| Paramètre | Hémibranchie | | | | | | | | Statistique |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|
| | IA | IP | IIA | IIP | IIIA | IIIP | IVA | IVP | |
| Taux d'infestation (%) | 81 | 79 | 77 | 79 | 80 | 78 | 73 | 69 | $\chi^2 = 0,86$; $P = 0,99$ |
| Intensité moyenne ± écart-type | 19,27 ± 43,99 | 22,15 ± 40,91 | 21,16 ± 35,98 | 19,82 ± 36,24 | 16,8 ± 22,72 | 17,47 ± 22,73 | 13,33 ± 16,11 | 11,64 ± 13,58 | H = 5,18 ; $P = 0,64$ |

La valeur du taux d'infestation de *A. ngombiensis* n. sp. a été plus élevée sur l'hémibranchie antérieure de chaque arc (figure 53) exception faite pour l'arc II. La valeur du taux d'infestation de *A. nkengfacki* n. sp. a été plus grande sur l'hémibranchie postérieure des trois arcs antérieurs tandis qu'au niveau de l'arc IV, la valeur de cet indice a été identique sur les deux hémibranches. Dans les deux cas, aucune différence significative n'a été révélée (χ^2 *A. ngombiensis* n. sp. = 1,03 ; $P = 0,99$; χ^2 *A. nkengfacki* n. sp. = 2,16 ; $P = 0,95$).

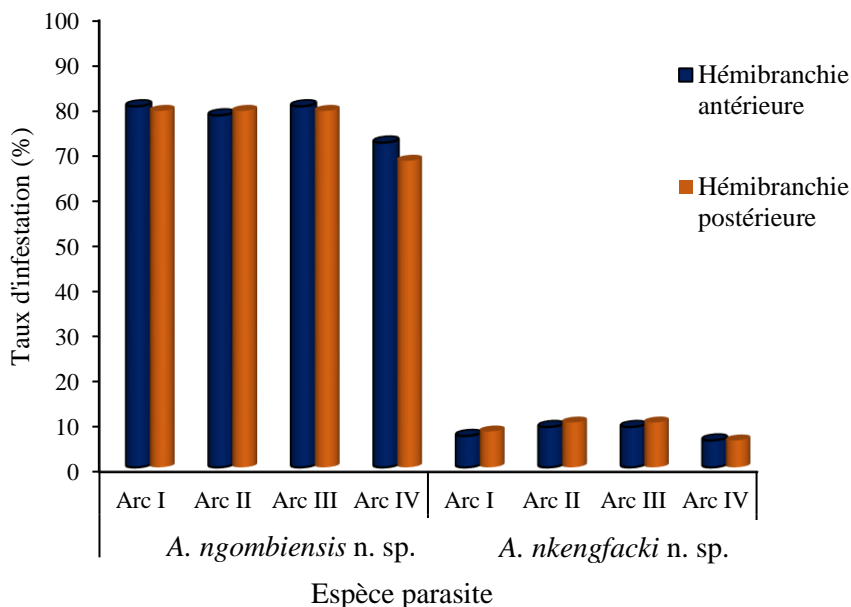


Figure 53 : Variation du taux d'infestation spécifique en fonction de l'hémibranchie de chaque arc chez *Brycinus macrolepidotus*

L'intensité moyenne de *A. ngombiensis* n. sp. a été plus élevée au niveau de l'hémibranchie postérieure des arcs I et III. Pour les holobranchies II et IV, c'est l'hémibranchie antérieure qui a présenté la valeur de l'intensité moyenne la plus grande (figure 54). Exception faite de l'arc III, *A. nkengfacki* n. sp. a plus exploité l'hémibranchie antérieure des différents arcs. Ces différences n'ont cependant pas été significatives ($H_{A. ngombiensis}$ n. sp. = 4,53 ; $P = 0,72$; $H_{A. nkengfacki}$ n. sp. = 7,64 ; $P = 0,37$).

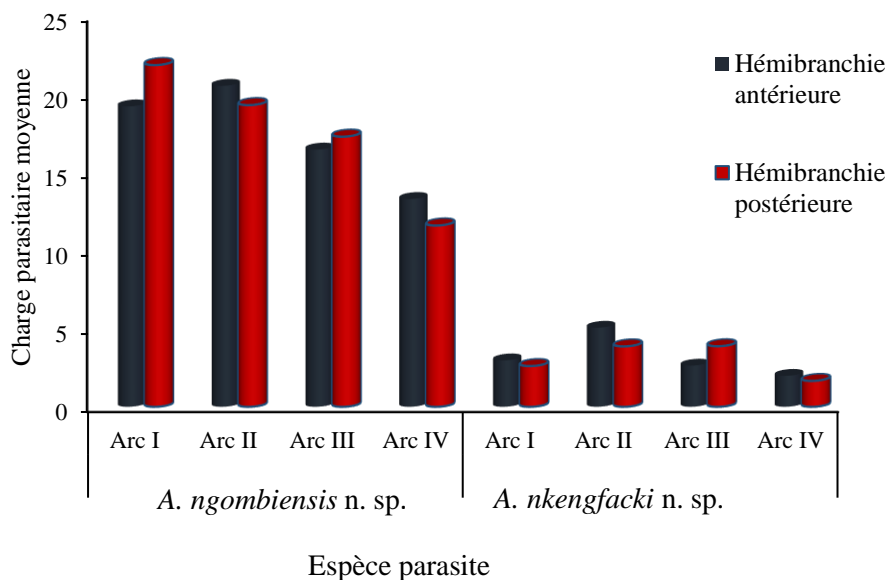


Figure 54 : Charge parasitaire moyenne spécifique par hémibranchie de chaque arc

III-1-2-2-1-7- Etude du parasitisme en fonction de la zone filamenteuse

Sans distinction d'espèces, le taux d'infestation entre les zones distale (88%), médiane (86%) et basale (50%) a varié significativement ($\chi^2 = 228,275$; $P = 0,002$). La valeur de

l'intensité moyenne a été de $41,66 \pm 64,69$; $76,37 \pm 130,43$ et $11,44 \pm 32,29$ respectivement pour les zones distale, médiane et basale. Cette variation a été significative ($H = 46,14$; $P < 0,0001$). Les comparaisons deux à deux entre ces zones ont révélé le modèle $ZB < ZM = ZD$ (test U). En définitive, cette xénocommunauté a statistiquement moins colonisé la zone basale.

Au niveau spécifique, l'espèce *A. ngombiensis* n. sp. a été deux fois plus fréquente sur les zones distale et médiane que sur la zone basale (tableau XIX). L'intensité moyenne de *A. ngombiensis* n. sp. a varié significativement ($H = 46,01$; $P < 0,0001$) entre les zones distale ($41 \pm 8,01$), médiane ($77,22 \pm 11,42$) et basale ($10,00 \pm 5,45$). La comparaison de ces moyennes prises deux à deux a permis d'établir le modèle $ZB < ZM = ZD$. Cette espèce a en définitive préférentiellement colonisé les zones médiane et distale.

Le taux d'infestation de *A. nkengfacki* n. sp. n'a pas significativement varié entre les différentes zones du filament branchial même si la valeur de cet indice parasitaire a été plus élevée au niveau de la zone basale (tableau XIX). Les intensités moyennes de *A. nkengfacki* n. sp. ont été de $2,56 \pm 1,80$; $3,71 \pm 1,87$ et $7,7 \pm 3,82$ pour les zones distale, médiane et basale respectivement. Cette espèce a semblé plus coloniser la zone basale mais, l'analyse statistique a révélé une différence non significative ($H = 2,07$; $P = 0,36$). Il ressort de cette étude que *A. nkengfacki* n. sp. a exploité les différentes zones filamenteuses de façon similaire ($ZB = ZD = ZM$).

Tableau XIX : Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite en fonction de la zone filamenteuse chez *Brycinus macrolepidotus*

| Espèce parasite | Zone filamenteuse | | | Statistique |
|---------------------------------|-------------------|---------|--------|------------------------------------|
| | Distale | Médiane | Basale | |
| <i>A. ngombiensis</i> n. sp. | 89 | 86 | 42 | $\chi^2 = 241,68$; $P = 0,002$ |
| <i>A. nkengfacki</i> n. sp. | 8 | 8 | 19 | $\chi^2 = 21,41$, $P = 0,05$ |

Cette étude menée à l'échelle de l'arc et au niveau xénocommunautaire (figure 55), a révélé que pour chaque arc branchial, les zones distale et médiane ont présenté les taux d'infestation les plus élevés ($\chi^2_{\text{arcI}} = 19,44$; $\chi^2_{\text{arcII}} = 10,17$; $\chi^2_{\text{arcIII}} = 23,19$; $\chi^2_{\text{arcIV}} = 17,98$ avec $P < 0,001$ pour chacun des cas).

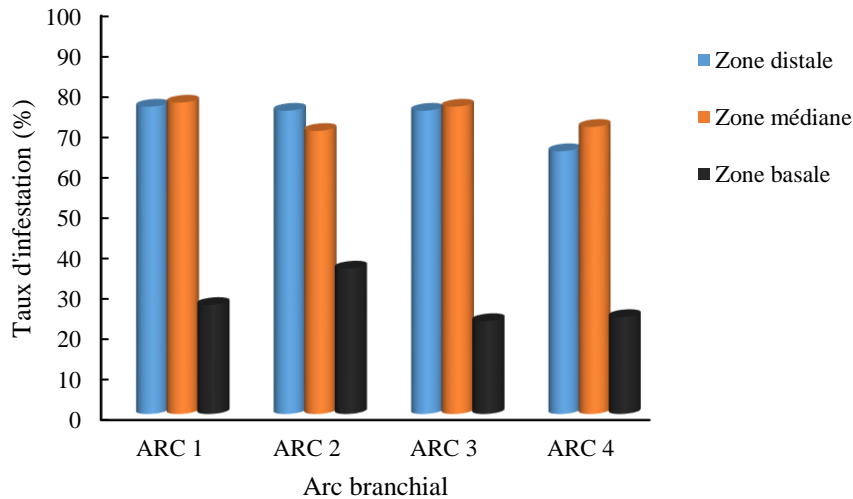


Figure 55 : Variation du taux d'infestation interzonale pour chaque arc branchial au sein de la xénocommunauté chez *Brycinus macrolepidotus*

L'intensité moyenne a varié significativement entre les trois zones pour chacune des quatre holobranchies (tableau XX). La comparaison deux à deux des intensités moyennes zonales de chaque arc a permis d'établir le profil général ZB < ZM = ZD exception faite pour l'arc II dont le modèle du parasitisme a été ZB < ZM < ZB.

Tableau XX : Variation de l'intensité moyenne interzonale pour chaque holobranchie au sein de la xénocommunauté chez *Brycinus macrolepidotus*

| Holobranchie | Zone filamenteuse | | | Statistique |
|--------------|-------------------|---------------|--------------|-----------------------------|
| | Distale | Médiane | Basale | |
| I | 15,16 ± 26,84 | 24,86 ± 48,15 | 7,34 ± 22,74 | H = 25,91 ; P = 2,31E-6 |
| II | 14,73 ± 22,73 | 26,46 ± 44,97 | 5,47 ± 13,87 | H = 43,35 ; P = 3,86E-10 |
| III | 12,17 ± 16,10 | 20,67 ± 27,72 | 5,00 ± 6,31 | H = 16,47 ; P = 0,0003 |
| IV | 9,29 ± 10,31 | 15,97 ± 19,87 | 2,42 ± 1,91 | H = 24,84 ; P = 4,04E-6 |

Au niveau spécifique et toujours à l'échelle de l'arc branchial, le profil du taux d'infestation de *A. ngombiensis* n. sp. a été identique à celui obtenu au niveau de la xénocommunauté (figure 56). Pour chaque holobranchie, le taux d'infestation de *A. nkengfacki* n. sp. a été plus élevé au niveau de la zone basale (figure 57). La différence statistique obtenue pour chaque arc a été significative chez *A. ngombiensis* n. sp. ($\chi^2_{\text{arcI}} = 22,77$; $\chi^2_{\text{arcII}} = 15,55$; $\chi^2_{\text{arcIII}} = 26,86$ et $\chi^2_{\text{arcIV}} = 23,67$ avec $P < 0,001$ à chaque fois). Concernant *A. nkengfacki* n. sp., la différence a été significative pour les arcs II et IV et non significative au niveau des arcs I et III ($\chi^2_{\text{arcI}} = 5,76$; $\chi^2_{\text{arcII}} = 7,02$; $\chi^2_{\text{arcIII}} = 4,70$ et $\chi^2_{\text{arcIV}} = 7,07$ avec $P = 0,06$; $P = 0,03$; $P = 0,1$; $P = 0,03$ respectivement pour les holobranchies I, II, III et IV).

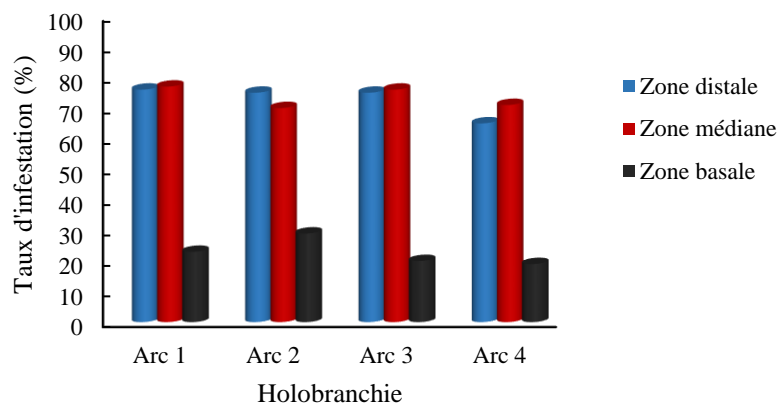


Figure 56 : Variation du taux d'infestation zonal de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. en fonction de l'arc branchial

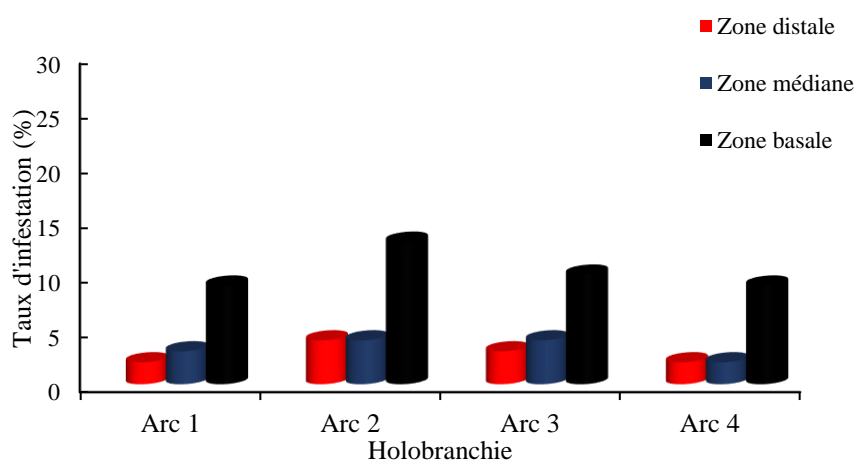


Figure 57 : Variation du taux d'infestation zonal de *Annulotrema nkengacki* n. sp. en fonction de l'arc branchial

L'intensité moyenne a varié significativement entre les zones de chaque holobranchie chez *A. ngombiensis* n. sp. (Annexe 13). La variation de l'intensité moyenne interzonale de chaque holobranchie a été non significative chez *A. nkengacki* n. sp. Les comparaisons deux à deux des intensités moyennes ont permis d'établir le modèle d'exploitation ZB < ZM = ZD chez *A. ngombiensis* n. sp. et ZB = ZM = ZD chez *A. nkengacki* n. sp. (Annexe 14). Il en ressort que chaque espèce parasite a le même modèle d'exploitation zonale sur toutes les quatre holobranchies.

III-1-2-2-1-8- Etude du parasitisme en fonction du secteur

Toutes espèces confondues et sans distinction de l'arc, la variation du taux d'infestation entre les secteurs ventral (69%), médio-ventral (82%), médian (85%), médio-dorsal (87%) et dorsal (80%) a été non significative ($\chi^2 = 368,75$; $P = 0,54$). La comparaison de ces valeurs prises deux-à-deux a donné une différence significative entre chacun des secteurs intermédiaires et chaque secteur extrême (χ^2 ; $P < 0,05$).

Les intensités moyennes ont été de $15,48 \pm 43,88$ (secteur ventral) ; $28,29 \pm 56,08$ (secteur médio-ventral) ; $34,59 \pm 52,06$ (secteur médian) ; $34,09 \pm 43,45$ (secteur médio-dorsal)

et $20,76 \pm 29,62$ (secteur dorsal), ($H = 28,96$; $P < 0,001$). La comparaison deux à deux de ces intensités (tableau XXI) a permis d'obtenir le modèle $S1 < S5 < S4 = S3 = S2$. Il ressort de cette étude que les secteurs intermédiaires ont été les plus parasités par l'ensemble de la xénocommunauté.

Tableau XXI : Comparaison deux à deux des charges parasitaires moyennes intersectorielles toutes espèces confondues

| | S2 | S3 | S4 | S5 |
|----|-------------|-------------|-------------|------------|
| S1 | U = 3707,50 | U = 4172,50 | U = 4273,50 | U = 3561,0 |
| | P = 0,01 | P = 0,000 | P = 0,000 | P = 0,02 |
| S5 | U = 3222,0 | U = 2981,5 | U = 2726,50 | |
| | P = 0,84 | P = 0,11 | P = 0,03 | |
| S4 | U = 4090,50 | U = 3867,0 | | |
| | P = 0,052 | P = 0,60 | | |
| S3 | U = 4002,0 | | | |
| | P = 0,17 | | | |

Légende : S1 = secteur ventral; S2 = secteur médio-ventral; S3 = secteur médian ; S4 = secteur médio-dorsal ; S5 = secteur dorsal

Au niveau spécifique et sans distinction d'arcs (figure 58), ces espèces ont semblé se retrouver plus fréquemment au niveau des secteurs intermédiaires pour *A. ngombiensis* n. sp. et au niveau du secteur médio-ventral pour *A. nkengfacki* n. sp. Les analyses statistiques ont cependant indiqué que ces différences étaient non significatives (χ^2 *A. ngombiensis* n. sp. = 2,20 ; $P = 0,70$ et χ^2 *A. nkengfacki* n. sp. = 6,24 ; $P = 0,18$).

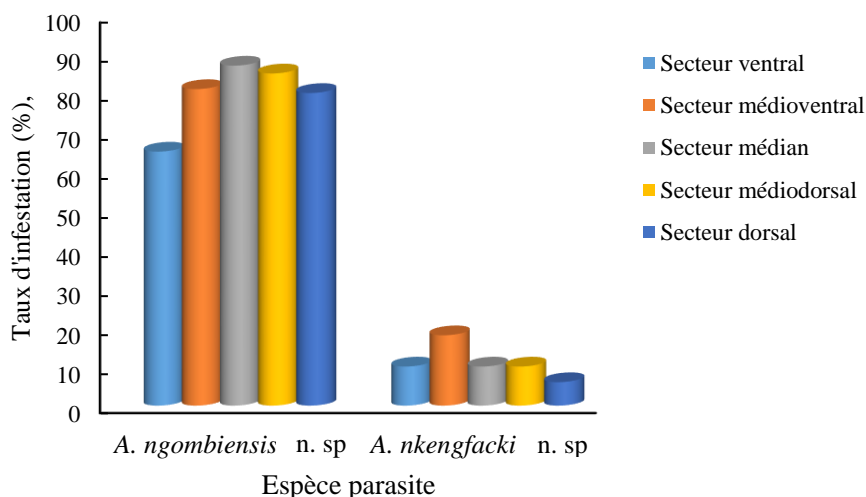


Figure 58 : Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite en fonction des secteurs chez *Brycinus macrolepidotus*

Annulotreama ngombiensis n. sp. a présenté l'intensité moyenne la plus grande au niveau du secteur médian et a moins exploité le secteur ventral ($H = 27,69$; $P < 0,001$). La comparaison deux à deux de ces intensités moyennes a donné le modèle $S1 < S2 = S3 = S5 < S4$.

Les intensités moyennes sectorielles de *A. nkengfacki* n. sp. ont semblé plus élevées sur le secteur dorsal (figure 59). Cependant, la différence est restée non significative ($H = 1,06$; $P = 0,90$). Cette espèce a exploité les différents secteurs de l'arc branchial de façon similaire.

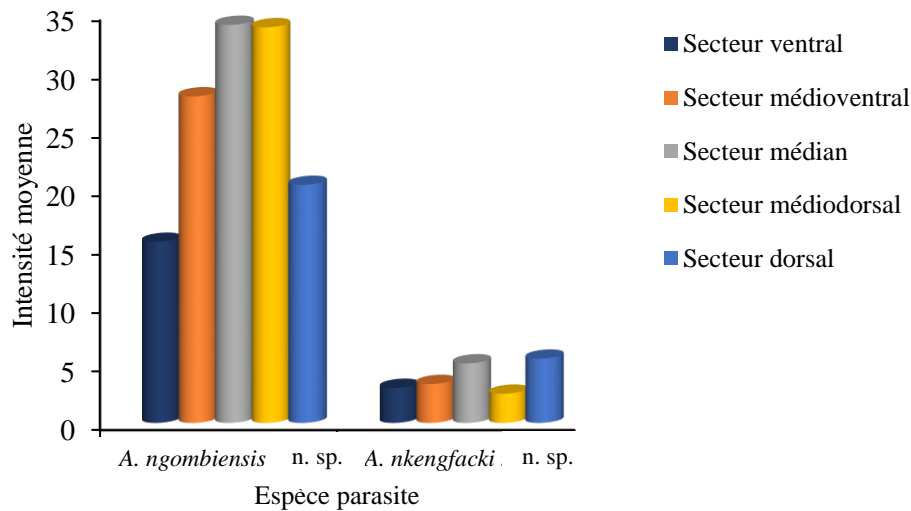


Figure 59 : Charges parasitaires spécifiques en fonction des secteurs chez *Brycinus macrolepidotus*

Au niveau de l'arc, toutes les espèces confondues (figure 60), le taux d'infestation de la xénocommunauté a été identique sur les divers secteurs des arcs I et III (respectivement $\chi^2 = 182,37$; $P = 0,35$ et $\chi^2 = 195,52$; $P = 0,07$). Par contre, les taux d'infestation ont été statistiquement plus élevés sur le secteur médiodorsal des arcs II et IV (respectivement $\chi^2 = 199,9$; $P = 0,048$ et $\chi^2 = 148,97$; $P = 0,038$).

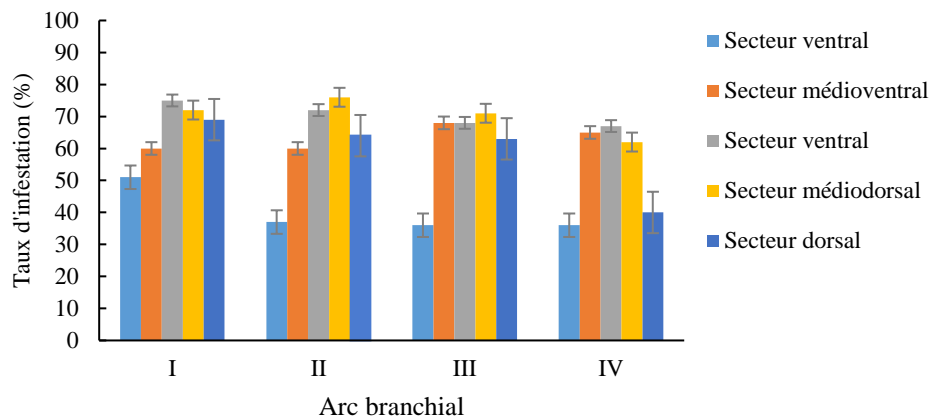


Figure 60 : Taux d'infestation par secteur sur chaque arc branchial chez *Brycinus macrolepidotus*

L'intensité moyenne (figure 61) a été statistiquement similaire sur les divers secteurs de l'arc I ($H = 11,57$; $P = 0,02$) ; plus faible sur le secteur dorsal de l'arc II ($H = 14,72$; $P = 0,005$) ; plus faible sur le secteur ventral des arcs III et IV (respectivement $H = 16,52$; $P = 0,002$ et $H = 18,48$; $P = 0,0001$).

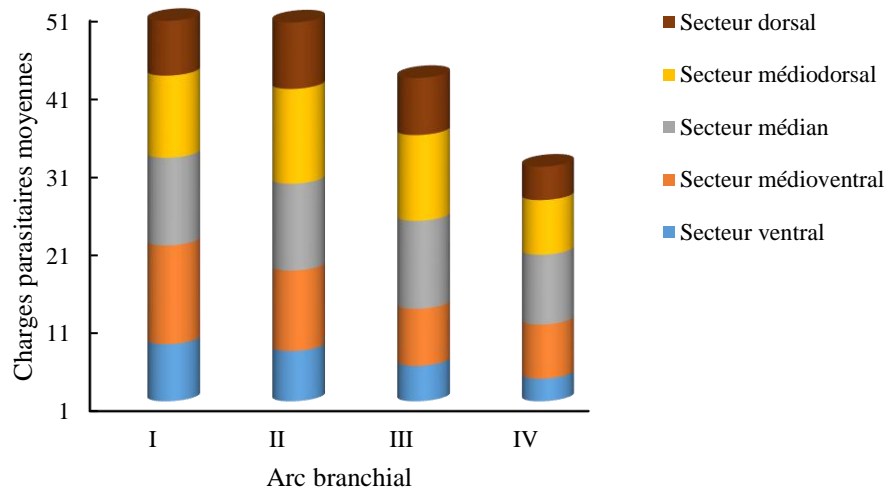


Figure 61 : Variation de l'intensité moyenne par secteur de chaque arc chez *Brycinus macrolepidotus*

La comparaison des intensités moyennes des secteurs de chaque arc pris deux à deux a conduit aux modèles présentés dans le tableau XXII.

Tableau XXII : Comparaison des intensités moyennes sectorielles de la xénocommunauté par arc branchial

| | Statistique | Modèle d'exploitation sectoriel |
|----------------|--------------------------|--|
| Arc I | H = 12,29 ; P = 0,15 | S5 < S1 < S2 = S3 = S4 |
| Arc II | H = 14,93 ; P = 0,005 | S5 < S1 < S2 = S3 = S4 |
| Arc III | H = 16,81 ; P = 0,002 | S1 = S5 = S2 < S3 = S4 |
| Arc IV | H = 16,81 ; P = 0,001 | S1 = S5 = S2 < S3 = S4 |

Au niveau de l'arc et en considérant chaque espèce, le taux d'infestation de *A. ngombiensis* n. sp. (figures 62 et 63) a été statistiquement similaire sur tous les secteurs des arcs I et IV (respectivement $\chi^2 = 4,02$; $P = 0,40$; et $\chi^2 = 6,90$; $P = 0,14$). Par ailleurs, le secteur ventral des arcs II et III a été statistiquement moins atteint (respectivement $\chi^2 = 10,39$; $P = 0,03$ et $\chi^2 = 9,84$; $P = 0,04$). Malgré des valeurs plus élevées au niveau du secteur médioventral, le taux d'infestation intersectoriel de *A. nkengfacki* n. sp. (figure 63) a été statistiquement identique sur toutes les holobranchies (respectivement $\chi^2 = 0,32$, $P = 0,98$; $\chi^2 = 8,73$, $P = 0,07$; $\chi^2 = 8,68$, $P = 0,07$ et $\chi^2 = 4,37$, $P = 0,22$). Cette espèce n'a pas colonisé le secteur dorsal de l'arc IV.

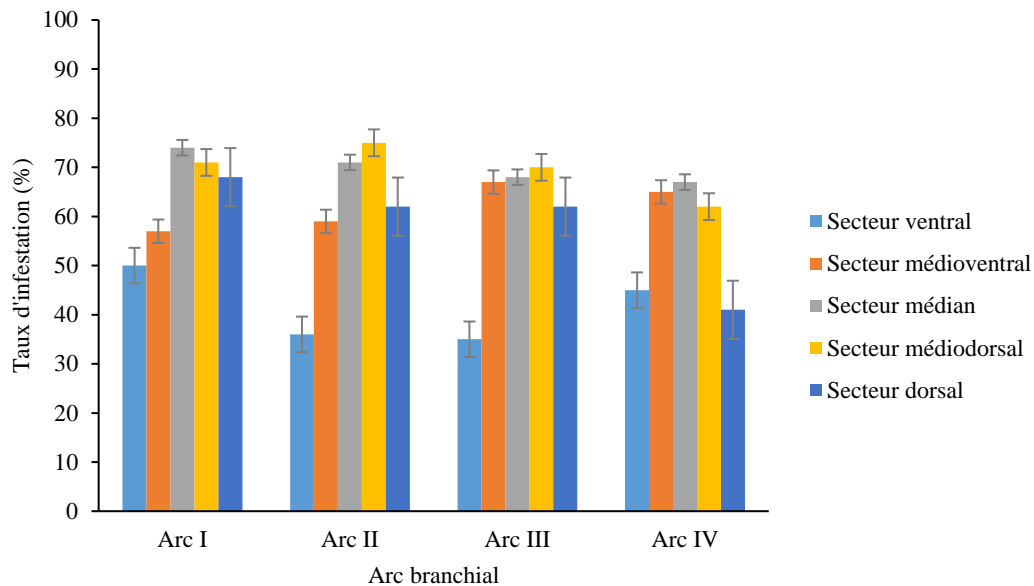


Figure 62 : Variation du taux d'infestation sectoriel de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. en fonction de l'arc branchial

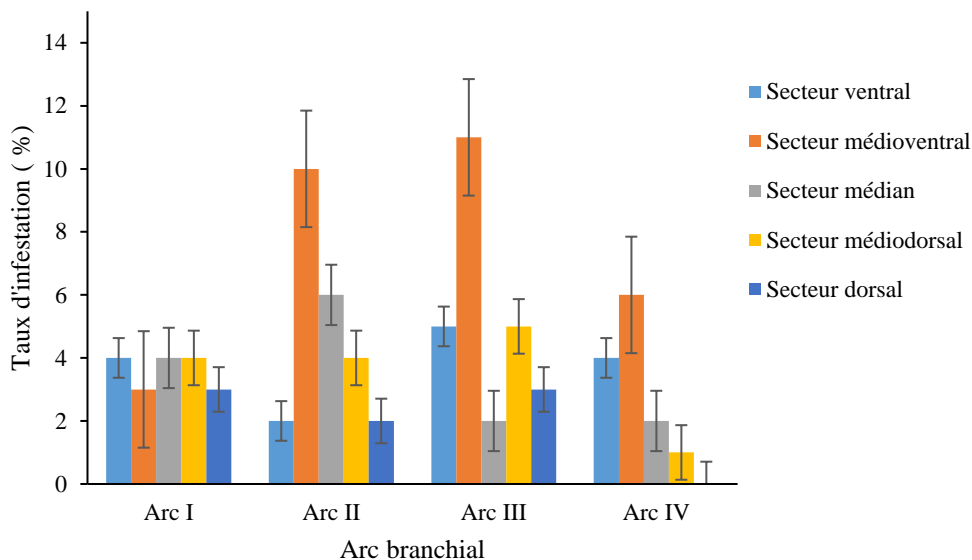


Figure 63 : Variation du taux d'infestation sectoriel de *Annulotrema nkengfacki* n. sp. en fonction de l'arc branchial

L'analyse des intensités moyennes par secteur pour chaque holobranchie a permis de générer les modèles d'exploitation qui sont résumés dans le tableau XXIII. Cette analyse a indiqué que l'espèce *A. nkengfacki* n. sp. exploite mieux les différents secteurs de l'arc branchial.

Tableau XXIII : Modèles d'exploitation intersectorielle par espèce parasite et par arc branchial

| Arc branchial | Espèce parasite | |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | <i>A. ngombiensis</i> n.sp. | <i>A. nkengfacki</i> n. sp. |
| I | S5 < S1 < S2 = S3 = S4 | S1 = S2 = S3 = S4 = S5 |
| II | S1 < S5 = S2 = S3 = S4 | S1 = S2 = S3 = S4 = S5 |
| III | S1 = S5 = S2 < S3 = S4 | S1 = S2 = S3 = S4 = S5 |
| IV | S1 = S5 = S2 = S4 < S3 | S1 = S2 = S3 = S4 = S5 |

III-1-2-2-1-9- Relation parasitisme-coefficient de condition

Lorsque la charge parasitaire est inférieure à 400 monogènes par individu, la courbe décrivant l'évolution du coefficient de condition en fonction du parasitisme est stable. Par la suite on note une augmentation de la condition physiologique avec la charge parasitaire lorsque cette dernière est supérieure à 400 monogènes par individu (figure 64). L'équation qui traduit la relation parasitisme-coefficient de condition est $Y = 2E-07P^2 - 9E-05P + 2,2937$ avec $R^2 = 0,0025$.

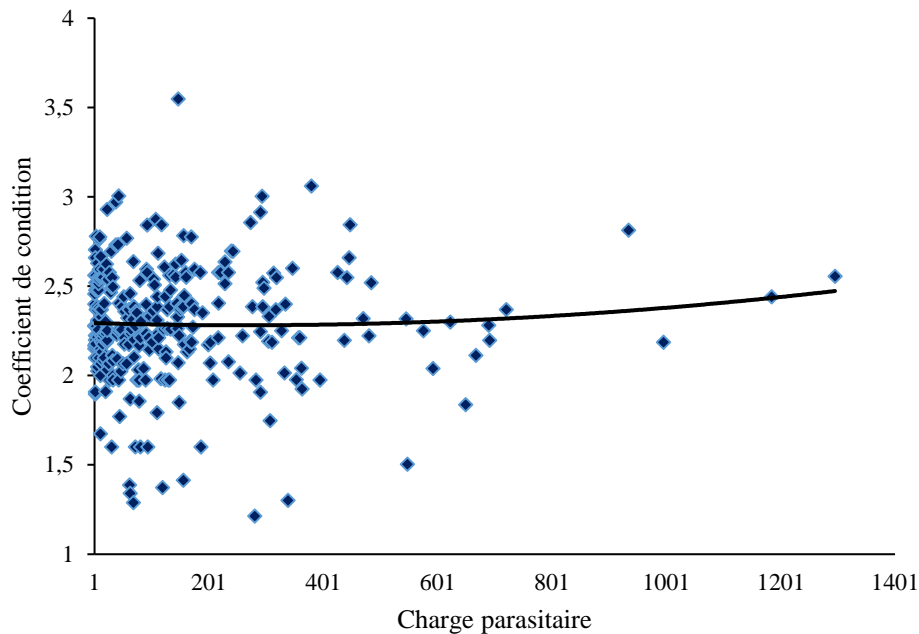


Figure 64 : Evolution du coefficient de condition en fonction du parasitisme

Les poissons ont été regroupés en fonction de leur intensité moyenne, on a ainsi obtenu un coefficient de condition moyen de $2,33 \pm 0,26$; $2,29 \pm 0,30$; $2,17 \pm 0,33$ et $2,31 \pm 0,34$ respectivement pour les poissons aux intensités moyennes très faible, faible, moyenne et forte. La différence a été significative ($H = 8,14$; $ddl = 3$; $P = 0,04$), indiquant que les charges parasitaires fortes ne s'observent que chez les poissons qui ont une meilleure condition physiologique.

III-1-2-2-1-10- Analyse de la relation entre le parasitisme et quelques facteurs biotiques et abiotique

Afin de vérifier quels facteurs sont plus liés avec le parasitisme, une analyse en composantes principales a été entreprise sur 30 poissons. Les variables considérées sur chaque poisson ont été : la taille du poisson, le nombre de filaments, la masse et la température. Cette dernière a été obtenue sur le site *weatherspark.com* (base pour les données météorologiques) qui nous a permis d'acquérir les températures mensuelles moyennes lors de la capture des 30 poissons.

La matrice des composantes (déterminant = 0,009, indice KMO = 62% et $P < 0,001$) a été réduite à deux composantes. La première composante a contenu 47,76% de l'information et la seconde en a contenu 36,52% (soit 84,28% de l'information en cumulée). Le cercle de corrélation ainsi obtenu (figure 69) a permis de constater que le parasitisme est plus lié au nombre de filaments branchiaux, à la longueur et à la masse du poisson et moins lié à la température.

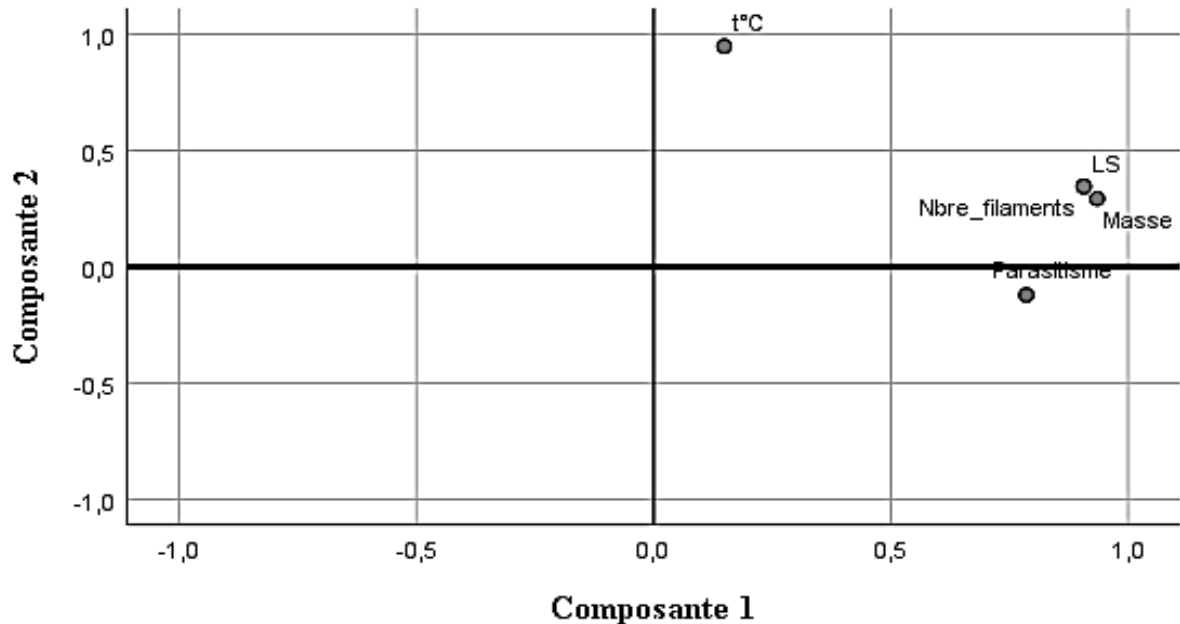


Figure 65 : Analyse en composantes principales des facteurs liés au parasitisme

III-1-2-2-2- Aspects parasitologiques chez *Brycinus kingsleyae*

III-1-2-2-2-1- Présentation de la xénocommunauté étudiée

Chacun des 100 poissons examinés dans le cadre de cette étude a hébergé au moins 1 monogène. La xénocommunauté a été constituée de cinq espèces cores ou principales (Prévalence > 50%) dont *A. combesi* (334 individus), *A. maillardi* (453 individus), *A. nyongensis* (484 individus), *A. bouixi* (6744 individus) et *C. regia* (11219 individus) soit un total de 19234 monogènes. L'intensité moyenne a été très faible pour *A. combesi*, *A. maillardi* et *A. nyongensis* ; moyenne pour *A. bouixi* et forte pour *C. regia*. Chacune de ces espèces (tableau XXIV) a par ailleurs adopté une distribution agrégative ou surdispersée ($Im < variance$).

Tableau XXIV : Taux d'infestation et intensité moyenne de chacune des espèces parasites de *Brycinus kingsleyae*

| Espèce parasite | A. <i>combesi</i> | A. <i>maillardi</i> | A. <i>nyongensis</i> | A. <i>Bouixi</i> | C. <i>regia</i> |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| Taux d'infestation (%) | 51 | 57 | 65 | 88 | 100 |
| Intensité moyenne | 6,54 | 7,95 (6,57) | 7,44 (8,18) | 76,63 | 122,19 |
| (écart-type) | (11,87) | | | (124,11) | (138,45) |

III-1-2-2-2-2- Variation du parasitisme en fonction du sexe de l'hôte

Cette étude a été réalisée sur 33 poissons mâles et 67 poissons femelles soit une sex-ratio de 0,49 en faveur des femelles. En considérant toutes les espèces parasites, l'intensité moyenne a été statistiquement identique ($U = 36$; $P = 0,70$) entre les mâles ($109,63 \pm 198,64$) et les femelles ($177,36 \pm 191,94$), indiquant que la xénocommunauté a infesté les deux sexes de l'hôte de façon similaire.

Au niveau spécifique (tableau XXV), exception faite de *A. maillardi* qui a été plus fréquente chez les poissons femelles (χ^2 ; $P < 0,05$), les espèces ont indifféremment parasité les hôtes des deux sexes (χ^2 ; U ; $P > 0,05$).

Tableau XXV : Taux d'infestation et intensité moyenne de chaque espèce parasite en fonction du sexe de *Brycinus kingsleyae*

| Espèce parasite | Taux d'infestation (%) | | | Intensité moyenne \pm écart type | | |
|----------------------|------------------------|---------|----------------------|------------------------------------|---------------------|------------|
| | Mâle | Femelle | Test χ^2 | Mâle | Femelle | Test U |
| <i>A. combesi</i> | 60,08 | 42,59 | 1,97 $P = 0,16$ | $7,89 \pm 9,43$ | $7,84 \pm 7,21$ | $P = 0,92$ |
| <i>A. maillardi</i> | 41,86 | 72,22 | 5,20 $P = 0,02^*$ | $5,57 \pm 4,53$ | $5,53 \pm 4,76$ | $P = 0,96$ |
| <i>A. nyongensis</i> | 64,34 | 65,51 | 0,006 $P = 0,92$ | $7,00 \pm 5,33$ | $5,10 \pm 6,20$ | $P = 0,13$ |
| <i>A. bouixi</i> | 91,67 | 83,34 | 0,21 $P = 0,65$ | $37,61 \pm 82,06$ | $60,36 \pm 93,11$ | $P = 0,27$ |
| <i>C. regia</i> | 100 | 100 | $P > 0,05$ | $63,07 \pm 84,61$ | $104,13 \pm 109,59$ | $P = 0,06$ |

*: différence significative

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

La longueur standard a varié de 9,5 cm à 14,1 cm. Le nombre total de parasites a augmenté significativement avec la longueur du poisson ($r = 0,20$; $P < 0,01$). Les points du nuage sont plus éparpillés pour les tailles supérieures à la moyenne qui est de 11 cm (figure 70), indiquant que le parasitisme a plus rapidement augmenté à partir de cette longueur.

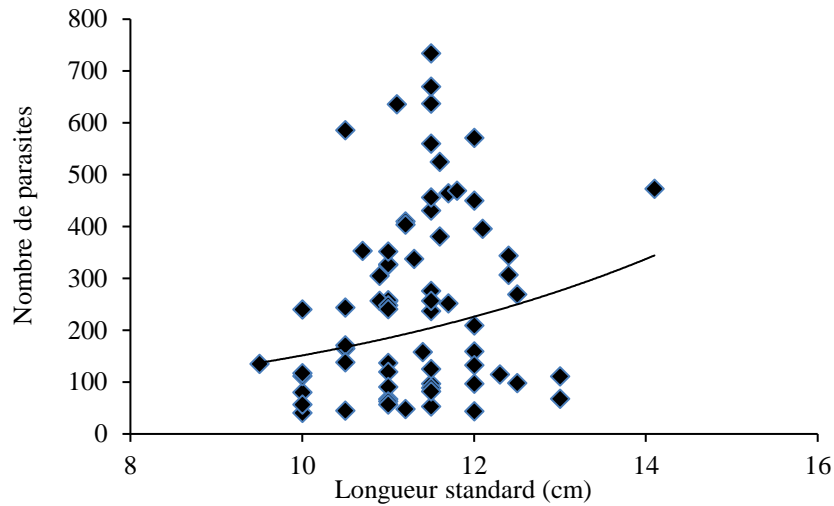


Figure 66 : Evolution du nombre de parasites avec la taille de *Brycinus kingsleyae*

III-1-2-2-2-4- Variation du parasitisme en fonction du côté du poisson

Tant à l'échelle spécifique que xénocommunautaire (tableau XXVI), le côté de *B. kingsleyae* n'a pas influencé la colonisation de sa cavité branchiale.

Tableau XXVI : Taux d'infestation et charges parasitaires moyennes en fonction du côté de *Brycinus kingsleyae*

| Espèce parasite | Taux d'infestation (%) | | | Intensité moyenne \pm écart type | | |
|----------------------|------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------|
| | CG | CD | Test χ^2 | CG | CD | Test U |
| <i>A. combesi</i> | 31 | 26 | $\chi^2 = 0,35$ $P = 0,6$ | $4,96 \pm 6,31$ | $2,62 \pm 4,40$ | $P = 0,12$ |
| <i>A. maillardi</i> | 50 | 56 | $\chi^2 = 0,22$ $P = 0,63$ | $2,88 \pm 2,98$ | $2,54 \pm 2,99$ | $P = 0,56$ |
| <i>A. nyongensis</i> | 55 | 51 | $\chi^2 = 0,10$ $P = 0,80$ | $2,76 \pm 3,62$ | $2,88 \pm 3,49$ | $P = 0,86$ |
| <i>A. bouixi</i> | 83 | 71 | $\chi^2 = 0,54$ $P = 0,52$ | $27,62 \pm 48,21$ | $26,86 \pm 44,40$ | $P = 0,92$ |
| <i>C. regia</i> | 100 | 100 | | $46,21 \pm 55,46$ | $42,01 \pm 52,96$ | $P = 0,59$ |
| Xénocommunauté | 100 | 100 | | $24,33 \pm 74,96$ | $21,50 \pm 70,03$ | $P = 0,78$ |

CG = côté gauche, CD = côté droit

III-1-2-2-2-5- Etude du parasitisme en fonction de l'arc branchial

La variation du taux d'infestation de la xénocommunauté entre les arcs I (97%), II (100%), III (97%) et IV (97%) n'a pas été significative ($\chi^2 = 0,04$; $P = 0,99$). L'intensité moyenne a été de $62,16 \pm 57,88$; $55,28 \pm 52,66$; $48,18 \pm 45,87$ et $35,26 \pm 35,23$ pour les arcs I, II, III et IV respectivement ($H = 10,95$; ddl = 3 ; $P = 0,01$). La comparaison des différentes paires d'intensité moyenne a conduit au modèle $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$, révélant que cette

xénocommunauté s'est moins concentrée sur l'arc le plus postérieur. Cette observation a été faite tout au long de la croissance de *B. kingsleyae*. Par ailleurs, quel que soit l'arc considéré, le nombre de monogènes a augmenté avec la taille de cet hôte (figure 67).

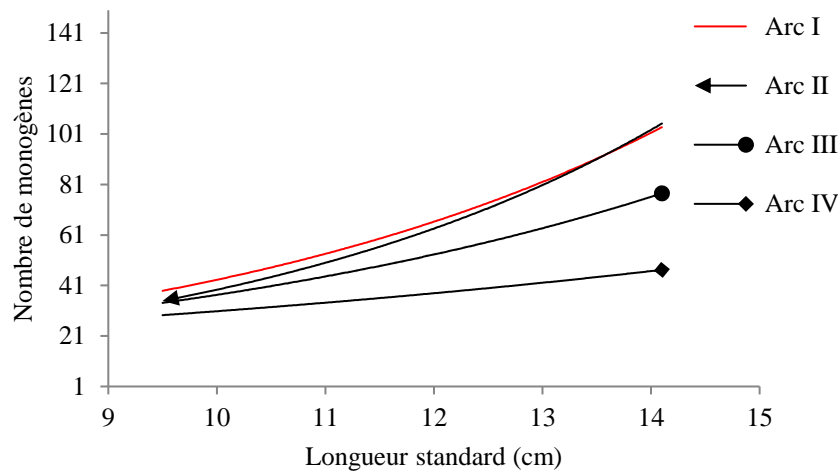


Figure 67 : Variation de la charge parasitaire de chaque arc en fonction de la longueur du poisson

Au niveau spécifique, exception faite de *A. maillardi* qui a plus été présente sur l'arc I, le taux d'infestation a été identique sur toutes les quatre holobranchies (tableau XXVII).

Tableau XXVII : Variation du taux d'infestation de chaque espèce parasite par holobranchie chez *Brycinus kingsleyae*

| Espèce parasite | Holobranchie | | | | Statistique |
|----------------------|--------------|----|-----|----|--------------------------------|
| | I | II | III | IV | |
| <i>A. combesi</i> | 22 | 30 | 22 | 30 | $\chi^2 = 1,96$ $P = 0,58$ |
| <i>A. maillardi</i> | 61 | 49 | 36 | 30 | $\chi^2 = 8,96$ $P = 0,03$ |
| <i>A. nyongensis</i> | 54 | 51 | 39 | 31 | $\chi^2 = 5,56$ $P = 0,13$ |
| <i>A. bouixi</i> | 83 | 81 | 84 | 76 | $\chi^2 = 0,26$ $P = 0,94$ |
| <i>C. regia</i> | 98 | 98 | 98 | 97 | $\chi^2 = 0,003$ $P = 0,99$ |

L'intensité moyenne a été moins élevée au niveau de l'arc IV à l'exception de *A. maillardi* et *A. nyongensis* pour qui les effectifs ont été identiques sur les quatre holobranchies (tableau XXVIII). Les modèles obtenus après comparaison des effectifs spécifiques des paires d'arcs sont $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$ (*A. combesi*), $A_{II} = A_{III} = A_I = A_{IV}$ (*A. maillardi*), $A_{II} = A_{III} = A_I = A_{IV}$ (*A. nyongensis*), $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$ (*A. bouixi*) et $A_{II} = A_{III} = A_I > A_{IV}$ (*C. regia*). Les infrapopulations ont ainsi pour la plupart exploité les arcs suivant le même modèle que la xénocommunauté.

Tableau XXVIII : Variation de l'intensité moyenne de chaque espèce parasite par holobranchie chez *Brycinus kingsleyae*

| Espèce parasite | Holobranchie | | | | Statistique |
|----------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | I | II | III | IV | |
| <i>A. combesi</i> | 3,90 ± 5,06 | 3,75 ± 2,98 | 3,90 ± 4,36 | 1,54 ± 1,14 | H = 14,21 P = 0,003 |
| <i>A. maillardi</i> | 2,82 ± 2,02 | 2,76 ± 1,77 | 2,68 ± 1,79 | 2,25 ± 1,60 | H = 2,27 P = 0,52 |
| <i>A. nyongensis</i> | 3,26 ± 2,60 | 2,23 ± 1,37 | 2,64 ± 2,19 | 2,42 ± 2,14 | H = 4,48 P = 0,21 |
| <i>A. bouixi</i> | 27,01 ± 27,26 | 26,71 ± 28,10 | 20,10 ± 21,93 | 15,51 ± 16,02 | H = 6,65 P = 0,08 |
| <i>C. regia</i> | 35,21 ± 32,99 | 30,72 ± 28,99 | 29,02 ± 27,87 | 22,27 ± 22,11 | H = 8,62 P = 0,03 |

III-1-2-2-2-6- Parasitisme en fonction de l'hémibranchie

Tant à l'échelle xénocommunautaire qu'infrapopulationnelle (figure 68), le parasitisme n'a pas varié en fonction de l'hémibranchie (χ^2 ; U ; $P > 0,05$).

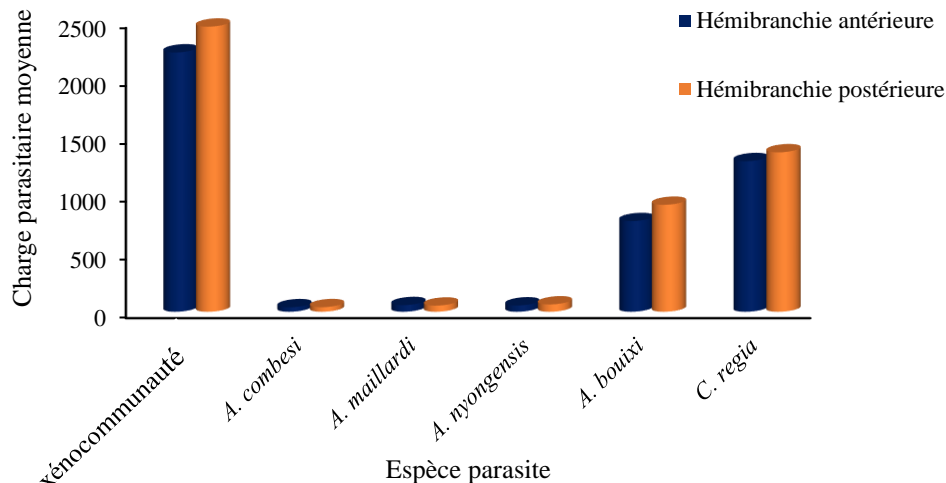


Figure 68 : Variation de la charge parasitaire moyenne de chaque espèce parasite et de la xénocommunauté en fonction de l'hémibranchie

Pour chaque arc (I, II, III, IV), le modèle d'occupation des hémibranchies a été hémibranchie antérieure (HA) = hémibranchie postérieure (HP). Le modèle obtenu après comparaison des hémibranchies prises deux à deux a été $HA_I = HP_I = HA_{II} = HP_{II} = HA_{III} = HP_{III} > HA_{IV} = HP_{IV}$.

III-1-6-2-7- Etude du parasitisme en fonction du secteur

Sans distinction de l'arc ni de l'espèce, les taux d'infestation ont été de 70% ; 83,33% ; 90% ; 96,66% et 83,33% pour les secteurs ventral (S1), médioventral (S2), médian (S3), médiodorsal (S4) et dorsal (S5) respectivement. Les parasites ont fréquenté tous les secteurs de façon similaire ($\chi^2 = 2,56$; ddl = 4 ; $P = 0,63$). Les intensités moyennes globales ont été de 4,48

$\pm 2,52$; $10,64 \pm 7,48$; $11,93 \pm 9,06$; $10,07 \pm 7,68$ et $6,16 \pm 4,28$ pour les secteurs S1, S2, S3, S4 et S5 respectivement ($H = 20,51$; $P = 0,0004$). La comparaison deux à deux de ces intensités intersectorielles a permis de révéler le modèle $S3 = S2 = S4 > S1 = S5$, traduisant que les secteurs intermédiaires ont été les plus exploités au niveau xénocommunautaire.

En tenant compte de l'espèce (figures 69 et 70), il apparaît que seule *C. regia* a été présente sur les cinq secteurs de chaque arc branchial. *Annulotrema combesi* a été présente uniquement sur les secteurs S3 à l'exception de celui de l'arc IV. Les spécimens de *A. bouixi* ont statistiquement été plus fréquents sur le secteur S3 de l'arc II ($\chi^2 = 29,21$; $P = 0,0000$). Les spécimens de *C. regia* ont significativement plus occupé les secteurs S3 et S4 de l'arc I ($\chi^2 = 11,99$; $P = 0,02$) ; S2, S3, S4 et S5 de l'arc II ($\chi^2 = 15,97$; $P = 0,003$) et S2, S3 et S4 de l'arc IV ($\chi^2 = 22,91$; $P = 0,0001$). *Annulotrema nyongensis* a fréquenté équitablement les cinq secteurs de l'arc I ($\chi^2 = 1,66$; $P = 0,80$) mais a parasité uniquement le secteur S2 de l'arc III et le secteur S3 de l'arc IV. Les représentants de *A. maillardi* ont uniquement été retrouvés sur les secteurs S1, S3 et S4 de l'arc I et les secteurs S2, S3 et S4 de l'arc II. Les différentes espèces ont ainsi plus exploité les secteurs intermédiaires. L'analyse de l'intensité moyenne a révélé que *C. regia* a statistiquement plus exploité les secteurs S2, S3 et S4 des arcs I et II (respectivement $H = 9,55$; $P = 0,04$ et $H = 11$; $P = 0,03$). *Annulotrema bouixi* a équitablement exploité les cinq secteurs des arcs I et IV (respectivement $H = 4,28$; $P = 0,36$ et $H = 2,55$; $P = 0,89$).

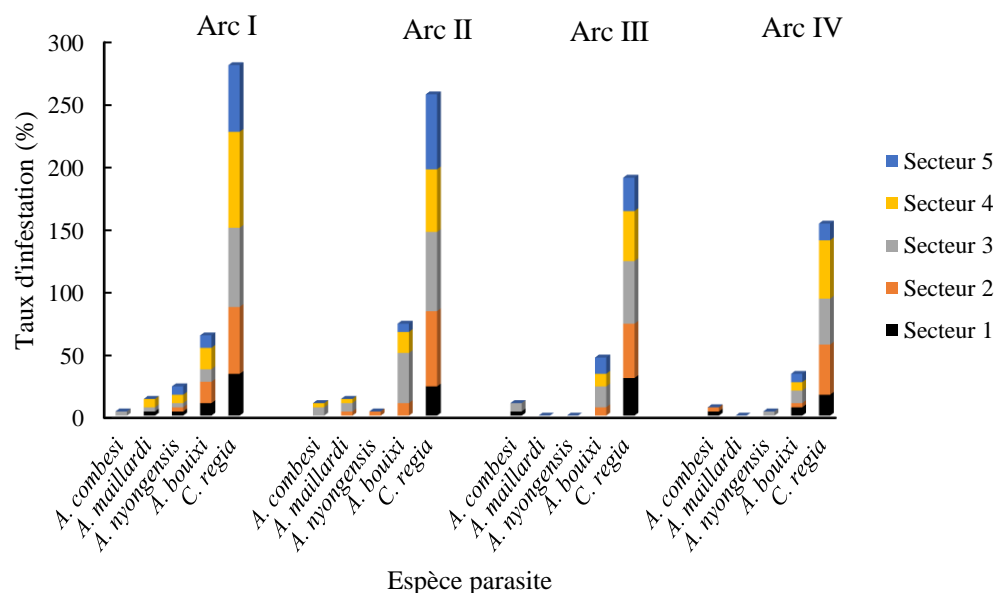


Figure 69 : Occupation des secteurs de chaque arc par les différentes espèces parasites

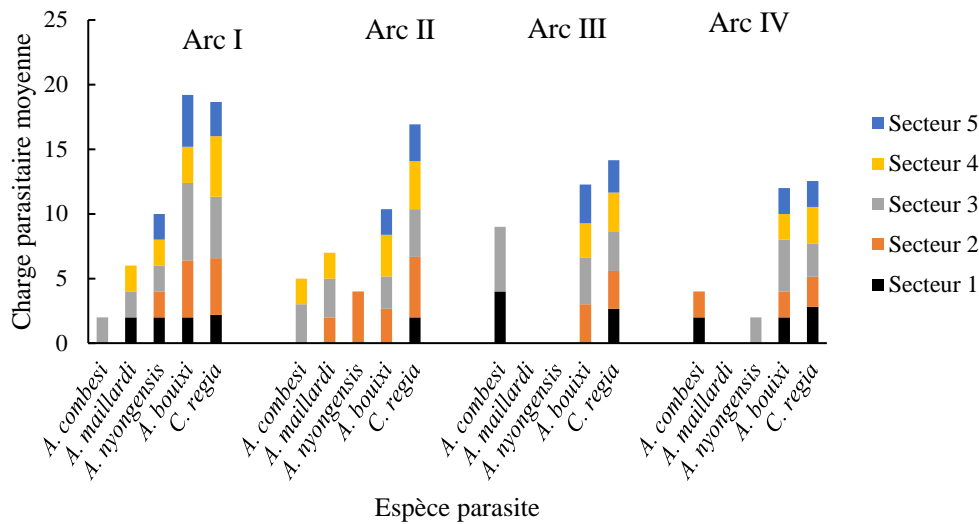


Figure 70 : Variation de la charge parasitaire moyenne des différentes espèces par secteurs de chaque arc branchial

III-1-2-2-2-8- Etude du parasitisme en fonction de la zone branchiale

Toutes espèces confondues, les différents taux d'infestation ont été 93%, 100% et 80% respectivement pour la zone distale (ZD), la zone médiane (ZM) et la zone basale (ZB). L'analyse de ces taux d'infestation a dévoilé une différence non significative ($\chi^2 = 1,21$; $P = 0,55$). Les intensités moyennes ont respectivement été de $13,57 \pm 14,71$; $13,53 \pm 10,66$ et $14 \pm 12,14$ pour les zones distale, médiane et basale ($H = 8,39$; $P = 0,01$). La comparaison des intensités moyennes des zones prises deux à deux a révélé le modèle $ZD = ZM = ZB$.

Au niveau spécifique (figures 71 et 72), il apparaît que *A. combesi*, *A. maillardi* et *A. nyongensis* n'ont pas occupé la zone distale. Les effectifs de *A. combesi* et *A. maillardi* ont été plus élevés sur la zone médiane alors que ceux de *A. nyongensis* ont été plus abondants sur la zone basale. *Annulotrema bouixi* et *C. regia* ont été les seules à exploiter les trois zones. *Annulotrema bouixi* a significativement été plus fréquente sur la zone médiane et son intensité moyenne a diminué de façon non significative de la zone distale vers la zone basale ($\chi^2 = 8,36$, $P = 0,02$; $H = 3,81$, $P = 0,15$). Le taux d'infestation et l'intensité moyenne de *Characidotrema regia* n'ont pas significativement varié entre les trois zones du filament branchial ($\chi^2 = 1,4$, $P = 0,49$; $H = 0,27$, $P = 0,87$).

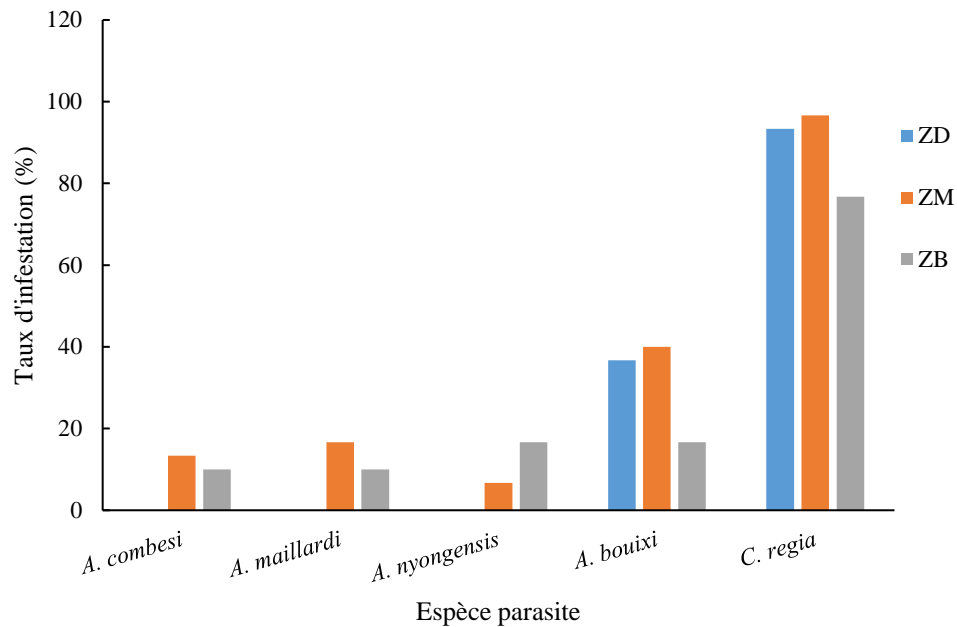


Figure 71 : Taux d'infestation de chaque espèce en fonction de la zone branchiale

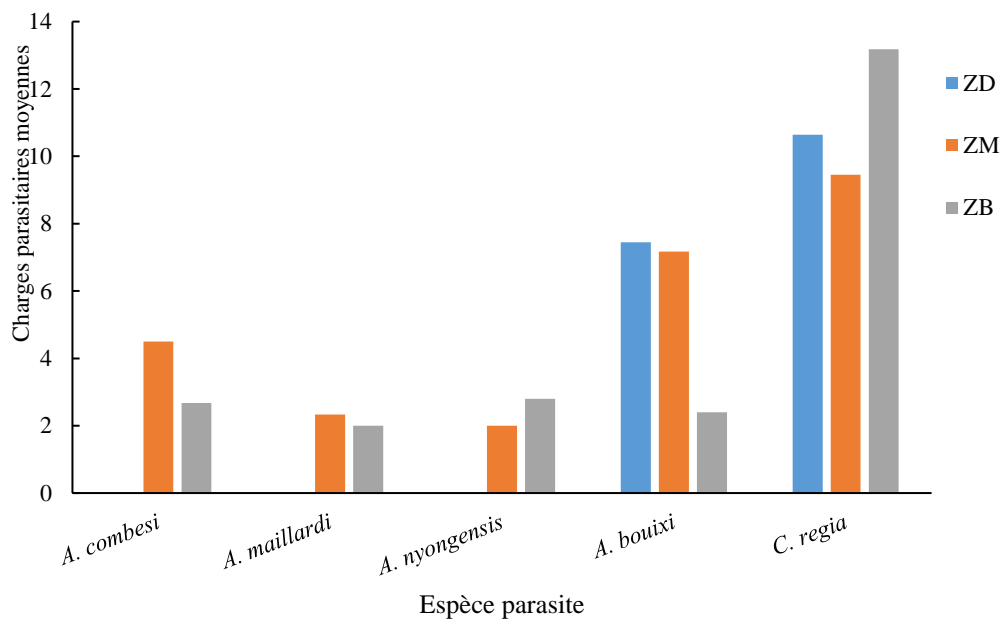


Figure 72 : Charge parasitaire moyenne de chaque espèce en fonction de la zone branchiale

III-1-2-3-Variations mensuelle et saisonnière du parasitisme chez *Brycinus macrolepidotus*

De février 2019 à février 2020, 30 spécimens de *B. macrolepidotus* ont été capturés chaque mois soit un total de 390 poissons.

III-1-2-3-1-Variations mensuelle et saisonnière du taux d'infestation

III-1-2-3-1-1- Cas de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Ce monogène a été retrouvé durant tous les mois de cette étude avec des valeurs mensuelles des taux d'infestation supérieures à 70 % (figure 73).

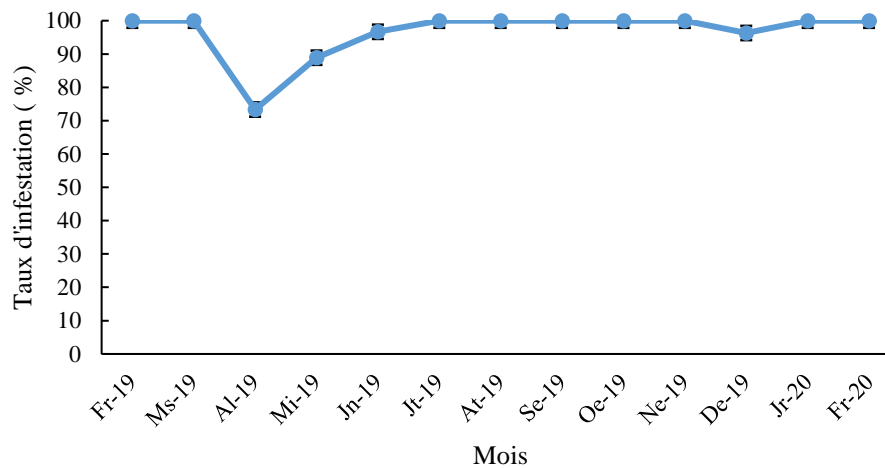


Figure 73 : Variation mensuelle du taux d'infestation de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Légende : Fr-19 : février 2019, Ms-19 : mars 2019, Al-19 : avril 2019, Mi-19 : mai 2019, Jn-19 : juin 2019, Jt-19 : juillet 2019, At-19 : août 2019, Se-19 : septembre 2019, Oe-19 : octobre 2019, Ne-19 : novembre 2019, De-19 : décembre 2019, Jr-20 : janvier 2020, Fr-20 : février 2020.

La valeur du taux d'infestation a été maximale au début de l'étude (février et mars 2019). Après une chute brusque qui a conduit cet indice parasitologique à sa valeur minimale (73,33%) en avril 2019, une augmentation a été amorcée à partir de mai 2019 pour culminer en juillet de la même année. La valeur du taux d'infestation est restée stable pendant la suite de l'étude exception faite en décembre 2019, mois durant lequel une légère baisse a été observée. La comparaison de ces fluctuations mensuelles a révélé une différence globalement non significative ($\chi^2 = 4,10 < 21,03$; ddl = 12 ; $P = 0,98$). Les mois de février 2019 et février 2020 ont présenté des taux d'infestation identiques.

La valeur du taux d'infestation a été minimale (89,81%) pendant la grande saison des pluies mais maximale durant la petite saison sèche et la petite saison pluvieuse (figure 74). La différence observée s'est avérée globalement non significative ($\chi^2 = 0,39 < 7,8$; ddl = 3 ; $P = 0,94$). Par contre, la comparaison des saisons prise deux à deux a indiqué que la valeur enregistrée pendant la grande saison des pluies a été statistiquement inférieure à chacune des trois autres ($P < 0,05$).

Il apparait en somme que même si cette espèce a été omniprésente, elle a colonisé moins d'hôtes pendant la grande saison pluvieuse.

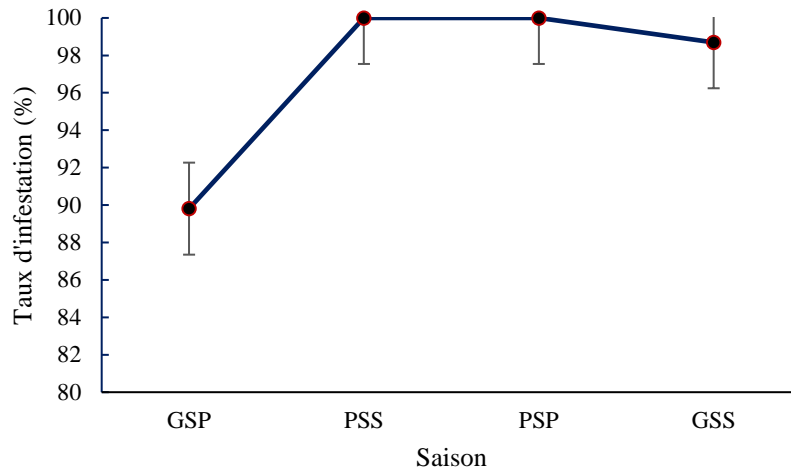


Figure 74 : Variation saisonnière du taux d'infestation de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.
Légende : GSP : grande saison des pluies, PSS : petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche.

III-1-2-3-1-2- Cas de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Ce parasite a été présent durant toute l'année à l'exception du mois de mai 2019 (figure 75). Il a été plus fréquent aux mois de septembre 2019, février 2019 et février 2020 avec des taux d'infestation de 60%, 53,33% et 68% respectivement. La comparaison globale des taux d'infestation mensuels a donné une différence significative ($\chi^2 = 73,61$; ddl = 11 ; $P = 0,0000$). La valeur enregistrée en février 2019 au début du cycle couvert a été identique à celle obtenue en février 2020 au début du cycle suivant ($\chi^2 = 1,10$; ddl = 1 ; $P = 0,29$).

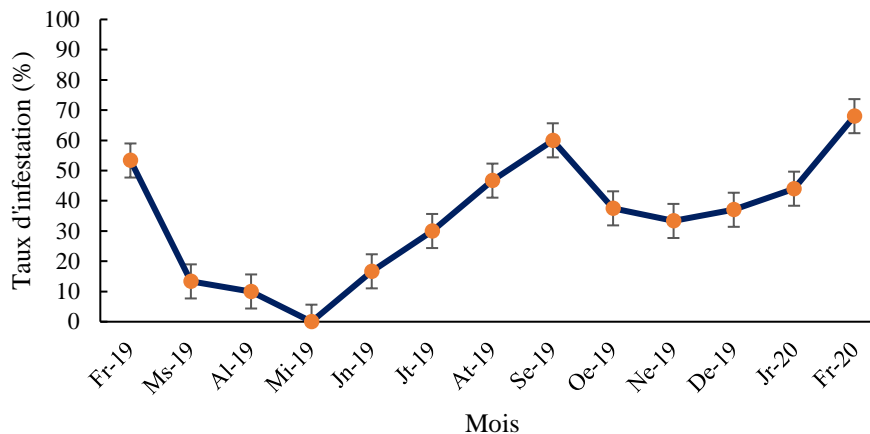


Figure 75 : Variation mensuelle du taux d'infestation de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.
Légende : Fr-19 : février 2019, Ms-19 : mars 2019, Al-19 : avril 2019, Mi-19 : mai 2019, Jn-19 : juin 2019, Jt-19 : juillet 2019, At-19 : août 2019, Se-19 : septembre 2019, Oe-19 : octobre 2019, Ne-19 : novembre 2019, De-19 : décembre 2019, Jr-20 : janvier 2020, Fr-20 : février 2020.

La fréquence saisonnière de cette espèce (figure 76) a varié de 11,11% (grande saison des pluies) à 49,35% (grande saison sèche). Le nombre d'hôtes parasités a été moins élevé durant la grande saison des pluies ($\chi^2 = 20,29$; ddl = 3 ; $P = 0,00015$).

Cette étude a révélé que la présence de cette espèce n'a pas été continue au cours d'une année et que la grande saison des pluies a négativement affecté son taux d'infestation.

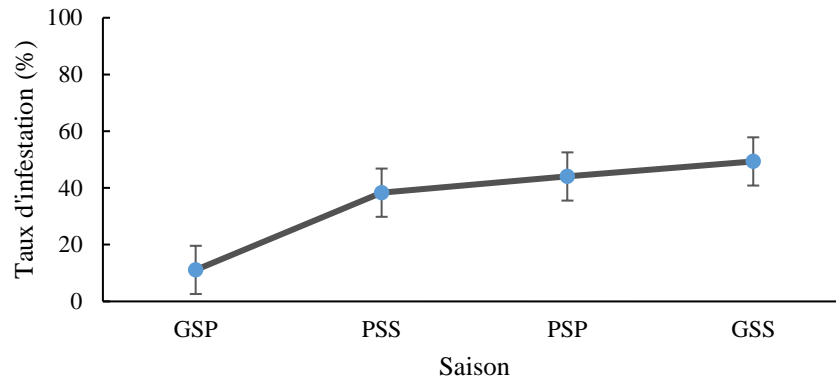


Figure 76 : Variation saisonnière du taux d'infestation chez *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Légende : GSP : grande saison des pluies, PSS : petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche.

III-1-2-3-2-Variations mensuelle et saisonnière des charges parasitaires

III-1-2-3-2-1- Cas de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Les intensités moyennes mensuelles (figure 77) ont dans la plupart des cas été très fortes ($Im > 100$). La charge de cette espèce a progressivement diminué de février à juin 2019 (mois au cours duquel la plus faible valeur a été enregistrée) avant d'amorcer une phase de croissance pour atteindre la valeur maximale (248,23) en août 2019. Lors de la seconde phase de décroissance qui s'étale de septembre 2019 à février 2020, les charges parasitaires ont fluctué entre 228,3 et 98,5. La comparaison des diverses intensités moyennes mensuelles a donné une différence significative ($H = 141,213$; $P < 0,001$) mais la différence a été non significative entre les mois de février 2019 et février 2020 ($U = 279,5$; $P = 0,10$).

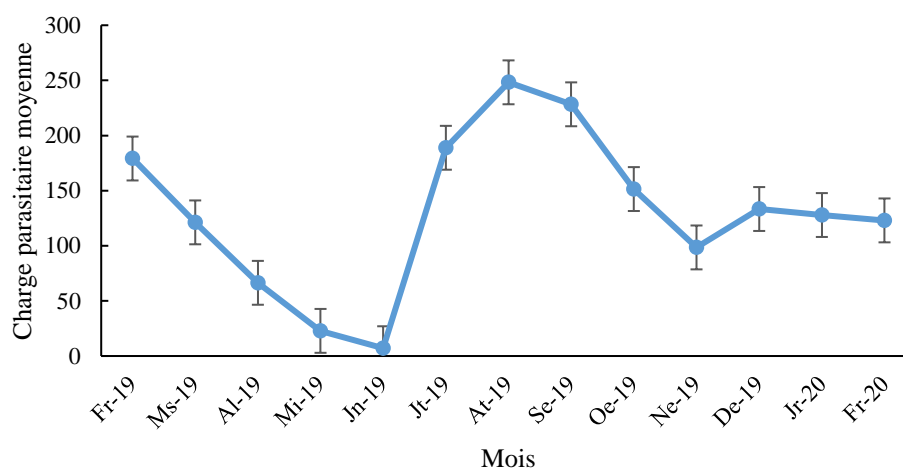


Figure 77 : Variation mensuelle de la charge parasitaire moyenne de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Légende : Fr-19 : février 2019, Ms-19 : mars 2019, Al-19 : avril 2019, Mi-19 : mai 2019, Jn-19 : juin 2019, Jt-19 : juillet 2019, At-19 : août 2019, Se-19 : septembre 2019, Oe-19 : octobre 2019, Ne-19 : novembre 2019, De-19 : décembre 2019, Jr-20 : janvier 2020, Fr-20 : février 2020.

Les intensités parasitaires moyennes sont restées fortes en toute saison, à l'exception de la grande saison pluvieuse (figure 78) pendant laquelle l'intensité parasitaire de ce monogène a présenté une valeur moyenne (58,52). L'intensité moyenne la plus élevée (218,55) a été obtenue durant la petite saison sèche ($H = 83,89$; $P < 0,001$).

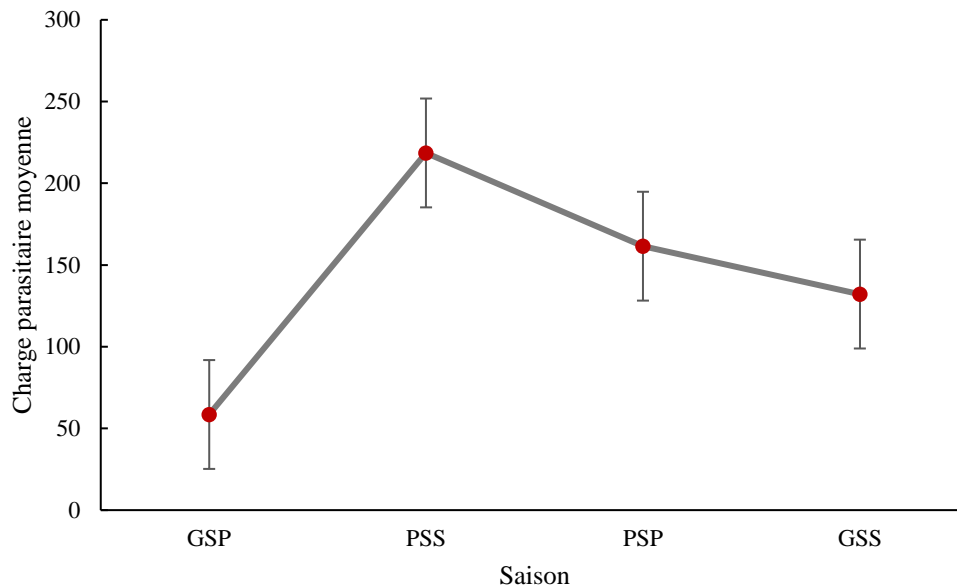


Figure 78 : Variation saisonnière de la charge parasitaire moyenne de *Annulotrema ngombiensis* n. sp.

Légende : GSP : grande saison des pluies, PSS : petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche.

III-1-2-3-2-2- Cas de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Les intensités parasitaires mensuelles ont été faibles aux mois d'août, septembre, octobre 2019 et très faibles les autres mois. Le profil de la variation mensuelle des charges moyennes de cette espèce (figure 79) est identique à celui de la précédente. Après une phase de décroissance allant de février à mai 2019 (mois ayant enregistré la charge parasitaire minimale), les intensités moyennes mensuelles de *Annulotrema nkengfacki* n. sp. ont progressivement augmenté jusqu'en septembre 2019. Pendant la seconde phase de décroissance qui a couvert les mois d'octobre 2019 à février 2020, la charge moyenne mensuelle est restée supérieure à 3. La comparaison des diverses charges parasitaires a dans l'ensemble donné une différence significative ($H = 29,33$; $P = 0,02$). Les charges parasitaires de février 2019 et février 2020 ont été identiques ($U = 92,5$; $P = 0,28$).

La grande saison des pluies d'une part et la petite saison des pluies d'autre part, ont respectivement enregistré la valeur la plus faible et la plus forte de l'intensité moyenne (figure 80 ; $H = 17,26$; $P = 0,001$).

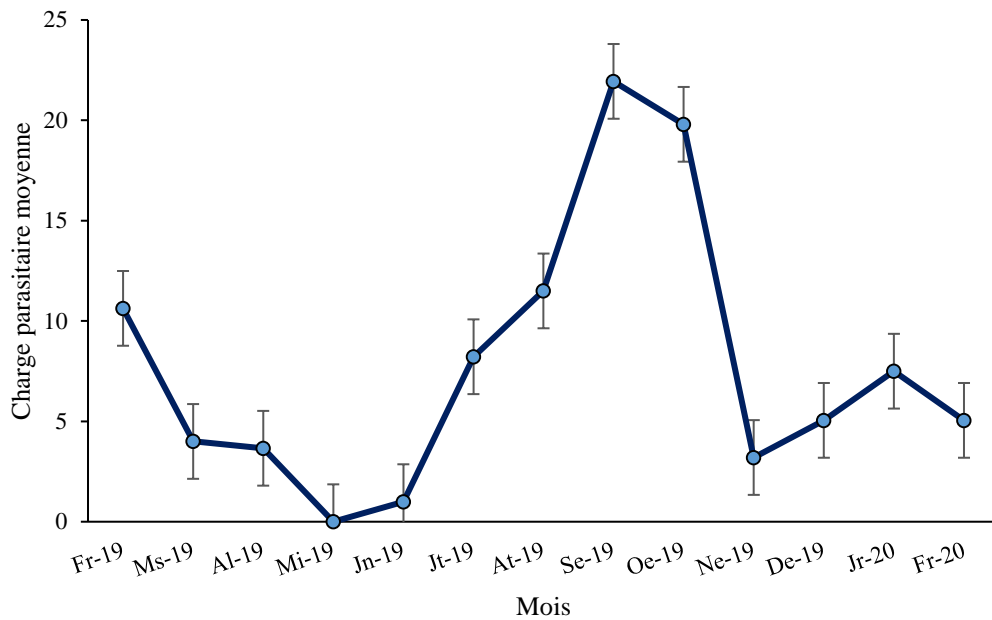


Figure 79 : Variation de la charge parasitaire moyenne mensuelle de *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Légende : Fr-19 : février 2019, Ms-19 : mars 2019, Al-19 : avril 2019, Mi-19 : mai 2019, Jn-19 : juin 2019, Jt-19 : juillet 2019, At-19 : août 2019, Se-19 : septembre 2019, Oe-19 : octobre 2019, Ne-19 : novembre 2019, De-19 : décembre 2019, Jr-20 : janvier 2020, Fr-20 : février 2020.

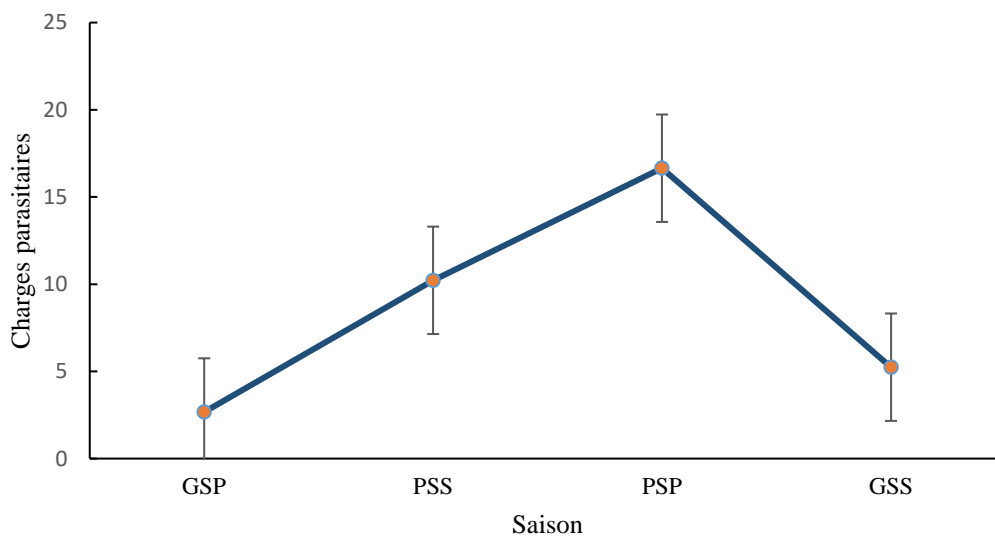


Figure 80 : Variation saisonnière de la charge parasitaire moyenne chez *Annulotrema nkengfacki* n. sp.

Légende : GSP : grande saison des pluies, PSS : petite saison sèche, PSP : petite saison des pluies, GSS : grande saison sèche.

Cette étude a révélé que les charges moyennes mensuelles et saisonnières de *A. ngombiensis* n. sp. et *A. nkengfacki* n. sp. ont été plus faibles pendant la grande saison des pluies.

III-2- Discussion

III-2-1- Étude faunistique

La recherche des monogènes branchiaux chez *Brycinus macrolepidotus*, *B. kingsleyae*, *Phenacogrammus major* (Characiformes, Alestidae) et *Hepsetus odoe* (Characiformes, Hepsetidae) a rendu possible la description de deux espèces du genre *Annulotrema* et la redescription de sept espèces du genre *Annulotrema* et deux du genre *Characidotrema*. La colonisation des branchies des hôtes des familles Alestidae et Hepsetidae par les monogènes appartenant à ces deux genres est régulièrement signalée dans la littérature (**Paperna et Thurston**, 1969 ; **Price et al.**, 1969 ; **Paperna**, 1973 ; 1979 ; **Birgi**, 1988 ; **Guégan et al.**, 1988 ; **Řehulková et al.**, 2014 ; 2019 ; **Kičinjaová et al.**, 2015 ; 2018). Il ressort de ces résultats que l'helminthofaune de chaque espèce hôte a été dominée par les espèces du genre *Annulotrema*. Bien que les spécimens des genres *Characidotrema* et *Afrocleidodiscus* puissent coloniser le système branchial des Characiformes, ceux du genre *Annulotrema* restent les plus représentés chez chaque hôte de cet ordre. En effet, **Kičinjaová et al.** (2018) ont retrouvé dix espèces du genre *Annulotrema* sur les branchies de *Hydrocynus vittatus* dans le lac Kariba au Zimbabwe. En Côte d'Ivoire, **N'Douba et al.** (1997) ont mis en évidence la présence de *Annulotrema macropenis*, *A. biaensis* et *A. hepseti* sur *H. odoe*. Cette tendance s'est aussi observée chez les monogènes branchiaux d'autres familles de poissons. Ainsi, **Bahanak** (2018) a révélé une dominance des monogènes du genre *Quadriacanthus* chez les Clariidae du Cameroun. Si aucune explication dans la littérature ne justifie cette abondance des espèces du genre *Annulotrema* chez les Characiformes, nous pensons que la mésosténoxénie les rend plus aptes à coloniser diverses espèces de poissons. En effet, même si au cours de la présente étude deux espèces du genre *Annulotrema* sur les 9 enregistrées ont exprimé une spécificité mésosténoxènes, nous empruntons **Euzeby** (1984) pour apporter une tentative d'explication à ce phénomène. Pour ce dernier, une espèce mésosténoxène a plus de chance qu'une espèce oïoxène de subir une spéciation (allopatrique ou sympatrique) ; phénomène qui intervient souvent à la suite des transferts latéraux des monogènes. Dans le même ordre d'idées, **Bahanak** (2018) a constaté que le spectre d'hôtes des *Quadriacanthus* qui sont mésosténoxènes est plus élevé que celui des *Birgiellus* qui adoptent généralement une spécificité stricte.

Au cours de cette étude, *B. macrolepidotus* a été capturé dans le bassin de la Sanaga (au niveau de Natchigal et d'Ebebda), dans le bassin de la Dibamba et dans le bassin du Nyong. Cependant, seuls les échantillons provenant du Nyong ont été parasités. **Birgi** (1988) a également précisé que malgré l'intense effort d'échantillonnage qu'il a effectué, aucune espèce de monogène n'a été récoltée sur les branchies de cet hôte. Il en découle que le système hôte-parasites peut être influencé par des paramètres biotiques et abiotiques tels que le type de substrat, la largeur et la profondeur du cours d'eau, ainsi que la vitesse du courant d'eau

(**Kamdem et Teugels**, 1997 ; **Zharikova**, 2000). De la même façon, **Bilong Bilong** (1995) a mis en évidence l'infestation du poisson *Malapterurus electricus* Gmelin, 1789 par les monogènes du genre *Protoancylodiscoides* Paperna, 1969 uniquement à Dibang (bassin de la Sanaga) alors qu'il a prospecté d'autres cours d'eau du bassin du Nyong.

Annulotrema tenuicirra, *A. elongata*, (dont l'hôte type est *Alestes baremoze*), *A. helicocirra*, *A. longipennis* et *A. alberti* récoltées sur les branchies de *B. macrolepidotus* en Ouganda par **Paperna et Thurston** (1969) et **Paperna** (1973) n'ont pas été observées lors de nos investigations. Nous nous joignons à **Norton et Carpenter** (1988), pour dire que la richesse spécifique d'une espèce ichthyque peut varier dans l'espace. Un tel constat a été fait par divers auteurs. En effet, **Kičinjaová et al.** (2015) ont signalé la présence de *Annulotrema bipatens* Kičinjaová, Řehulková et Gelnar, 2015, *Annulotrema cucullatum* Kičinjaová, Řehulková et Blažek, 2015 et *Annulotrema pontile* Kičinjaová et Řehulková, 2015 sur les branchies de *Hydrocynus forskalii* (Cuvier, 1819) capturée dans le lac Turkana au Kenya alors qu'en Ouganda, les travaux de **Paperna** (1973 et 1979) sur le même hôte avaient signalé des espèces différentes à savoir *Annulotrema magnihamula* Paperna, 1973 et *Annulotrema nili* Paperna, 1973. Plus récemment, **Kičinjaová et al.** (2018) travaillant sur *Hydrocynus vittatus* Castelnau, 1861 dans le Lac Kariba (Zimbabwe) ont retrouvé deux nouvelles espèces différentes des huit précédemment signalées par plusieurs autres auteurs au Mali, en Tanzanie, au Niger et au Kenya sur la même espèce hôte.

Les analyses morphométriques ont permis de confirmer que les variables utilisées pour la description des espèces lors du travail en cours sont suffisantes et rendent possible la discrimination des espèces du genre *Annulotrema*. Cette démarche est semblable à celle adoptée par **Rubtsova et al.** (2006) qui à l'aide d'une analyse multivariée ont établi la variabilité des mesures des pièces sclérifiées et l'importance de chacune des mensurations dans la diagnose des monogènes du genre *Ligophorus* parasites de *Mugil cephalus* dans le bassin de la méditerranée. Notre observation corrobore les résultats obtenus par **Bahanak et al.** (2022) sur les monogènes du genre *Quadriacanthus* au Cameroun. En effet, ces auteurs ont fait recours à une analyse en ACP afin de confirmer que les paramètres morphométriques utilisés pour la description de *Quadriacanthus barombiensis* Bahanak, Nack et Pariselle, 2022 parasite de *Clarias maclareni* Trewavas, 1962 étaient suffisants pour séparer ce monogène de ses autres congénères du Lac Barombi Mbo.

L'analyse en composantes principales a permis de classer *A. nkengfacki* n. sp. dans le morphogroupe *Nyongensis* et de créer un nouveau groupe nommé *Ngombiensis* n. gr. Les analyses en ACP ont ainsi confirmé les observations faites sur le plan morphologique. **Bahanak** (2018) a utilisé une démarche similaire pour créer trois groupes au sein des monogènes du genre *Quadriacanthus* parasites des poissons de la famille des Clariidae, afin de confirmer les

observations morphologiques faites sur les crochets et les cunei de ces monogènes. D'autres auteurs ont également fait recours à l'ACP pour ressortir des liens entre plusieurs espèces de monogènes appartenant au même genre (**Mariniello et al.**, 2003; **Sarabeev et Balbuena**, 2004 ; **Rubtsova et al.**, 2006 ; **Mulega et al.**, 2022). *Annulotrema ngombiensis* n. sp. présente un génitalia mâle dont la configuration générale l'éloigne de toutes les espèces du genre *Annulotrema* décrites au Cameroun sur les poissons du genre *Brycinus*. Cependant cette configuration se rapproche de celle de certaines espèces du genre *Annulotrema* décrites en Afrique de l'Est. Nous pensons ainsi que cette espèce est apparue par un phénomène de spéciation effectuée sur *B. macrolepidotus* à la suite de transferts latéraux entre ce poisson et certains *Hydrocynus* originaire d'Afrique orientale.

Les redescriptions effectuées au cours du présent travail ont été entreprises afin de compléter la diagnose de certaines espèces par des caractères non mentionnés lors de la description initiale. Il en ressort que chez *Annulotrema combesi*, le tube pénial contrairement à la description initiale, peut former plus d'un tour de spire. *Annulotrema maillardi* présente sur sa barre transversale dorsale une structure sclérifiée et *A. nyongensis* possède une boucle sur sa barre transversale ventrale ; structures qui n'avaient pas été observées par **Birgi** (1988). De plus, la sclérisation du vagin a pour la première fois été signalée chez *A. gabrioni* et *Characidotrema spiropenis*. Un prolongement membranaire jamais mentionné sur la barre transversale dorsale de *Annulotrema hepseti* parasite de *Hepsetus odoe* a été observé au cours de cette étude sur l'ensemble des spécimens analysés. Chaque fois que c'est nécessaire, des redescriptions ont souvent été entreprises afin de disposer des données plus fiables. **Kičinjaová et al.** (2015) ayant constaté que la description initiale de *Annulotrema elongata* **Paperna et Thurston**, 1969 était inadéquate pour la diagnose de cette espèce parasite, ont entrepris sa redescription. La redescription de *Annulotrema pikei* Price, Peebles et Bamford, 1969 par **Řehulková et al.** (2014) a permis de compléter sa description. Nous pensons que les différences relevées entre certaines redescriptions faites durant ce travail et les descriptions de **Birgi** (1988) seraient en rapport avec le cours d'eau d'échantillonnage et la taille des différents hôtes.

La présence des espèces de monogènes parasites de *B. kingsleyae* et de *P. major* ont été signalées pour la première fois respectivement dans la rivière Mefou et la rivière Akono. La présence des monogènes dans d'autres sites hébergeant leurs hôtes types est couramment évoquée dans la littérature (**Christison**, 1988 ; **Birgi**, 1988 ; **Řehulková et al.**, 2014 ; **Kičinjaová et al.**, 2015 ; 2018). La spécificité stricte qui caractérise la majorité des Dactylogyridae pourrait favoriser un tel phénomène. En effet, comme signalé plus haut, une espèce oïxène a moins d'opportunité de subir une spéciation. La Mefou et l'Akono étant deux affluents du fleuve Nyong (où les différents hôtes types ont été capturés lors des travaux originels), il se pourrait que les hôtes parasités aient transité entre ces cours d'eau.

III-2-2- Ecologie

III-2-2-1- Biotope branchial

L'étude du biotope branchial chez deux espèces de poissons du genre *Brycinus* a révélé que, peu importe le niveau de perception, le nombre de filaments branchiaux a augmenté avec la taille du poisson. Ce résultat corrobore ceux de nombreux auteurs à l'instar de **Tombi** et **Bilong Bilong** (2004) qui ont mis en exergue une augmentation du nombre de filaments branchiaux avec la taille de *Enteromius martorelli* Roman, 1971 capturé dans la rivière Foulou. Une augmentation du nombre de filaments branchiaux avec la taille du poisson a aussi été décelée sur *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 et sur *Liza ramada* (Risso, 1827) respectivement par **Bilong Bilong et al.** (1999) et **Silan et al.** (1987). Cette observation laisse penser que la formation des filaments branchiaux se ferait pendant la période de croissance du poisson. Par ailleurs, l'augmentation de ces structures a été plus rapide chez les poissons de petite taille et moins rapide chez ceux de grande taille ce qui s'expliquerait par le phénomène de senescence des poissons plus âgés (**Tombi**, 2005).

Le nombre de filaments branchiaux n'a pas varié avec le côté de chaque espèce ichthyque. Il s'agit d'un fait courant dans la littérature. Ainsi, **Bilong Bilong** et **Tombi** (2004) ont révélé une équipartition du nombre de filaments branchiaux entre les deux côtés de *E. martorelli*. Dans le même ordre d'idées, une distribution symétrique de ces structures a été signalée chez *Enteromius camptacanthus* (**Tombi et al.**, 2016b). Nous nous joignons à ces auteurs pour expliquer ce résultat par la symétrie bilatérale du système branchial de ces Téléostéens.

L'étude de la distribution des filaments branchiaux au niveau de l'arc a révélé le modèle $AII > AI = AIII > AIV$ chez *B. kingsleyae* et $AII > AIII > AI = AIV$ chez *B. macrolepidotus* autrement dit pour chacune de ces espèces, l'arc II a concentré plus de filaments. Cette variation du nombre de filaments en fonction de l'arc, traduit l'hétérogénéité du biotope chez les espèces de poissons examinées. Le modèle de distribution des filaments varie généralement avec l'espèce hôte. Chez *E. martorelli*, **Bilong Bilong** et **Tombi** (2004) ont obtenu le modèle $AII > AI = AIII > AIV$ alors que le modèle dévoilé par **Onana et al.** (2023) chez *Enteromius guirali* Thomillot, 1886 capturé dans la rivière Cesala au Cameroun est $AII > AIII > AI = AIV$. **Nack** et **Bilong Bilong** (2007) ont observé que chez *Clarias camerunensis* pêché dans le fleuve Nyong, les arcs II et III d'une part et IV d'autre part, ont respectivement porté le plus grand et le plus petit nombre de filaments. **Tombi et al.** (2016b) ont noté que la distribution des filaments de *Enteromius camptacanthus* Bleeker, 1863 capturé dans la rivière Koukoum s'est faite selon le modèle $AI > AII > AIII > AIV$.

Sans distinction d'arcs et pour chaque espèce ichthyque, le nombre de filaments branchiaux des hémibranchies antérieures a été égal à celui de leurs homologues postérieurs

(HA = HP). La comparaison du nombre de filaments de chaque hémibranchie à celui de chacun de ses homologues a conduit aux modèles IIP = IIA > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP pour *B. kingsleyae* et IIP = IIA > IIIP = IIIA > IA = IP = IVA = IVP pour *B. macrolepidotus*. Ces résultats traduisent la symétrie des arcs branchiaux des hôtes examinés. Ce résultat est différent de celui de **Tombi et al.** (2016b) qui ont constaté que l'hémibranchie antérieure de chaque arc du système branchial de *E. camptacanthus* comptait plus de filaments que son homologue postérieur. En prenant en compte les huit hémibranchies, ces auteurs ont obtenu le modèle IA > IIA = IP > IIP = IIIA > III P > IVA < IVP. Chez d'autres espèces ichthyques, des modèles révélant une distribution asymétrique du nombre de filaments branchiaux des deux hémibranchies de chaque arc ont été signalés (**Bilong Bilong et al.**, 1999 ; **Bilong Bilong et Tombi**, 2004 ; **Onana et al.**, 2023).

L'examen du système branchial des deux espèces ichthyques retenues pour la présente étude a révélé leur hétérogénéité. En effet, non seulement la structure de ces biotopes subit des modifications au cours de la croissance du poisson, mais pour un spécimen donné, le nombre de filaments varie en fonction de l'arc. Pour **Bilong Bilong et Tombi** (2004), cette étude est un prérequis pour une bonne interprétation de la colonisation du biotope branchial par les parasites.

II-2-2-2- Relation taille-poids et coefficient de condition chez *Brycinus macrolepidotus*

Chez *B. macrolepidotus*, l'analyse de la relation taille-poids a révélé une allométrie positive (pente > 3) et une liaison forte entre ces deux facteurs ($R^2 > 0,99$). Il en découle que *B. macrolepidotus* examiné au cours de ce travail prend de l'embonpoint au fur et à mesure que sa taille augmente. Ce résultat corrobore celui de **Olopade et al.** (2019) dont les travaux ont indiqué que *B. macrolepidotus* de la rivière New Calabar (Nigeria) avait une croissance allométrique positive (pente = 3,21). Une croissance allométrique négative a cependant été signalée chez cette même espèce au Nigéria dans la rivière Ogun (**Adeosun et al.**, 2016), au Mali (**Sadio et al.**, 2021) et en Côte d'Ivoire (**Kouassi et Ndembélé**, 2000).

Une croissance allométrique négative ($b = 2,8014$) a été obtenue chez les poissons de taille inférieure à 15 cm tandis qu'elle a été positive pour les poissons de taille supérieure ou égale à 15 cm. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par **Abba et al.** (2010) sur la truite *Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858. Ces auteurs ont en effet remarqué que, les poissons de taille supérieure à la moyenne (23 cm) présentaient une croissance allométrique négative alors que ceux de taille inférieure à 23 cm avaient une croissance allométrique positive. Ils ont expliqué leur observation par le fait que les poissons de grande taille sont sexuellement matures et utiliseraient ainsi leur ressource pour la croissance des gonades et pour la reproduction.

L'étude de la relation taille-poids en fonction du sexe a révélé que la croissance en masse du poisson est plus importante chez les femelles (pente = 3,307) que chez les mâles (pente = 2,9465). Ce résultat s'expliquerait par le fait que, le poids des gonades augmente chez

les femelles gravides. Une observation similaire a été faite par **Abba et al.** (2010) chez *Salmo trutta macrostigma*. L'influence du sexe sur la croissance en masse et en taille du poisson a aussi été révélée par **Hossain et al.** (2006) sur *Mystus vittatus* (Bloch, 1794).

La valeur du coefficient de condition a été supérieure à 1 ($K = 2,28$ et $K_r = 1,013$) pour tous les spécimens de *B. macrolepidotus* échantillonnés. Ce résultat corrobore celui de **Olopade et al.** (2019) qui ont obtenu un K_r égal à 1,02 chez cette espèce au Nigeria. **Mikembi et al.** (2019) ont enregistré un coefficient de condition supérieur à 1 sur plusieurs espèces de poissons du genre *Brycinus* de la rivière Dzoumouna au Congo. D'après **Alhassan et al.** (2015), un coefficient K supérieur à 1 traduit un état de bien-être du poisson.

Le coefficient K a varié en fonction du sexe et de la taille du poisson. La valeur minimale étant observée chez les spécimens de taille inférieure à 15 cm et de sexe femelle. Cette variation du coefficient de condition en fonction du sexe et de la taille a été observée par **Abba et al.** (2010) sur la truite commune au Maroc. Nous pensons à la suite de **Hossain et al.** (2006) et **Baby et al.** (2011) que l'embonpoint peut être influencé par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques.

Peu importe les mois et les saisons, l'espèce *B. macrolepidotus* a toujours présenté un bien-être physiologique. En effet, le coefficient de condition a toujours été supérieur à 1. *Brycinus nurse* (Rüppel, 1832) du réservoir de Samandeni au Burkina Faso a aussi connu une bonne condition physiologique durant les dix mois qu'ont duré l'étude (**Minoungou et al.**, 2020). Une variation du coefficient de condition en fonction des saisons a été signalée par **Abba et al.** (2010) sur la truite commune au Maroc ; ces derniers ont en effet décelé une baisse significative du coefficient K pendant le Printemps. Dans notre étude, la valeur moyenne minimale de K a été observée pendant la grande saison sèche (2,13) et la valeur maximale pendant la petite saison sèche (2,40).

Si on tient compte de l'interprétation des divers ichtyologues évoqués en amont, notamment **Minoungou et al.** (2020), on pourrait conclure sur la base de la valeur du coefficient d'allométrie et celle du coefficient de condition obtenus au cours de ce travail que *B. macrolepidotus* n'est guère menacée par le parasitisme. Le présent travail a par conséquent été initié parallèlement à celui du parasitisme de cette espèce hôte afin de voir si les valeurs de ces coefficients reflètent son parasitisme.

II-2-2-2- Aspects parasitologiques

II-2-2-2-1- Distribution des monogènes et étude du microhabitat

Chacune des espèces parasites a présenté une distribution agrégative. Une telle distribution est courante chez les monogènes branchiaux (**Krasnov et Poulin**, 2010 ; **Tombi et al.**, 2014 ; 2016 ; 2017 ; **Blahoua et al.**, 2018). Dans la littérature, les facteurs qui justifient ce type de répartition chez les monogènes sont par exemple liés à la susceptibilité à l'infection de

chaque espèce hôte (système immunitaire et facteurs génétiques) et l'avantage qu'offre la surdispersion aux espèces parasites en permettant le rapprochement et en facilitant la reproduction des individus.

La presque totalité des espèces a infesté les poissons mâles et femelles de façon identique. La même observation a été faite par **Blahoua et al.** (2018) sur les monogènes de *Tilapia zillii*. En effet, dans la rivière Lobo en côte d'Ivoire, *Cichlidogyrus digitatus*, *C. vexus* et *C. aegycticus* ont présenté des indices épidémiologiques (prévalence et intensité moyenne) similaires chez les poissons de sexe mâle et femelle. Dans la côte marocaine, **Shawket et al.** (2018) ont révélé que *Gastrocotyle trachuri* et *Pseudaxine trachuri* parasitent les individus mâles et femelles chez *Trachurus trachurus* de façon identique. **Bouah et al.** (2021) ont mis en évidence que dans la rivière Bagoué, *Protoanclodiscoides essethii* infestent indifféremment les individus des deux sexes du poisson *Claroetes laticeps* (Ruppel, 1819). Dans la rivière Lesser Zab (Iraq), les travaux de **Abdullah et Nasriddin** (2020) ont dévoilé une infection identique chez les spécimens mâles et femelles chez *Capoeta trutta*, *Carassobarbus luteus* et *Cyprinion macrostomum* par *Dactylogyrus carassobarbi*, *Dactylogyrus elegantis* et *Dactylogyrus macrostomum*. Comme ces auteurs, nous pensons que les faibles différences morphologiques entre les mâles et les femelles et le fait que tous les individus occupent le même habitat justifieraient le fait que le parasitisme soit similaire chez les spécimens mâle et femelle de *B. kingsleyae* et *B. macrolepidotus*.

Annulotrema maillardi est la seule espèce qui a plus exploité les spécimens de *B. kingsleyae* de sexe femelle. Pour **Ibrahim** (2012), la sédentarité des poissons femelles en période de frai les rend plus vulnérables à certaines espèces et pourrait justifier ce genre d'observation. Ce résultat corrobore celui obtenu par **Innal et al.** (2020) chez *Paradiplozoon bliccae* qui a plus infesté les femelles de *Pseudophoxinus burdiricus* dans le ruisseau Doğanbaba en Turquie. De même, le parasite *Protoanclodiscoides ivoirienis* a été plus abondant chez les femelles de *C. laticeps* dans la rivière Bagoué en Côte d'Ivoire (**Bouah et al.**, 2021). **Adou et al.** (2017) ont remarqué que chez *Tilapia guineensis* (Blecker, 1862), les indices parasitaires de *Cichlidogyrus vexus*, *C. ergensis* et *C. cubitus* sont plus élevés chez les femelles dans le lac d'Ayamé 2.

Dans certains cas les poissons mâles ont été plus parasités que les femelles par les monogènes. Ainsi, **Tunç et Koyun** (2018) ont révélé que dans la rivière Murat et ses tributaires, les indices parasitaires de *Paradiplozoon homoion* ont été plus élevés chez les mâles de *Alburnus mossulensis*. De même, *P. bliccae* a plus parasité les mâles chez *Squalius felowesii* dans le ruisseau Doğanbaba (**Ünal et al.**, 2017). *Cichlidogyrus yanni*, *Cichlidogyrus digitatus* et *Cichlidogyrus dossoui* se sont plus concentrées chez les mâles de *Tilapia guineensis* dans le lac d'Ayamé 2 (**Adou et al.**, 2017). Ce résultat confirme que plusieurs autres facteurs comme

la réponse immunitaire ou encore les habitudes alimentaires interviennent aussi dans la distribution des parasites en fonction du sexe du poisson (**Ibrahim et Soliman**, 2011 ; **Sidiqqi et al.**, 2014 ; **Adou et al.**, 2017).

Chez les deux Alestidae dont la parasitofaune a été étudiée, le taux d'infestation et la charge parasitaire de la xénocommunauté et de chaque infrapopulation ont augmenté avec la taille du poisson. **Tombi et al.** (2014) ont signalé que chez *O. niloticus* de la station piscicole de Melen (Cameroun), les indices parasitaires de *Cichlidogyrus thurstonae*, *C. halli*, *C. tilapiae* et *Scutogyrus longicornis* étaient significativement plus élevés chez les poissons de grande taille. De même, dans le réservoir de Capivara (Brésil), **Bertaglia et al.** (2023) ont révélé une augmentation du parasitisme avec la taille de *O. niloticus*. Pour **Guégan et Hugueny** (1994), **Bilong Bilong** (1995) et **Bakke et al.** (2002), l'augmentation du parasitisme avec la taille des hôtes examinés serait d'une part liée à l'augmentation du nombre de filaments branchiaux et donc de la surface branchiale colonisable avec la taille du poisson. D'autre part cette observation pourrait s'expliquer par le grand volume d'eau qui passe à travers les branchies des poissons de grande taille. Pour **Tombi** (2005) et **Blahoua et al.** (2009), les poissons de grandes tailles sont en général les plus âgés et auraient été plus longtemps exposés au parasitisme que ceux de petite taille. Ce cumul des parasites avec l'âge du poisson pourrait également expliquer les résultats de l'étude en cours. Notre travail a révélé une corrélation positive entre le parasitisme et le coefficient de condition. En effet, les poissons avec une bonne condition physiologique ont aussi plus accumulé les parasites. Leur bonne condition physiologique leur permet de mieux résister au parasitisme.

Le parasitisme n'a pas varié en fonction du côté du poisson ni de l'hémibranchie, aussi bien chez *B. kingsleyae* que chez *B. macrolepidotus*. Cette équipartition des monogènes sur les deux parties du système branchial de ces hôtes est calquée sur le modèle de distribution de leurs filaments branchiaux. En effet, l'étude du biotope branchial chez *B. kingsleyae* et *B. macrolepidotus* a révélé que les deux côtés de ces Alestidés ainsi que les deux hémibranchies de chacun de leurs arcs branchiaux ont un nombre identique de filaments et donc offrent aux parasites une surface de fixation équitable. Dans le même ordre d'idées, **Tombi et al.** (2017) ont signalé une distribution symétrique de *Cichlidogyrus arthracanthus* Paperna, 1960 ; *Cichlidogyrus tiberianus* Paperna, 1960 et *Cichlidogyrus tilapiae* Paperna, 1960 à travers les deux côtés et les deux hémibranchies de chaque arc branchial de *Tilapia rendalli* Boulenger, 1897. **Craford et al.** (2014) ont obtenu le même modèle sur les branchies de *Clarias gariepinus* et *Cyprinus carpio*.

L'étude du parasitisme en fonction de l'arc a révélé que chez *B. macrolepidotus* la xénocommunauté dans sa globalité et chaque infrapopulation ont exploité les arcs branchiaux indifféremment. Chez *B. kingsleyae*, les arcs I, II et III ont été parasités de façon identique et

chacun d'eux a été plus parasité que l'arc IV par l'ensemble de la xénocommunauté et par chaque espèce à l'exception de *A. nyongensis* et *A. maillardi* qui ont exploité les quatre arcs branchiaux de façon identique. Plusieurs modèles d'exploitation des arcs sont mentionnés dans la littérature. Dans la rivière Bagoué, **Bouah et al.** (2021) ont révélé que chez *Clarotes laticeps*, le monogène *Protoancylodiscoides essetchi* a parasité les arcs I, II et III équitablement mais a moins exploité l'arc IV tandis que pour *P. ivoiriensis* l'intensité moyenne a significativement diminué de l'arc IV vers l'arc I. Au Brésil, **Jerônimo et al.** (2020) ont enregistré une équipartition des monogènes sur les quatre arcs branchiaux de *Piaractus mesopotamicus*, l'hybride tabacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) et l'hybride surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) tandis que chez l'hybride patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachypomus*), les monogènes se sont plus accumulés sur l'arc I. **Blahoua et al.** (2016) ont remarqué que les monogènes étaient préférentiellement plus attachés au niveau des arcs médians II et III du système branchial de *O. niloticus* du lac d'Ayamé I. Chez *Clarias camerunensis*, **Nack et al.** (2010) ont signalé une accumulation de *Quadriacanthus pariselli* et *Birgiellus kellensis* sur l'arc IV. L'inégale répartition des monogènes au niveau des arcs branchiaux s'expliquerait par l'hétérogénéité de leur biotope mise en évidence au cours de ce travail. En effet, la variation de la surface branchiale colonisable en fonction de l'arc influence le volume du courant d'eau respiratoire qui ravitaille chaque arc en oncomiracidia. **Jerônimo et al.** (2020) expliquent l'équipartition des monogènes à travers le gradient transversal par la forte densité de parasites.

La xénocommunauté dans son ensemble a plus exploité les secteurs intermédiaires (médio-ventral, médian et médio-dorsal) et les zones distales et médianes. A l'échelle spécifique, *C. regia* a plus occupé les trois zones des secteurs intermédiaires. *Annulotrema combesi* a préféré les zones médianes du secteur 3. *Annulotrema bouixi* s'est plus concentré sur les zones distales des secteurs 3. *Annulotrema nyongensis* a préférentiellement occupé les zones basales des secteurs 2 et 3. *Annulotrema maillardi* a de préférence colonisé les zones médianes des secteurs 3 et 4. *Annulotrema ngombiensis* n. sp. a plus exploité les zones distales et médianes des secteurs 3 alors que *A. nkengfacki* n. sp. a parasité de façon similaire les différentes zones de chaque secteur. Pour coexister, les espèces de monogènes étudiées ont ainsi fragmenter leur biotope en microhabitats. Ce genre d'observations est récurrent dans la littérature. Chez *T. rendalli*, *C. arthracanthus* a préféré la zone distale, *C. dossoui* et *C. quaestio* la zone basale alors que *C. tiberianus* a préféré la zone médiane des secteurs 3 (**Tombi et al.**, 2017). **Tombi et al.** (2010) ont décelé une exploitation préférentielle de la zone basale des secteurs 3 par les parasites de *E. martorelli*. Chez *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), le monogène *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 a présenté une grande affinité pour les secteurs 2 et 5 (**Soylu et al.**, 2010). **EL Madhi et Belghyti** (2006) ont observé une préférence pour le

cinquième secteur chez *Gotocotyla acanthura* (Parona et Perugia, 1896) parasite de *Trachinotus ovatus* (Linnaeus, 1758). En général, la sélection du site d'infestation varie en fonction de l'espèce et se fait sur la base des paramètres comme la taille des pièces haptorales, la vitesse du courant d'eau ventilatoire, le nombre de filaments branchiaux, la surface branchiale colonisable, la chance de rencontrer un partenaire en vue de la reproduction et l'évitement de la compétition (**Buchmann**, 1989 ; **Le Brun** *et al.*, 1990 ; **Šimková** *et al.*, 2006 ; **Gilbert** et **Avenant-Oldewage**, 2016).

Annulotrema ngombiensis n. sp., *A. nkengfacki* n. sp., *A. bouixi* et *C. regia* ont exploité les trois zones filamenteuses. Ces observations corroborent celles de **Ramasamy** *et al.* (1985) faites chez *Vallisnia indica* et *Dionchus remorae* parasites branchiaux des poissons du genre *Scomberoïdes* Lacépède, 1801. Nous pensons à la suite de ces auteurs qu'une telle colonisation du gradient vertical est densité-dépendant. La présence de *A. nkengfacki* n. sp. sur toutes les zones malgré ses faibles effectifs indique l'absence de compétition interspécifique au sein de la xénocommunauté branchiale de *B. macrolepidotus* car cette espèce semble bien coexister avec sa congénère. Par ailleurs, la robustesse des pièces haptorales de *A. nkengfacki* n. sp. favorise l'occupation de toutes les zones filamenteuses. Ainsi, le choix du site de fixation serait dû à l'armature haptorale chez *B. macrolepidotus* et à la densité du parasite chez *B. kingsleyae*. L'exploitation du microhabitat varie donc en fonction du couple hôte-parasite mis en jeu et de son environnement (**Le Roux** *et al.*, 2011 ; **Sujana**, 2015 ; **Tombi** *et al.*, 2017).

L'étude de la relation parasitisme-coefficient de condition a révélé que les poissons de meilleure condition physiologique ont hébergé la plus grande biomasse parasitaire. D'une manière générale, une bonne condition physiologique a protégé le poisson de l'effet néfaste dû aux fortes charges parasitaires. Ce résultat corrobore celui de **Nack** *et al.* (2018) qui ont signalé une corrélation positive entre la charge en monogènes et la condition physiologique de *Parachanna obscura* dans le lac Ossa. Notre observation va cependant à l'encontre de celle faite par **Bouah** *et al.* (2021). Ces auteurs ont en effet révélé l'impact négatif du parasitisme sur la condition physiologique de *Clarotes laticeps* dans la rivière Bagoué en Côte d'Ivoire. De même, l'étude expérimentale menée par **Gelnar** (1987) sur l'effet du monogène *Gyrodactylus gobiensis* Gläber, 1974 chez *Gobio gobio* a révélé que les poissons les plus infestés sont ceux ayant une condition physique mauvaise. Pour cet auteur, une bonne condition physiologique et des conditions environnementales favorables limitent l'évolution des infections parasitaires. Nous considérons comme **Cheng** (1986) et **Nack** *et al.* (2018) que dans un milieu naturel, les dommages causés par les Monopisthocotylea restent minimes car la régénération de l'épiderme du poisson est rapide. Notre résultat traduirait aussi que le fleuve Nyong à Akonolinga offre des conditions favorables à *B. macrolepidotus* et qu'il existe une coévolution entre cette espèce hôte et ses parasites. La condition physiologique étant en rapport avec les conditions du milieu,

en élevage (ressources et espace limités), on pourra soit avoir la rupture de cet équilibre ce qui pourrait aboutir à des cas de mortalités du poisson ou conduire à une régulation des infrapopulations afin d'éviter la mortalité au sein de la population hôte.

II-2-2-2- Variations mensuelle et saisonnière du parasitisme

Annulotrema ngombiensis n. sp. a été présente durant tous les mois de l'étude, avec une prévalence toujours supérieure à 70% et des intensités moyennes fortes ($Im > 100$ dans la plupart des cas). *Annulotrema nkengfacki* n. sp. quant à elle a été absente au mois de mai 2019 et ses intensités moyennes ont été faibles ou très faibles. Nous nous associons à **Rohde** (1993) pour dire que certaines espèces de monogènes sont présentes tout au long de l'année tandis que d'autres sont limitées à certaines périodes. D'autres auteurs ont faits des observations semblables. En effet, à la station piscicole de Melen, **Tombi et al.** (2015) ont noté la présence de *Cichlidogyrus thurstonae*, *Cichlidogyrus halli* et *Cichlidogyrus tilapiae* sur les branchies de *Oreochromis niloticus* tout au long de la période de leur étude tandis que *Scutogyrus longicornis* était absente durant le mois de mars 2012. Les travaux de **Mo et al.** (2023) réalisés dans le lac Fustvatnet (Norvège) ont signalé une infestation ininterrompue des branchies de *Salvelinus alpinus* (L.) par *Gyrodactylus salmonis* Yin et Sproston, 1948 pendant 10 mois. Une colonisation continue des branchies de *E. martorelli* de la rivière Foulou par *Dactylogyrus bopeleti*, *D. insolitus*, *D. simplex* mais non par *D. maillardi* a également été observée par **Bilong Bilong et Tombi** (2005). Par ailleurs comme ces auteurs, nous concluons que les conditions mésologiques de notre site de travail sont favorables au développement des monogènes étudiés.

La grande saison pluvieuse a été plus néfaste tant pour *A. ngombiensis* n. sp. que pour *A. nkengfacki* n. sp. En effet, les plus faibles valeurs des indices épidémiologiques ont été obtenues pendant cette saison. Les observations faites dans la présente étude corroborent celles de **Bertaglia et al.** (2023) chez *O. niloticus* du réservoir de Capivara au Brésil. Durant leurs travaux, ces auteurs ont obtenu les plus forts indices épidémiologiques de *Cichlidogyrus halli*, *C. thurstonae*, *C. cirratus*, *C. sclerosus*, *C. tilapiae* et *Scutogyrus longicornis* pendant les saisons de faibles précipitations. Nos résultats sont cependant contraires à ceux de **Blahoua et al.** (2019) qui ont signalé une importante baisse des valeurs épidémiologiques pendant la grande saison sèche chez les monogènes de *Tilapia zillii* de la rivière Lobo. Sur les branchies de *Clarias camerunensis*, le parasitisme par *Quadriacanthus* sp. a été maximal pendant la période des pluies (**Nack et al.**, 2020). Dans notre travail, la faible valeur des charges parasitaires observée particulièrement pendant la grande saison des pluies peut s'expliquer par l'action nuisible des forts courants d'eau qui caractérisent cette saison. En fait, comme **Bertaglia et al.** (2023), nous considérons que les forts courants d'eau entraînent un détachement des monogènes et empêchent la colonisation de l'hôte par les oncomiracidia libres.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette thèse a porté sur l'étude de la biodiversité et la bio-écologie des monogènes Monopisthocotylea de quatre espèces de Characiformes, capturées dans les bassins du Nyong et de la Dibamba. Pour ce faire, les branchies de *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849 ; *Brycinus kingsleyae* Günther, 1896 ; *Phenacogrammus major* Boulenger, 1903 et *Hepsetus odoe* (Block, 1794) ont été examinées. Au total, onze espèces dont neuf appartenant au genre *Annulotrema* et deux rattachées au genre *Characidotrema* ont été recensées.

Les analyses faunistiques à travers la description morphométriques des pièces haptoriales et génitales des monogènes obtenus a conduit à la découverte de deux espèces d'*Annulotrema*, nouvelles pour la Science chez *B. macrolepidotus* capturé dans le fleuve Nyong. *Annulotrema nkengfacki* n. sp. a été classée dans le groupe *Nyongensis* tandis qu'un nouveau groupe nommé *Ngombiensis* n. gr. a été créé pour *A. ngombiensis* n. sp. Grâce à cette étude, la richesse spécifique des *Annulotrema* du Cameroun est passée de quinze à dix-sept alors que celle du monde est passée de quarante-huit à cinquante. En décrivant pour la première fois des monogènes sur *B. macrolepidotus* au Cameroun, le nombre d'hôtes-types dans notre pays a atteint huit espèces parmi lesquelles trois appartenant au genre *Brycinus* (*B. kingsleyae* et *B. longipinnis* étant les deux autres). Cette étude a par ailleurs permis de compléter la description de *A. combesi*, *A. maillardi*, *A. nyongensis*, *A. gabrioni* et *A. hepseti*. Des liens de parenté entre les monogènes du genre *Annulotrema* ont été établis au moyen des analyses multivariées (ACP) ; technique qui pour les monogènes, n'était jusque-là courante que chez les spécimens du genre *Ligophorus* Euzet et Suriano, 1977.

L'analyse du biotope branchial a révélé sur la base de l'évolution du nombre de filaments branchiaux que les systèmes branchiaux de *B. macrolepidotus* et *B. kingsleyae* sont hétérogènes c'est-à-dire qu'ils se modifient avec la taille du poisson et tout au long du gradient transversal selon des modèles qui change avec l'espèce. Il ressort de l'examen des paramètres physiologiques de *B. macrolepidotus* que la croissance pondérale des femelles est meilleure que celle des mâles, la condition physiologique est meilleure chez les spécimens de grande taille et plus élevée pendant la petite saison sèche.

L'analyse de la structuration du parasitisme chez *B. macrolepidotus* et *B. kingsleyae* a permis de constater que les indices épidémiologiques augmentent avec le nombre de filaments branchiaux, la taille, et l'état physiologique de l'hôte. Le sexe a influencé le parasitisme par *A. maillardi* et le choix du microhabitat par les monogènes a été fonction de la robustesse de l'armature haptoriale chez *B. macrolepidotus* et densité-dépendant chez *B. kingsleyae*.

L'étude de la variation mensuelle et saisonnière du parasitisme a été faite à Akonolinga de février 2019 à février 2020 et n'a concerné que les parasites de *B. macrolepidotus*. Il en découle que *A. ngombiensis* n. sp. a été présente durant tous les treize mois avec des intensités

moyennes fortes tandis que *A. nkengfacki* n. sp. a été absente seulement en mai 2019 et ses intensités moyennes ont été faibles ou très faibles. Le fort courant d'eau qui caractérise la grande saison des pluies a eu un impact négatif sur l'infestation par *A. ngombiensis* n. sp et *A. nkengfacki* n. sp. De plus, la meilleure condition physiologique de l'hôte observée pendant la petite saison sèche a favorisé le maintien des charges parasitaires plus élevées.

Ce travail a permis de disposer pour la première fois d'une étude écologique sur les monogènes branchiaux des characins africains (Alestidae). Les données recueillies ont démontré qu'en milieu naturelle, il existe un équilibre entre *B. macrolepidotus* et sa faune de monogènes. Il ressort de nos recherches que cette espèce semble propice à l'aquaculture et pourrait dans notre pays, être cultivée comme c'est déjà le cas en Côte d'Ivoire et au Nigeria.

Au vu des difficultés rencontrées durant nos travaux et en vue de compléter certains aspects de notre étude, nous envisageons en perspectives de : (1) couvrir tous les bassins hydrographiques qui abritent des poissons Characidés au Cameroun dans le but d'établir une carte biogéographique des monogènes parasites de cette famille et ressortir l'influence de la température de l'eau sur les pièces sclérifiées de ces monogènes ; (2) effectuer les analyses moléculaires afin d'établir des cartes phylogénétiques et compléter la taxonomie des différentes espèces parasites étudiées ; (3) fournir les données bioécologiques des autres espèces des deux familles de poissons étudiées en prélude à une culture massive des Characiformes au Cameroun.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abba, E., Belghyti, D., Benabid, M. et El Ibaou, H. (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. *Afrique Science*, **6** (2) : 60-70.

Abdullah, S.M.A. et Nasraddin, M.O. (2020). Some ecological aspects of three *Dactylogyrus* Species (Monogenea) on gills of three fish species from Lesser Zab River, Kurdistan, Iraq. *Biological and Applied Environmental Research*, **4** (1) : 7-17.

Adou, Y.E., Blahoua, K.G., Kamelan, T.M. et 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 Biological and Chemical Sciences*, **11** (4) : 1559-1576.

Affoumou, K., Nobah, C.S.K. et Alla, Y.L. (2016). Prévalence parasitaire et efficacité de trois traitements sur la croissance des mâchoirons *Chrysichtys nigrodigitatus* (Lacépède, 1803) élevés dans le sud de la Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, **34** (4) : 375-384.

AfriMAQUA. (2020). Webinaire « Assurer la sécurité alimentaire en Afrique ». Disponible sur www.afrimaqua.cnrs.fr consulté le 7/03/2021.

Akoumba, J. F., Pariselle, A., Tombi, J. et 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.

Anderson, R.M. et Gordon, D.M. (1982). Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology*, **85** : 373-398.

Aquabase, version de 2024 (en ligne). Disponible sur www.aquabase.org

Aquaportail, version de 2011 (en ligne). Disponible sur www.aquaportail.com

Ayotunde, E.O., Ochang, S.B. et Okey, I.B. (2007). Parasitological examinations and food composition in the gut of feral African carp, *Labeo coubie* in the cross River Southeastern, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **6** (5) : 625-630.

Baer, J.G. et Euzet, L. (1961). Classe des monogènes. In : *Traité de Zoologie* (P.P.GRASSE), MASSON et Cie. Ed, Paris, **4** (1) : 243-325.

Bahanak, D. N. D. (2018). *Systématique, phylogénie, biogéographie et origine des Monogènes parasites des Clariidae du Cameroun*. Thèse Université de Yaoundé I, 187p.

Bahanak, D. N. D., Nack, J., Pariselle, A. et 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*, **33** (4) :1-8.

Bahanak, D. N. D., Nack, J., Bitja Nyom, A. R., Pariselle, A. et Bilong Bilong, C. F. (2017). *Quadriacanthus* spp. (Monogenea, Dactylogyridea) from *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae) in the river Boumba (Congo basin: Cameroon) with the description of three new species. *Vie et milieu*, **67** (2) : 81-89.

Bahanak, D.N.D., Nack, J., Jonathan, A. Mbondo, J., Bassock Bayiha, E.D., Pariselle, A., Bilong Bilong, C.F. et Agnèse, J.F. (2022). Description of a new species from *Clarias maclareni* and phylogenetical analysis of *Quadriacanthus* (Monogenea, Dactylogyridae) species transfers between clariid and non-clariid fish hosts in Cameroon. *Parasite*, **29** (37) : 1-12.

Bakke, T.A., Harris, P.D. et Cable, J. (2002). Host specificity dynamics : observations on gyrodactylid monogenean. *International Journal for Parasitology*, **32** : 281-308.

Bakke, T.A., Cable, J et Harris, P.D. (2007). The Biology of Gyrodactylid Monogeneans : The Russian-Doll Killers. *Advance in Parasitology*, **64** : 161-376.

Bassock Bayiha, E. D., Nack, J., Pariselle, A. et Bilong Bilong, C. F. (2016). Two new species of gill parasites assigned to *Protoancylo-discoides* (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. et Bilong Bilong, C. F. (2017). Description of three new species parasites from *Chrysichthys nigrodigitatus* and *Chrysichthys longidorsalis* (Siluriformes, Claroteidae) in the Sanaga river (Cameroon). *Vie et Milieu*, **67** (2): 65-73.

Bates, J.W. (1997). The slide-sealing compound “Glyceel”. *Journal of Nematology*, **29** : 565-566.

BBC News Afrique. (2023). Consulté en ligne le 22 juillet 2023.

Bertaglia, E.A., Furtado, W.E., Souza, A.T.S., Jerônimo, G.T., Pereira, S.A., Brasil, E.M., Mouriño, J.L.P. et Martins, M.L. (2023). Influence of seasonality and culture stage of farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with monogenean parasitic infection. *Animals*, **13** : 15-25.

Beverley-Burton, M. (1994). Monogenean diseases. *College of Biological Science University of Guelph*, 12p.

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’Etat, Université de Yaoundé I, 341p.

Bilong Bilong, C.F. et Njiné, T. (1998). Dynamique de populations de trois monogènes parasites d’*Hemichromis fasciatus* Peters, 1958 dans le lac municipal de Yaoundé et intérêt

possible en pisciculture intensive. *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, Série Sciences Naturelle et Vie*, **34** : 295-303.

Bilong Bilong, C.F. et Tombi, J. (2004). Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* (Poisson : Cyprinidae) et modèle de croissance. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, **4** : 211–218.

Bilong Bilong, C.F. Birgi, E. et Euzet, L. (1991). *Enterogyrus barombiensis* n. sp. (Monogenea, Ancyrocephalidae) parasite stomacal de trois Cichlidae endémiques du lac de cratère Barombi Mbo (Cameroun). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, **66** : 105-108.

Bilong Bilong, C.F., Euzet, L. et Birgi, E. (1994). Deux nouveaux *Eutrianchoratus* Paperna, 1969 (Monogenea, Ancyrocephalidae), parasites branchiaux de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) (Teleostei, Channidae) au Cameroun. *Parasite*, **1** : 357-362.

Bilong Bilong, C.F., Le Pommelet, E. et Silan, P. (1999). The gills of *Hemichromis fasciatus* Peter, 1958 (Teleostei, Cichlidae), a biotope for ectoparasites: structure, heterogeneity and growth models. *Ecologie*, **30** : 125-130.

Birgi, E. (1987). *Monogènes parasites branchiaux de poissons d'eau douce au Tchad et au Sud-Cameroun. Taxonomie et Essai de Biogéographie comparée.* Thèse Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier II), 196p.

Birgi (1988). Les monogènes de Characoidea de la zone forestière Camerounaise. *Annales de la Faculté des Sciences Biologique et Biochimique*, **3** (5) : 59-111.

Birgi, E. et 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.

Birgi, E. et Lambert, A. (1986). Présence chez un Nandidae (Téléostéen), *Polycentropsis abbreviata* Boulenger, 1901, du genre *Cichlidogyrus* (Monogenea, Monopisthocotylea, Ancyrocephalidae). Description de *Cichlidogyrus nandidae* n. sp. et *Cichlidogyrus euzeti* n. sp. *Annales de Parasitologie*, **61** (5) : 521-528.

Birgi, E. et Lambert, L. (1987). Les Dactylogyriidea (Plathelminthes Monogenea) des Cyprinidae du genre *Barbus* du sud Cameroun. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, **20** : 37-48.

Blahoua, K.G., Yao, S.S., Etilé, R.N. et N'Douba, V. (2015). Infection dynamics of four-gill Monogenean species from *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology and Chemistry Sciences*, **9** (1) : 12-23.

Blahoua, K.G., Yao, SS., Etilé, R.N. et 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 Agriculture Research*, **11** (2) : 117-129.

Blahoua, K.G., Adou, E.Y., Etile, N.R., Yao, S.S. et N'douba, V. (2019). 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) : 5689-5705.

Bouah, E. F., Gogbé Zeré, M. et N'Douba, V. (2020). 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** (3) : 117-125.

Boungou, M., Kabre, G.B., Marques, A. et Sawadogo, L. (2008). Dynamics of populations of five parasitic monogeneans of *Oreochromis niloticus* Linné, 1757 in the dam of Loumbila and possible interest in intensive pisciculture. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **11** : 1317-1323.

Boylan, S.M., Daniel, W. et Matthews, C. (2021). Prolonged hypo-salinity to control *Neobenedenia* spp. Monogenean infection in large display aquaria. *Zoo Biology*, **40** (6) : 584-587.

Brazenor, A.K. et Hutson, K.S. (2015). Effects of temperature and salinity on the life cycle of *Neobenedenia* sp. (Monogenea: Capsalidae) infecting farmed barramundi (*Lates calcarifer*). *Parasitology Research*, **114** : 4375-4380.

Brummett, R. E., Nguenga, D., Tiotsop, F. et Abina, J.C. (2010). The commercial fishery of the middle Nyong River, Cameroon productivity and environmental threats *Smithiana Bulletin*, **11** : 3-16.

Buchmann, K. (1989). Microhabitats of monogenea gill parasites on Europa eel (*Anguilla anguilla*). *Folia Parasitologica*, **36** : 321-329.

Buchmann, K. et Lindenstrom, T. (2002). Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. *International Journal for Parasitology*, **32** : 309-319.

Buchmann, K., Møllergaard, S. et Kjøie, M. (1987). *Pseudodactylogyris* infections in eel : a review. *Diseases Aquatic Organisms*, **3** : 51-57.

Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz J.M. et Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms : Margolis et al. revisited. *The Journal of Parasitology*, **83** : 575-583.

Ccima. (2021). *Note sur la conjoncture économique*. Disponible sur <https://ccima.cm>

Chisholm, L.A. et Whittington, I.D. (1996). Description of the larvae of six species of monocotylid monogeneans from *Himantura fai* (Dasyatididae) and *Rhinobatos typus* (Rhinobatidae) from Heron Island, Great Barrier Reef, Australia. *Systematic Parasitology*, **35** : 145-156.

Christison, K.W. (1998). *Branchial monogenean parasites (Monogenea: Dactylogyridae) of characin fishes from the Okavango river and Delta, Botswana*. Thesis (M. Sc.) University of the Orange Free State, 251p.

Clamens, A. et Allano, L. (2012). L'espèce : à chacun sa définition ? *Biologie Géologie*, **2** : 1-14.

Combes, C. (1968). Biologie, écologie des cycles et biogéographie de digènes et monogènes d'amphibiens dans l'est des Pyrénées. *Mémoire Musée Nationale d'Histoire Naturelle de Paris*, **51** : 1-195.

Combes, C. (1995). *Interaction durables. Ecologie et évolution du parasitisme*. Paris, France, Masson, (Collection écologie, n° 26) : 524p.

Cunningham, C.O., Mo, T.A., Collins, C.M., Buchmann, K., Thiery, R., Blanc, G. et Lautraite, A. (2001). Redescription of *Gyrodactylus teuchis* Lautraite, Blanc, Thiery, Daniel et Vigneule, 1999 (Monogenea: Gyrodactylidae) ; a species identified by ribosomal RNA sequence. *Systematic Parasitology*, **48** : 141-150.

Desdevises, Y., Morand, S. et Pierre Legendre. (2002). Evolution and determinants of host specificity in the genus *Lamellodiscus* (Monogenea). *Biological Journal of the Linnean Society*, 431-443.

Dietoa, Y.M., Da Costa, K.S et Gourene, G. (2006). Ecologie alimentaire de *Brycinus macrolepidotus* (Pisces ; Alestidae) dans le Bassin de la Bia (Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, **18** (2) : 125-134.

Djama, T. et Abo'o, N. P. (2023). *Aperçu de la pêche camerounaise*. Cours ACP-UE sur la gestion des pêches et de la biodiversité, Dakar, Sénégal. 6p.

Dongmo, P.C., Tombi, J., Wabo Pone, J., Yondo, J., Mbogning Tayo, G., Ngangout, A. et Mpoame, M. (2016). In vivo anthelmintic activity of *Markhamia tomentosa* and *Combretum molle* against monogenean gill parasites infecting the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Veterinary Journal*, **15** : 8-24.

Dos Anjos, A.C.P. et Isaac, A. (2020). The efficacy and dosage of *Mentha piperita* essential oil in the control of monogeneans parasites in *Oreochromis niloticus*. *Journal of Parasitic Diseases : Official Organ of the India Society for Parasitology*, **44** (3) : 587-606.

Dossou, C. et Birgi, E. (1984). Monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* Peter, 1857 (Teleostei, Cichlidae). *Annales des Sciences Naturelles : Zoologie Paris*, **6** :101-109.

Ekanem, A., Wang, M., Simon, J. E., Obiekezie, A. et Morah, F. (2004). In vivo and in vitro activities of the seed extract of *Piper guineense* Schum and Thonn against skin and gill monogenean parasites of gold fish (*Carassius auratus auratus*). *Phytotherapy Research*, **18** (10) : 793-799.

El Madhi, Y. et Belghyti, D. (2006). Répartition branchiale 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.

Ergens, R. (1988). Four species of the genus *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969 (Monogenea: Ancyrocephalinae) from Egyptian freshwater fish. *Folia Parasitologica*, **35** : 209-215.

Euzéby, J. (1984). Les parasitoses humaines d'origine animale. Caractères épidémiologiques. *Annales de Parasitologie Humaine Comparée*, **59** (6) : 640-641.

Euzet, L. et Raibaut, A. (1962). L'oncomiracidium du monogène *Amphibdella torpedinis* Chatin, 1874. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, **85** : 173-175.

Euzet, L. et Prost, M. (1981). Report of the meeting on Monogenea : Systematics, biology and ecology. In : Slusarski (Ed.), Review of Advances in Parasitology Warsawa PWN. *Polish Scientific Publishers*, 1p.

FAO (2010). Rapport de la consultation mixte d'experts FAO/OMS sur les risques et bénéfiques de la consommation de poisson. *Rapport sur les pêches et l'aquaculture N°978*, 53p.

FAO. (2016). *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous*. Rome. 224 p.

Fishpedia version 2013-2024 (en ligne). Disponible sur www.fishpedia.fr

Froese, R. et Pauly, D. (2010). Fishbase. *Publication électronique*. www.Fishbase.org, version (01/2010).

Froese, R. et Pauly, D. (2018). Fishbase. *Publication électronique*. www.fishbase.org Version (8/2018).

Gilbert, M.B. et Avenant-Oldewage, A. (2016). Seasonal occurrence and microhabitat specificity of *Paradiplozoon ichtyoxanthon* Avenant-Oldewage in Avenant-Oldewage *et al.*, 2014 (Monogenea: Diplozoidae) infecting *Labeobarbus aenus* (Burchell) (Teleostei: Cyprinidae) from the Vaal Dam, South Africa: water quality and host size as determining factors? *Folia parasitologica*, **63** (4) : 1-7.

Grau, A., Crespo, S., Pastor, E., Gonzalez, P. et Carbonell, E. (2003). High infection by *Zeuxapta seriolae* (Monogenea: Heteraxinidae) associated with mass mortalities of amberjack *Seriola dumerili* Risso reared in sea cages in the Balearic Islands (western Mediterranean). *Bulletin European Association Fish Pathology*, **23** (3) : 139-142.

Greenwood, P. H., Rosen, D. E., Weitzman, S. H. et Myers, G. S. (1966). Phyletic studies of teleostean fishes with a provisional classification of living forms. *Bulletin Américain du Musée National Histories*, **131** : 339-456.

Guerrien, M. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. *Cahiers des Amériques latines*, **43** : 181-192.

- Gussev, A.V. (1962).** Monogenoidea. In : Bychovskaya-Pavlovskaya, I. E, *et al.* (Ed.), *Key to parasites freshwater fish of the USSR*. Moscow-Leningrad: Academy Nauk SSSR, 919p.
- Harris, P.D. (1993).** Les interactions entre la reproduction et la biologie des populations chez les Monogènes Gyrodactylidae : *Revue Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **328** : 47-65.
- Hirazawa, N., Ohtaka T. et Hata, K. (2000).** Challenge trials on the anthelmintic effect of drugs and natural agents against the monogenean *Heterobothrium okamotoi* in the tiger puffer *Takifugu rubripes*. *Aquaculture*, **188** : 1-13.
- Hoa, D.T. et Ut, V.P. (2007).** Monogenean disease in cultured grouper (*Epinephelus* spp.) and snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) in Khanh Hoa province, Vietnam. *Aquaculture Asia Magazine*, **12** : 40-42.
- Hossain, M.Y., Ahmed, Z.F., Leunda, P.M., Jasmine, S., Oscoz, J., Miranda, R et Ohtomi, J. (2006).** Condition, length-weight and length-length relationships of the Asian striped catfish *Mystus vittatus* (Bloch, 1794) (Siluriformes : Bagridae) in the Mathabhanga River, Southwestern Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*, **22** : 304-307.
- Hutson, K.S., Mata, L., Paul, N. A. et De Nys, R. (2012).** Seaweed extracts as a natural control against the monogenean ectoparasite, *Neobenederia* sp. infecting farmed barramundi (*Lates calcarifer*). *International Journal for Parasitology*, **42** : 351-376.
- Ibrahim, M.M. (2012).** Variation in parasite infracommunities of *Tilapia zillii* in relation to some biotic and abiotic factors. *International Journal of Zoological Research*, **8** (2): 59-70.
- Ibrahim, M.M. et Solima, M.F. (2011).** Prevalence and site preferences of heterophyid metacercariae in *Tilapia zillii* from Ismalia freshwater canal, Egypt. *Parasite*, **17**: 233-239.
- İnnal, D., Ünal, M.C., Çağlan, D.C., Civiňová, K. et Özmen, Ö. (2020).** Some parasitological features of *Paradiplozoon bliccae* (Monogenea : Diplozoidae) infestation in *Pseudophoxinus burduricus*, an endemic fish species from Doğanbaba Creek (Lake Salda, Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, **16** (4) : 498-505.
- Jerônimo, G.T., Ventura, A.S., Pádua, S.B., Porto, E.L., Ferreira, L.C., Ishikawa, M.M. et Martins, M.L. (2020).** Parasitological assessment in hybrids Serrasalminidae fish farmed in Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, **29** (4) : 1-11.
- Jourdan, C. (2020).** *Approche mixte instrumentation-modélisation hydrologique multi-échelle d'un bassin tropical peu jaugé soumis à des changements d'occupation des sols : cas du bassin de la Méfou (Yaoundé, Cameroun)*. Thèse Université de Montpellier, 430p.
- Justine, J.L. (1998).** Non-monophyly of the monogeneans? *International Journal for Parasitology*, **28** : 1653-1657.

Kartas, F. et Quignard, J.P. (1984). *La fécondité des poissons téléostéens*. Edition Masson, 121p.

Kengfack, J.A.A., Tchawa, P. et Micha, J.C. (2020). Tendance au non-respect de la réglementation sur l'aquaculture au Cameroun. *Geologie-Ecologie-Tropicales*, **2** : 303-312.

Kičinjaová, M.L., Blažek, R., Gelnar, M. et Řehulková, E. (2015). *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) from the gills of African tetras (Characiformes: Alestidae) in Lake Turkana, Kenya, with descriptions of four new species and a redescription of *A. elongata* Paperna and Thurston, 1969. *Parasitology Research*, **114** : 4107-4120.

Kičinjaová, M.L., Barson, M., Gelnar, M. et Řehulková, E. (2018). Two new species of *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridea) from *Hydrocynus vittatus* (Characiformes: Alestidae) in Lake Kariba, Zimbabwe. *Journal of Helminthology*, **92** (4) : 467-476.

Kim, K.H., Park, S.I. et Jee, B.Y. (1998). Efficacy of oral administration of praziquantel and mebendazole against *Microcotyle sebastis* (Monogenea) infestations of cultured rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Fish Pathology*, **33**(5) : 467-471

Kouassi, N. C. et Dembélé, I. (2010). *Surveillance écologique de la faune ichtyologique des rivières suivies par le programme, ONCHO (OMS) en Côte d'Ivoire*. 30p.

Krasnov, B.R. et Poulin, R. (2010). Ecological properties of a parasite: species-specific stability and geographical variation. In: *The biogeography of host-parasite interactions*. Morand S, Krasnov BR. New York : *Oxford University Press Incorporation*, Edition 2010, 99-114.

Lambert, A. (1977). Les Monogènes Monopisthocotylea parasites des poissons d'eau douce de la France Méditerranéenne. *Bulletin Muséum National d'Histoires Naturelles*, **429** (3) : 177-214.

Lambert, A. (1978). Chétotaxie larvaire et phylogénie des Monogènes. *Fourth International Congress of Parasitology. Warszawa, 25-26*.

Lambert, A. (1980). Oncomiracidium et Phylogénèse des Monogenea (Plathelminthes). 1ère partie : Développement post-larvaire. *Annales de parasitologie*, **55** (2) : 165-198.

Le Brun, N., Renaud, F. et Lambert, A. (1990). Differential settlement by *Diplozoon gracile* (Monogenea) on teleostean (cyprinid) host in relation to biological and environmental condition. *Acta Ecologica*, **11** : 729-739.

Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, **20** : 201-219.

Legendre, P., Desdevises, Y. et Bazin, E. (2002). A statistical Test for Host-Parasite Coevolution. *Systematic Biology*, **51** (2) : 217-234.

Letouzey, R. (1968). *Phytogéographie du Cameroun*. Edition Lechevalier, 518p.

Llewellyn, J. (1957). The larvae of some monogenetic trematode parasites of Plymouth fishes. *Journal of Marine Biology*, **36** : 243-259.

Malmberg, G. (1957). On the occurrence of *Gyrodactylus* on Swedish fishes. *Skifterutgitiva av Södra Sveriges Fiskeriförening*, (1956) : 19-76. (en Suédois avec résumé et sommaire en anglais).

Marinello, L., Ortis, M., D'Amelio, S. et Petrarca, V. (2004). Morphometric variability between and within species of *Ligophorus* Euzet & Suriano, 1977 (Monogenea: Ancyrocephalidae) in the Mediterranean Sea. *Systematic Parasitology*, **57** : 183-190.

Mbondo, J.A., Nack, J., Pariselle, A. et 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** : 75-80.

Mikembi, A.L.B., Zamba, A.I., Mamonekene, V., Tenda, H.D.L., Ngot, F.H.P. et Voudibio, J. (2019). Relations longueurs-poids et coefficients de condition pour 13 espèces de poissons de la rivière Dzoumouna, affluent du cours inférieur du fleuve Congo (République du Congo). *Journal of Animal & Plant Sciences*, **39** (1) : 6384-6393.

MINEPIA. (2013). *Recensement des fermes piscicoles dans les zones à fort potentiel au Cameroun (Centre, Est, Ouest, Nord-Ouest et Sud)*. Rapport principal. 32p.

Minoungou, A., Ouedraogo, R., DA, N. et Oueda, A. (2020). Relation longueur-poids et facteur de condition de sept espèces de poisson du réservoir de Samandeni avant son ouverture à la pêche (Burkina Faso). *Journal of Applied Biosciences*, **151** : 15559–15572.

Montero, F.E., Crespo, S., Padros, F., De la Gandara, F., Garcia, A. et Raga, J.A. (2004). Effects of the gill parasite *Zeuxapta seriola* (Monogenea: Heteraxinidae) on the amberjack *Seriola dumerili* Risso (Teleostei: Carangidae). *Aquaculture*, **232** :153-163.

Moriarty, C. (1983). The African Pike *Hepsetus odoe*. *Nigerian Field*, **47** (4) : 212-221.

Morin, S. (1979). *Geomorphologie du Cameroun in : Atlas de la République Unie du Cameroun*. Jeune Afrique, Paris, 11-13.

Mulega, M. F., Bukinga, F.M., Akoumba, J.F., Mulungula, P.M. et Pariselle, A. (2022). Monogeneans from Catfishes in Lake Tanganyika. I : Two new species of *Bagrobdella* (Dactylogyridae) from *Auchenoglanis occidentalis* (Siluriformes: Claroteidae). *Zoologia*, **39** : 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 Doctorat d'Etat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire). 250 p.

Nack, J., Bitja, Nyom A.R., Pariselle, A. et Bilong Bilong, C.F. (2015). 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** (4) : 455-459.

Nack, N., Messu Mandeng, F.D., Yédé, M. et Bilong Bilong, C.F. (2018). Spatial distribution of monogenean gill parasites of *Parachanna obscura* (Günther, 1861) – Channidae – in Lake Ossa (Edéa, Cameroon). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **12** (2): 749-768.

Nack, J., Bassock Bayiha, E.D., Mbono, J. et Bilong Bilong, C. F. (2020). Parasitism of *Clarias camerunensis* Lönnberg, 1895 (Siluriformes, Clariidae) by monogeneans in a dense tropical humid forest (Southern Cameroon-Africa) gives more arguments for fish quarantine in breeding using native species. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **29** (3) : 456-464.

NEPAD. (2014). *Cadre politique et stratégie de réforme de la pêche et de l'aquaculture en Afrique*. 46p.

Noble, E.R., Schad, G.A. et Macinnes, A.J. (1989). *Parasitology : The biology of animal parasites*. 6th edn. Lea and Febiger, Philadelphia.

Ogawa, K. (2002). Impacts of diclidophorid monogenean infections on fisheries in Japan. *International Journal for Parasitology*, **32** (3) : 373-380.

Onana, N.M.T., Ndong, I. et Tombi, J. (2023). Structure of the gill biotope of *Enteromius guirali* Thomiot, 1886 (Pisces: Cyprinidae) in the center region of Cameroon. *Journal of Aquaculture & Fisheries*, **7** : 62-66.

Olivier, G. (1977). Effet pathogène de la fixation de *Diplectanum aequans* (Wagener, 1857) Diesing, 1858 (Monogenea, Monopisthocotylea, Diplectanidae) sur les branchies de *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758, Pisces, Serranidae). *Zeitschrift für Parasitenkunde*, **53** : 7-11.

Olivry, J.C. (1986). *Fleuves et Rivières du Cameroun*. Collection Monographies Hydrologiques ORSTOM N° 9 Paris. 733p.

Olopade, O.A., Dienye, H.E. et Nworgu, C.U. (2019). Estimation of growth, mortality, and exploitation status of nurse tetra (*Brycinus nurse*) and true big scale tetra (*Brycinus macrolepidotus*) (Family : Alestidae) from the New Calabar river, Nigeria. *Indonesian Fisheries Research Journal*, **25** : 113-122.

Özer, A. et öztürk, T. (2005). *Dactylogyrus cornus* Linstow, 1878 (Monogenea) infestations on vimba (*Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840)) caught in the Sinop region of Turkey in relation to the host factors. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **29** : 1119-1123.

- Paperna, I. (1963).** Dynamics of *Dactylogyrus vastator* Nybelin (Monogenea) Populations on the gills of carp fry in fish ponds. *Bamidgeh, Bulletin of Fish Culture Israel*, **15** : 31-50.
- Paperna, I. (1973).** New species of Monogenea (Vernes) from Africa freshwater fish. A preliminary report. *Revue de Zoologie Africaine*, **87** : 505-518.
- Paperna, I. (1996).** *Parasites, infections and diseases of fishes in Africa: FAO, CIFA Technical paper*, 563p.
- Paperna, I. et Thurston, J.P. (1968).** Monogenic Trematodes (Dactylogyridae) from fish in Uganda. *Revue de Zoologie et Botanique Africaines*, **78** : 284-294.
- Paperna, I. et Thurston, J.P. (1969).** *Annulotrema* n. gen., a new genus of monogenetic trematodes (Dactylogyridae, Bychowsky, 1933) from African characid fish. *Zoologischer Anzeiger*, **226** : 1-131.
- Paugy, D. (1986).** Revision systématique des *Alestes* et *Brycinus* africains (Pisces, Characidae). (Editions de l'O.R.S.T.O.M) *collection Etudes et Theses, Paris* : 295 p.
- Paugy, D. (2003).** Alestidae. In Paugy, D., Lévêque, C., Teugels, G.G. (eds) *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Collection Faune tropicale, 40, tome II, Paris IRD Éditions, Tervuren, MRAC, Paris, MNHN : 815p.
- Paugy, D., Levêque, C., Mouas, I. et Lavoué, S. (2011).** *Poissons d'Afrique et peuples de l'eau*. IRD Editions, 320p.
- Poll, M. (1967).** Révision des Characidae nains africains. *Annales du Musée royal de l'Afrique Centrale, série-8, Sciences Zoologiques*, 162p.
- Poulin, R. (1992).** Determinants of host-specificity in parasites of freshwater fishes. *International Journal for Parasitology*, **22** : 753-758.
- Poulin, R. et Morand, S. (2000).** Parasite body size and interspecific variation in levels of aggregation among nematodes. *Journal of Parasitology* **86**: 642-647.
- Ramasamy, P., Ramalingam, K., Hanna, R.E.B. et Halton, D.W (1985).** Microhabitat of the gill parasites (Monogenea and Copepoda) of Teleosts (*Scomberoides* spp.). *International Journal for Parasitology*, **15** : 385-397.
- Reed, P., Francis-Floyd, R. et Klinger, R.E. (2003).** Monogenean parasites of fish. *Institute of Food and Agricultural Sciences (University of Florida)*, 4p.
- Řehulková, E., Musilová, N. et Gelnar, M. (2014).** *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) from *Hydrocynus brevis* (Characiformes: Alestidae) in Senegal, with descriptions of two new species and remarks on *Annulotrema pikei*. *Parasitology Research*, **113** (9) : 3273 -3280.
- Řehulková, E., Kičinjaová, M.L., Mahmoud, Z.N., Gelnar, M. et Seifertová, M. (2019).** Species of *Characidotrema* Paperna & Thurston 1968 (Monogenea : Dactylogyridae)

from fishes of the Alestidae (Characiformes) in Africa : new species, host-parasite associations and first insights into the phylogeny of the genus. *Parasite & Vectors*, **12** (1) : 1-21.

Řehulkova, E., Benovics, M. et Šimková, A. (2020). Uncovering the biodiversity of monogeneans (Plathelminthes) 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.

Roberts, T. R. (1969). Osteology and relationships of characoid fishes, particularly the genera *Hepsetus*, *Salminus*, *Hoplias*, *Ctenolucius*, and *Acestrorhynchus*. *Proceedings of the California Academy Sciences*, **36** (15) : 391-500.

Rohde K, Heap M, Hayward CJ, Graham K.J. (1992). *Calitotyle australiensis* n. sp. and *Calitotyle* sp. (Monogenea, Monopisthocotylea) from the rectum and rectal glands and *Rugogaster hycholagi* Shell, 1973 (Trematoda, Apisidogastrea) from the rectal glands of holocephalans off the coast of southeastern. *Australian Systematic Parasitology*, **21** : 69-79.

Rohde, K. (1993). *Ecology of marine parasites. An introduction to marine parasitology*. 2^e ed. CAB International, Wallingford. Oxon: 298p.

Rohde, K. (1994). Niche restriction in parasites: proximal and ultimate causes. *Parasitology Supplies*, **109** : 69-84.

Rubtsova, N.Y., Balbuena, J.A., Sarabeev, V.L., Blanco-Costa, I. et Euzet, L. (2006). Description and Morphometrical variability of a new species of *Ligophorus* and of *Ligophorus chabaudi* (Monogenea: Dactylogyridae) on *Mugil cephalus* (Teleostei) from the Mediterranean Basin. *Journal for Parasitology*, **92** (3) : 486-495.

Sadio, O., Le Loc'h, M.S.F. et de Morais, L.T. (2021). Length-weight relationships of 19 fish species from two tropical artificial reservoirs (Manantali and Selingue) in Mali, West Africa. *Cybium : Revue Internationale d'Ichtyologie*, **45** (1) : 59-62.

Santoir, C. (2022). *Sous l'empire du cacao : étude diachronique de deux terroirs camerounais*. New edition (online). Marseille : IRD Éditions, 1992 (générée le 22 juillet 2022). 9-45.

Sarabeev, V.L. et Balbuena, J.A (2004). *Ligophorus pilengas* n. sp. (Monogenea : Ancyrocephalidae) from the introduced So-iuy Mullet, *Mugil soiuy* (Teleostei:Mugilidae), in the Sea of Azov and Black Sea. *Journal of Parasitology*, **90** (2) : 222-228.

Scott, M.E. (1987). Temporal changes in aggregation : a laboratory study. *Parasitology*, **94** : 583-595.

Sharp, N.J., Diggles, B.K., Poortenaar, C.W. et Willis, T.J. (2004). Efficacy of Aquis, formalin and praziquantel against the monogeneans, *Benedenia seriola* and *Zeuxapta seriola*, infecting yellowtail kingfish *Seriola lalandi lalandi* in New Zealand. *Aquaculture*, **236** : 67-83.

Shawket, N., Elmadhi, Y., M'bareck, I., Youssir, S., El-Kharim, K. et Belghyti, D. (2018). Distribution of two monogenean (Gastrocotylidae) from the North Atlantic coast of Morocco. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, **7** : 270-275.

Siddiqui, S, Matera, C., Radakovic, Z.S., Hasan, M.S., Gutbrod, P., Rozanska, E., Sobczak, M., Torres, M.A. et Grundler, F.M. (2014). Parasitic worms stimulate host NADPH oxidases to produce reactive oxygen species that limit plant cell death and promote infection. *Science Signaling*, **7** (320) : 9p.

Silan, P. (1984). *Biologie Comparée du développement de Diplectanum aequarum et Diplectanum lauberi, monogènes branchiaux de Dicentrarchus labrax*, Thèse de Doctorat 3^e cycle. Académie de Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 275p.

Silan, P. et Maillard, C. (1986). Modalités de l'infestation par *Diplectanum aequans* monogène ectoparasite de *Dicentrarchus labrax*, en aquaculture. Eléments d'épidémiologie et de prophylaxie. In : Vivarès (Pathologie en aquaculture marine). *European Aquaculture Society*, **9** : 139-152.

Silan, P. et Maillard, C. (1990). Comparatives structures and dynamics of some populations of helminths parasites of fishes : the sea bass-*Diplectanum* model. *Acta ecologia*, **11**: 857-874.

Šimková, A., Verneau, O., Gelnar, M. et Morand, S. (2006). Specificity and specialization of congeneric Monogenans parasiting Cyprinid. *Evolution*, **60** : 1023-1037.

Soro, P. (2017). Séminaire sur l'assurance qualité et sécuritaire, éléments essentiels pour la promotion de la commercialisation et de la consommation des produits de pêche. *Infopêche, Casablanca*. 2p.

Stiassny, M. L. J., Teugels, G. G. et Hopkins, C. D. (2007). *Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, ouest de l'Afrique Centrale*. Volume 1. Tervuren, Belgique. MRHC. IRD, Paris France. *Faune tropicale* **1** (42) : 352-353.

Suchel, J. B. (1987). *Les climats du Cameroun*. (Thèse de Doctorat d'Etat), Université de Bordeaux III. 1186p.

Thomas, A., Dawson, M.R., Ellis, H., et Stamper, M.A. (2016). Praziquantel degradation in marine aquarium water. *PeerJ*, **4** : 12p.

Thoney, D.A. (1990). The effects of trichlorfon, praziquantel and copper sulfate on various stages of the monogenean *Benedeniella posterocolpa*, a skin parasite of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus* (Mitchill). *Journal of Fish Diseases*, **13** : 385-389.

Thurston, J.P et Laws, R.M. (1965). *Occulotrema hippopotami* (Trematoda: Monogenea) in Uganda. *Nature*, **205** : 1127-1127.

Tombi, J. (2005). *Monogènes et myxosporidies ectoparasites de Barbus martorelli (Pisces : Cyprinidae) : structure temporelle des infracommunautés en milieu forestier*

secondarisé et impact sur la santé des hôtes. Thèse de Doctorat/ PhD. Université de Yaoundé I. 135p.

Tombi, J. et 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. et 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. et 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** : 1662-1669.

Tombi, J., Bilong Bilong, C.F. et Morand, S. (2011). Gill ectoparasits of *Barbus martorelli* (Teleostean : Cyprinidae) from tropical watercourse (Cameroon, Africa) conflict or coexistence. *Parasite*, **18** : 71-78.

Tombi, J., Akoumba, J. F. et Bilong Bilong, C.F. (2014). The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaoundé, Cameroon. *International Journal of Modern Biological Research*, **2** : 16-23.

Tombi, J., Akoumba, J.F., Miegoum, N.D., Wabo Pone, J. et 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. et Bilong Bilong, C.F. (2016 a). Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum River, Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, **110** : 9661-9668.

Tombi, J., Sandje Bwame, A.S., Akoumba, J.F. et Bilong Bilong, C.F. (2016 b). Variation du nombre de filaments et leur importance dans l'hétérogénéité du système branchial de *Barbus camptacanthus* Bleeker, 1863. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences*, **24** : 36-40.

Tombi, J., Tchiegno, J.M. et 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.

Tossavi, N.D., Gbankoto, A., Adité, A., Ibikounlé, M., Grumau, C. et Sakiti, G.N. (2014). Metazoan parasite communities of catfishes (Teleostei: Siluridae) in Benin (West Africa). *Parasitology Research*, **113** : 3973-3983.

Tunç, A.Ö. et Koyun, M. (2018). Seasonal infection of metazoan parasites on Mosul bleak (*Alburnus mossulensis*) inhabiting Murat River and its tributaries in eastern Anatolia, Turkey. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, **5** (2) : 153-162.

Ünal, M.C., Innal, D., Civaňová, K., Stavrescu-Bedivan, M.M., Koubková, B., Özmen, Ö., et Gelnar, M. (2017). Identification of two gill parasites *Lamproglena compacta* (Copepoda: Lernaeidae) and *Paradiplozoon bliccae* (Monogenea: Diplozoidae) from endemic aegean chub (*Squalius fellowesii*). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, **37** (4) : 135-147.

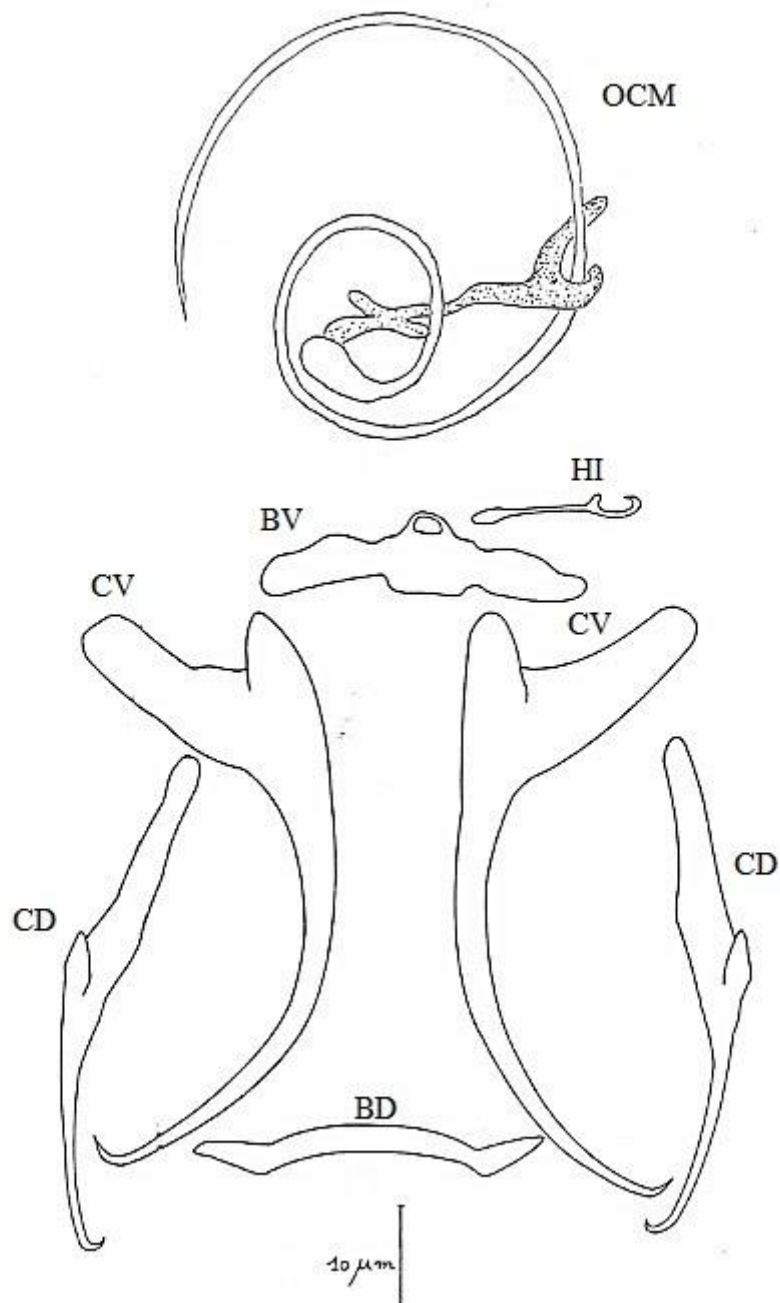
Xiao, P. Z., Wen, X. L., Tao, S. A., Hong, Z., Shan G. W. et Gui, T. W. (2014). The efficacy of four common anthelmintic drugs and traditional Chinese medicinal plant extracts to control *Dactylogyrus vastator* (Monogenea). *Aquaculture*, **420** : 302-307.

Zhou, Z.H., Li, Y.Z., Liu, L., Ding, X.J. et Yuan, K. (2020). *Paracaesicola nanshaensis* n. gen., n. sp. (Monogenea, Microcotylidae) a gill parasite of *Paracaesio sordida* (Teleostei, Lutjanidae) from the South China Sea. *Parasite*, **27** (33) : 9p.

Zhou, S., Dong, J., Liu, Y., Yang, Q., Xu, N., Yang, Y., Gu, Z. et Ai, X. (2020). Anthelmintic efficacy of 35 herbal medicines against a monogenean parasite, *Gyrodactylus kobayashii*, infecting goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, **521** : 734-992.

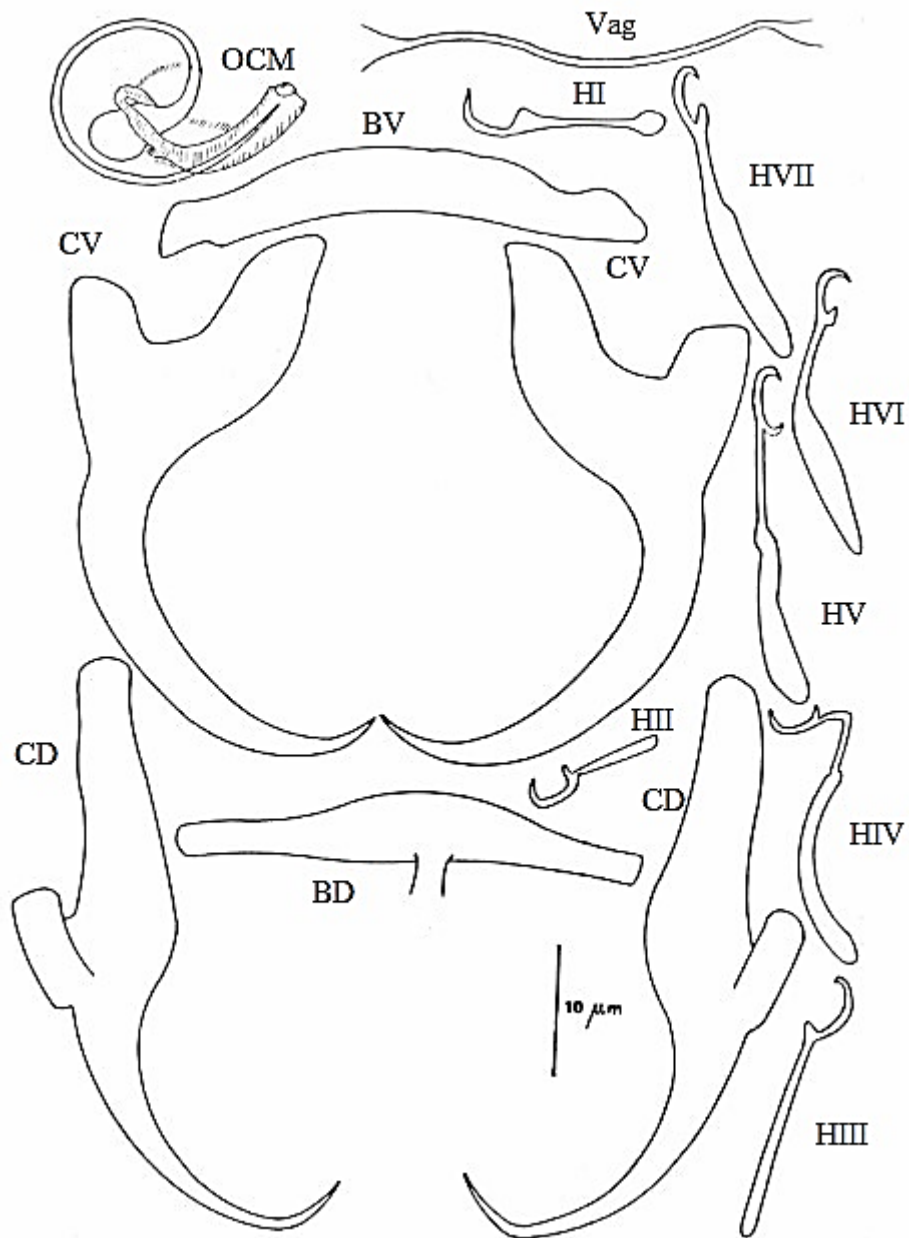
ANNEXES

Annexe 1. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema combesi* tirés de Birgi, 1988



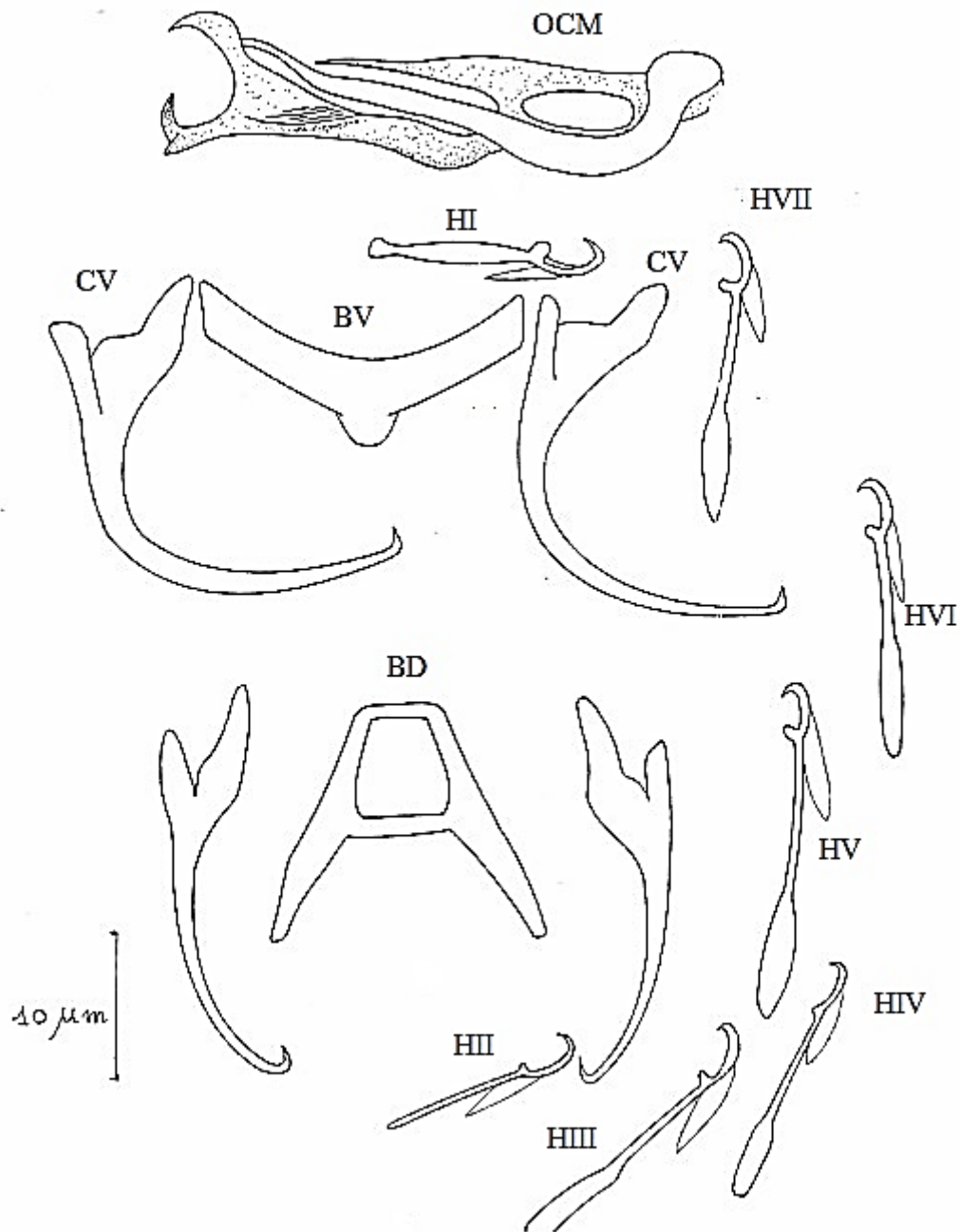
Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD :
barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

Annexe 2. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema maillardi* tirés de Birgi, 1988



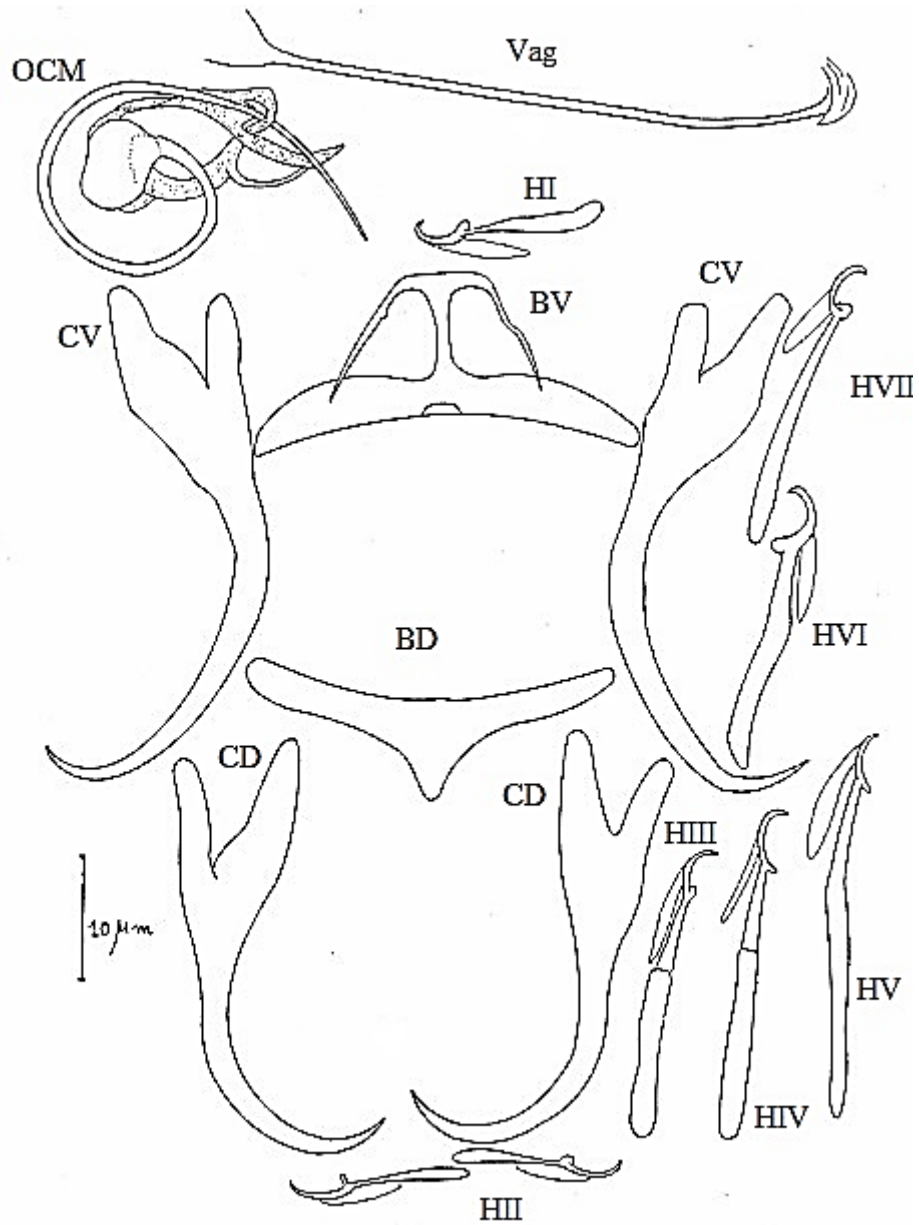
Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Annexe 4. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema nyongensis* tirés de Birgi, 1988



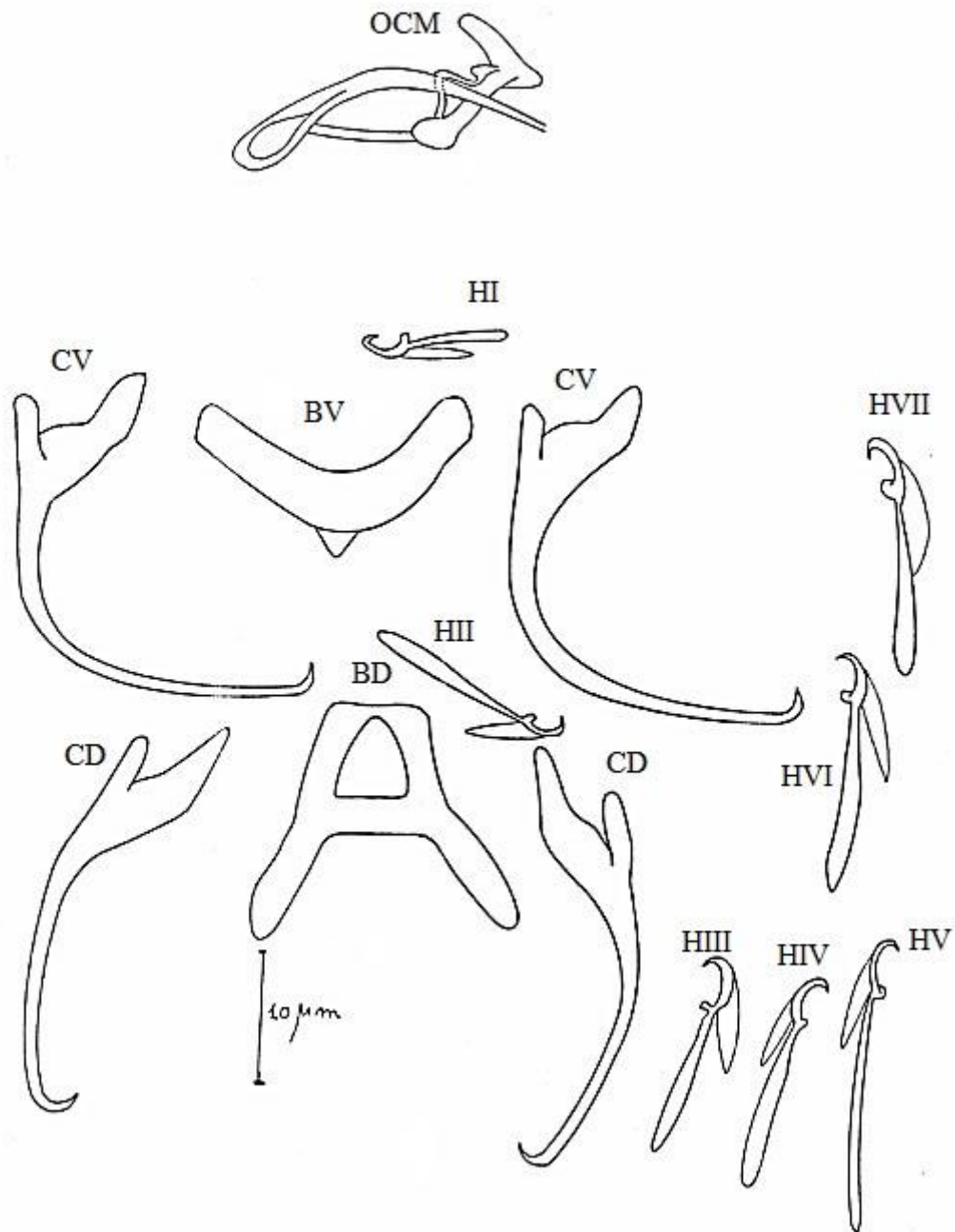
Légende : HI-HVII : crochetons I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

Annexe 5. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema amieti* tirés de Birgi, 1988



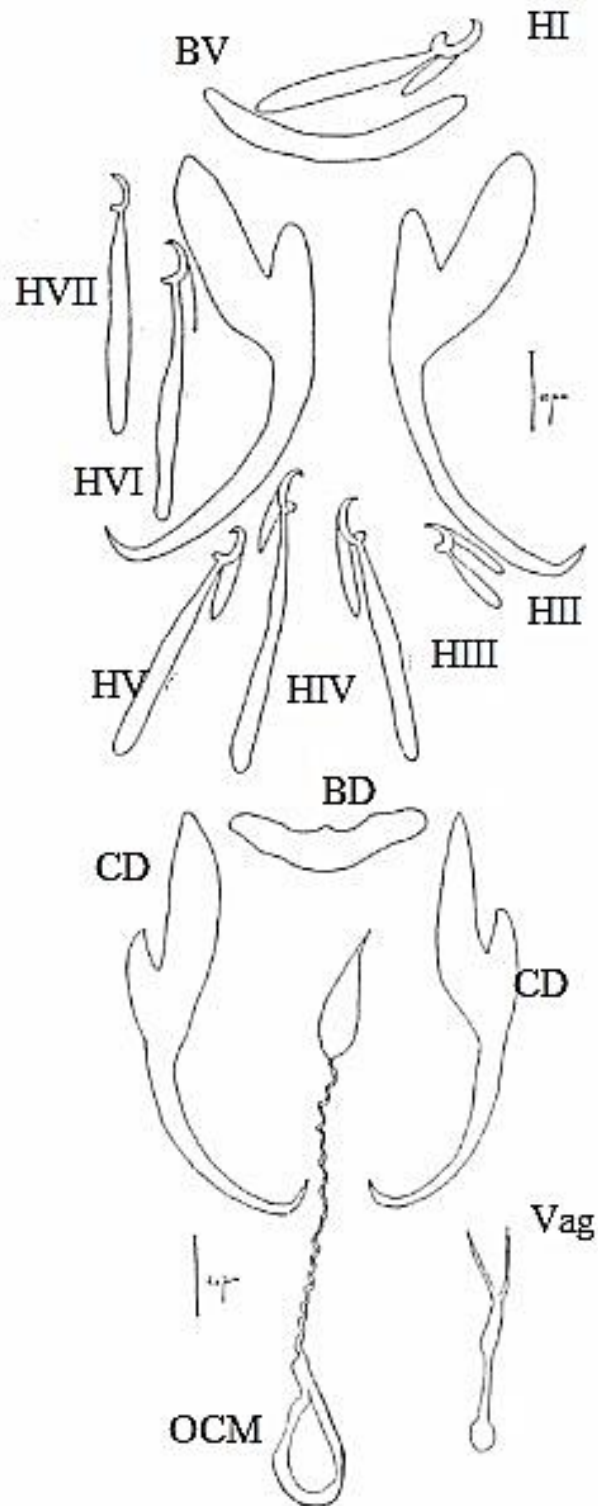
Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Annexe 6. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema gabrioni* tirés de Birgi, 1988



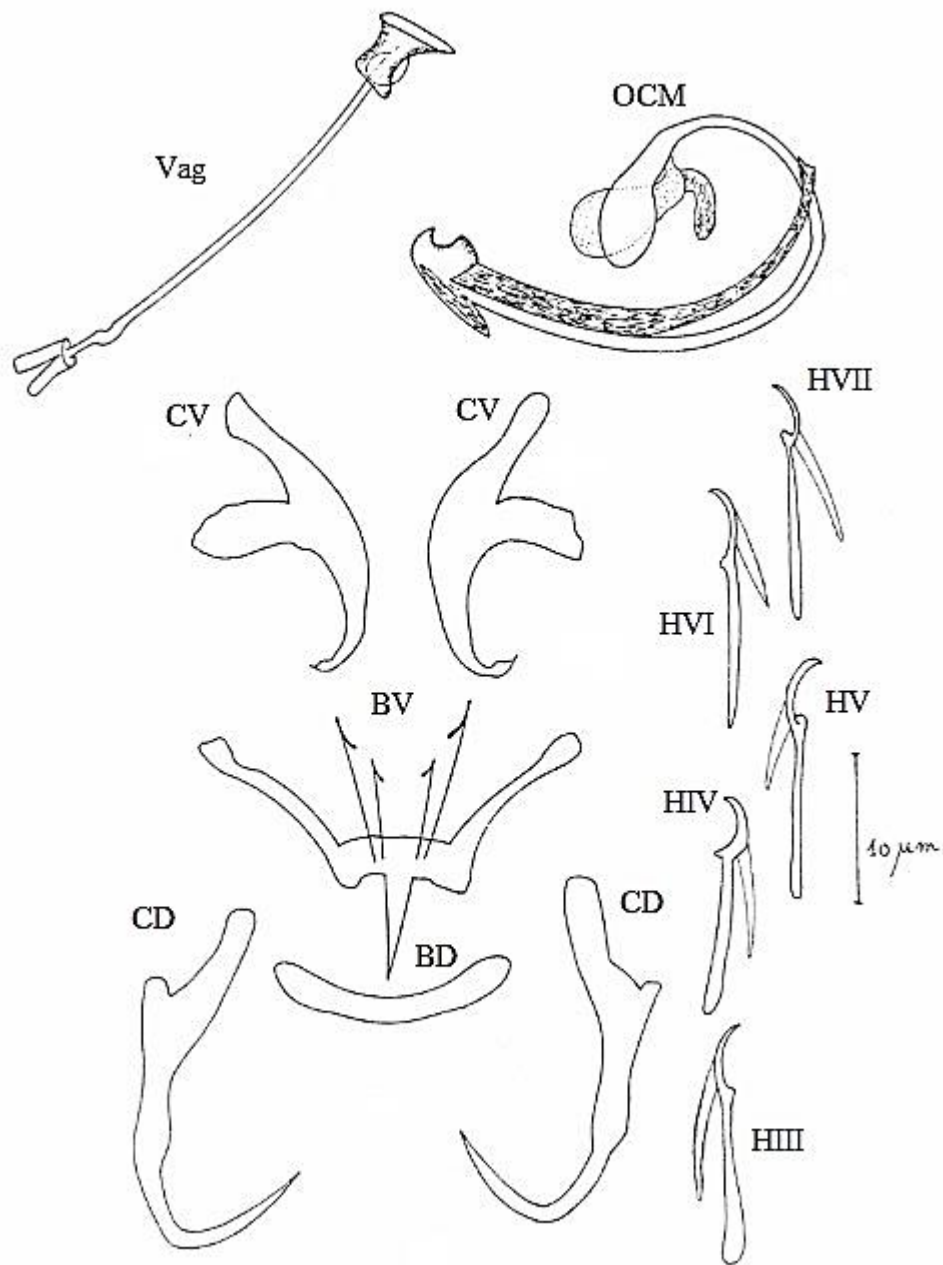
Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD : crochet dorsal, BV : barre ventrale, BD : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

Annexe 7. Dessins des pièces sclérifiées de *Annulotrema hepseti* selon Paperna et Thurston, 1969



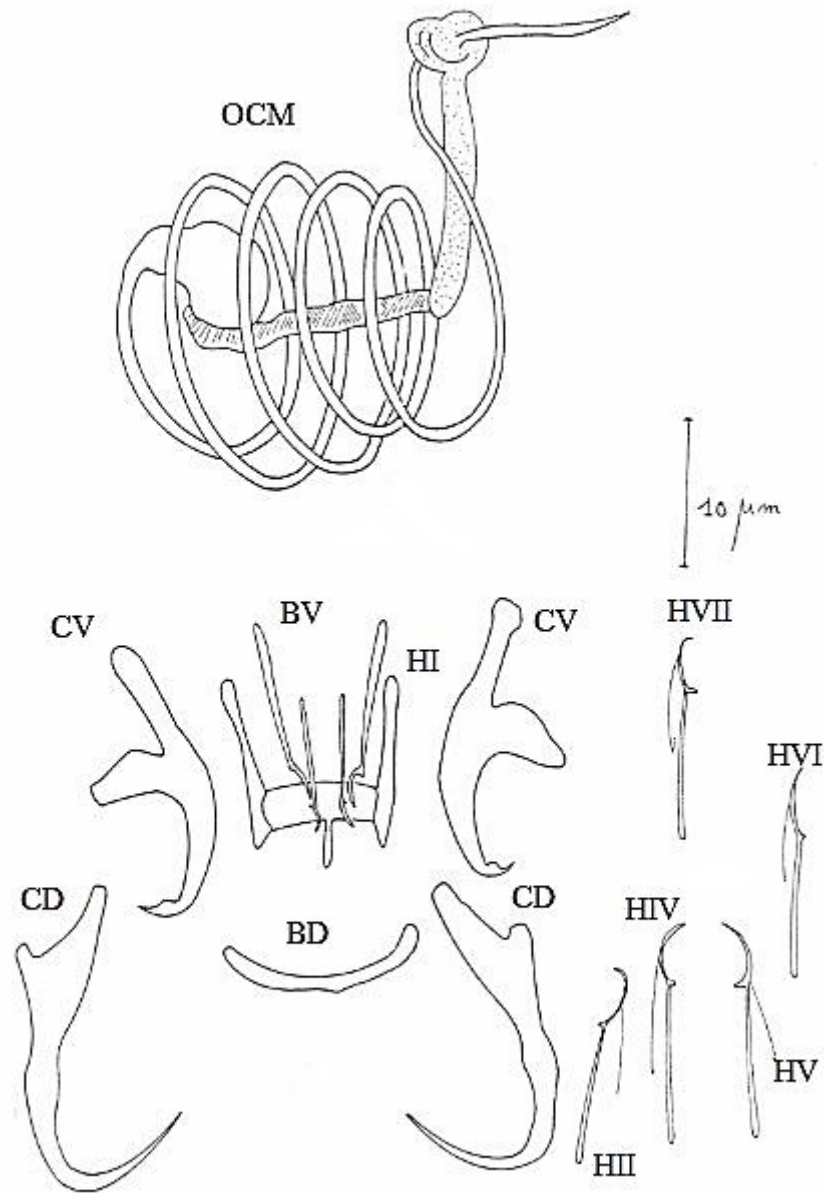
Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Annexe 8. Dessins des pièces sclérifiées de *Characidotrema regia* tirés de Birgi, 1988



Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB :
barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle, Vag : vagin.

Annexe 9. Dessins des pièces sclérifiées de *Characidotrema spiropenis* tirés de Birgi, 1988



Légende : HI-HVII : crochets I à VII, CV : crochet ventral, CD: crochet dorsal, BV : barre ventrale, DB : barre dorsale, OCM : organe copulateur mâle.

Annexe 10 : Comparaison deux à deux du nombre de filaments branchiaux par arc chez *Brycinus macrolepidotus*

| | Arc II | Arc III | Arc IV |
|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Arc I | U = 2367 P < 0,001 | U = 3425 P < 0,001 | U = 4950 P = 0,90 |
| Arc IV | U = 2705 P < 0,001 | U = 3570 P < 0,001 | |
| Arc III | U = 4045 P = 0,02 | | |

Annexe 11 : Comparaison inter-hémibranchies du nombre de filaments branchiaux chez *Brycinus macrolepidotus*

| | HP_I | HA_{II} | HP_{II} | HA_{III} | HP_{III} | HA_{IV} | HA_I |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| HP_{IV} | U = 4613 P = 0,34 | U = 2501 P < 0,001 | U = 2602 P < 0,001 | U = 3007 P < 0,001 | U = 3528 P < 0,001 | U = 4279 P = 0,07 | U = 4485 P = 0,20 |
| HA_{IV} | U = 4462 P = 0,19 | U = 2501 P < 0,001 | U = 3018 P < 0,001 | 3532 P < 0,001 | 4166 P = 0,04 | | |
| HP_{III} | U = 3728 P < 0,001 | U = 3869 P = 0,005 | U = 3965 P = 0,01 | U = 4373 P = 0,20 | | | |
| HA_{III} | U = 2870 P < 0,001 | 4273 P = 0,08 | U = 4332 P = 0,10 | | | | |
| HP_{II} | U = 2421 P < 0,001 | U = 4983 P = 0,97 | | | | | |
| HA_I | U = 4707 P = 0,48 | 2402 P < 0,001 | | | | | |
| HA_{II} | U = 2280 P < 0,001 | | | | | | |

Annexe 12 : Comparaison deux à deux des charges parasitaires des huit hémibranchies chez *Brycinus macrolepidotus*

| | HP_I | HA_{II} | HP_{II} | HA_{III} | HP_{III} | HA_{IV} | HA_I |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| HP_{IV} | U = 2280 P = 0,08 | U = 2143 P = 0,04 | U = 2375 P = 0,18 | U = 2428 P = 0,20 | U = 2382 P = 0,23 | U = 2364 P = 0,53 | U = 2250 P = 0,34 |
| HA_{IV} | U = 2623 P = 0,24 | U = 2463 P = 0,19 | U = 2692 P = 0,48 | U = 2721 P = 0,47 | U = 2696 P = 0,56 | | |
| HP_{III} | U = 2930 P = 0,60 | U = 2828 P = 0,53 | U = 3059 P = 0,94 | U = 3101 P = 0,95 | | | |
| HA_{III} | U = 3081 P = 0,79 | U = 2914 P = 0,56 | U = 3153 P = 0,98 | | | | |
| HP_{II} | U = 3037 P = 0,77 | U = 2914 P = 0,56 | | | | | |
| HA_I | U = 2958 P = 0,41 | U = 2813 P = 0,29 | | | | | |
| HA_{II} | U = 2967 P = 0,79 | | | | | | |

Annexe 13 : Variation de l'intensité moyenne de *Annulotrema ngombiensis* n. sp. par zone filamenteuse de chaque holobranchie

| Holobranchie | Zone filamenteuse | | | Statistique |
|--------------|-------------------|---------------|--------------|-----------------------------|
| | Distale | Médiane | Basale | |
| I | 15,16 ± 26,84 | 24,86 ± 48,15 | 7,37 ± 22,74 | H = 25,91 ; P = 2,36E-6 |
| II | 14,73 ± 22,73 | 26,46 ± 44,97 | 5,47 ± 13,87 | H = 43,35 ; P = 3,86E-10 |
| III | 12,17 ± 16,10 | 20,67 ± 27,72 | 5,00 ± 6,31 | H = 16,47; P = 0,00026 |
| IV | 9,29 ± 10,31 | 15,97 ± 19,86 | 2,42 ± 1,91 | H = 24,84 ; P = 4,03E-6 |

Annexe 14 : Variation de l'intensité moyenne de *Annulotrema nkengfacki* n. sp. par zone filamenteuse de chaque holobranchie

| Holobranchie | Zone filamenteuse | | | Statistique |
|--------------|-------------------|-------------|--------------|------------------------|
| | Distale | Médiane | Basale | |
| I | 2,5 ± 0,71 | 2,00 ± 1,00 | 3,44 ± 4,10 | H = 0,23 ; P = 0,89 |
| II | 1,00 ± 0 | 2,25 ± 2,50 | 5,61 ± 14,28 | H = 1,22; P = 0,54 |
| III | 3,33 ± 4,04 | 1,75 ± 1,50 | 3,10 ± 2,02 | H = 1,75; P = 0,42 |
| IV | 1,00 ± 0 | 2,00 ± 0 | 1,89 ± 0,78 | H = 2,59; P = 0,28 |

PUBLICATIONS ISSUES DE CETTE THESE

1- **NDONGO, I.**, ONANA, N.M.T. et TOMBI, J. (2022). Gill Monogeneans of African Tetras, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), from the Nyong River: biotope, distribution and site selection. *Asian Fisheries Sciences*, **35**: 294-303. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.4.002>

2- **NDONGO, I.**, AKOUMBA, J. F., TOMBI, J., MORAND, S. et FOMENA, A. (2023). Two new species of *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) gill parasites of *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849 from Nyong River, Cameroon. *Acta Parasitologica*, **68** (1) : 257-265. <http://doi.org/10.1007/s11686-022-00645-y>



Gill Monogeneans of African Tetra, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), From the Nyong River: Biotope, Distribution and Site Selection

IVAN NDONGO, MICHEL THIERRY ONANA NGONO, JEANNETTE TOMBI*

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

*E-mail: tombijeannette2007@yahoo.fr | Received: 23/06/2022; Accepted: 02/12/2022

© Asian Fisheries Society
Published under a Creative Commons
license
E-ISSN: 2073-3720
<https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.4.002>

Abstract

Monogenea is a taxon containing flatworms that are primarily parasites of the skin and gills of fish. The African tetra, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), is a commercial fish species in artisanal fisheries in Southern Cameroon. Although the gill monogeneans of this fish species have been described, no ecological research has been carried out on this component community. The present study was conducted in the Nyong River to provide the first data about some factors that influence the structure of its infracommunities. In dry seasons, 70 fish specimens consisting of 27 males and 43 females of fork length between 9.5 and 14.1 cm were sampled. The analysis of their gill filament number indicated that the gill system of *B. kingsleyae* is heterogeneous because this factor varies with the length of the fish and depends on the gill arch. The studied guild consisted only of core species: *Annulotrema combesi* Birgi, 1988, *Annulotrema maillardi* Birgi, 1988, *Annulotrema nyongensis* Birgi, 1988, *Annulotrema bouixi* Birgi, 1988, and *Characidotrema regia* Birgi, 1988. The number of gill filaments and the parasitic load increased with the fish length, indicating that larger hosts provide a greater diversity of niches for parasites. Monogenean species exhibit various occupation patterns of gill arches, sectors, zones and gender differences in parasitological indices. This study reveals that the host length and sex, filament number, gill arch, sector and zone are largely responsible for structuring the studied component community.

Keywords: ecology, freshwater fish, gills, Monopisthocotylea, Cameroon

Introduction

Fishes are considered the most numerous and diverse major vertebrate groups (Moyle and Cech, 2004). In parasitology, fishes remain a well-known and convenient model since they are hosts for direct and complex parasitic life cycles (Carvalho et al., 2003; Ibrahim, 2012). At the same time, their gills represent one of the most common sites for establishing various ectoparasites species (Jerônimo et al., 2013). Therefore, these vertebrates are suitable hosts to study biological aspects of gill parasites.

Monogenea is a taxon containing flatworms that are mostly parasites of the skin and gills of fish (Euzet and Combes, 1998). For Poulin (2002), the specimens of the last-mentioned group are numerous in a limited area

and provide enormous opportunities for ecological research. Various studies have been conducted on gill monogeneans to analyse parasite communities with emphasis on how they are structured, and some hypotheses have been thought and tested (Tavares and Luque, 2008; Violante-Gonzalez et al., 2008; Debortoli et al., 2016). Monogenean communities may be influenced by host-related factors such as body size or sex; consequently, some individuals within the host population accumulate more parasites while others are less infected (Tombi et al., 2016a). Some studies suggested that monogeneans partition the spatial resources provided by fish gills and exhibit a strict site selection (Raymond et al., 2006; Soler-Jiménez and Fajer-Ávila, 2012).

In addition, factors such as the heterogeneous water

flow in the gills (Rubio-Godoy, 2008; Tombi et al., 2010; Soler-Jiménez and Fajer-Ávila, 2012); the structure of the gill system, including variation of gill surface or filament number (Hughes, 1972; Caltran and Silan, 1996; Bilong Bilong and Tombi, 2004), and interspecific relationships (Kadlec et al., 2003; Tombi et al., 2010) can affect the exploitation of gill-space by monogeneans. For Debortoli et al. (2016), the selection of microhabitats on the infestation sites of monogeneans does not show any pattern.

The African tetra, *Brycinus kingsleyae* (Günther, 1896), is a commercial fish species in artisanal fisheries in Southern Cameroon. Birgi (1988) described five monogenean species on the gills of this Alestidae and no ecological research work has been conducted on this component community. The present study is the first report on their biotope and spatial distribution structure to provide data on their ecology. Our specific objectives were to assess: (1) whether the variation of parasitic load fits the growth of gill filaments, (2) site preference, and (3) the potential effect of host length and host sex within the ecological framework (i.e., numbers and distribution of monogeneans).

Materials and Methods

Ethical approval

All authors hereby declare that "Principles of Laboratory Animal Care" (NIH publication N° 85-23, revised 1985) were followed and specific national laws where applicable. All experiments have been examined and approved by the appropriate ethics committee of the University of Yaoundé I, Cameroon.

Fish host

In 2018, a total of 100 *B. kingsleyae* sampled from random catches of professional fishers were collected from Nyong River at Akonolinga (Fig.1) and preserved in 10 % formalin-freshwater solution according to Tombi and Bilong Bilong (2004). Their fork lengths (distance from the extremity of the muzzle to the last vertebra) varied from 9.5 to 14.1 cm. The study of the structure of the gill system of *B. kingsleyae* was made on the 100 sampled hosts, but, that of the distribution of monogeneans on this biotope was carried out on 70 (27 males and 43 females) of them.

Akonolinga is located approximately 130 km from Yaoundé, the political capital of the Republic of Cameroon and is subjected to subequatorial climate type. This climate is characterised by two distinct rainy seasons extending from September to November (short rainy season) and from March to June (long rainy season), and by two dry seasons extending from July to August (short dry season) and from November to February (long dry season). During the sampling period, 32 host fish were collected in a short dry season (10 males and 22 females) and 38 in a long dry season (17 males and 21 females). In the laboratory, each fish's



Fig. 1. Picture showing a partial view of the Nyong River at Akonolinga, where *Brycinus kingsleyae* was captured by gillnet for monogeneans collection.

fork length (FL) was measured, and two length classes were determined, namely: $FL < 11.5$ cm and $FL \geq 11.5$ cm. The gonads were observed to determine their sex (female or male). The gill arches were excised on the right and left sides and placed separately in Petri dishes containing tap water. The four gill arches of each side were numbered from the outer to the inner region of the operculum as arches I, II, III, IV. Each arch has two faces or hemibranches: the anterior (A) and the posterior (P). The hemibranches were named IA, IP, IIA, IIP, IIIA, IIIP, IVA, and IVP from arch I to arch IV. Gill arches were subdivided into five sectors, namely dorsal (S1), medio-dorsal (S2), median (S3), medio-ventral (S4) and ventral (S5). All filaments were individually divided into three equidistant parts or zones (basal, median and distal zones), using an ocular micrometre of the stereomicroscope (Tombi et al., 2010). The number of gill filaments for each fish was counted under a stereomicroscope. The evolution curves of the filaments were plotted using the maximum likelihood according to Ross (1970).

Parasites

Individual gill arch was examined under a stereomicroscope (Novel, China) at 20× magnification. The parasites of each filament were collected separately; the gill arch, hemibranch, sector and zone on which each parasite specimen found was recorded before removal. After being unhooked and placed on a slide, each specimen was cleared with a drop of haematoxylin and identified under a light microscope (Olympus CH2, Japan) 40× and 100× magnifications. Species identification was made based on the number, shape, and size of the sclerotised structures of their haptor and the reproductive organs (Kritsky et al., 1995) as described by Birgi (1988).

According to Bush et al. (1997), all parasites in a given host species population constitute the component community and all the parasites in a host individual are designated as the infracommunity. Based on the prevalence, species were considered core if the prevalence was greater than 50 % (Koskivaara and

Valtonen, 1992; Valtonen et al., 1997). The mean intensity (MI) was high if its value was greater than 100, medium if MI ranged between 50 and 100, low if MI ranged between 10 and 50 and very low if MI was less than 10 (Bilong Bilong and Njiné, 1998). The parasite species distribution was considered aggregate when the variance was greater than the mean intensity (Wilson et al., 1996).

Statistical analysis

The χ^2 test was used to compare the prevalence, while the Mann-Whitney (U) and Kruskal-Wallis (K) tests permitted the comparison of two and more than two mean intensities, respectively. Except for any subsequent indications, the degree of security retained here was 95 %. All statistical tests were computed with Statistix version 2.0.

Results

Variation of gill filament number

The scatter diagram revealed a positive relationship between fork length and total filament number (Fig. 2) with a significant correlation ($r = 0.333$, $P < 0.01$). The equation which describes this relationship is: $Y = 30.637 FL + 107.9$, $R^2 = 0.1025$. This implies that the number of gill filaments increased with fish fork length.

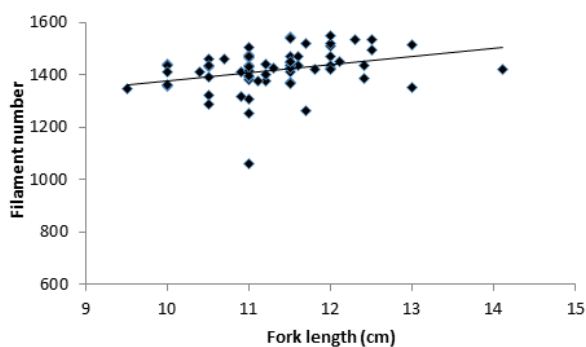


Fig. 2. Relationship between the fork length of *Brycinus kingsleyae* and the total gill filaments.

The mean total number of gill filaments did not differ between the right and the left sides of the fish (Table 1, U; $P > 0.05$).

Table 1. Variation of gill filament number as a function of *Brycinus kingsleyae* side, arch and hemibranch

| Side | | Arch | | | | Hemibranch | |
|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Left | Right | AI | AII | AIII | AIV | Anterior | Posterior |
| 712.14 ± 35.74 | 706.48 ± 55.86 | 366.16 ± 20.55 | 378.14 ± 19.36 | 361.97 ± 20.03 | 322.80 ± 76.66 | 712.61 ± 36.37 | 709.37 ± 34.11 |
| U; $P > 0.05$ | | K = 139.5; $P < 0.05$ | | | | U; $P > 0.05$ | |

Arch II and arch IV had, respectively, the highest and the lowest number of gill filaments ($P < 0.05$), while gills I and III were equivalent ($P > 0.05$). This filament distribution pattern (II > I = III > IV) on various gill arches did not change with the increasing fish length (Fig. 3).

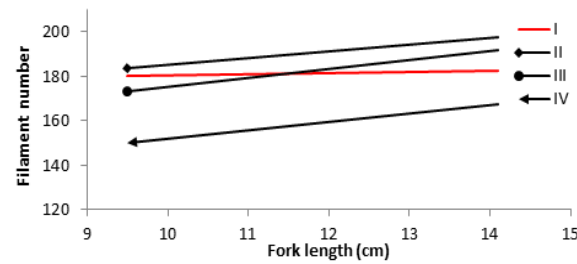


Fig. 3. Relationship between *Brycinus kingsleyae* fork length and the number of filaments per gill arch.

Holistically (Table 1), and whatever the gill arch considered (Fig. 4), each hemibranch statistically harboured the same number of filaments as its homologous ($P > 0.05$). The decreasing rank of hemibranches by comparing their filament number taken two by two is IIP = IIA > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP.

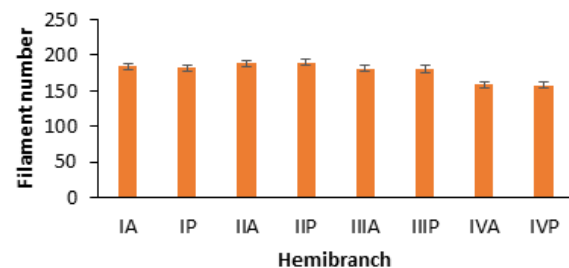


Fig. 4. Variation of gill filament number on each hemibranch of *Brycinus kingsleyae*.

Parasitological aspects

A total of 18066 monogeneans were collected from the gill filaments of 70 *B. kingsleyae* involved in the distribution of these parasites. The component community was composed of five species. *Characidotrema regia* Birgi, 1988 was the most abundant, followed by *Annulotrema bouixi* Birgi, 1988, *Annulotrema nyongensis* Birgi, 1988, *Annulotrema maillardi* Birgi, 1988 and *Annulotrema combesi* Birgi, 1988 (Table 2).

Table 2. Distribution of *Annulotrema* spp. and *Characidotrema regia* ectoparasites of *Brycinus kingsleyae*.

| Parasitic species | <i>A. combesi</i> | <i>A. maillardi</i> | <i>A. nyongensis</i> | <i>A. bouixi</i> | <i>C. regia</i> |
|------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| Number of specimens | 258 | 425 | 462 | 6562 | 10359 |
| Prevalence | 51.43 % | 81.43 % | 91.43 % | 100 % | 100 % |
| MI (σ) | 7.17(7.90) | 7.44(4.87) | 7.22(5.69) | 96.04(90.14) | 147.97(105.07) |
| Gender's prevalence | | | | | |
| Male | 53.49 | 83.72 | 95.35* | 100 | 100 |
| Female | 51.85 | 77.77 | 85.19 | 100 | 100 |
| Gender's MI (σ) | | | | | |
| Male | 7.78(9.43) | 5.57(4.64) | 7(5.45) | 73.22(82.06) | 103.04(83.17) |
| Female | 7.08(7.21) | 8.55(4.71)* | 7.19(5.77) | 109.60(92.11) | 176.25(108.35)* |
| Host side and arch prevalence | | | | | |
| Left | 41.43 | 74.29 | 82.86 | 100 | 100 |
| Right | 38.57 | 71.43 | 81.43 | 95.71 | 100 |
| I | 30 | 70* | 74.29* | 97.14* | 100 |
| II | 34.29 | 65.71 | 68.57 | 94.29 | 100 |
| III | 27.14 | 48.57 | 52.86 | 95.71 | 100 |
| IV | 38.57* | 35.71 | 48.57 | 91.43 | 100 |
| Host side and arch MI (σ) | | | | | |
| Left | 6.41(6.23) | 4.27(2.94) | 4.28(3.59) | 49.43(47.53) | 76.89(54.57) |
| Right | 3.74(3.32) | 4.04(2.95) | 3.75(3.132) | 48.85(44.18) | 70.94(52.43) |
| I | 3.90(4.90)* | 3.04(2.07)* | 3.42(2.64)* | 30.87(27.63)* | 43.06(33.06)* |
| II | 3.63(2.80) | 2.83(1.77) | 2.23(1.36) | 30.71(28.50) | 38.96(28.91) |
| III | 3.05(3.52) | 2.71(1.76) | 2.65(2.16) | 23.36(22.34) | 36.93(27.67) |
| IV | 1.69(1.13) | 2.32(1.52) | 2.47(2.10) | 16.72(16.10) | 29.06(21.93) |

MI = mean intensity, σ = standard deviation, * = the value is significantly higher.

The number of parasites per host ranged between 41 and 734. The prevalence of each species was >50 %, indicating that all members of the studied component community were core species. The mean intensity was very low for *A. combesi*, *A. maillardi* and *A. nyongensis*, low for *A. bouixi* and high for *C. regia*. The variance (σ^2) of each species was greater than its mean intensity showing that parasitic individuals were aggregated among their hosts at the population level (Table 2).

At the component community scale, females showed a significantly high mean parasitic load (313.97 ± 190.28) compared to males (183.04 ± 197.98 ; U, $P < 0.05$). At the specific scale (Table 2), *A. nyongensis* was the only species whose prevalence varied significantly with the sex of the host (χ^2 , $P < 0.05$). The mean intensity values of both *A. maillardi* and *C. regia* were significantly higher in females ($P < 0.05$). For *A. bouixi*, even if the mean intensity of females seemed greater than that of males, the difference remained insignificant (U, $P > 0.05$). The total parasitic load (Fig. 5) increased as a function of fork length with a significant correlation ($r = 0.202$, $P < 0.01$).

No significant difference was observed in the prevalence and mean intensity of each parasitic species according to the host side (χ^2 , U, $P > 0.05$) (Table 2). Regardless of parasitic species, the prevalence values of the four gill arches were statistically equal (χ^2 , $P > 0.05$). Whatever the fish examined, each gill arch harboured at least one

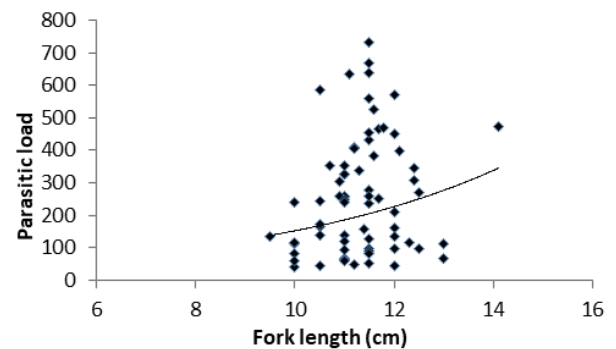


Fig. 5. Relationship between the fork length of *Brycinus kingsleyae* and the total monogenean load.

specimen of monogenean. The mean parasitic loads of gill arches were: I = 78.60 ± 57.22 ; II = 71.97 ± 51.25 ; III = 62.78 ± 44.47 , and IV = 46.96 ± 33.98 showing that this parameter decreased significantly in the anteroposterior direction ($K = 13.74 > 7.81$; $P < 0.05$). The variation of the mean parasitic load of the various gill arches increased as a function of the fork length and was also done in the anteroposterior direction (Fig. 6).

The prevalence of *C. regia* was identical on the four gill arches ($P > 0.05$). Those of *A. maillardi*, *A. nyongensis* and *A. bouixi* decreased from arch I towards arch IV, with certain differences being significant, and only *A. combesi* had a different pattern with the highest prevalence on arch IV ($P < 0.05$) (Table 2). All the species were more abundant on arch I, but the

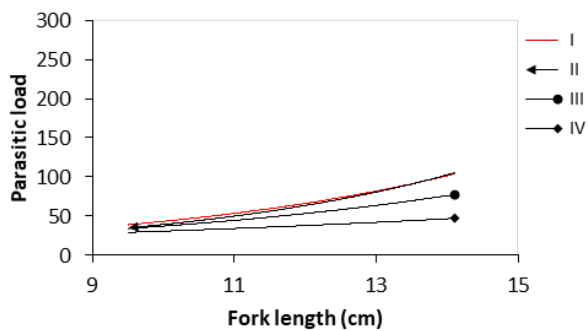


Fig. 6. Relationship between the fork length of *Brycinus kingsleyae* and the monogenean load per gill arch.

difference was significant only for *A. nyongensis* ($P < 0.05$) (Table 2). The five species did not show a preference for the anterior or posterior hemibranch of each arch. The decreasing rank by comparing the mean number of all monogenean species was IA = IIP = IP = IIIP = IIA = IIIA = IVP = IVA.

Characidotrema regia was the monogenean species that exploited the sector gradient better (Fig. 7). This species colonised simultaneously the five sectors of each gill arch. *Annulotrema bouixi* and *C. regia* showed a preference for sectoral colonisation of all four gill arches. The specimens of *A. bouixi* mostly occurred on the third sector of the arch I, while those of *C. regia* were more abundant in S2, S3, and S4 of arches I, II, III ($P < 0.05$). In all other cases, the difference remained non-significant.

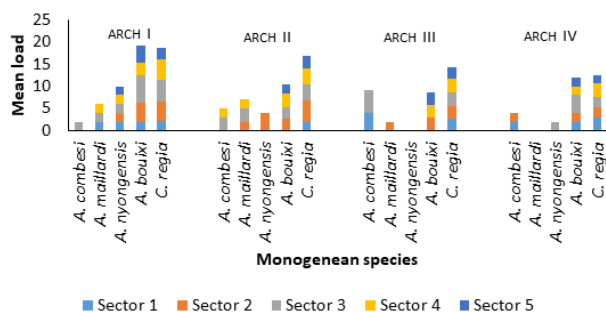


Fig. 7. Mean number of monogeneans per species, collected on each of the five sectors of each *Brycinus kingsleyae* gill arch.

Annulotrema combesi, *A. maillardi* and *A. nyongensis* did not occupy the distal filament part, but the first two monogenean species were more frequent and more abundant in the median part, while the last was more frequent and more abundant in the basal one (Figs. 8 and 9).

Annulotrema bouixi and *C. regia* exploited the entire filamentous parts. The zonal infection rate and parasitic load reduced progressively and significantly ($P < 0.05$) from the distal part towards the basal one for *A. bouixi*. *Characidotrema regia* occupied the basal zone significantly less ($P < 0.05$). The mean parasitic

load was significantly lower ($P < 0.05$) on the basal zone for *A. bouixi* and average for *C. regia*.

Each parasitic species observed in the study infected hosts of both length classes (Table 3). Whatever the species considered, no significant difference in prevalence was observed according to the length class (χ^2 , $P > 0.05$). In terms of mean intensity, the longer fish harboured more specimens of *A. bouixi* and *C. regia* than smaller ones (U , $P < 0.05$).

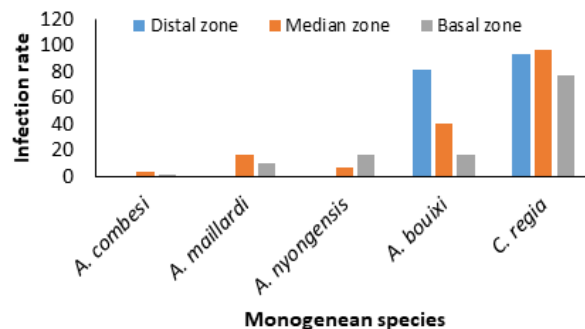


Fig. 8. Infection rate of *Annulotrema* spp. and *Characidotrema regia* on each of the three zones of *Brycinus kingsleyae* gill arches.

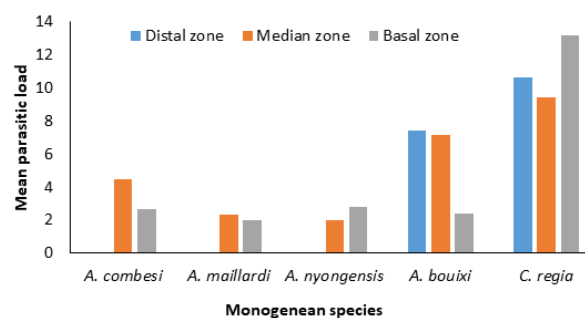


Fig. 9. Infection rate of *Annulotrema* spp. and *Characidotrema regia* on each of the three zones of *Brycinus kingsleyae* gill arches.

Discussion

A positive relationship was observed between filament number and fish size, meaning that the increased length of fish led to an increment in the number of gill filaments. Similarly, Bilong Bilong and Tombi (2004) noted the increase in filament number with *Enteromius martorelli* (Roman, 1971) length. The same finding was made in *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858, from the Municipal Lake in Yaoundé (Bilong Bilong et al., 1999). In contrast, Caltran and Silan (1996) remarked in the case of *Chelon ramada* (Risso, 1827), that the filament number increased twofold roughly between the ages of 1 and 6 years and then declined for fishes reaching adulthood. Normally, the rapid increase of the gill epithelium in young fishes and the phenomenon of senescence which characterises old specimens may explain this result.

No significant difference was observed in the number

Table 3. Prevalence (percentage of infected hosts by each monogenean species) and mean intensity of *Annulotrema* spp. and *Characidotrema regia* according to length class of *Brycinus kingsleyae*.

| Parasitic species | Prevalence (%) | | χ^2 | Mean intensity \pm standard deviation | | |
|----------------------|----------------|-----------------|---------------------------|---|---------------------|----------|
| | FL <11.50 | FL \geq 11.50 | | FL <11.50 | FL \geq 11.50 | U |
| <i>A. combesi</i> | 57.14 | 45.71 | $\chi^2=0.91$ $P=0.33$ | 6.90 \pm 7.75 | 7.50 \pm 8.56 | $P=0.99$ |
| <i>A. maillardi</i> | 80 | 82.86 | $\chi^2=0.09$ $P=0.76$ | 8.46 \pm 5.85 | 6.75 \pm 3.83 | $P=0.32$ |
| <i>A. nyongensis</i> | 94.28 | 88.57 | $\chi^2=0.73$ $P=0.40$ | 7.33 \pm 5.27 | 7.09 \pm 6.26 | $P=0.34$ |
| <i>A. bouixi</i> | 100 | 100 | | 71.65 \pm 67.74 | 120.14 \pm 102.88 | $P=0.02$ |
| <i>C. regia</i> | 100 | 100 | | 126.08 \pm 94.46 | 168.71 \pm 112.99 | $P=0.01$ |

of filaments for the left and right sides of the gills. For *E. martorelli* and *Enteromius camptacanthus* (Bleeker, 1863), Bilong Bilong and Tombi (2004) and Tombi et al. (2016b), respectively concluded also that both gill system sides of each of these teleost fishes are equivalent for filament number. Such results can be explained by a bilateral symmetry of teleost gill system.

In *B. kingsleyae* gill system, arches II and IV had a higher and a lower number of gill filaments, respectively, according to this sequence: $A_{II} > A_I = A_{III} > A_{IV}$. A similar model was observed by Bilong Bilong and Tombi (2004) in the gill system of *E. martorelli*. The results of the present study differed from those of Tombi et al. (2016b), who observed the following decreasing sequence: $A_I > A_{II} > A_{III} > A_{IV}$ from the gill filaments of *E. camptacanthus*. Nack and Bilong Bilong (2007) noted that the gill filaments of *Clarias camerunensis* Lönnberg, 1895, were globally more numerous on arches III and II but less on arch IV. In the case of *H. fasciatus*, the decreasing number of filaments was A_{II} , A_{III} , A_I , A_{IV} (Bilong Bilong et al., 1999).

Irrespective of the gill arch, the filament number did not vary statistically between the two hemibranches. The rank of hemibranches by decreasing filament number was $IIP = IIA > IA = IP = IIIA = IIIP > IVA = IVP$. These results are different from those of Tombi et al. (2016b), who counted more filaments in the anterior hemibranch of each gill arch of *E. camptacanthus* according to the following scheme: $IA > IIA = IP > IIP = IIIA > IIIP > IVA < IVP$. For *E. martorelli* (Bilong Bilong and Tombi, 2004) and *H. fasciatus* (Bilong Bilong et al., 1999), the anterior and posterior hemibranches of gill arch I were equivalent for this variable, but in the other three cases, the anterior hemibranches had the greater number of filaments.

It appeared that the monogenean component community of the *B. kingsleyae* gill system comprises five parasitic species. Cases in which monogenean gill parasites form multispecific communities were previously reported. Tombi et al. (2016a) collected *Dactylogyrus amieti* Birgi and Lambert, 1987,

Dactylogyrus valeti Birgi and Lambert, 1987 and *Dogielius njinei* Birgi and Lambert, 1987 from *E. camptacanthus* in Cameroon. Daghigh et al. (2014) found, *Dactylogyrus formosus* Kulwiec, 1927, *Dactylogyrus dulkeiti* Bychowsky, 1936, *Dactylogyrus baueri* Gusev, 1955, *Dactylogyrus arcuatus* Yamaguti, 1942, *Dactylogyrus inexpectatus* Izjumova in Gusev, 1955 and *Gyrodactylus kobayashii* Hukuda, 1940 in the gill system of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782). The omnipresence of empty niche spaces in *B. kingsleyae* gill system could explain the coexistence of several parasitic species on this biotope. The idea frequently suggested is that several species in a biotope is due to the presence of more ecological niches than in biotope with few species (Šimková et al., 2006; Tombi et al., 2011; 2014). According to Ibrahim (2012), each fish individual can be considered an independent sampler of the available parasites. Evidence for interactions was very low; thus, parasitic communities appeared to be isolationist in nature. In addition, the coexistence of four congeneric species on the gills of *B. kingsleyae* observed during the present study corroborates Rohde (1994), who noticed that positive interactions are more frequent than negative ones between gill fish ectoparasites of the same host.

The prevalence of each species was more than 50 % showing that the studied component community was composed only of core species. The values of mean intensities were very low or low except for *C. regia* whose mean intensity was high. Similarly, Tombi et al. (2016a) reported very low or low mean intensities of monogenean gill parasites of *E. camptacanthus*. These observations could be partly associated with the natural environment where the parasitic load is generally limited due to the low host's density (Ergens, 1983; Buchmann and Lindenstrom, 2002) and the low water current velocity (Chaudhary et al., 2013). In the present study, parasitic species were aggregated at population level. According to Morand et al. (1999), aggregation can be caused by numerous factors; among them are the heterogeneous contacts between sources of infection and hosts and the differential susceptibility of hosts to parasite attacks.

The smaller and longer fish were similarly infected by *A. combesi*, *A. maillardi* and *A. nyongensis*. Such observations were made by Bounvou et al. (2008) and Rubio-Godoy (2008), who noticed that host length did not significantly affect the prevalence and mean intensity of monogenean gill parasites of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), respectively. Globally, in the case of *B. kingsleyae*, the number of filaments and the parasitic load increased with fish length and the mean intensity values of *A. bouixi* and *C. regia* were significantly higher in the longer length class. Several studies have identified positive correlations between host body length and the intensity of parasitic infection (Lizama et al., 2005; Tombi et al., 2014). Larger hosts provide more filaments or a greater diversity of niches for parasites. The relationship between length and infection level is also related to host fish and parasite life histories. Assuming that fishes do not recover from the infection and parasite-induced mortality is low, the parasitic infection often increases with fish length because older individuals have been exposed for a long time to pathogens.

The present work detected no significant relationship between the host sex and the prevalence except in the case of *A. nyongensis*, which was more prevalent in males. Based on parasitic loads, globally and for all species except *A. combesi*, females had more parasites than males. Various works have reported that helminth infections sometimes correlate with the sex of the host (Tombi and Bilong Bilong, 2004; Bounvou et al., 2008) and sometimes it does not (Le Roux et al., 2011; Blahoua et al., 2016). The sex-biased parasitic load observed in the cases of some studied monogenean species is in accordance with previous reports (Lizama et al., 2005; Tombi et al., 2016a). The sex difference in infection may be attributed to the difference in endocrine glands activities between the genders (Ibrahim, 2012; Allalqua et al., 2015). Sex-specific behaviour may also affect exposure and susceptibility to parasite infection, with one sex being more vulnerable. Colonial and sedentary habits of females during the breeding period favour vertical and horizontal parasite transmission (Christe et al., 2007).

Moreover, the high temperature of nursery sites, including the heat generated by tight association among individuals in a colony, may favour parasites' reproduction output. Also, during this reproduction period, females experience increased stress levels which may be linked to immunosuppression and an increased degree of parasitism (Tombi and Bilong Bilong, 2004; Šimková et al., 2005). For the present study, 70 specimens of fish, including 27 males and 43 females, were sampled to study the distribution of monogeneans. It appears that the sex ratio is in favour of females, and considering that females were larger than males, their large sizes could accommodate a greater number of parasites (Özer and Öztürk, 2005). In contrast, for Aloo et al. (2004), males tend to harbour more parasites than females in many freshwater fish

species. Khara and Sattari (2014) concluded that few ichthyoparasite species show a preference for host gender.

None of the parasitic species showed a preference for the left or right side of the gill system of *B. kingsleyae*. Several authors have previously obtained such results (Tombi et al., 2010; Soylu et al., 2013; Crafford et al., 2014; Allalqua et al., 2015; Lim et al., 2016). The bilateral symmetry of *B. kingsleyae* gill system observed through the study of the variation of its filament number could explain this result. Otherwise, since the body of all the studied monogenean species exhibits a bilateral symmetry (Birgi, 1988), it is likely that their distribution is equitable through the gill system, which also presents a bilateral symmetry. It also emerges from this study that arch 4, which had the smallest number of gill filaments, harboured the fewest parasites.

The occupation of gill arches by studied monogenean species presented some differences according to species. These results favour the view that monogeneans exhibit various gill occupation patterns. In some instances, parasites more frequently occurred on the first and second gill arches (Rubio-Godoy, 2008; Jerônimo et al., 2013; Tombi et al., 2014). Arches II and III, in other cases, were most parasitised (Allalqua et al., 2015). The strongest water current passing through those gill arches creates convenient conditions for parasite settlement. Bashirullah and Rodriguez (1992) indicated that a greater occurrence of monogeneans on arches I, II and III of *Caranx hippox* (Linnaeus, 1766) is related to the respiratory current over the gills which is greater over the arches I, II and III as opposed to the fourth. Rubio-Godoy and Tinsley (2002) and Rubio-Godoy (2008), have observed a high number of adult *Discocotyle sagittata* (Leukart, 1842) on the first and second gill arches, and a high number of larval stages on the third and fourth arches of the rainbow trout, *O. mykiss*, suggesting that the larval stages invade the gill passively using the respiratory current of these posterior most arches (III and IV) and then developing worms migrate anteriorly to preferred arches.

All the parasitic species were evenly distributed on the two hemibranches of each arch. These results corroborate the findings of Crafford et al. (2014) on the gill monogeneans of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1922), *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 and *Labeobarbus* spp. This agrees with the observation in the present study that; the gill filament number is similar on the two faces of each gill arch of *B. kingsleyae*.

Characidotrema regia and *A. bouixi* were accumulated more on the median sectors (medio-ventral, median and medio-dorsal), concurring Yang et al. (2006), who had reported that *Poeylabris mamaevi* Ogawa and Egusa, 1980, mostly colonised the median sectors of *Siganus fuscescens* (Houttugn, 1782). These results can be justified by the high-water flow that passes through the median zones (Tombi et al., 2017). Also, Tombi et al.

(2010) signalled the presence of a greater number of *D. amieti* on both the median and medio-ventral sectors of *E. camptacanthus*. In addition, all the representatives of *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) component community were preferentially found in the median sector. Other models of monogenean sectoral colonisation have been mentioned. For examples, Tombi et al. (2010) observed an equipartition of gill monogeneans of *E. martorelli* through the five sectors. In *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), *Dactylogyrus crucifer* Wagener, 1857 showed more affinity for the second and fifth sectors (Soylu et al., 2010) while according to Madhi and Belghyti (2006), in *Trachinotus ovatus* (Linnaeus, 1758), sector 5 of the first arch was more parasitised by *Gotocotyla acanthura* (Parona and Perugia, 1896).

The exploitation of the three zones by *C. regia* and *A. bouixi*, which are the most present species, recalls the observations made by Ramasamy et al. (1985) on the teleost fish of the genus *Scomberoïdes* Lacépède, 1801 and indicates that the choice of infestation site by these two monogenean species are density dependant. No individual belonging to *A. combesi*, *A. maillardi* and *A. nyongensis* was found in the distal zone. Some authors explained this behaviour by the small size of the haptor parts of some species, which tend to abandon the distal zone more exposed to ventilatory currents (Nack et al., 2010). In the present work, this hypothesis could not be retained because our observations revealed that, *A. combesi* and *A. maillardi* have the most robust haptor parts, while *C. regia* presents the smallest ones.

Conclusion

The present study provides the first data about the occurrences of *Annulotrema combesi*, *A. maillardi*, *A. nyongensis*, *A. bouixi*, and *Characidotrema regia*, gill monogeneans of *Brycinus kingsleyae* and contributes towards the knowledge of the colonisation of their biotope. There was a correlation between filament number, parasitic load and fish length. Each monogenean species exhibited specific gill arches occupation patterns. All these species were core, but *C. regia* was the most abundant. *Annulotrema bouixi* and *C. regia* parasitised all five sectors and the three filamentous zones. The sex of the host influenced the distribution of the studied component community. Future ecological analysis should include seasonal effects that would allow studying population dynamic differences between the parasitic species examined.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: Ivan Ndongo: Fieldwork, laboratory, data analysis and redaction. Michel Thierry Onana Ngono: Data analysis. Jeannette Tombi: Supervision.

References

- Allalguia, 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 Fom El-Khanga (Souk ahras, Algérie) par les monogènes parasites. Bulletin de la Société Zoologique de France 140:217–232. (in French).
- Aloo, P.A., Anam, R.O., Mwangi, J. 2004. Metazoan parasites of some commercially important fish along the Kenyan Coast. Western Indian Ocean Journal of Marine Science 3:71–78.
- Bashirullah, A.K.M., Rodriguz, J.C. 1992. Spatial distribution and interrelationship of four monogenoidea of jack mackerel, *Caranx hippos* (Carangidae) in the north-east of Venezuela. Acta Cientifica Venezolana 43:125–128.
- Bilong Bilong, C.F., Le Pommelet, E., Silan, P. 1999. The gills of *Hemichromis fasciatus* Peter, 1958 (Teleostei, Cichlidae), a biotope for ectoparasites: structure, heterogeneity and growth models. Ecologie 30:125–130.
- Bilong Bilong, C.F., Njiné, T. 1998. Dynamique de populations de trois monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* Peters, 1958 dans le lac municipal de Yaoundé et intérêt possible en pisciculture intensive. Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, Série Sciences Naturelle et Vie 34:295–303. (in French).
- Bilong Bilong, C.F., Tombi, J. 2004. Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* (Poisson: Cyprinidae) et modèle de croissance. Journal of the Cameroon Academy of Sciences 4:211–218. (In French).
- Birgi, E. 1988. Les monogènes de Characoidea de la zone forestière Camerounaise. Annales de la Faculté de Sciences Biologique et Biochimique 3:59–111. (in French).
- Blahoua, K.G., Yao, S.S., Etilé, R.N., N'Douba, V. 2016. Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. African Journal of Agricultural Research 11:117–129. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10399>
- Boungou, M., Kabre, G.B., Marques, A., Sawadogo, L. 2008. Dynamics of populations of five parasitic monogeneans of *Oreochromis niloticus* Linné, 1757 in the dam of Loumbila and possible interest in intensive pisciculture. Pakistan Journal of Biological Sciences 11:1317–1323. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1317.1323>
- Buchmann, K., Lindstrom, T. 2002. Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. International Journal for Parasitology 32:309–319. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00332-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00332-0)
- 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. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Caltran, H., Silan, P. 1996. Gill filaments of *Liza ramada*, a biotope for ectoparasites: Surface area acquisition using image analysis and growth models. Journal of Fish Biology 49:1267–1279. <https://doi.org/10.1111/j1095-8649.1996.tb01794.x>
- Carvalho, L.N., Del-Claro, K., Takemoto, R.M. 2003. Host-parasite interaction between branchiurans (Crustacea: Argulidae) and piranhas (Osteichthyes: Serrasalminae) in the Pantanal wetland of Brazil. Environmental Biology of Fishes 67:289–296. <https://doi.org/10.1023/A:1025899925545>
- Chaudhary, A., Verma, C., Shobhna, Varma, M., Singh, H.S. 2013. A review of Monogenean diversity in India: Pathogens of fish diseases. Journal of Coastal Life 1:151–168.
- Christe, P., Glaiot, O., Evanno, N.B., Devevey, G., Yannic, G., Patthey, P., Maeder, A., Vogel, P., Artettaz, R. 2007. Host sex and ectoparasites choice: preference for, and higher survival on female hosts. Journal



- of Animal Ecology 76:703–710. <https://doi.org/10.1111/j1365-2656.2007.01255.x>
- 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 Parasitologica* 59:485–492. <https://doi.org/10.2478/s11686-014-0271-x>
- Daghigh, R.J., Sattari, M., Nezamabadi, H., Ghorbanpour, N. 2014. Occurrence and intensity of parasites in Prussian carp, *Carassius gibelio* from Anzali wetland, Southwest Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 13:276–288.
- Debortoli, J.A., Lacerda, A.C.F., Lisboa, T.R., Martins, M.L. 2016. Preference for microhabitat by Monogenea on the gills of the south american catfish *Rhamdia quelen* at different stocking densities under laboratory conditions. *Helminthologia* 53:55–61. <https://doi.org/10.1515/helmin-2015-0067>
- Ergens, R. 1983. A survey of the results of studies on *Gyrodactylus Katharineri* Malmberg, 1964 (Gyrodactylidae: Monogenea). *Folia Parasitologica* 30:319–327.
- Euzet, L., Combes, C. 1998. The selection of habitats among the monogenea. *International Journal for Parasitology* 28:1645–1652. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(98\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00062-9)
- Hughes, G.M. 1972. Morphometrics of fish gills. *Respiration Physiology* 14:1–25. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(72\)90014-X](https://doi.org/10.1016/0034-5687(72)90014-X)
- Ibrahim, M.M. 2012. Variation in parasite infracommunities of *Tilapia zillii* in relation to some biotic and abiotic factors. *International Journal of Zoological Research* 8:59–70. <https://doi.org/10.3923/ijzr.2012.59.70>
- Jerônimo, G.T., Gonçalves, E.L.T., Bampi, D., Paseto, Á., Pádua, S.B., Ishikawa, M.M., Martins, L.M. 2013. Microhabitat of monogenea and copepodids of *Lernaea cyprinacea* on the gills of four Brazilian freshwater fish. *Neotropical Helminthology* 7:65–74.
- Kadlec, D., Šimková, A., Gelnar, M. 2003. The microhabitat distribution of two *Dactylogyrus* species parasitizing the gills of the barbell, *Barbus barbus*. *Journal of Helminthology* 77:317–325. <https://doi.org/10.1079/JOH2003183>
- Khara, H., Sattari, M. 2014. Occurrence and intensity of parasites in Wels catfish, *Silurus glanis* L. 1758 from Amirkelayeh wetland, southwest of the Caspian Sea. *Journal of Parasitic Diseases* 14:591–598. <https://doi.org/10.1007/s12639-014-0591-7>
- Koskivaara, M., Valtonen, E.T. 1992. *Dactylogyrus* (Monogenea) communities on the gills of roach in three lakes in Central Finland. *Parasitologia* 104:263–272. <https://doi.org/10.1017/S0031182000061709>
- Kritsky, D.C., Boeger, W.A., Popazoglo, F. 1995. Neotropical Monogenoidea. 22. Variation in *Scleroductus* species (Gyrodactylidae, Gyrodactylidae) from siluriform fishes of Southeastern Brazil. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 62:53–56.
- Le Roux, L.E., Avenant-Oldewage, A., Walt Van Der, F.C. 2011. Aspects of the ecology of *Cichlidogyrus philander* collected from *Pseudocrenilabrus philander philander* from the Padda Dam, Gauteng, South Africa. *African Zoology* 46:103–116. <https://doi.org/10.1080/15627020.2011.11407484>
- Lim, S.Y., Ooi, A.L., Wong, W.L. 2016. Gill monogeneans of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia: infection dynamics and spatial distribution. *Springer Plus* 5:1609. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3266-2>
- Lizama, M., De Los, A.P., Takemoto, R.M., Pavanelli, G.C. 2005. Influence of host sex and age on infracommunities of metazoan parasites of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the upper Paraná River Floodplain, Brazil. *Parasite* 12:299–304. <https://doi.org/10.1051/parasite/20051242999>
- Madhi, Y.E., Belghyti, D. 2006. Répartition branchiale des monogènes *Gotocotyla acanthura* et *Pyragraphorus hollisae* parente du Pompano *Trachinotus ovatus* (Pisces; Carangidae) de la côte de Medhia (Maroc). *Agronomie Africaine* 18:117–124. <http://doi.org/10.4314/aga.v18i2.1685> (in French).
- Morand, S., Poulin, R., Rohde, K., Hayward, C. 1999. Aggregation and species coexistence of ectoparasites of marine Fishes. *International Journal for Parasitology* 29:663–672. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(99\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(99)00029-6)
- Moyle, P.B., Cech, Jr. 2004. *Fishes, an introduction to ichthyology*. Prentice Hall, USA. 720 pp.
- Nack, J., Tombi J. Bitja Nyom A., Bilong Bilong CF. 2010. Sites de fixation de deux monogènes Dactylogryidea parasites branchiaux de *Clarias camerunensis*: évidence sur le mode d'infestation par les Monopisthocotylea. *Journal of Applied Biosciences* 33:2076–2083. <http://doi.org/10.1051/parasite/2005123213> (in French).
- Nack, J., Bilong Bilong, C.F. 2007. Biotope des ectoparasites branchiaux de *Clarias camerunensis* Lonnberg, 1895 (Pisces Clariidae): modèle de croissance de l'aire colonisable. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences* 7:11–16. (in French).
- Özer, A., Öztürk, T. 2005. *Dactylogyrus cornus* Linstow, 1878 (Monogenea) infestations on vimba (*Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840)) caught in the Sinop region of Turkey in relation to the host factors. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29:1119–1123.
- Poulin, R. 2002. The evolution of monogenean diversity. *International Journal for Parasitology* 32:245–254. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00329-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00329-0)
- Ramasamy P., Ramalingam MK, Hanna R.E. B., Halton D. W. 1985. Microhabitat of gill parasites (Monogenea and Copepoda) of teleosts (*Scomberoides* spp.). *International Journal for Parasitology* 15:385–397. [http://doi.org/10.1016/0020-7519\(85\)900023-2](http://doi.org/10.1016/0020-7519(85)900023-2)
- Raymond, M.N.K., Chapman, L.L., Lanciani, R.A. 2006. Host, macrohabitat, and microhabitat specificity in the gill parasite *Afroditoplozon polycotyleus* (Monogenea). *Journal of Parasitology* 92:1211–1217. <https://doi.org/10.1645/GE-61R.1>
- Rohde, K. 1994. Niche restriction in parasites: proximal and ultimate causes. *Parasitology* 109(S1): S69–S84. <https://doi.org/10.1017/S0031182000085097>
- Ross, G.J.S. 1970. The efficient use of function minimization in non-linear maximum likelihood estimation. *Journal of the Royal Statistical Society* 19:205–221. <https://doi.org/10.2307/2346325>
- Rubio-Godoy, M. 2008. Microhabitat selection of *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea) in farmed rainbow trout. *Folia Parasitologica* 55:270–276. <https://doi.org/10.14411/fp.2008.035>
- Rubio-Godoy, M., Tinsley, R.C. 2002. Trickle and single infection with *Discocotyle sagittata* (Monogenea: Polyopisthocotylea): effect of exposure mode on parasite abundance and development. *Folia Parasitologica* 49:269–278. <https://doi.org/10.14411/fp.2002.051>
- Šimková, A., Jarkovský, J., Koubková, B., Baruš V., Prokeš, M. 2005. Associations between fish reproductive cycle and the dynamics of metazoan parasite infection. *Parasitology Research* 95:65–72. <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1261-y>
- Simkova, A., Verneau, O., Gelnar, M., Morand, S. 2006. Specificity and specialization of congeneric Monogenans parasiting Cyprinid. *Evolution* 60:1023–1037. <https://doi.org/10.1111/j0014-3820.2006.tb01180.x>
- Soler-Jimenez, L.C., Fajer-Ávila, E.J. 2012. The microecology of Dactylogyrids (Monogenea: Dactylogyridae) on the gills of wild spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Lutjanidae) from Mazatlan Bay, Mexico. *Folia Parasitologica* 59:53–58. <https://doi.org/10.14411/fp.2012.008>

- Soylü, E., Özese, S.C., Erdogan, F., Erdogan, M., Tektas, N. 2013. Microhabitat Distribution of *Pseudodactylogyrus anguillae* (Monogenea), *Ergasilus gibbus* and *Ergasilus lazae* (Copepoda) on the gills of European eels (*Anguilla anguilla*, L.). *Acta Zoologica Bulgarica* 65:251–257.
- Tavares, L.E., Luque, J. 2008. Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brazil. *Journal of Parasitology* 94:985–989. <https://doi.org/10.1645/GE-1460.1>
- 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 Modern Biological Research* 2:16–23.
- 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. <https://doi.org/10.10.19182/remvt.9909>
- Tombi, J., Bilong Bilong, C.F., Morand, S. 2011. Gill ectoparasites of *Barbus martorelli* (Teleostean: Cyprinidae) from tropical watercourse (Cameroon, Africa) conflict or coexistence. *Parasite* 18:71–78. <https://doi.org/10.1051/parasite/2011181071>
- 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* 5:1662–1669.
- Tombi, J., Sandje Bwame, A.S., Akoumba, J.F., Bilong Bilong, C.F. 2016a. Ecology of three monogenean ectoparasites of *Barbus camptacanthus* (Teleostei: Cyprinid) from the Koukoum River. Cameroon. *Journal of Applied Biosciences* 110:9661–9668. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v10i11.6>
- Tombi, J., Sandje Bwame, A.S., Akoumba, J.F., Bilong Bilong, C.F. 2016b. Variation du nombre de filaments et leur importance dans l'hétérogénéité du système branchial de *Barbus camptacanthus* Bleeker, 1863. *Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences* 24:36–40. (in French).
- 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. <https://doi.org/10.1139/f96-306>
- Violante-Gonzales, J.A., Roja-Herrera, Aguirre-Macedo, M. 2008. Seasonal patterns in metazoan parasite community (Copepoda) on the Gills of the fat sleeper *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae) from Tres Palos Lagoon, Guerrero, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 56:1419–1427. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.5719>
- Wilson, K., Grenfell, B.T., Shaw, D.J. 1996. Analysis of aggregated parasite distributions: a comparison of methods. *Functional Ecology* 10:592–601. <https://doi.org/10.12307/2390169>
- Yang T., Liu J., Gibson D.I., Dang A. 2006. Spatial distribution of two species of monogeneans on the gills of *Siganus fusciceps* (Houttuyn, 1782) and their seasonal dynamics in caged versus wild-caught hosts. *Journal of Parasitology* 92:933–940. <http://doi.org/10.1645/GE-796R1.1>



Two New Species of *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) Gill Parasites of *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849 from Nyong River, Cameroon

Ivan Ndongo¹ · John Francis Akoumba¹ · Jeannette Tombi¹ · Serge Morand² · Abraham Fomena¹

Received: 30 July 2022 / Accepted: 23 November 2022

© The Author(s) under exclusive licence to Witold Stefański Institute of Parasitology, Polish Academy of Sciences 2023

Abstract

Purpose Research on gill monogeneans of Characiform has made it possible to find two new species belonging to the genus *Annulotrema*. The purpose of this paper is to carry out their morphological description.

Methods Specimens of *Brycinus macrolepidotus* were captured in the Nyong River at Akonolinga. Each monogenean was mounted between slide and cover slip in a drop of glycerin ammonium picrate mixture. The sclerotized parts of their haptor and reproductive organs were then drawn and measured.

Results Two new species of *Annulotrema* were described. *Annulotrema ngombiensis* n. sp. is morphologically close to *Annulotrema tenuicirra* Paperna, 1973 and *Annulotrema pikei* Price, Peebles and Bamford, 1969. However, the new species differs from these other two mainly by the characteristic well-marked terminal cap and the tubiform prostatic reservoir of the accessory part of its MCO, as well as by its dorsal bar with a characteristic triangular piece in the middle of the fork and its ventral bar without filaments. *Annulotrema nkengfacki* n. sp. is distinguished from all other species previously described as well as from its closest congeners, *Annulotrema helicocirra* Paperna, 1973 and *Annulotrema bouixi* Birgi, 1988 by the structure of its MCO whose accessory part is composed of a trapezoid structure surmounted by another which is forked-shaped and by its arched-shaped ventral bar with an inner lining.

Conclusion *Brycinus macrolepidotus* from Cameroon can harbour two species of *Annulotrema*, both described in the current study. This result contributes to the knowledge of the species diversity of this genus in the Nyong Basin.

Keywords Alestidae · *Annulotrema ngombiensis* n. sp. · *Annulotrema nkengfacki* n. sp. · Platyhelminthes · Nyong basin

Introduction

Monogenea Carus, 1863, is one of the most species-rich classes of fish parasites, which are commonly found on gills and skin [1]. They are generally host specific; one species of parasite occurs in a single species or closely related species of hosts [2]. Although research on monogeneans biodiversity has intensified recently in Africa, there are indices that this taxon remains underestimated. African tetras are known to harbour three genera of monogeneans of which,

Annulotrema Paperna and Thurston, 1969, is the most species-rich, and exclusively parasitizes host belonging to the families Characidae, Hepsetidae and Distichodontidae [3–14]. The first studies relating to the monogeneans of African tetras in Cameroon (Table 1) are those made by Birgi [9, 15]. Since then, systematic research has led to the description of several new species of monogeneans on various fish hosts in Cameroon [16–23]. Despite this intense sampling efforts, no monogeneans were collected from the gills of *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849, which is one of the common fish species, widely distributed in the southern Cameroon waters. However, studies conducted elsewhere on the monogeneans of this fish species have described *Annulotrema alberti* Paperna, 1973, *Annulotrema longipinnis*, Paperna, 1973, *Annulotrema tenuicirra* Paperna, 1973, *Annulotrema elongata* Paperna, 1969 (re described by Kičinjaová *et al.* [13], *Annulotrema alestesnursi* Paperna,

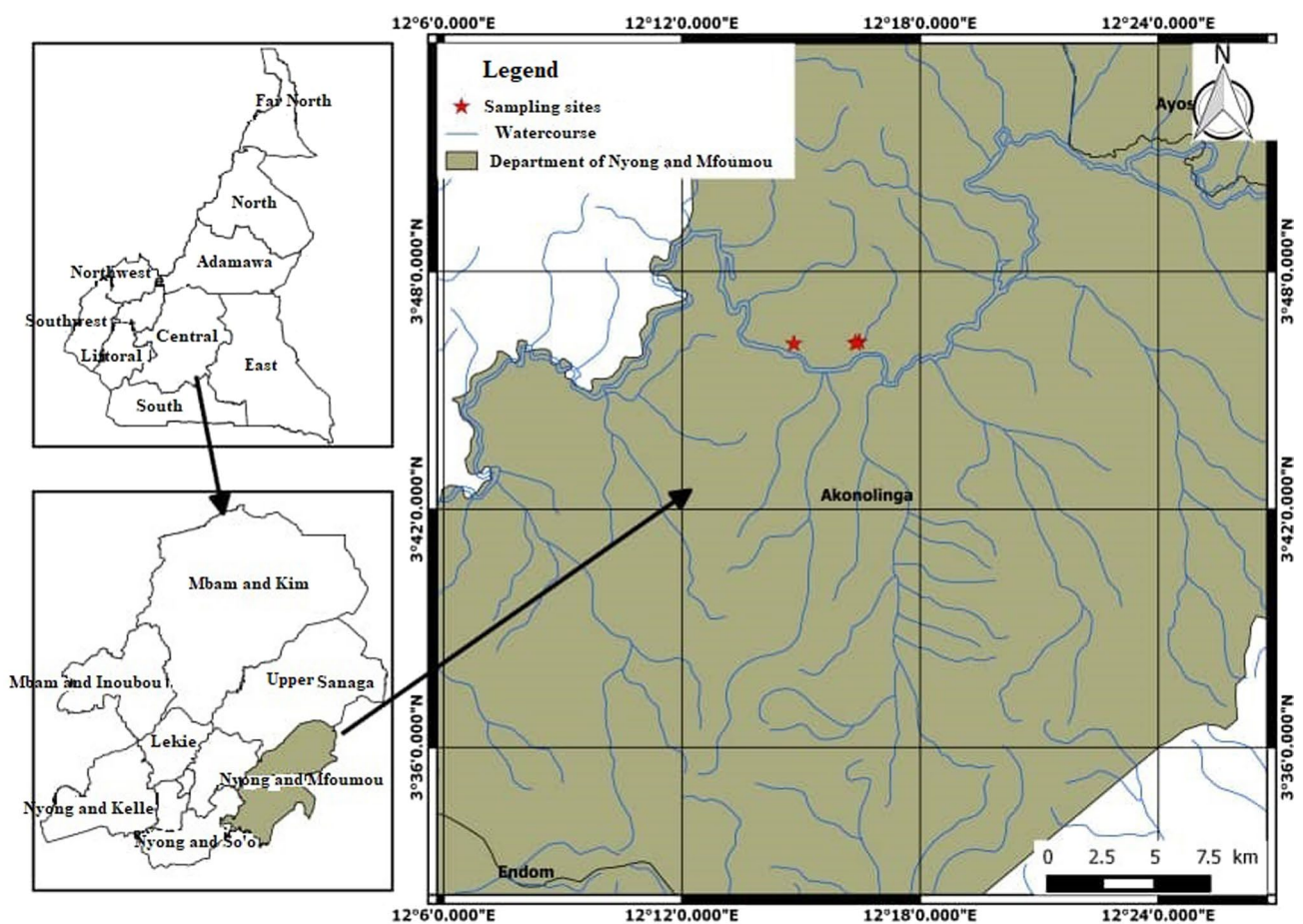
✉ Jeannette Tombi
tombijeannette2007@yahoo.fr

¹ Faculty of Science, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

² Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

Table 1 The list of all the *Annulotrema* species (host, locality, authors and year) recorded by Birgi (1987, 1988) in Cameroon

| <i>Annulotrema</i> species | Host | Locality | Author and year |
|----------------------------|--|---|----------------------------|
| <i>A. combesi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. nyongensis</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. gabrioni</i> | <i>Phenacogrammus major</i> Boulenger, 1903 and <i>Hemigrammopetersius pulcher</i> Boulenger, 1909 | Sangmelima (Dja Basin) and Yaoundé (Nyong Basin) | Birgi, 1988 |
| <i>A. amieti</i> | <i>Phenacogrammus major</i> Boulenger, 1903 and <i>Hemigrammopetersius pulcher</i> Boulenger, 1909 | Sangmelima (Dja Basin) and Yaoundé (Nyong Basin) | Birgi, 1988 |
| <i>A. bouixi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. edeensis</i> | <i>Micralestes</i> sp | Somakek: Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. kribiensis</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko: Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. lamberti</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko: Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. maillardi</i> | <i>Brycinus kingsleyae</i> Günther, 1986 | Ebogo: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. moanko</i> | <i>Brycinus longipinnis</i> Günther, 1864 | Moanko: Sanaga | Birgi, 1988 |
| <i>A. sangmelinensis</i> | <i>Micralestes humilis</i> Boulenger, 1899 | Sangmelima: Dja Basin | Birgi, 1988 |
| <i>A. nannoethiopsis</i> | <i>Nannoethiopsis unitoeniatus</i> Günther, 1872 | Nkolya: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. bilongi</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll and Goss, 1963 | Nkolya: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. endjami</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll and Goss, 1963 | Nkolya: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. fomenai</i> | <i>Neolebias trewavasae</i> Poll and Goss, 1963 | Nkolya: Nyong River | Birgi, 1988 |
| <i>A. hepseti</i> | <i>Hepsetus odoe</i> Block, 1794 | Nyong River | Paperna and Thurston, 1969 |

**Fig. 1** Map of Nyong River with sampling localities

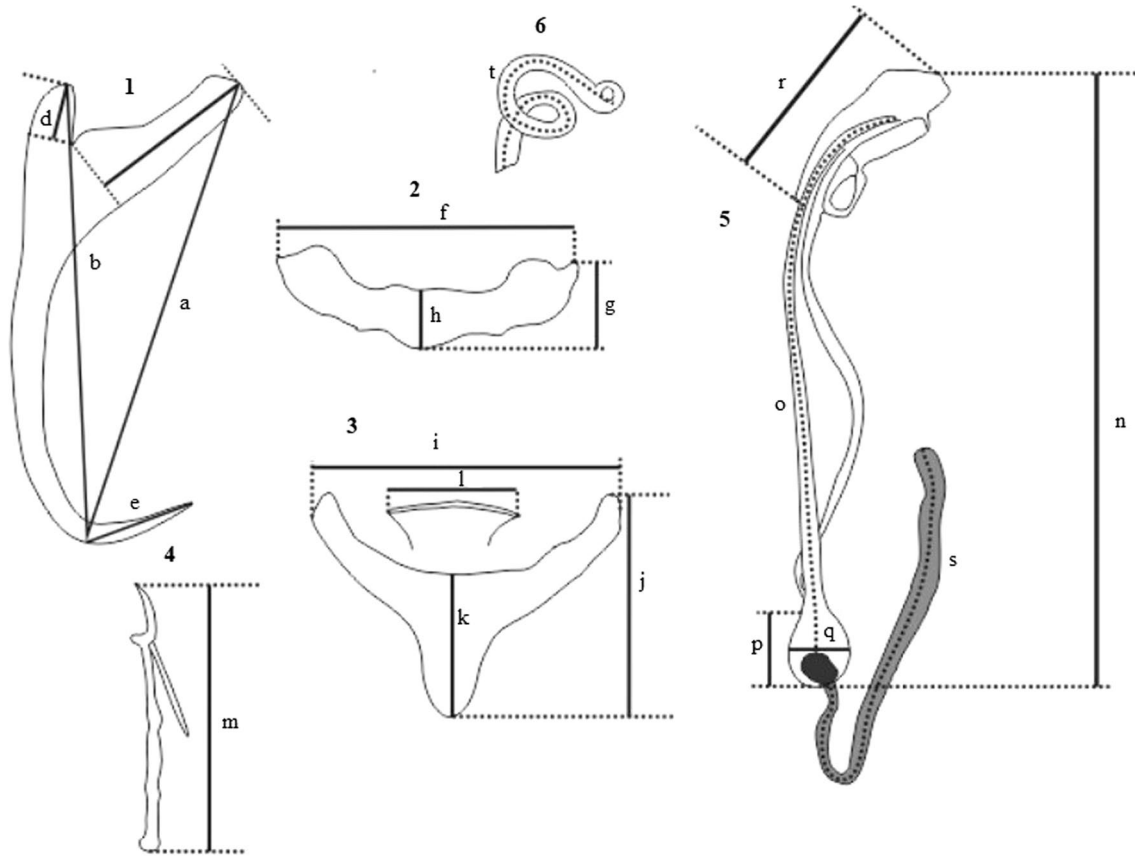


Fig. 2 General scheme of measurements for sclerotized parts of haptor and reproductive organs (1) anchor: **a** inner length, **b** outer length, **c** inner root length, **d** outer root length, **e** point length; (2) ventral bar: **f** total length, **g** total width, **h** median width; (3) dorsal bar: **i** total

length, **j** total width, **k** median width, **l** length of median sclerotized part; (4) marginal hooks: **m** total length; (5) MCO: **n** total length, **o** tube trace length, **p** basal length, **q** basal width, **r** cap length, **s** tube trace length of prostatic reservoir; (6) vagina: **t** tube trace length

1973 (re-described by Kičinjaová *et al.* [13], and *Annulotrema helicocirra* Paperna, 1973.

Research work on the Characiform populations from the Nyong River in Akonolinga has made it possible to undertake an inventory of the monogeneans of the hosts collected. This study led to finding of two species belonging to the genus *Annulotrema* and provides the first evidence for monogenean species on the gills of *B. macrolepidotus* in Cameroon. The purpose of this paper is to carry out the morphological description of both species.

Materials and Methods

A total of 32 specimens of *Brycinus macrolepidotus*, 70–180 mm standard length were caught with gillnets in the Nyong River (Akonolinga, centre Cameroon) on February 2019 at three localities: main bridge (3°46' 10.53''N; 12°14' 49.062 E), Melan (3°46' 11.424''N; 12°16' 22.236''E) and Sombo (3°46' 13.548''N; 12°16' 27.612''E) (Fig. 1). The

captured fish were kept in icebox with ice inside and then, transported to the Laboratory of Parasitology and Ecology of the University of Yaoundé I where they were transferred to the freezer until they were examined for monogeneans.

During examination, the gills from both sides were removed and isolated in Petri dishes containing tap water. Under a stereomicroscope, each monogenean was dislodged from the gill lamellae with fine needle and mounted between slide and coverslip in a drop of glycerin ammonium picrate mixture (GAP) [24]. Two days later, cover-slips were sealed with nail varnish and observations were made using the Yvymen optical microscope with an integrated camera. Identification of monogeneans was based on the morphology and size of the sclerotized parts of the haptor and the copulatory complex. Scheme measurements (Fig. 2) were made according to Kičinjaová *et al.* [13] and Gussev [25]. The nomenclature adopted at ICOPA IV [26] was used to distinguish the seven pairs of marginal hooks (in Roman numerals). Drawings of the sclerotized parts were made using the Corel Draw X4 software (Version 14. 0.0.701;

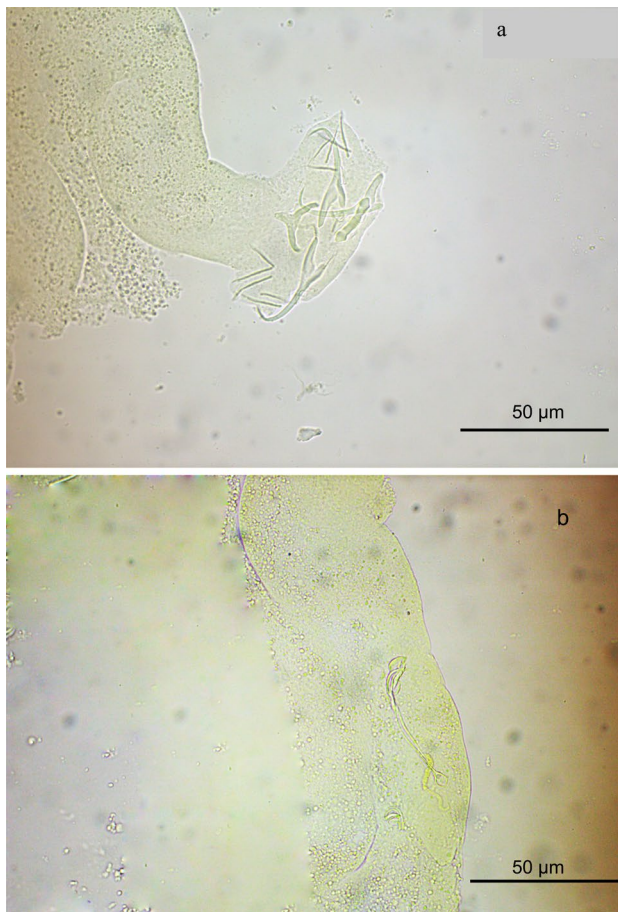


Fig. 3 Photographs of sclerotized parts of *A. ngombiensis* n. sp.: **a** haptor, **b** reproductive organ

Corel Corporation). The various measurements are given in micrometres (μm) and presented as follows: average \pm standard deviation (minimum value-maximum value). Holotypes and paratypes were deposited in the Helminthological collection of the Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France (MNHN). The remaining specimens have been kept in the collection of Laboratory of Parasitology and Ecology, University of Yaoundé I, Cameroon.

Results

The two monogeneans species collected from the gills of the 32 specimens of *B. macrolepidotus* examined all comply with the description of members of *Annulotrema* by having the following characteristics: haptor armed with four anchors (the inner and the outer roots generally form a U on the ventral anchors and a V on the dorsal ones) [4, 9], two bars with or without filaments and 14 marginal hooks [3]. Male copulatory organ with an accessory piece and one or two

prostatic reservoirs [9]. Vagina in the lateral position [3, 7]. Gill parasites of African characids (Characiform).

Annulotrema ngombiensis n. sp.

Type Host: *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849.

Infection site: Gills.

Type locality: Akonolinga-Centre near the Nyong Bridge ($3^{\circ}46' 10.53''\text{N}$; $12^{\circ}14' 49.062\text{E}$) Others localities: Sombo ($3^{\circ}46' 13.548''\text{N}$; $12^{\circ}16' 27.612''\text{E}$) and Melan ($3^{\circ}46' 11.424''\text{N}$; $12^{\circ}16' 22.236''\text{E}$).

Specimens studied: 40 individuals mounted in Malmberg's solution.

Type specimens: Holotype: **MNHN HEL 1646** and Paratypes: **MNHN HEL 1647–1648** deposited at the Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).

Etymology: The name of this species is inspired by that of a small village called Ngombi located in the district of Akonolinga where we had fortuitously captured its host for the first time.

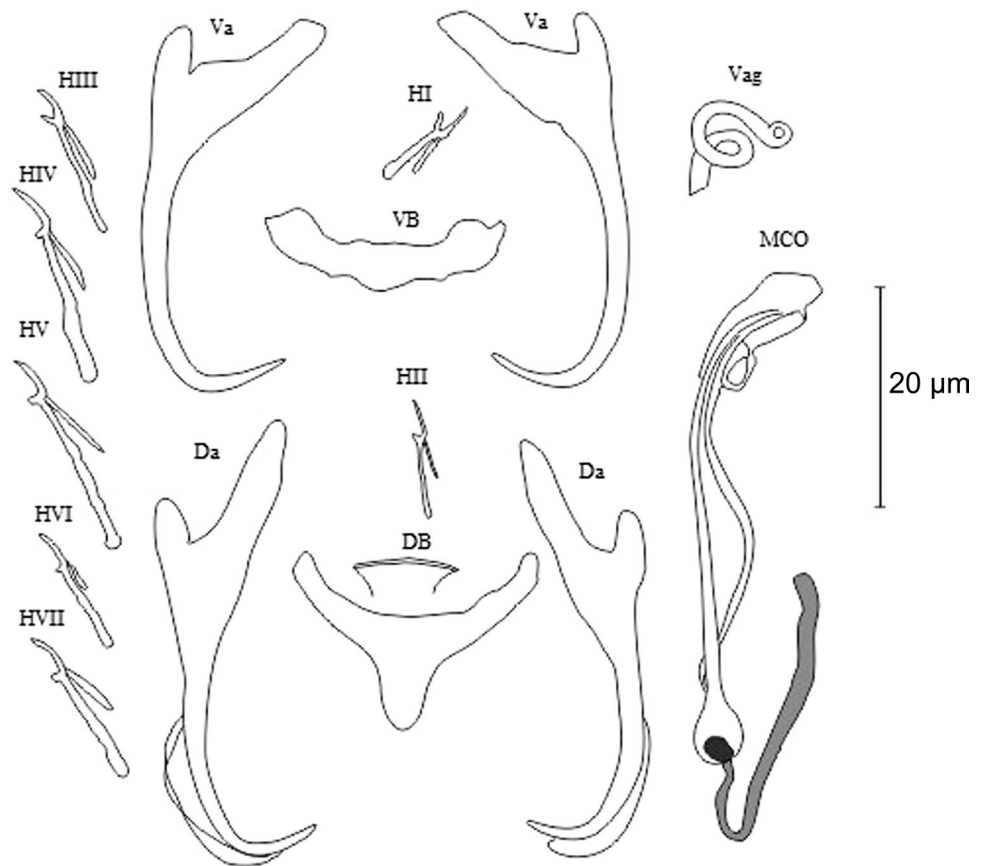
Prevalence: 87.5% (28 infested hosts).

Description (Figs. 3, 4).

Body length haptor included 533 ± 85 (314–790), width 49 ± 9 (24–69) at the level of the pharynx and 66 ± 13.4 (49–86) at the level of the ovaries. Ventral anchor, with inner root robust and approximately three times longer than the outer root, blade straight in its middle part, and ends by a short point; inner length = 37 ± 1.9 (34–41), outer length = 35 ± 2.0 (30–39), inner root length = 12 ± 1.7 (7–16), outer root length = 4 ± 0.9 (3–7) and point length = 8 ± 0.8 (6–10). Dorsal anchor less robust than the ventral one, inner root with a bump at its median part and incurved at its terminal part; outer root reduced, blade small incurved ends with a short point: inner length = 42 ± 2.3 (36–46); outer length = 35 ± 2.3 (30–43); inner root length = 15 ± 2.2 (5–18); outer root length = 5 ± 0.9 (3–7) and point length = 7 ± 0.7 (5–9). Ventral bar arched and slightly bulging at its extremities: total length = 24 ± 1.9 (20–27), total width = 6 ± 0.9 (5–9) and median width = 4 ± 0.8 (3–7). Dorsal bar forked with two branches almost equal and sinuous, small triangular piece in the middle of the fork: total length = 23 ± 1.5 (20–28), total width = 16 ± 2.4 (10–21); median piece length = 9 ± 2.2 (7–11) and median width = 10 ± 1.3 (6–12). Marginal hooks 7 pairs with filament; and dissimilar in size, marginal hook lengths: Pair I = 12 ± 1.5 (9–15); Pair II = 13 ± 1.5 (10–17); Pair III = 16 ± 2.5 (12–24); Pair IV = 18 ± 2.0 (13–22); Pair V = 21 ± 0.6 (17–25); Pair VI = 20 ± 2.1 (15–25); Pair VII = 17 ± 0.4 (13–21).

The male copulatory organ, with a long tubular prostatic reservoir, starts with piriform base following by an elongated accessory piece and ends by a cap which embraces the terminal part of copulatory tube: total length 48 ± 6.7 (34–60); tube trace length 62 ± 6.1 (45–71); base length 7 ± 0.9 (5–8); base width 5 ± 0.6 (4–6); cap length 18 ± 2.8

Fig. 4 Drawings of sclerotized parts of *A. ngombiensis* n. sp.: *Va* ventral anchor, *Da* dorsal anchor, *VB* ventral bar, *DB* dorsal bar, *HI–HVII* marginal hooks (pairs I–VII), *Vag* vagina, *MCO* male copulatory organ



(11–23) and prostatic reservoir tube trace length 35 ± 6.0 (26–49). The vagina tubiform and sinuous forms a number 6 knot to third length and ends with an opening at one extremity; tube trace length 26 ± 3.6 (21–33).

Remarks

Annulotrema ngombiensis n. sp. has some similarities with *A. tenuicirra* drawn by Paperna [5] and redrawn by Christison [27] in having forked dorsal bar, MCO with a visible prostatic reservoir attached to its basal part, elongated copulatory tube, elongated accessory piece whose terminal part forms a spatula or a cap which embraces the distal part of the copulatory tube and same sizes of their ventral and dorsal anchors (34–41 vs 32–35 and 36–46 vs 35–37, respectively). However, *A. ngombiensis* n. sp. has dorsal bar with round base, ventral bar forming a well-marked V, dorsal anchor with a short point, whereas *A. tenuicirra* presents dorsal bar with triangular base, linear ventral bar and dorsal anchor with very curved point. Also, in *A. ngombiensis* n. sp., the terminal part of the copulatory tube remains inside the spatula; the prostatic reservoir is tubiform while in *A. tenuicirra*, the terminal part of the copulatory tube comes out of the spatula and the prostatic reservoir clearly visible forms a small oval mass attached to the base of the MCO.

Annulotrema ngombiensis n. sp. and *A. elongata* have an elongated MCO with an accessory piece that runs up the copulatory tube and ends in a tip. Moreover, the dorsal bar in both species forms a fork with two branches of almost equal length. Despite these similarities, the accessory piece of *A. ngombiensis* n. sp. forms a well-marked cap in its distal part while that of *A. elongata* becomes thinner; the ventral bar of *A. elongata* has posterior extensions and saddle-like while that of *A. ngombiensis* n. sp. does not have any but is thin and U-shaped; the size of ventral and dorsal anchors is higher in *A. elongata* than in *A. ngombiensis* n. sp. (34–41 vs 45–49 and 36–46 vs 48–54, respectively).

Annulotrema ngombiensis n. sp. can be classified in the same morpho-group as *A. pikei* parasite of *Hydrocynus forskahlii* and the two species share the same shape of the elongated MCO with a pear-shaped base and an elongated accessory piece which ends in a cap that surmounts the terminal part, although this cap is wider in *A. ngombiensis* n. sp. In addition, the dorsal bar of each species is forked with a thin median piece and their ventral and dorsal anchors have similar sizes (34–41 vs 36–43 and 36–46 vs 35–43, respectively). Nonetheless, the fork formed by the dorsal bar is less marked in *A. pikei* and the branches less developed than in *A. ngombiensis* n. sp. The ventral bar of *A. pikei* has posterior extensions in the original description [6]

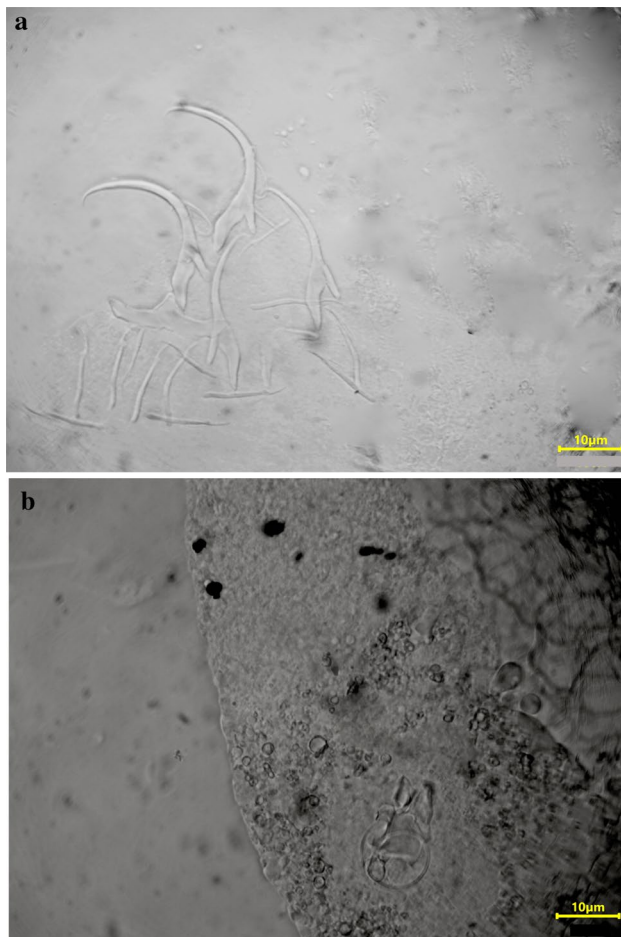


Fig. 5 Photographs of sclerotized parts of *A. nkengfacki* n. sp.: **a** haptor, **b** reproductive organ

and in the re-description of the sclerotized parts made by Řehulková *et al.* [3]. This bar seems to form a saddle composed of several joined pieces in *A. pikei* while it appears single and concave in *A. ngombiensis* n. sp. The accessory piece of *A. pikei* begins at the level of the copulatory tube and extends all along the latter, whereas in *A. ngombiensis* n. sp., this piece starts at the level of the basal part of the male copulatory organ, outlines the copulatory tube before to ascend. It is important to note that the samples provided for the re-description of *A. pikei* are not of good quality and as reported by Řehulková *et al.* [3]; this species requires a re-description on better quality samples. Despite these drawbacks, we cannot consider the species *A. ngombiensis* n. sp. as a synonym of *A. pikei*.

Annulotrema nkengfacki n. sp.

Type host: *Brycinus macrolepidotus* Valenciennes, 1849.

Infection site: Gills.

Type locality: Akonolinga-Centre near the Nyong Bridge (3°46' 10.53''N; 12°14' 49.062'E). Others localities: Sombo

(3°46' 13.548''N; 12°16' 27.612''E) and Melan (3°46' 11.424''N; 12°16' 22.236''E).

Specimens studied: 15 individuals mounted in Malmberg's solution.

Type specimens: Holotype: **MNHN HEL 1649** and Paratypes: **MNHN HEL 1650–1651** deposited at the Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).

Etymology: This species was named in honour of Professor Nkengfack Augustin Ephrem, Head of Department of Organic Chemistry of the University of Yaoundé I.

Prevalence: 50% (16 infested hosts).

Description (Figs. 5, 6).

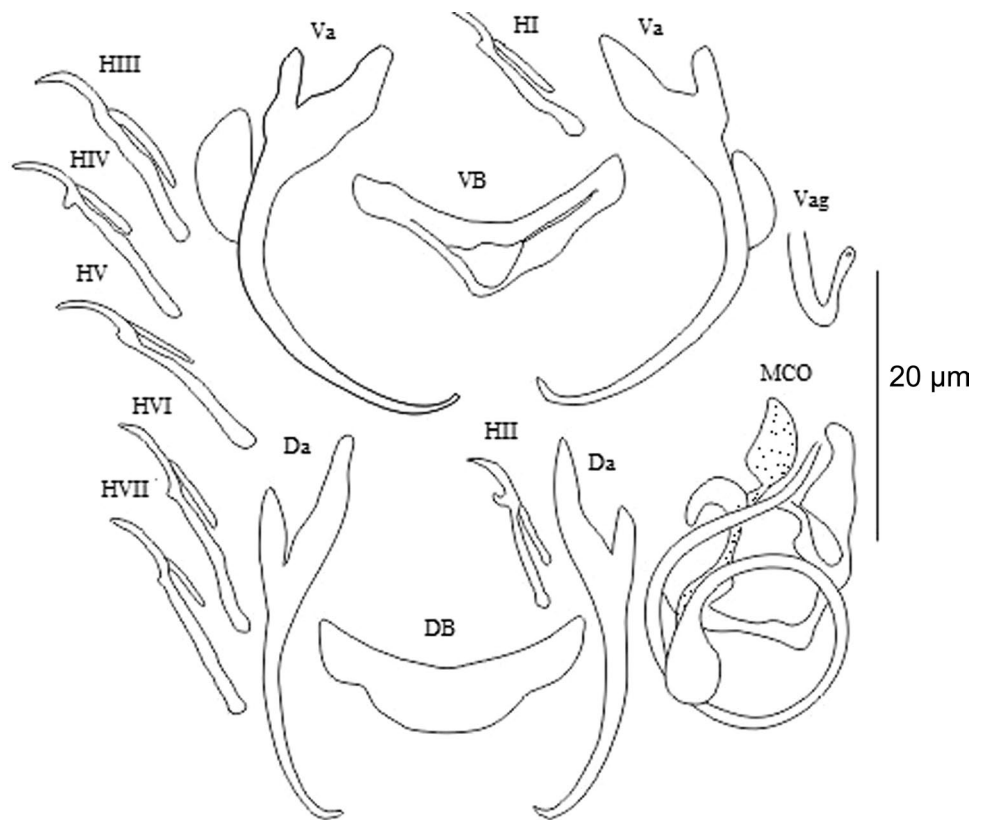
The total body length haptor included 303 ± 50.6 (232–426), width 42 ± 8.6 (27–57) at the level of the pharynx; 68 ± 15.7 (36–96) at the level of the ovaries. Ventral anchor with robust inner root, approximately two times as long as outer root with which it forms an angle of approximately 90°, blade well arched ends with a curved point: inner length = 30 ± 1.6 (28–32); outer length = 29 ± 1.0 (28–31); inner root length = 10 ± 1.0 (8–12); outer root length = 5 ± 1.0 (3–7) and point length = 3 ± 0.6 (2–4). Dorsal anchor little less robust than ventral anchor, inner root twice as long as the outer root with which it forms a more or less acute angle, blade fine and ends with very short point: inner length = 31 ± 1.9 (28–35); outer length = 26 ± 2.2 (24–30), inner root length = 11 ± 1.5 (9–14); outer root length = 5 ± 1.0 (4–7) and point length = 2 ± 0.3 (2–3). Ventral bar V-shaped, with one of the branches more robust and slightly curvy, middle part with trapezoidal structure with an extension on each end of its large base: total length = 17 ± 3.0 (13–20); total width = 9 ± 1.4 (7–12) and median width = 5 ± 1.1 (3–7). Dorsal bar arched in its lower part with ends depressed in a cup: total length = 20 ± 1.2 (18–22); total width = 8 ± 1.9 (6–12) and median width = 4 ± 0.8 (3–5). Marginal hooks 7 pairs with filament and dissimilar in size: Pair I = 12 ± 1.3 (9–14); Pair II = 11 ± 0.8 (10–13); Pair III = 18 ± 0.8 (17–20); Pair IV = 17 ± 1.5 (15–20); Pair V = 17 ± 0.9 (15–19); Pair VI = 16 ± 1.0 (14–18); Pair VII = 15 ± 1.5 (13–18).

Male copulatory organ with ovoid basal piece, following by a tubular penis which forms one turn in clockwise, accessory piece complex with lower part trapezoid and surmounted by a fork in which the copulatory tube slides: total length = 21 ± 2.0 (16–24); tube trace length = 56 ± 10.1 (36–69); base length = 5 ± 0.4 (4–6) and base width = 4 ± 0.5 (3–5). The vagina sclerotized tubiform with a small opening at its terminal end: tube trace length = 6 ± 3.0 (5–7).

Remarks

Annulotrema nkengfacki n. sp., from the morphological point of view presents similarities with *A. helicocirra* in having arched ventral bar, ventral anchor with the blade

Fig. 6 Drawings of sclerotized parts of *A. nkengfacki* n. sp.: *Va* ventral anchor, *Da* dorsal anchor, *VB* ventral bar, *DB* dorsal bar, *HI–HVII* marginal hooks (pairs I–VII), *Vag* vagina, *MCO* male copulatory organ



well-curved and similar sizes (28–32 vs 32–37) spirally coiled MCO. Nonetheless, the dorsal bar which is filiform in *A. helicocirra* with a triangular piece attached to the base is rather curved in *A. nkengfacki* n. sp.; MCO in the species being described presents one turn of spire when there are two in *A. helicocirra*. Although having morphological similarities and exploiting the same host, the differences observed in *A. nkengfacki* n. sp. and *A. helicocirra* lead to separate them clearly.

Annulotrema nkengfacki n. sp. is also similar to *A. bouixi* in sharing the same morphology of the MCO with the tube which describes a loop and an accessory piece that forms a blade into which the end of the copulatory tube penetrates. As with *A. nkengfacki* n. sp., the ventral and dorsal bars of *A. bouixi* form a V which is wider in the dorsal bar. Moreover, the sizes of the ventral and dorsal anchors are similar in both species (28–32 vs 24–32 and 28–35 vs 30–32, respectively). Despite these similarities, the accessory piece of the male copulatory organ in *A. bouixi* starts at the level of the base and forms a characteristic terminal hook while that of *A. nkengfacki* n. sp. begins at the level of the copulatory tube and ends in an opening which frames the terminal part of the copulatory tube of the MCO; the ventral bar forms a V in both species, but in *A. bouixi* the base of the V is distinguished by a characteristic T-shaped expansion which has not been observed in *A. nkengfacki* n. sp. Note that, our work on *B. kingsleyae* monogeneans (In press) allowed us to have

several samples of *A. bouixi* and thus, to confirm the separation with *A. nkengfacki* n. sp.

Discussion

This study supports the presence of two new monogenean species of *Annulotrema* on *B. macrolepidotus* from the Nyong River. They are well distinguished by features of the haptor and genital sclerotized structures especially, the shape of the bars, the size and shape of the anchors, the general shape of the MCO and of the vagina, which are meaningful for discrimination of *Annulotrema* species [9, 10, 13]. These species are different from each other and from all their previously described congeners despite some morphological similarities with some of them.

Several studies have focused on the systematics of monogeneans of Alestidae fish and have contributed based on morphological criteria, to the identification of 48 species of *Annulotrema* [3, 4, 8–10, 13, 14]. Based on the same criteria, the two species described in this article are different from the others and should be considered new. With these species, there are now 50 *Annulotrema* species and this is the first record of monogeneans on *B. macrolepidotus* from Cameroon.

Acknowledgements We thank the Professor Jean-Lou Justine (National Museum of Natural History of Paris) to his help in the conservation of type specimens in the Helminthological collection. We thank the Professors of the Joint Institutional Review Board for Animal & Human Bioethics (JIRB) for the Ethical Clearance established for this study. The manuscript initial version was benefitted from the criticism of Maria Lujza Kičinjaová.

Funding No funding was received for conducting this study.

Data availability The datasets generated and analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Conflict of Interest The authors declare no conflict of interest.

Ethical Approval For this study, fish were sampled using gillnets in accordance with national regulations.

References

- Rohde K, Heap M, Hayward CJ, Graham KJ (1992) *Calitotyle australiensis* n. sp. And *Calitotyle* sp. (Monogenea, Monopisthocotylea) from the rectum and rectal glands and *Rugogaster hycholagi* Shell, 1973 (Trematoda, Apisidogastrea) from the rectal glands of holocephalans off the coast of southeastern Australia. *Syst Parasitol* 21:69–79
- Combes C (1995) Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme. Paris France, Masson 524 p. (Coll. d'écologie, n° 26)
- Řehulková E, Musilová N, Gelnar M (2014) *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) from *Hydrocynus brevis* (Characiformes: Alestidae) in Senegal, with descriptions of two new species and remarks on *Annulotrema pikei*. *Parasitol Res* 113(9):3273–3280. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3990-x>
- Paperna I (1969) Monogenetic trematodes of the fish of the Volta Basin and South Ghana. *Bull IF A N* 3:840–880
- Paperna I (1973) Lymphocystis in fish from East Africa Lakes. *J Wildl Dis* 9(4):331–335. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-9-4-331>
- Paperna I (1979) Monogenea of inland water fish in Africa. *Ann Mus Roy Afr Centr* 8 Sci Zool 226:1–131
- Paperna I, Thurston JP (1969) *Annulotrema* n. gen., a new genus of monogenetic trematodes (Dactylogyridae, Bychowisky, 1933) from African characid fish. *Zool Anz* 226:1–131
- Thurston JP (1970) The incidence of Monogenea and parasitic Crustacea on the gills of fish in Uganda. *Rev Zool Bot Afr* 82(1/2):111–130
- Birgi E (1988) Les monogènes des Characoidea de la zone forestière Camerounaise. *Ann Fac Sc Bio Biochim* 3(5):591–611
- Ergens R (1988) Four species of the genus *Annulotrema* Paperna et Thurston, 1969 (Monogenea: Ancyrocephalinae) from Egyptian freshwater fish. *Folia Parasitol* 35:209–215
- Guégan JF, Lambert A (1990) Twelve new species of Dactylogyrids (Platyhelminthes, Monogenea) from West African barbels (Teleostei, Cyprinidae), with some biogeographical implications. *Syst Parasitol* 17(3):153–181
- Guégan JF, Lambert G, Birgi E (1988) Some observations on the branchial parasitism from characid fishes, genus *Hydrocynus* in West Africa. Description of a new species, *Annulotrema pikoides* n. sp. (Monogenea, Ancyrocephalidae) from *Hydrocynus vittatus* (Castelnau, 1861). *Ann Parasitol Hum Comp* 63:91–98. <https://doi.org/10.1051/parasite/1988632091>
- Kičinjaová ML, Blažek R, Gelnar M, Řehulková E (2015) *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) from the gills of African tetras (Characiformes: Alestidae) in Lake Turkana, Kenya, with descriptions of four new species and a redescription of *A. elongata* Paperna and Thurston, 1969. *Parasitol Res* 114:4107–4120. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4682-x>
- Kičinjaová ML, Barson M, Gelnar M, Řehulková E (2018) Two new species of *Annulotrema* (Monogenea: Dactylogyridae) from *Hydrocynus vittatus* (Characiformes: Alestidae) in Lake Kariba. *Zimbabwe J Helminthol* 92(4):467–476. <https://doi.org/10.1017/S0022149X1700058X>
- Birgi E (1987) Monogènes parasites branchiaux de poissons d'eau douce au Tchad et au Sud-Cameroun. Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier II), Taxonomie et Essai de Biogéographie comparée. Thèse Doctorat d'Etat, p 196p
- Bilong Bilong CF, Euzet L, Birgi E (1994) Deux nouveaux *Eutrianchoratus* Paperna, 1969 (Monogenea, Ancyrocephalidae), parasites branchiaux de *Parachanna obscura* (Günther, 1861) (Teleostei, Channidae), au Cameroun. *Parasite* 1:357–362. <https://doi.org/10.1051/parasite/1994014357>
- Pariselle A, Bitja Nyom AR, Bilong Bilong CF (2013) Check-list of the ancyrocephalids (Monogenea) parasitizing *Tilapia* species in Cameroon, with the description of three new species. *Zootaxa* 3599(1):78–86. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3599.1.7>
- Nack J, Bilong Bilong CF, 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, Bitja Nyom AR, Pariselle A, Bilong Bilong CF (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. *J Helminthol* 90:455–459. <https://doi.org/10.1017/S0022149X15000577>
- Bahanak D, Nack J, Pariselle A, Bilong Bilong CF (2016) Description of three new species of *Quadriacanthus* (Monogenea: Ancyrocephalidae) gill parasites of *Clarias submarginatus* (Siluriformes: Clariidae) from Lake Ossa (Littoral region, Cameroon). *Zoologia* 33(4):1–8. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689Zool-20160044>
- Bassock Bayiha ED, Nack J, Pariselle A, Bilong Bilong CF (2016) Two new species of gill parasites assigned to Protoancyroloides (Monogenea, Ancyrocephalidae) from *Chrysichthys* spp. (Siluriformes, Clariidae) in River Sanaga (Cameroon). *Zootaxa* 4170(1):178–186. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4170.1.11>
- Akoumba JF, Pariselle A, Tombi J, Bilong Bilong CF (2017) Description of two new Ancyrocephalid (*Quadriacanthus* and *Bagrobdella*) monogenea from the gills of Auchenoglanid catfishes (Pisces, Siluriformes, Clariidae) in Cameroon. *Vie et Milieu* 67(2):59–64
- Mbondo JA, Nack J, Pariselle A, Bilong Bilong CF (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
- Malmberg G (1957) On the occurrence of *Gyrodactylus* on Swedish fishes. *Skr Utg Södra Sver Fisk Föreningen* 1956:19–76 (**In Swedish with English abstract and species descriptions**)
- Gussev AV (1962) Monogenoidea. In: Bychovskaya-Pavlovskaya IE et al (eds) Key to parasites freshwater fish of the USSR. Moscow-Leningrad. *Academya Nauk SSSR*, p 919
- 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, p 1

27. Christison KW (1998) Branchial monogenean parasites (Monogenea: Dactylogyridae) of characin fishes from the Okavango river and Delta, Botswana. Dissertation (MSc. (Zoology))- University of the Orange Free State, 251p

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.