

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



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

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ÉCOLOGIE LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

Faunistique et biologie des Myxosporidies (Myxozoa : Myxosporea) parasites des poissons du lac de retenue de Maga (Extrême-Nord, Cameroun)

THÈSE

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

Animaux Option : Parasitologie et Écologie Par

DELI Arnaud

Matricule 08Y125

Master ès-Sciences



Soutenue publiquement le 23 février 2024 devant le jury composé de :

Président ès qualité : TCHOUANKEU Jean-Claude, Professeur, Université de Yaoundé I ;

Rapporteur : FOMENA Abraham, Professeur, Université de Yaoundé I ;

Membres :

NJIOKOU Flobert, Professeur, Université de Yaoundé I ; KOUAM KENMOGNE Marc, Maître de Conférences, Université de Dschang ; LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît, Maître de Conférences, Université de Yaoundé I ;

Année 2024

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

> BP : 812 Yaoundé Tel : (237) 22-22-56-59 Fax : (237) 22-23-53-88



HE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

> PO Box: 812 Yaounde Phone: (237) 22-22-56-59 Fax: (237) 22-23-53-88

ATTESTATION DE CORRECTION DE LA THÈSE

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux (Option : Parasitologie et Écologie) de Monsieur DELI Arnaud, matricule 08Y125, soutenance autorisée par correspondance N° 24 -- 0316/UYI/VR-EPDTIC/DAAC/DAACA/DRD/ SR/TCL du recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 06 février 2024, attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation faite le 23 février 2024 ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

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

Fait à Yaoundé le, 06 MAI 2024

Claude

GNICE

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I Faculté des Sciences Division de la Programmation et du





THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I Faculty of Science Division of Programming and Follow-up of Academic Affaires

LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS LIST OF PERMANENT TEACHING STAFF

ANNÉE ACADEMIQUE 2022/2023

(Par Département et par Grade) DATE D'ACTUALISATION 31 MAI 2023

ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean-Claude, Professeur

VICE-DOYEN / DPSAA : ATCHADE Alex de Théodore, Professeur

VICE-DOYEN / DSSE : NYEGUE Maximilienne Ascension, *Professeur*

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

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Florentine Marie Chantal, *Maître de Conférences*

Chef Division des Affaires Académiques, de la Recherche et de la Scolarité DAARS : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (43)

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	Chef de Département
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.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
15	EEEA ONOMO Biorro	Maîtra da Confáranças	VD/FS/Univ
15.	EFTA ONOMO FIEITe	Manie de Comerences	Ebolowa
16.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
17.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
18.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
19.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
20.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Doyen FS / UDs
21.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
22.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste

24.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
25.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
26.	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
27.	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
28.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
31.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
32.	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
34.	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
35.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
36.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste

37.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Assistant	En Poste
38.	ELLA Fils Armand	Assistant	En Poste
39.	EYENGA Eliane Flore	Assistant	En Poste
40	MADIESSE KEMGNE Eugenie	Assistant	En Dosto
40.	Aimée	Assistant	LIIFOSIE
41.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Assistant	En Poste
42.	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistant	En poste
43.	WOGUIA Alice Louise	Assistant	En Poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (52)

1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	DAARS/FS
2.	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3.	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5.	DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	CD et Vice Doyen / FMSB / UYI
7.	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	En poste
9.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10.	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	Inspecteur de service / Coord. Progr. / MINSANTE
14.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste

	ALENE Désirés Chantal	Maîtra da Canfáranaaa	Vice Doyen / Uté
15.	ALENE Desiree Chantai	Mattre de Comerences	Ebolowa
16.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Maîtra da Confárancea	En nosta
18.	épse FOTSING	Maltre de Comerences	Ell poste
10	JATSA BOUKENG Hermine épse	Maîtra da Confáronasa	En Dosta
19.	MEGAPTCHE	Maltre de Comerences	Ell Poste
20.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
21.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
22.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
23.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
24.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
25.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
26.	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
27.	NGUEGUIM TSOFACK Florence	Maître de Conférences	En poste
28.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste

31.	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
32.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
33.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
34.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
35.	FOKAM Alvine Christelle épse KENGNE	Chargé de Cours	En poste
36.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
37.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
38.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
39.	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
40.	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste
41.	METCHI DONFACK MIREILLE FLAURE épse GHOUMO	Chargé de Cours	En poste
42.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
43.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
44.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	Chef Div. Uté Bamenda
45.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
46.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
47.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
48.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste

49.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Assistante	En poste
50.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
51.	NDENGUE Jean De Matha	Assistant	En poste
52.	ZEMO GAMO Franklin	Assistant	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (34)

1.	AMBANG Zachée	Professeur	Chef de Département
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	YOUMBI Emmanuel	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste

7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9.	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Maître de Conférences	En poste
10.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11.	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	DAAC / UDla
12.	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	En poste
13.	NGALLE Hermine BILLE	Maître de Conférences	En poste
14.	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Maître de Conférences	En poste
15.	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	CT / MINRESI
16.	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17.	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
18.	ONANA JEAN MICHEL	Maître de Conférences	En poste

19.	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
20.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
21.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
22.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
23.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
24.	NSOM ZAMBO épse PIAL Annie	Chargé de Cours	En détachement /
	Claude	Charge de Cours	UNESCO MALI
25.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
26.	KABELONG BANAHO Louis-Paul-R.	Chargé de Cours	En poste
27.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
28.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
29.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
30.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
31.	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste

32.	MANGA NDJAGA JUDE	Assistant	En poste
33.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Assistant	En poste
34.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste

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

1.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	Ministre Chargé de Mission PR
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste

3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	CT MINRESI
4.	NENWA Justin	Professeur	En poste
5.	NGAMENI Emmanuel	Professeur	Doyen FS Univ. Ngaoundere
6.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	Vice Chancelor/UB
7.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste

8.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
9.	EMADAK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
10.	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
11.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
12.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
13.	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
14.	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	Chef de Département
15.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget N.	Maître de Conférences	Sénatrice / SENAT
16.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
17.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
18.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
19.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
20.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Maître de Conférences	Chef Service / ENS Bertoua
21.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Maître de Conférences	En poste
22.	KOUOTOU DAOUDA	Maître de Conférences	En poste

23.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
24.	NCHIMI NONO KATIA	Chargée de Cours	En poste
25.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
26.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
27.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste

28. BOYOM TATCHEMO Franck W. Assistant En Poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (37)

1.	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	Vice-Doyen / DPSAA
2.	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen / FSE / UYI
3.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	Chef de Département UDS
4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	Directeur / MINESUP / Chef de Département
5.	WANDJI Jean	Professeur	En poste
6.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste

7.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
8.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste

9.	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.	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14.	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
15.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
16.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	Chef de Cellule MINRESI
17.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	C.E.A / MINESUP
18.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	DAAC / Uté Bertoua
19.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
20.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
21.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	Doyen / FS / UYI
23.	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
24.	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste

25. MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
26. NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
27. NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
28. NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste
29. OUAHOUO WACHE Bland	line M. Chargée de Cours	En poste
30. OUETE NANTCHOUANG	Judith L. Chargée de Cours	En poste
31. SIELINOU TEDJON Valéri	e Chargé de Cours	En poste
32. TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33. TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
34. TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
35. TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
36. MUNVERA MFIFEN Aristi	de Assistant	En poste
37. NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste

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

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	Chef de Division MINESUP
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	Inspecteur Général / MINESUP

3.	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste

5.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	Chef de Cellule MINFOPRA
6.	AMINOU HALIDOU	Chargé de Cours	Chef de Département
7.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste

9.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13.	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	En poste
15.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
16.	NZEKON NZEKO'O ARMEL JACQUES	Chargé de Cours	En poste
17	OLLE OLLE Daniel Claude Georges	Chargé de Cours	Sous-Directeur ENSET
17.	Delort	Charge de Cours	Ebolowa
18.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste

19. BAYEM Jacques	Narcisse	Assistant	En poste
20. EKODECK Stépl	nane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21. MAKEMBE S. C	swald	Assistant	Directeur CUTI
22. NKONDOCK M	I BAHANACK N.	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)

1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	Chef de Département
2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
5.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
6.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	Chef Service des Programmes & Diplômes / FS / UYI
7.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur / AIMS Rwanda
9.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste

10. AGHOUKENG JIOFACK Jean G.	Chargé de Cours	Chef Cellule MINEPAT
11. BOGSO ANTOINE Marie	Chargé de Cours	En poste
12. CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
13. DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
14. DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
15. KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
16. LOUMNGAM KAMGA Victor	Chargé de Cours	En poste
17. MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18. MBATAKOU Salomon Joseph	Chargé de Cours	En poste
19. MENGUE MENGUE David Joël	Chargé de Cours	Chef Dpt / ENS Université d'Ebolowa
20. MBIAKOP Hilaire George	Chargé de Cours	En poste
21. NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste

22.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
23.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
24.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En stage
25.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
26.	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargé de Cours	En poste

27.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
28.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
20	GUIDZAVAI KOUCHERE	Assistant	En poste
29.	Albert		En poste
30.	MANN MANYOMBE Martin L.	Assistant	En poste
31.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
32.	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste
33.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	Chef de Département
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	VICE-DOYEN / DSSE

3.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
4.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
5.	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
6.	KOUITCHEU MABEKU épse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
7.	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
8.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
9.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste

10.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
11.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
12.	MEYIN A EBONG Solange	Chargé de Cours	En poste
13.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargé de Cours	En poste
14.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
15.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargé de Cours	En poste
16.	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	Chef Serv. de la Scolarité
17.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste

18.	NKOUE TONG Abraham	Assistant	En poste
19.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistant	En poste
20.	EZO'O MENGO Fabrice Télésfor	Assistant	En poste
21.	EHETH Jean Samuel	Assistant	En poste
22.	MAYI Marie Paule Audrey	Assistant	En poste
23.	NGOUENAM Romial Joël	Assistant	En poste

24. NJAPNDOUNKE Bilkissou

Assistant

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)

1.	BEN-BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	DJUIDJE KENMOE épse ALOYEM	Professeur	En poste
3.	EKOBENA FOUDA Henri Paul	Professeur	Vice-Recteur Univ. Ngaoundéré
4.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5.	HONA Jacques	Professeur	En poste
6.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
7.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
8.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
9.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
10.	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
11.	SAIDOU	Professeur	Chef de centre / IRGM / MINRESI
12.	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen FS Univ. / Bda
13.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
14.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
15.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste

16.	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	DG / HYDRO Mekin
17.	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18.	ENYEGUE A NYAM épse BELINGA	Maître de Conférences	En poste
19.	EYEBE FOUDA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
22.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
23.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
24.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
25.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
26.	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
27.	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
28.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
29.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	Directeur / ENS/UYI
30.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférence	En stage depuis février 2023
31.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
32.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
33.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
34.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie A.	Chargée de Cours	En poste
35.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
36.	FOUEJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
37.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste

38.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
			Directeur Unité de
39.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	production des
			réactifs / IMPM
40.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
41. WANDJI NYAMSI William Chargé de Cou		Chargé de Cours	En poste
42.	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)

1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	Doyen / FASA / UDs
2.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
3.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	Chef de Département
4.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
5.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
6.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
7.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	Chef de Département / Univ. Ebolowa
8.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	Chef Div. / MINTP

9.	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	Vice-Doyen / DRC
10.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
11.	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	Chef Div. / Univ. Ebolowa
12.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
13.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	Sec. d'Etat / MINMIDT
14.	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
15.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	Chef de Div. / Univ.
			Bertoua
16.	MBIDA YEM	Maitre de Conférences	En poste
17.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	CT / MINIMDT
18.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
19.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA / MINRESI
20.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
21.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHAKOUNTE Jacqueline épse	Maître de Conférences	Chef. Cell / MINRESI
	NUMBEM		
23.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
24.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
25.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	DG / ART

26.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
27.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
28.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29.	EYONG John TAKEM	Chargé de Cours	En poste

30.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épse BITOM	Chargée de Cours	En poste
31.	MBESSE Cécile Olive	Chargée de Cours	En poste
32.	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	Chef Serv. / Uté Maroua
34.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
36.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
37.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
38.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
39.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
40.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
41.	KOAH NA LEBOGO Serge Parfait	Assistant	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste
43.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épse KOUANKAP NONO	Assistante	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	8 (01)	15 (11)	13 (03)	7 (05)	43 (20)
BPA	14 (01)	16 (09)	18 (04)	4 (02)	52 (16)
BPV	6 (01)	12 (02)	13 (07)	3 (00)	34 (10)
CI	7 (01)	15 (04)	5 (01)	1 (00)	28 (06)
CO	6 (01)	18 (04)	11 (04)	2 (00)	37 (09)
IN	2 (00)	2 (00)	14 (01)	4 (00)	22 (01)
MAT	1 (00)	8 (00)	17 (01)	7 (02)	33 (03)
MIB	2 (01)	7 (03)	8 (04)	7 (02)	24 (10)
PHY	15 (01)	15 (04)	11 (01)	2 (00)	43 (06)
ST	8 (00)	17 (03)	15 (04)	3 (01)	43 (08)
Total	69 (07)	125 (40)	125 (30)	40 (12)	359 (89)

Soit un total de	359 (89) dont
- Professeurs	69 (07)
- Maîtres de Conférences	125 (40)
- Chargés de Cours	125 (30)
- Assistants	40 (12)

() = Nombre de Femmes

:

89

DÉDICACE

À

Mes parents

KODJI Gabriel et KOUVE Madeleine

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué principalement au Laboratoire de Parasitologie et Écologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, sous la direction du Professeur FOMENA Abraham. Qu'il me soit permis de lui adresser toute ma gratitude pour sa disponibilité, sa rigueur scientifique et son expertise pour la meilleure qualité de ce travail.

Les études histologiques au cours de ce travail ont été réalisées au Laboratoire de Physiologie Animale de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, grâce aux contributions du Pr DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré et de M. FIFEN Rodrigue ; je tiens également à leur exprimer ma reconnaissance.

La réussite de ce travail a bénéficié de la contribution d'autres personnes à qui je tiens à exprimer mes sincères remerciements. J'exprime ma profonde gratitude à :

- Pr BILONG BILONG Charle Félix, pour son aide dans l'analyse et l'interprétation des données écologiques acquises ;

- Pr LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, sa collaboration durant toutes les phases de la réalisation de ce travail ;

- Dr TADU Zephyrin, pour son aide dans l'analyse statistique des données acquises ;

- tous les responsables de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I et les Enseignants dudit établissement, en particulier ceux du Département de Biologie et Physiologie Animales pour les enseignements reçus ;

- tous les membres du jury de soutenance de cette Thèse pour pour leurs expertises et leurs appréciations sur la qualité de ce travail ;

- Pr ONDOBO Martine Louise épse ATANGANA et Dr NTAM Nchia Laurence pour le soutien moral et leurs encouragements ;

 tous mes camarades de Laboratoire, Dr FEUDJIO DONGMO Bienvenu, ONANA ATEBA Nelly, TCHOUTEZO TIWA Amandine, KENNE Zenabou et CHEGADOR pour leur collaboration et leur disponibilité ;

- mon épouse, DJEKDA SAWALDA Celestine pour le soutien multiforme et inestimable ;

- mes amis Dr ABDOU Tchoukoua, Dr DJALIGUE Oumarou et M. ZRA Sini Vandi pour leurs encouragements ;

- tous les pêcheurs du lac de retenue de Maga, notamment M. HAROUNA pour la capture des poissons hôtes des Myxosporidies ;

- mon cousin KODJI Etienne pour son accueil à Maga et son aide dans la collecte du matériel biologique ;

- tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

	Page
DÉDICACE	xii
REMERCIEMENTS	xiii
LISTE DES TABLEAU	J X xvi
LISTE DES PLANCHI	Ξ S xix
LISTE DES FIGURES	xxi
LISTE DES ANNEXES	۶ xxii
RÉSUMÉ	xxiii
ABSTRACT	
INTRODUCTION	
CHAPITRE I : REVU	E DE LA LITTÉRATURE SUR LES MYXOSPORIDIES 5
I.1. Généralités sur les	Myxosporidies6
I.2. Identification des l	Ayxosporidies7
I.3. Systématique	
I.3.1. Historique sur la s	ystématique des Myxosporidies9
I.3.2. Position systémation	que de quelques genres Myxosporidies couramment observés
dans le monde	
I.4. Cycle de développe	ement
I.4.1. Chez l'hôte vertébr	ré
I.4.2. Chez l'hôte inverte	bré
I.5. Spécificité tissulai	re et organique 15
I.6. Action pathogène	les Myxosporidies chez le poisson hôte16
I.7. Importance éconor	nique
I.8. Lutte contre les My	xosporidies
I.8.1. Traitement des m	yxosporidioses
I.8.2. Prévention des m	yxosporidioses
I.9. Historique sur les l	Myxosporidies parasites des poissons d'eau douce du Cameroun 20
I.10. Position systémation	que de quelques genres de poissons du lac de retenue de Maga 22
I.11. Quelques aspects d	e la biologie de <i>Labeo senegalensis</i>
CHAPITRE II : CADR	E D'ÉTUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES
II.1. Cadre d'étude	
II.1.1. Localisation géog	graphique du site d'échantillonage26

SOMMAIRE

II.1.2.	Description du lac de retenue de Maga
II.1.3.	Relief et hydrographie de la localité de Maga
II.1.4.	Climat et végétation de la localité de Maga
II.1.5.	Flore et faune du lac de Maga
II.1.6.	Pêche dans le lac de retenue de Maga 30
II.2.	Matériel et méthodes
II.2.1.	Technique de capture et de conservation des poissons
II.2.2.	Techniques d'étude au laboratoire
II.2.3.	Méthodes d'analyse des données et tests statistiques
II.2.4.	Terminologie
CHAP	PITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION
III.1.	Résultats
III.1.1.	Description des espèces de Myxosporidies récoltées
III.1.2.	Structure et dynamique des populations de Myxosporidies parasites de <i>Labeo senegalensis</i>
III.2.	Discussion
III.2.1.	Faune des Myxosporidies récoltées
III.2.2.	Effets pathologiques de certaines espèces de Myxosporidies récoltées
III.2.3.	Structure et dynamique des populations de Myxosporidies de Labeo senegalensis . 211
III.2.4.	Distribution spatiale des espèces de Myxosporidies sur les filaments
	branchiaux et les nageoires de Labeo senegalensis
CONC	CLUSION, RECOMMANDANTIONS ET PERSPECTIVES
RÉFÉ	RENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNE	XES

LISTE DES TABLEAUX

Page

Tableau I.Variations mensuelle et saisonnière des effectifs des Labeo senegalensis examinés
Tableau II. Distribution de fréquences de Labeo senegalensis en fonction des classes de tailles 147
Tableau III. Distribution des effectifs de Labeo senegalensis en fonction du sexe au sein des classes de tailles
Tableau IV.Taux d'infestation par les genres de Myxosporidies chezLabeo senegalensis dans le lac de retenue de Maga148
Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez Labeo senegalensis
Tableau VI.Taux de participation des espèces de Myxosporidies dans les divers types de parasitisme chez Labeo senegalensis156
Tableau VII. Prévalences et statuts écologiques des espèces de Myxosporidies recensées chez Labeo senegalensis 157
Tableau VIII. Valeurs des indices de Dice (D) et de Forbes (F) des paires d'espècesde Myxosporidies recensées chez Labeo senegalensis159
Tableau IX. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies chez Labeo senegalensis 160
Tableau X.Valeurs du coefficient de corrélation de Kendall entre les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies recensées chez Labeo senegalensis 161
Tableau XI. Taux d'infestation par les espèces de Myxosporidies en fonction du sexe de Labeo senegalensis 163
Tableau XII. Valeurs du coefficient de corrélation de Kendall entre la taille de l'hôteet la prévalence des espèces parasites
Tableau XIII. Taux d'infestation par des espèces de Myxosporidies en fonction des classes de tailles chez Labeo senegalensis
Tableau XIV. Taux d'infestation par les espèces de Myxosporidies parasites deLabeo senegalensis en fonction des saisons167
Tableau XV. Taux d'infestation par les genres Myxobolus et Thelohanellus deMyxosporidies en fonction des organes chez Labeo senegalensis
Tableau XVI.Variation des taux d'infestation des espèces parasites deMyxosporidies en fonction des organes chez Labeo senegalensis
Tableau XVII.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction du sexe chez Labeo senegalensis
Tableau XVIII. Valeurs de coefficient de Kendall entre la taille de Labeo senegalensiset la charge kystique des espèces de Myxosporidies récoltées

Tableau XIX.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des classes de tailles chez Labeo senegalensis
Tableau XX.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies chezLabeo senegalensis en fonction des saisons176
Tableau XXI.Charges kystiques moyennes des genres Myxobolus et Thelohanellus de Myxosporidies en fonction des organes chez Labeo senegalensis
Tableau XXII.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des organes chez Labeo senegalensis178
Tableau XXIII. Différents types d'associations des espèces de Myxosporidies sur les branchies chez Labeo senegalensis 181
Tableau XXIV. Distribution des fréquences des espèces de Myxosporidies en fonctiondes types de parasitisme sur les branchies de Labeo senegalensis182
Tableau XXV.Variation des taux d'infestation par les kystes des Myxosporidies en fonction des côtés de Labeo senegalensis183
Tableau XXVI. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des des côtés de Labeo senegalensis183
Tableau XXVII. Taux d'infestation par les kystes espèces de Myxosporidiessuivant les arcs branchiaux chez Labeo senegalensis185
Tableau XXVIII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidiessuivant les arcs branchiaux chez Labeo senegalensis185
Tableau XXIX. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies enfonction des hémibranchies chez Labeo senegalensis186
Tableau XXX.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des hémibranchies chez Labeo senegalensis186
Tableau XXXI.Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des secteurs branchiaux chez Labeo senegalensis187
Tableau XXXII.Taux d'infestation par les kystes de Myxobolus nchoutnounensis et Thelohanellus sanagaensis en fonction des secteurs branchiaux de chaque arc branchial chez Labeo senegalensis188
Tableau XXXIII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des secteurs branchiaux chez Labeo senegalensis 189
Tableau XXXIV. Charges kystiques moyennes de Myxobolus imami, Myxobolusnchoutnounensis, Thelohanellus assambai et Thelohanellus sanagaensisen fonction des secteurs branchiaux de chaque arc branchial chez
Labeo senegalensis 190
Tableau XXXV.Taux d'infestation des espèces de Myxosporidies en fonction des zones branchiales chez Labeo senegalensis
Tableau XXXVI. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en

fonction des zones branchiales chez Labeo senegalensis
Tableau XXXVII.Taux d'infestation par les kystes de Myxobolus kouoptamoensis, Myxobolus nanokiensis, Myxobolus njoyai et Thelohanellus sanagaensis en fonction des zones de chaque arc branchial chez Labeo senegalensis
Tableau XXXVIII. Charges kystiques moyennes de Myxobolus imami, Myxobolus kouoptamoensis et Thelohanellus assambai en fonction des zones de chaque arc branchial chez Labeo senegalensis
Tableau XXXIX.Différents types d'associations des espèces de Myxosporidies sur les nageoires chez Labeo senegalensis197
Tableau XL.Taux de participation des espèces de Myxosporidies dans les types de parasitisme sur les nageoires de Labeo senegalensis
Tableau XLI.Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des types de nageoires chez Labeo senegalensis199
Tableau XLII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des types de nageoires chez Labeo senegalensis
Tableau XLIII. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies enfonction des zones de chaque type de nageoire chez Labeo senegalensis 201
Tableau XLIV. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies enfonction des zones des types de nageoire chez Labeo senegalensis202

LISTE DES PLANCHES

	Pag	ze
PLANCHE I. Fo pa pa	ormes végétatives et spores de <i>Myxidium tetraodoni</i> n. sp., rasite de <i>Tetraodon lineatus</i> , et <i>Myxidium anisocapsularis</i> n. sp. rasite de <i>Distichodus engycephalus</i> ²	18
PLANCHE II. I de	Formes végétatives et spores de <i>Myxidium nyongensis</i> , parasite <i>Labeo senegalensis</i> , et <i>Myxidium latesi</i> , parasite de <i>Lates niloticus</i>	52
PLANCHE III. I	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus dzeufieti</i> n. sp., parasite le <i>Oreochromis niloticus</i> et <i>Tilapia</i> sp., et <i>Myxobolus magai</i> n. sp., parasite de <i>Labeo batesii</i> et <i>Labeo coubie</i>	59
PLANCHE IV. I	Formes végétatives, implantation et spores de <i>Myxobolus kodjii</i> n. sp., parasite de <i>Labeo senegalensis</i>	55
PLANCHE V. I	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus hemibranchialis</i> n. sp., parasite de <i>Labeo senegalensis</i>	58
PLANCHE VI. I	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus nokoueensis</i> , parasite le <i>Labeo senegalensis</i> et <i>Labeo coubie</i> , et <i>Myxobolus njoyai</i> , parasite le <i>Labeo senegalensis</i>	73
PLANCHE VII.	Spores de <i>Myxobolus distichodi</i> , <i>Myxobolus cuttacki</i> , parasites de <i>Distichodus engycephalus</i> , et <i>Myxobolus terengganuensis</i> , parasite de Labeo senegalensis	78
PLANCHE VIII.	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus kouoptamoensis</i> , parasite de <i>Labeo senegalensis</i> et <i>Labeo coubie</i> , et <i>Myxobolus bilongi</i> , parasite de <i>Labeo senegalensis</i>	34
PLANCHE IX. I	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus labeoi</i> , parasite de <i>Labeo</i> coubie, et <i>Myxobolus nchoutnounensis</i> , parasite de <i>Labeo senegalensis</i> 8	39
PLANCHE X.	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus imami</i> , parasite de <i>Labeo</i> senegalensis et Labeo coubie, Myxobolus nanokiensis et Myxobolus nyongana, parasites de Labeo senegalensis) 5
PLANCHE XI.	Formes végétatives et spores et de <i>Myxobolus fomenai</i> , parasite de <i>Tilapia</i> sp., et <i>Myxobolus brachysporus</i> , parasite de <i>Oreochromis aureus</i> , <i>Sarotheodon galilaeus</i> et <i>Tilapia</i> sp)2
PLANCHE XII.	Spores de <i>Myxobolus camerounensis</i> , <i>Myxobolus nounensis</i> , <i>Myxobolus sarigi</i> et <i>Myxobolus homeosporus</i> , parasites de <i>Tilapia</i> sp 11	1
PLANCHE XIII.	Implantation et spores de <i>Myxobolus kainjiae</i> , parasite de Oreochromis aureus, Sarotheodon galilaeus et Tilapia sp	15
PLANCHE XIV	Formes végétatives et spores de <i>Myxobolus</i> sp., parasite de <i>Tilapia</i> sp	19
PLANCHE XV.	Formes végétatives et spores d' <i>Henneguya distichodi</i> n. sp., parasite de <i>Distichodus engycephalus</i> , et <i>Henneguya magai</i> n. sp., parasite d' <i>Auchenoglanis occidentalis</i>	24

PLANCHE XVI. I	Formes végétatives et spores d'Henneguya odjai, parasite de
1	Mormyrus cyprinoides et Hyperopisus bebe chariensis, et
C	l'Henneguya mbakaouensis, parasite de Lates niloticus
PLANCHE XVII.	Formes végétatives et spores de <i>Thelohanellus</i> sp., parasite de Labeo senegalensis, Labeo coubie et Auchenoglanis occidentalis,
	et Thelohanellus assambai, parasite de Labeo senegalensis 134
PLANCHE XVIII	Formes végétatives et spores de Thelohanellus sanagaensis,
	parasite de <i>Labeo senegalensis</i> et <i>Labeo coubie</i>
PLANCHE XIX.	Formes végétatives et spores de Thelohanellus bicornei,
	parasite de Labeo senegalensis et Labeo coubie 142

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.	Variables mesurées sur les spores de quelques genres de Myxosporidies
Figure 2.	Cycle de développement des Myxosporidies14
Figure 3.	Localisation de Maga
Figure 4.	Le lac de retenue de Maga, vue aerienne
Figure 5.	Vue partielle du lac de retenue de Maga à partir de la digue
Figure 6.	Vue partielle de la zone du lac de retenue de Maga fortement plantée de graminées
Figure 7.	Photographie d'un spécimen de Labeo senegalensis du lac de retenue de Maga 31
Figure 8.	Délimitation zonale de la surface de la nageoire caudale chez
	Labeo senegalensis
Figure 9.	Délimitations sectorielle et zonale des branchies chez Labeo senegalensis
Figure 10.	Représentation schématique d'une spore du genre Myxidium
Figure 11.	Représentation schématique d'une spore du genre Myxobolus
Figure 12.	Représentation schématique d'une spore du genre Henneguya 38
Figure 13.	Représentation schématique d'une spore du genre Thelohanellus
Figure 14.	Dessins des spores des différentes espèces observées dans le genre Myxidium 55
Figure 15.	Dessins des spores des espèces observées dans le genre Myxobolus 104
Figure 16.	Dessins des spores des espèces observées dans le genre Myxobolus (suite) 106
Figure 17.	Dessins des spores des espèces observées dans le genre Henneguya 126
Figure 18.	Dessins des spores des espèces observées dans le genre Thelohanellus 144
Figure 19.	Taux d'infestation monospécifique et polyspécifique chez L. senegalensis 149
Figure 20.	Taux d'infestation des holobranchies par les combinaisons parasitaireschez Labeo senegalensis180

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Articles issus de la thèse	. 257
Annexe 2. Protocole de coloration de May-Grünwald-Giemsa (MGG)	. 258
Annexe 3. Synthèse des espèces antérieurement décrites au Cameroun et observées chez les hôtes examinés	. 259
Annexe 4. Synthèse des espèces antérieurement décrites hors du Cameroun et observées chez les hôtes examinés	. 260
Annexe 5. Prévalences des espèces du genre <i>Myxobolus</i> recensées par mois chez <i>Labeo senegalensis</i>	. 261
Annexe 6. Prévalences des espèces du genre <i>Thelohanellus</i> recensées par mois chez Labeo senegalensis	. 262

RÉSUMÉ

Les Myxosporidies représentent un danger potentiel pour les populations de poissons hôtes et la pisciculture car elles sont susceptibles d'entraîner des épizooties. Afin d'améliorer la production piscicole, les pisciculteurs doivent maîtriser les problèmes d'ordre pathologique. Il est alors important de connaître les parasites potentiellement nuisibles aux espèces élevées, de maîtriser leurs effets pathologiques et leur dynamique chez les hôtes. Dans cette optique, nous avons entrepris d'étudier la faune des Myxosporidies parasites des poissons du lac de retenue de Maga ainsi que quelques aspects de la biologie des espèces inféodées à Labeo senegalensis, poisson très consommé par les populations locales. Entre mars 2015 et août 2019, six cent soixante-quatorze (674) poissons appartenant à quatre (4) ordres, dix (10) familles, dix sept (17) genres et vingt-une (21) espèces ont été capturés et examinés. Les méthodes classiques concernant la pêche, l'autopsie des poissons potentiellement hôtes, la recherche des parasites et les coupes histologiques des organes infestés par les kystes parasitaires, ont été utilisées. La description des espèces de Myxosporidies recensées a été principalement basée sur les caractéristiques morphométriques des spores. Au total, 36 espèces de Myxosporidies ont été recensées ; ces espèces parasites appartiennent aux genres Myxobolus Bütschli, 1882 (24 espèces), Myxidium Bütschli, 1882 (04), Henneguya Thélohan, 1892 (04) et Thelohanellus Kudo, 1933 (04). Parmi les espèces parasites recensées, dix (10) sont nouvelles pour la Science ; il s'agit de : Myxidium tetraodoni n. sp., Myxidium anisocapsularis n. sp., Myxobolus dzeufieti n. sp., Myxobolus hemibranchialis n. sp., Myxobolus kodjii n. sp., Myxobolus magai n. sp., Myxobolus sp., Henneguya distichodi n. sp., Henneguya magai n. sp. et Thelohanellus sp.. Vingt six (26) espèces de Myxosporidies antérieurement décrites au Cameroun ou ailleurs ont été également retrouvées chez les poissons examinés. Avec 66,6% des espèces récoltées (24 sur 36 espèces), le genre *Myxobolus* est le plus représenté. Chez les hôtes examinés, les espèces de Myxosporidies du genre Myxidium sont cœlozoïques tandis que celles appartenant aux genres Myxobolus, Henneguya et Thelohanellus sont toutes histozoïques. Vingt trois (23) des trente deux (32) espèces histozoïques (71,8%) se développent sur les branchies parfois avec des infestations sévères comme le cas de Henneguya magai n. sp. qui peut développer jusqu'à 5000 kystes sur une holobranchie chez Auchenoglanis occidentalis. Chez les poissons hôtes, Myxobolus brachysporus et Myxobolus fomenai parasitent des muscles, Myxobolus kainjiae se developpe dans les ovaires en détruisant les ovocytes matures et Myxobolus kodjii infeste les yeux. L'étude de la structure et la dynamique des populations de quatorze (14) espèces de Myxosporidies a été menée d'octobre 2018 à août 2019 chez L. senegalensis. Parmi les espèces parasites de ce poisson hôte, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis sont apparues fréquentes (prévalence > 50%); M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M.

nanokiensis, M. njoyai, M. nokoueensis, T. assambai et Thelohanellus sp. sont apparues intermédiaires (10% \leq prévalence \leq 50%) tandis que *Myxobolus nyongana* et *Myxidium nyongensis* sont apparues rares (prévalence < 10%). La charge kystique moyenne a été élevée pour M. imami (140,5 kystes), M. nanokiensis (124,1) et T. assambai (102,3), et très faible pour M. bilongi (6,3 kystes), M. njoyai (7,5), M. nyongana (4,9) et Thelohanellus sp. (5,7). Le sexe de l'hôte n'a pas d'influence sur le parasitisme chez L. senegalensis. Parmi les espèces parasites étudiées, Myxobolus kouoptamoensis et M. nanokiensis présentent un taux d'infestation plus élevé chez les spécimens juvéniles (34,3% et 33,3% respectivement) alors que les taux d'infestation de Myxobolus imami, M. nchoutnounensis et M. nokoueensis sont plus élevés chez les individus de grande taille (80,0%, 82,2% et 20,0% respectivement). Le taux d'infestation et la charge kystique moyenne sont plus élevés en saison pluvieuse chez M. imami (respectivement 60,9% et 144,2 kytes en moyenne) et *M. nanokiensis* (respectivement 26,4% et 196,7 kystes en moyenne) tandis que la saison sèche semble plus favorable au développement de M. bilongi (32,4% vs 13,8%), M. hemibranchialis (19,0% vs 5,8%), M. kodjii (27,5% vs 9,2%), et T. bicornei (68,3% vs 48,3%). Chez L. senegalensis, une charge kystique moyenne plus élévée de M. imami (91,6 kystes), M. nchoutnounensis (16,0), T. assambai (90,9) et T. sanagaensis (7,8) est enregistrée dans le secteur branchial moyen. Dans le sens basalo-distal des branchies, la charge kystique moyenne de M. imami est plus élevée dans la zone 2/3 distale (87,0 kystes), tandis que chez T. assambai elle est plus élevée et statistiquement uniforme dans les zones basale et médiane (55,8 kystes et 59,6 kytes respectivement). Myxobolus kouoptamoensis et M. nanokiensis infestent plus la zone distale (24,3% et 17,0% respectivement), tandis que *M. njoyai* se développe plus dans la zone basale avec une prévalence de 18,4%. Au niveau de la nageoire chez L. senegalensis, M. nchoutnounensis s'implante plus dans le derme interlépidotrichal de la zone basale avec un taux qui varie entre 3,6% sur la nageoire anale et 12,7% sur la nageoire caudale ; T. sanagaensis a exploité infeste de manière significative plus les zones basale et médiane (respectivement 5,1% et 7,6% sur la nageoire anale et respectivement 38,6% et 33,0% sur la nageoire caudale) alors que T. bicornei se développe plus dans la région intrasegmentale de la zone médiane avec une prévalence qui varie entre 6,1% sur la nageoire pectorale et 30,5% sur la nageoire caudale. Ce travail a permis de révéler une faune des Myxosporidies recensées abondante et diversifiée. Les espèces qui se développent sur les branchies pourraient perturber la fonction respiratoire chez les poissons hôtes. Myxobolus brachysporus et M. fomenai pourraient détériorer la qualité de chair ; Myxobolus kainjiae pourrait induire une baisse de la fécondité et Myxobolus kodjii pourrait détériorer la vue chez l'hôte.

Mots clés : Myxosporidies, poissons, histopathologie, dynamique, distribution, lac de Maga, Cameroun.

ABSTRACT

Myxosporidia represent a great potential danger for fish host populations and fish farming because the diseases they cause are likely to lead to epizootics. In order to improve fish production, fish farmers need to control not only technical problems, but also pathological ones. It is therefore important to know which parasites are potentially harmful to the species being farmed, their pathological effects and their dynamism in the host fish. Thus, we undertook a faunistic study of the Myxosporidia parasites of the fish from the Maga Lake in Cameroon, as well as some biological aspects of the parasite species found in Labeo senegalensis which is widely consumed by the local populations. Between March 2015 and August 2019, six hundred and seventy-four (674) fishes belonging to four (4) orders, ten (10) families, seventeen (17) genera and twenty-one (21) species were captured and examined. The methodology followed was a set of classical methods concerning fishing, autopsy of potential host fish, search, mounting, light microscopic study of parasites and histological sections of heavily infested organs. The description of the species recorded was mainly based on the morphometric characteristics of the spores. A total of 36 species of Myxosporidia were recorded; these species belong to the genera Myxobolus Bütschli, 1882 (24 species), Myxidium Bütschli, 1882 (04 species), Henneguya Thélohan, 1892 (04 species) and Thelohallenus Kudo, 1933 (04 species). Among the parasitic species recorded, ten (10) were new to Science; these were: Myxidium tetraodoni sp. nov., Myxidium anisocapsularis sp. nov., Myxobolus dzeufieti sp. nov., Myxobolus magai sp. nov., Myxobolus kodjii sp. nov., Myxobolus hemibranchialis sp. nov., Myxobolus sp., Henneguya distichodii sp. nov., Henneguya magaense sp. nov. and Thelohanellus sp.. Twentysix (26) species of Myxosporidia previously described in Cameroon or elsewhere were also found in the fishes examined. With 66.6% of the species collected (24 out of 36 species), the genus Myxobolus was the most widely represented. In the host examined, the Myxosporidia species of the genus *Myxidium* were essentially coelozoic while those belonging to the genera *Myxobolus*, Henneguya and Thelohanellus are all histozoic. Twenty-three (23) of the thirty-two (32) histozoic species (71.8%) develop on the gills, sometimes with heavy infesdtation, as in cas of Henneguya magai n. sp. which can develop up to 5 000 plasmodia on a single holobranch of Auchenoglanis occidentalis. In host fish, Myxobolus brachysporus and Myxobolus fomenai are muscles parasites; Myxobolus kainjiae develops in the ovaries, destroying mature oocytes and Myxobolus kodjii infestes the eyes. The study of the structure and population dynamics of fourteen (14) species of Myxosporidia was conducted from October 2018 to August 2019 in L. senegalensis. Among the parasitic species of this host fish, M. imami, M. nchoutnounensis, M.

terengganuensis, T. bicornei and T. sanagaensis were appeared frequent (prevalence > 50%), M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. *nokoueensis*, *T. assambai* and *Thelohanellus* sp. were appeared intermediate $(10\% \le \text{prevalence})$ \leq 50%) while *Myxobolus nyongana* and *Myxidium nyongensis* were appeared rare (prevalence < 10%). The average cystic load is high for *M. imami* (140.5 cysts), *M. nanokiensis* (124.1) and *T.* assambai (102.3), and very low for M. bilongi (6.3 cysts), M. njoyai (7.5), M. nyongana (4.9) and Thelohanellus sp. (5.7). Host sex had no effect on the parasitism in L. senegalensis. Of the parasitic species studied, Myxobolus kouoptamoensis and M. nanokiensis had a higher infestation rate in juvenile specimens (34.3% and 33.3% respectively), whereas infestation rates of M. *imami*, *M. nokoueensis* and *M. nchoutnounensis* were higher in larger specimens (80.0%, 82.2%) and 20.0% respectively). Infestation rates and mean cystic load were higher during the rainy season with M. imami (respectively 60.9% and 144.2 cyts on average) and M. nanokiensis (respectively 26.4% and 196.7 cysts on average) while the dry season seems to be more favourable for the development of M. bilongi (32.4% vs 13.8%), M. hemibranchialis (19.0% vs 5.8%), M. kodjii (27.5% vs 9.2%), and T. bicornei (68.3% vs 48.3%). In L. senegalensis, a higher mean cystic load of M. imami (91.6 cysts), M. nchoutnounensis (16.0), T. assambai (90.9) and T. sanagaensis (7.8) was registred in the middle branchial sector. In the basalo-distal direction of the gills, mean cystic load of *M. imami* was higher in the distal 2/3 zone (87.0 cysts), while to T. assambai it was higher and statisticaly uniform in the basal and medial zones (55.8 cysts and 59.6 cyts respectively). Myxobolus kouoptamoensis and M. nanokiensis infested more the distal zone (24.3% and 17.0% respectively); while M. njoyai developed more in the basal zone with a prevalence of 18.4%. At the level of fins of L. senegalensis, M. nchoutnounensis was implanted more in the interlepidotrichal dermis of the basal zone with a rate varying between 3.6% on anal fin and 12.7% on caudal fin; T. sanagaensis infested more the basal and medial zones (respectively 5.1% and 7.6% on anal fin and respectively 38.6% and 33.0% on caudal fin), while T. bicornei developed more in the intrasegmental region of the medial zone with a prevalence varying varying between 6.1% on pectoral fin and 30.5% on caudal fin. This work has revealed an abundant and diverse fauna of Myxosporidia. The species that develop on the gills could disrupt, in the case of heavy infesdtation, respiratory functions in the host fish. Myxobolus brachysporus and Myxobolus fomenai could deteriorate flesh quality; Myxobolus kainjiae could induce a decrease in fertility and Myxobolus kodjii could affect eyesight in the host.

Key words: Myxosporidia, fish, histopathology, dynamics, distribution, Maga Lake, Cameroon.

INTRODUCTION

Les poissons d'eau douce occupent une place importante dans l'alimentation humaine. Dans les pays en développement, à l'instar du Cameroun, les poissons d'eau douce représentent une importante source de protéines animales que la viande ne peut remplacer du fait de son indisponibilité ou de son coût très élevé. D'après la Food and Agriculture Organization (FAO, 2020), la consommation du poisson procure environ 17% des protéines animales à la population mondiale. Au Cameroun, le poisson contribue à plus de 20% des sources de protéines animales (FAO, 2020) et sa consommation est d'environ 18,1 kg/an/habitant (Abdoullahi et al., 2018). La teneur du poisson en protéines est généralement supérieure à celle de la viande (Abdoullahi et al., 2018). Le poisson est une source de protéines de qualité, faciles à digérer et contenant des acides aminés essentiels tels que la lysine, la leucine, la valine, l'arginine, la méthionine, le tryptophane et l'histidine (Mohanty et al., 2014). Il contient des acides gras essentiels, par exemple les acides gras oméga 3 à chaîne longue, précurseurs de prostanoïdes ayant un effet antithrombotique (Oladipo & Bankole, 2013) et constitue également une source importante de vitamines A, D, B (B1, B2, B6 et B12), E et K, ainsi que certains sels minéraux tels que le calcium, l'iode et le potassium (Abdullahi et al., 2001 ; Bourgeois, 2003 ; Amiengheme, 2005). Le poisson pourrait jouer un rôle important dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et du statut nutritionnel surtout pour les populations pauvres ou à faibles revenus au Cameroun, où environ 37,5% de ménages sont pauvres (INS, 2017). Dans l'alimentation des ménages, le poisson est encore plus indispensable dans la Région de l'Extrême-nord du Cameroun où l'on enregistre la plus forte incidence de pauvreté, soit 74,3% (INS, 2017). Dans cette région, le poisson est consommé quasi-quotidiennement et tout au long de l'année, aussi bien à l'état frais qu'à l'état sec ou fumé.

Le poisson joue également un rôle important sur le plan économique. En effet, l'exportation du poisson et des produits halieutiques contribuent de manière remarquable à l'économie de nombreux pays ou de nombreuses régions côtières, fluviales, insulaires et même continentales (Abdoullahi *et al.*, 2018). Selon le rapport de l'INS en 2019, l'importation de 120 057 tonnes de poissons, pour combler les besoins de la population, a coûté environ 68,8 milliards de FCFA à l'Etat du Cameroun. La filière poisson a ainsi un impact négatif sur la balance commerciale de notre pays. Néanmoins, l'INS (2019) signale que les importations de poissons ont connu une baisse d'environ 10,0% entre 2017 et 2018, grâce à une production continentale locale en augmentation de 16 601 tonnes en 2017 à 251 306 tonnes en 2018 ; ceci a permis de constater que les dépenses liées à ces importations sont en nette réduction par rapport à celles des années antérieures. La pêche et la pisciculture sont donc des secteurs majeurs sur lesquels repose la croissance économique du pays. À partir des données de l'INS

(2019), on note qu'au Cameroun, les produits de pêche provenant des eaux douces sont estimés à 87,4% de la production halieutique totale. La pêche continentale relève exclusivement du ressort des populations rurales. Celle-ci procure des emplois directs dans la capture et indirects dans les activités post-capture et connexes. En plus, la pêche artisanale continentale et maritime occupe une bonne partie des populations rurales pour qui elle représente une source de revenus. En 1991, la FAO a estimé qu'au Cameroun, le nombre de pêcheurs était d'environ 20 000 et 40 000 respectivement en milieux marin et continental. L'activité de pêche contribue en outre à la création des richesses à travers la commercialisation du matériel et des équipements de pêche et de capture.

Toutefois du point de vue pathologique, le poisson constitue un biotope très favorable au développement d'un grand nombre de parasites au rang desquels figurent les Myxosporidies. Certaines espèces de Myxosporidies peuvent causer des maladies émergeantes liées aux modifications des conditions environnementales (Hallett et al., 2015). Ces parasites représentent alors un danger potentiel pour les populations de poissons hôtes et pour la pisciculture car les myxospridioses sont susceptibles d'entraîner des épizooties capables d'affaiblir les individus hôtes, de les tuer ou de les rendre non commercialisables (Fomena, 1995; Lom & Dyková, 2006; Lekeufack Folefack, 2010). Chez le poisson, tous les organes sont susceptibles d'être affectés par ces parasites. Ainsi, en vue d'améliorer la production piscicole, les pisciculteurs devraient maîtriser non seulement les problèmes techniques mais aussi ceux d'ordre pathologique (Nchoutpouen & Fomena, 2011). Du fait de l'importance des dégâts causés par les Myxosporidies chez les poissons, leur étude devient indispensable pour le développement de la pisciculture. À ce jour, la faune des Myxosporidies est estimée à environ 2 600 espèces décrites à travers le monde (Eiras et al., 2011 ; Zhang et al., 2013 ; Fiala et al., 2015 ; Wagner, 2016 ; Okamura et al., 2018 ; Eiras et al., 2021). Ces espèces sont regroupées dans 64 genres et 17 familles (Fiala et al., 2015).

Lekeufack Folefack *et al.* (2020a) ont estimé à plus de 280, le nombre d'espèces de Myxosporidies décrites chez les poissons d'eau douce d'Afrique. Au Cameroun, les recherches effectuées dans plusieurs bassins hydrographiques ont révélé la présence d'environ 80 espèces de Myxosporidies chez les poissons. Les travaux les plus complets sont ceux de Fomena (1986 ; 1995), Lekeufack Folefack (2010), Nchoutpouen (2015), Fonkwa (2018) et Feudjio-Dongmo (2023). Cependant, peu d'investigations ont été menées sur les poissons du lac de retenue de Maga situé dans le bassin du lac Tchad. Pourtant, cette étendue d'eau a une faune ichtyologique riche (Seignobos & Raugel, 2000), qui est la principale source de poissons d'eau douce dans la région de l'Extrême-nord et des individus géniteurs des alevins destinés aux projets piscicoles

dans cette région. De même, peu de données histopathologiques sont disponibles concernant les espèces de Myxosporidies déjà décrites au Cameroun (Lekeufack Folefack *et al.*, 2019a).

De manière général, le présent travail repose sur l'étude de la faune des Myxosporidies parasites des poissons du lac de retenue de Maga dans la Région de l'Extrême-nord du Cameroun, ainsi que quelques aspects de leur biologie, afin d'apporter notre contribution à la connaissance des pathogènes de poissons d'eau douce au Cameroun.

Cette contribution consistera spécifiquement à :

✓ recenser et décrire les espèces de Myxosporidies parasites de quelques espèces de poissons du lac de retenue de Maga ;

 ✓ révéler l'implantation histologique et les effets liés au parasitisme par certaines espèces de Myxosporidies recensées ;

 ✓ analyser la structure et la cinétique des populations de quelques espèces parasites recensées en rapport avec certains facteurs biotiques (sexe, taille et quelques organes de l'hôte) et abiotiques (saisons).

Hormis l'introduction, la conclusion et les références bibliographiques, le présent travail est subdivisé en trois chapitres : le premier porte sur la revue de littérature sur les Myxosporidies ; le second présente le cadre d'étude, le matériel et les techniques utilisés pour atteindre nos objectifs ; le dernier chapitre présente les résultats acquis et les discute.

CHAPITRE I :

REVUE DE LA LITTERATURE SUR LES MYXOSPORIDIES

I.1. Généralités sur les Myxosporidies

Les Myxosporidies sont des Cnidaires, parasites microscopiques très répandues dans le monde. Elles infestent principalement les poissons (Lom & Dyková, 2006 ; Sitjà-Bobadilla *et al.*, 2016 ; Atkinson *et al.*, 2018). Cependant, quelques espèces parasitent les Reptiles (Johnson, 1969), les Mammifères particulièrement chez la taupe *Talpa europaea* (Friedrich *et al.*, 2000) et les musaraignes (Prunescu *et al.*, 2007), les Amphibiens (Mustchmann, 2004) et les Oiseaux (Bartholomew *et al.*, 2008). Les Myxosporidies ont été également trouvées chez l'homme (Boreham *et al.*, 1998). En effet, des spores de *Myxobolus* sp. ont été observées dans les fèces des humains immuno-déficients (Boreham *et al.*, 1998 ; Moncada *et al.*, 2001) ; ceci a permis d'émettre l'hypothèse selon laquelle les Myxosporidies peuvent, dans certaines conditions, devenir des parasites opportunistes chez les vertébrés homéothermes (Canning & Okamura, 2004). Par ailleurs, certaines espèces ont été aussi signalées chez des invertébrés à l'instar des Crustacés (Korczynski, 1998) et des Trématodes (Siau *et al.*, 1981 ; Freeman & Shinn, 2011).

Les Myxosporidies sont caractérisées par la production chez les hôtes, des myxospores de forme, structure et dimensions variables selon l'espèce. Leur paroi est généralement formée de deux à sept cellules valvaires réunies au moyen des jonctions desmosomales et suivant une ligne de suture (Lom & Dyková, 1992). Ces cellules délimitent une cavité occupée par des capsules polaires dont le nombre varie de un à sept selon le genre. Les capsules polaires renferment chacune un filament enroulé en spirale. Le nombre et l'orientation des tours de spire sont utilisés en systématique. Le filament polaire est évaginable et permet l'accrochage de la spore à l'épithélium de l'hôte lors de l'infestation. La spore contient également un sporoplasme binucléé (ou deux sporoplasmes uninucléés) qui correspond au germe infectieux (Lom & Dyková, 2006). Certaines espèces de Myxosporidies développent des formes végétatives ou trophozoïtes de tailles, formes et structures variables. Ces trophozoïtes implantés dans les tissus (kystes) ou dans les organes creux (trophontes) sont poly ou monosporés (Lom & Dyková, 2006).

En fonction du site d'infestation, les Myxosporidies peuvent être cœlozoïques ou histozoïques. Les espèces cœlozoïques, considérées comme primitives, sont rencontrées dans la lumière des organes creux tels que la vésicule biliaire et la vessie urinaire (Lom & Dyková, 2006). Elles vivent soit fixées à la paroi, soit libres dans la lumière de ces organes. Dans ce second cas, elles forment des plasmodes ou trophontes.

Les espèces histozoïques, plus évoluées, forment généralement des kystes, mais également des spores diffuses dans de nombreux organes tels que la rate, le foie, le cœur, les

reins, les gonades, le cerveau, les branchies, la peau, etc (Lom & Dyková, 1992). Ces espèces sont pour la plupart intercellulaires et rarement intracellulaires.

I.2. Identification des Myxosporidies

L'identification des Myxosporidies se fonde principalement sur les myxospores. En effet, la myxospore est le seul stade du cycle évolutif du parasite qui possède une forme propre et une structure interne présentant des éléments caractéristiques fixes (Lom & Dyková, 1992). En 1989, Lom & Arthrur ont proposé un certain nombre de critères d'identification de ces parasites qui incluent ceux proposés par Lom & Vavrà (1963), Shulman (1966, 1984), Fomena & Bouix (1986). Ainsi, toute description d'espèce de Myxosporidie doit se faire sur du matériel frais ou, à la limite, fixé dans une solution de formol à 10% (Lom & Dyková, 1992), et prendre en compte les caractères suivants :

- l'hôte : nom scientifique, stade infesté, lieu de récolte, prévalence de l'infestation ;

- la forme végétative (trophozoïte) : site d'implantation dans l'hôte, forme, taille, structure, nombre de spores formées dans le trophozoïte, existence éventuelle des stades présporogoniaux ;

- **la myxospore** : forme et structure, ornementations de surface (observées à la microscopie électronique à balayage), forme de la ligne de suture des valves, forme et taille des capsules polaires, nombre et orientation des tours de spire du filament dans les capsules polaires, position des extrémités antérieures des capsules polaires, présence ou absence du triangle intercapsulaire chez les espèces du genre *Myxobolus*, position du ou des sporoplasme(s) dans la cavité sporale ;

- les mensurations : les dimensions de la spore et de ses différentes composantes sont prises selon les recommandations de Lom & Arthur (1989) comme le montre la figure 1.

Depuis l'avènement des techniques de Biologie moléculaire, divers marqueurs génétiques ont été utilisés dans la systématique des Myxosporidies ; il s'agit de : la petite sousunité de l'ARN ribosomique (ARNr SSU) (Smothers *et al.*, 1994), l'espaceur interne transcrit de l'ARN ribosomique (ARNr ITS1) (Andree *et al.*, 1999), la grande sous-unité de l'ARN ribosomique (ARNr LSU) (Whipps *et al.*, 2004), le gène responsable des protéines 70 de choc thermique (HSP70) (Whipps & Kent, 2006), le gène responsable du facteur 2 d'élongation (EF-2) (Fiala & Bartošová, 2010), et l'ARNr ITS2 (Hartigan *et al.*, 2011). Ces marqueurs génétiques présentent cependant des limites qui les rendent à eux seuls, moins sûrs dans la systématique des Myxosporidies (Atkinson *et al.*, 2015 ; Fiala *et al.*, 2015). Par exemple, des espèces de Myxosporidies avec des spores morphologiquement bien distinctes et un tropisme tissulaire différent ont présenté une différence non significative au niveau des marqueurs génétiques (Easy *et al.*, 2005 ; Ferguson *et al.*, 2008). Ainsi, l'identificaton des espèces de Myxosporidies reste basée principalement sur les critères définis traditionnellement à savoir les caractéristiques morphométriques de la spore et du stade végétatif, l'espèce hôte, la spécificité organique et tissulaire (Lom & Dyková, 1992 ; Molnár, 1994 ; Molnár & Eszterbauer, 2015). C'est lorsque la discrimination des espèces de Myxosporidies morphologiquement semblables devient difficile que les données moléculaires peuvent être utilisées pour compléter leur description. Il est également possible de détecter et de confirmer la présence d'une espèce de Myxosporidies grâce à la technique de Polymerase Chain Reaction (PCR), lorsque l'amorce est spécifique à l'espèce (Abidi *et al.*, 2015 ; Abdel-Baki *et al.*, 2018).



Figure 1. Variables mesurées sur les spores de quelques genres de Myxosporidies d'après Lom & Arthur (1989) modifié.

a-b : Genre *Myxobolus* : spore vue de face (**a**) et de profil (**b**) ; **c-d** : genre *Henneguya* : spore vue de face (**c**) et de profil (**d**) ; **e-f** : genre *Myxidium* : spore vue de face (**e**) et de profil (**f**). **E** : épaisseur de la spore ; **L** : longueur de la spore ; **La** : largueur de la spore ; **Lcp** : longueur de la capsule polaire ; **lcp** : largeur de la capsule polaire ; **Lpq** : longueur des prolongements caudaux ; **LT** : longueur totale de la spore.
I.3. Systématique

I.3.1. Historique de la systématique des Myxosporidies

La classification des Myxosporidies a une longue histoire depuis leur découverte par Jurine en 1825. Bütschli (1882) a d'abord considéré les Myxosporea comme une sous-classe des Sporozoaires parmi les Protozoaires. En 1899, Štolc a affirmé que leurs spores sont multicellulaires et donc s'est opposé à l'appartenance de ces parasites au groupe des Protistes ; il a proposé leur placement au sein des Métazoaires (Kent *et al.*, 2001). Weill (1938) et Lom (1969) ont confirmé cette dernière hypothèse. Weill (1938) a ainsi assimilé les Myxosporidies aux Cnidaires, du fait qu'elles soient dotées de capsules polaires similaires aux nématocystes (Kent *et al.*, 2001).

C'est grâce aux travaux de Grassé (1960 ; 1970) que la nature multicellulaire des Myxosporidies a été confirmée ; elles ont alors été classées dans le Phylum des Myxozoa au sein des Métazoaires. Ce statut a été corroboré par Smothers *et al.* (1994) et Schlegel *et al.* (1996), qui ont permis d'admettre la nature de métazoaire des Myxosporidies à partir des analyses de la petite sous unité de l'ADN ribosomal.

Une similitude ultrastructurale, ontogénique et fonctionnelle a été observée entre les capsules polaires des Myxosporidies et les nématocystes des méduses (Siddal *et al.*, 1995 ; Lom & Dyková, 1997). De plus, les analyses de l'ADN ribosomique 18S ont montré une forte affinité entre les Myxozoa et certains Cnidaires parasites (Zrzavý *et al.*, 1998 ; Siddall *et al.*, 1999). Des analyses des données obtenues à partir des transcriptomes ont également permis de conclure sur les liens de parenté entre les Myxosporidies et les méduses (Jiménez-Guri *et al.*, 2007 ; Nesnidal *et al.*, 2013). Finalement on peut retenir que sur la base des similitudes morphologiques et des données d'analyses moléculaires, les Myxosporidies ont été clairement admises comme sous-phylum des Myxozoa au sein du phylum des Cnidaires (Okamura *et al.*, 2015).

I.3.2. Position systématique de quelques genres de Myxosporidies couramment observés dans le monde

Embranchement des Cnidaria Verrill, 1865

Ce sont des Métazoaires diploblastiques, acœlomates et acéphales. Ils possèdent une cellule spécialisée, le nématoblaste ou cnidoblaste qui joue un rôle dans la capture des proies, la fixation au substrat et la défense. Le nématoblaste porte une structure différenciée appelée cnidocyste qui comporte un filament à rôle préhensile et enroulé dans une capsule (Collins,

2009). Ils vivent en milieu aquatique et se reproduisent par voies sexuée et asexuée (Galliot & Schmid, 2002).

Sous-embranchement des Myxozoa Grassé, 1970

Ce sont des parasites d'invertébrés et de vertébrés, caractérisés par la formation des spores constituées des cellules eucaryotes transformées en deux à sept valves ; leurs spores contiennent un ou plusieurs sporoplasmes (ou germes infectieux) et une à sept capsules polaires (rarement 15 comme chez *Kudoa permulticapsula*) contenant un filament évaginable qui permet l'accrochage de la spore aux tissus de l'hôte. Leur cycle de développement se déroule chez un hôte invertébré (hôte définitif) et un hôte vertébré (hôte intermédiaire). Ce sous-embranchement regroupe deux classes : Malacosporea Canning, Curry, Feist, Longshaw & Okamura, 2000 et Myxosporea Bütschli, 1881 (Lom & Dyková, 2006).

Classe des Myxosporea Bütschli, 1881

La paroi des valves de leur spore est solide. Le processus sexuel ou autogamie a lieu dans le sporoplasme. Le cycle de développement passe par deux hôtes : un invertébré qui héberge la phase sexuée, et un hôte vertébré chez qui le parasite se multiplie de façon asexuée. Les formes végétatives peuvent être cœlozoïques ou histozoïques, intercellulaires ou intracellulaires (Eszterbauer *et al.*, 2015). La position systématique des genres observés est tirée des travaux de Fiala *et al.* (2015).

Ordre des Bivalvulida Shulman, 1959

Les spores sont limitées par deux valves. Elles contiennent 2, parfois 4 (ou rarement une) capsule(s) polaire(s), et un (rarement deux) sporoplasme(s).

• Sous-ordre des Variisporina Lom & Noble, 1984

Les capsules polaires (une ou deux, parfois quatre) peuvent occuper diverses positions dans la spore. Lorsqu'elles sont situées à un même pôle, elles peuvent soit se localiser dans le plan de suture, soit dans un plan perpendiculaire au plan de suture. Les espèces de ce sous-ordre sont cœlozoïques dans la plupart des cas.

- Famille des Myxidiidae Thelohan, 1892

Les spores sont généralement allongées, fusiformes, ou arquées. Deux capsules polaires sont localisées chacune au pôle opposé et s'ouvrent aux extrémités de la spore ou plus ou moins latéralement. La ligne de suture longitudinale est droite, recourbée ou sigmoïde. Les membres de cette famille sont cœlozoïques et rarement histozoïques chez les poissons marins et d'eau douce. Avec plus de 232 espèces connues dans le monde dont 18 en Afrique et 11 au Cameroun,

le genre *Myxidium* Bütschli, 1882 est numériquement le second groupe après le genre *Myxobolus* (Eiras *et al.*, 2011).

Sous-ordre des Platysporina Kudo, 1919

Les spores sont aplaties parallèlement au plan de suture et présentent généralement une symétrie bilatérale. Généralement deux, parfois une capsule(s) polaire(s) se situent dans le plan de suture. Les espèces sont histozoïques chez les poissons d'eau douce et produisent des plasmodes polysporés. Les spores sont formées dans les pansporoblastes. Les plasmodes peuvent atteindre plusieurs millimètres, sont enveloppés dans le tissu de l'hôte et apparaissent sous forme de kystes.

- Famille des Myxobolidae Thelohan, 1892

La ligne de suture forme un bourrelet proéminent. L'une des deux capsules polaires peut être plus réduite. Les spores peuvent contenir une inclusion polysaccharidique (vacuole iodophile) dans leur sporoplasme. Les genres *Myxobolus* Bütschli, 1882, *Henneguya* Thélohan, 1892 et *Thelohallenus* Kudo, 1933 sont numériquement les plus imoportants. Chez ces genres le nombre d'espèces connues dans le monde est environ 905 pour *Myxobolus* (Eiras *et al.*, 2005 ; 2014), 219 pour *Henneguya* (Wanger, 2016) et 108 pour *Thelohallenus* (Zhang *et al.*, 2013).

I.4. Cycle de développement

Le cycle de développement des Myxosporidies a été longtemps controversé (Mandour *et al.*, 1993). Il a été décrit pour la première fois par Wolf & Markiw (1984) chez *Myxobolus cerebralis* Hofer, 1903. Toutefois, Uspenkaya (1983) a suggéré que pour devenir infestante, la spore requiert une période de maturation hors de l'hôte, probablement dans l'eau ou dans la vase. Après les travaux de Wolf & Markiw (1984), il a été admis que le cycle de développement des Myxozoa Grassé, 1970 est dixène comme le montrent Kent *et al.* (2001) concernant *Myxobolus cerebralis*. Les Myxosporidies utilisent ainsi : un invertébré annélide (principalement un oligochète pour des espèces d'eau douce et un polychète pour des espèces marines) chez qui se déroule la phase sexuée, et un vertébré (typiquement un poisson) qui abrite la phase asexuée du parasite (Lom & Dyková, 2006). Les cycles de développement complets de plus de 50 espèces de Myxosporidies sont actuellement connus (Eszterbauer *et al.*, 2015). La description donnée du cycle de développement est celle de Kent *et al.*, 2001.

I.4.1. Chez l'hôte vertébré

Chez le poisson se développe le stade myxospore. Le cycle débute par la pénétration de l'actinospore chez le poisson hôte. Ce dernier peut s'infecter par effraction transcutanée, ou par contact direct des branchies avec les actinospores libres dans l'eau ; il peut aussi s'infester par voie orale en ingérant l'annélide parasitée. Au contact du tégument, de l'épithélium branchial ou du tube digestif, les capsules polaires des actinospores déchargent leurs filaments polaires. L'extrusion des filaments polaires se fait sous l'action de stimuli encore mal connus. Les filaments polaires évaginés fixent l'actinospore à la cellule hôte. Les valves s'ouvrent pour libérer le sporoplasme ou germe infectieux. Ce sporoplasme pénètre à travers les cellules épithéliales et épidermiques, pour regagner la circulation sanguine.

La formation des myxospores se déroule en deux phases : une phase présporogonique et une phase sporogonique (Fig. 2).

Phase présporogonique ou extrasporogonique

La phase présporogonique est celle de la prolifération de la Myxosporidie. Elle est caractérisée par une migration intercellulaire du sporoplasme dans l'épiderme ou le tissu épithélial, pour gagner le site de prédilection. L'enveloppe du sporoplasme se désintègre et libère l'amoebula qui pénètre dans les cellules épidermiques ou épithéliales.

A l'intérieur de la cellule hôte, la cellule primaire sporoplasmique subit plusieurs divisions endogènes pour former un pseudo-plasmode contenant de nombreuses cellules secondaires. Ces dernières peuvent contenir, dans une vacuole, des cellules tertiaires. Au terme de son développement, la cellule primaire dégénère et libère des cellules secondaires et tertiaires qui, à leur tour, se comportent comme des cellules primaires. Ce sont les cellules tertiaires qui constituent le point de départ de la sporogénèse dans le site spécifique de développement du parasite.

Phase sporogonique

La sporogonie aboutit à la formation des spores à partir des formes végétatives appelées trophozoïtes, issues des plasmodes plurinucléés. Elle commence par la croissance de la cellule primaire, suivie de la division de son noyau en plusieurs noyaux végétatifs internes. La cellule primaire se divise à son tour pour donner plusieurs cellules germinatives. Après désintégration de la cellule enveloppant le plasmode, chaque cellule enveloppée peut soit répéter le cycle de production de plasmodes, soit s'unir à l'autre : l'une sera l'enveloppe qui se différenciera en péricyte et la deuxième, interne, sera la cellule sporogonique. Cette union va générer les

pansporoblastes contenant deux ou plusieurs spores internes. Les myxospores formées sont libérées et ingérées par l'annélide.

I.4.2. Chez l'hôte invertébré

L'annélide est l'hôte définitif des Myxosporidies ; il s'agit d'un oligochète pour les espèces d'eau douce et d'un polychète pour les espèces marines (Wolf & Markiw, 1984). L'hôte invertébré abrite la phase actinosporidienne du cycle de développement. Il s'infeste par ingestion des myxospores avec l'eau. Ensuite, le parasite subit successivement la schizogonie, la gamogonie et la sporogonie pour aboutir à la formation, habituellement, de huit actinospores dans un pansporocyste.

Schizogonie

La schizogonie aboutit à la production de plusieurs cellules uninucléées. Elle commence par l'évagination des filaments polaires des myxospores, dont le facteur de déclenchement reste encore à élucider. Ces filaments se fixent à la paroi intestinale de l'annélide ; les valves s'ouvrent le long de la ligne de suture pour laisser pénétrer le sporoplasme binucléé entre les cellules épithéliales. Les deux noyaux du sporoplasme subissent une division multiple et on aboutit à une cellule multinucléée. Cette dernière cellule subit une division multiple pour produire plusieurs cellules uninucléées, qui vont errer entre les cellules épithéliales. Certaines cellules peuvent subir une nouvelle schizogonie et d'autres peuvent fusionner pour donner des stades binucléés.

Gamogonie

La gamogonie conduit à la production des zygotes ou cellules œufs. Le noyau de la cellule binucléée se divise pour donner quatre noyaux. Ensuite il se forme rapidement un pansporoblaste à quatre cellules dont deux cellules somatiques enveloppantes et deux cellules génératives α et β . Les cellules α et β subissent chacune trois divisions mitotiques pour donner seize gamétocytes diploïdes (8 α et 8 β). La méiose s'ensuit pour donner seize gamétocytes haploïdes (8 α et 8 β) et seize capsules polaires. Les gamétocytes α et β s'unissent pour donner huit zygotes. Par ailleurs, les cellules somatiques subissent deux divisions pour donner huit cellules enveloppantes.

Sporogonie

La sporogonie aboutit à la formation des actinospores. Huit cellules somatiques entourent huit zygotes. Chaque zygote subit deux divisions mitotiques et donne un stade à



Figure 2. Cycle de développement des Myxosporidies (exemple de *Myxobolus cerebralis*) d'après Kent *et al.* (2001) modifié.

1-16 : développement chez le poisson ; 17-30 : développement chez l'annélide. 1 : pénétration de l'actinospore chez le poisson ; 2 : division des cellules internes du sporoplasme ; 3-13 : phase de multiplication extrasporogonique ; 14-16 : sporulation avec formation des myxospores. 17 : ingestion de la myxospore mature par l'annélide ; 18-20 : schizogonie ; 21-26 : gamogonie. 24-25 : union des gamètes. 27-29 : sporulation avec formation des actinospores ; 29 : libération des actinospores.

quatre cellules. Trois de ces dernières cellules migrent à la périphérie et se divisent chacune ; on obtient ensuite six cellules dont trois cellules valvogéniques c'est-à-dire qui se différencient en valves et trois cellules capsulogéniques, c'est-à-dire qui se différencient en capsules polaires. Ensuite la cellule centrale subit plusieurs divisions mitotiques pour former le sporoplasme de l'actinospore. Plus tard, les cellules capsulogéniques et le sporoplasme sont enfermés dans une coque constituée de trois valves. Enfin il se produit une extension des cellules valvogéniques en membranes repliées qui deviennent des valves et trois projections de la spore triactinomyxon. Ce stade final est un pansporocyste contenant huit actinospores repliées qui, libérées de l'annélide, peuvent vivre dans l'eau pendant deux semaines. Après maturation, l'actinospore pénètre dans le poisson pour initier un nouveau cycle.

Des cas de transmission directe de poisson à poisson, sans passage par un hôte invertébré ont été rapportés (Lom & Dyková, 2006) ; toutefois ceci requiert un développement préalable de la myxospore hors de l'hôte vertébré (Kent *et al.*, 2001).

I.5. Spécificité tissulaire et organique

Chez les Myxosporidies histozoïques, les tissus infestés chez le poisson hôte sont souvent spécifiques ; les myxospores matures se développent dans des organes et tissus bien précis (Molnár, 2002a). Cette spécificité est définie ici comme la faculté du parasite à sélectionner un site spécifique pour acquérir sa forme mature, qui diffère des sites faisant partie de la voie de migration de leurs stades de développement (Molnár & Eszterbauer, 2015). Par ailleurs, les espèces histozoïques présentent le plus souvent des emplacements divers dans un organe précis. Par exemple dans les branchies, certaines espèces se développent à l'extrémité des filaments branchiaux, d'autres à la base ou dans le cartilage de l'arc branchial (Molnár, 2002a). Au niveau des nageoires, certaines espèces se développent dans le tisssu membraneux, d'autres sur ou dans le rayon osseux (Molnár, 2002b).

Dans la plupart des cas, les Myxosporidies forment des kystes dans certains tissus d'un seul organe. Ces espèces parasites spécifiques d'organes y débutent et terminent leur développement ou le plus souvent dans un tissu spécifique. Dans d'autres cas, la spécificité organique est moins accentuée car les kystes peuvent se développer dans un même type de tissu appartenant à différents organes (Molnár *et al.*, 2014).

Ferguson *et al.* (2008) ont utilisé le tropisme tissulaire en association avec la morphométrie de la spore et les analyses de l'ADN ribosomal pour discriminer des espèces de Myxosporidies très semblables. En effet, ces auteurs ont analysé des coupes histologiques réalisées dans les muscles infestés de divers salmonidés et ont révélé la présence de deux

espèces de Myxosporidies : *Myxobolus insidiosus* Wyatt & Pratt,1963 est confinée aux différents nerfs du muscle squelettique des saumons quinnat (*Onchorhynchus tshawytscha*, (Walbaum, 1792)) et coho (*Onchorhynchus kisutch*, (Walbaum, 1792)) ; *Myxobolus fryeri* Ferguson, Atkinson, Whipps & Kent, 2008 par contre parasite des nerfs périphériques du saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*), de la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) et de la truite fardée (*Onchorhynchus clarkii*, (Ricchardson, 1836)). Bien que la variation de séquence d'ADN ribosomal, obtenue à partir des amorces ERIB1 et ERIB10, entre ces deux Myxosporidies soit relativement faible, le statut d'espèces distinctes a été corroboré par des tropismes tissulaires distincts et par des différences statistiquement significatives de la longueur des spores. Ainsi, la sélection ou la préférence d'un tissu se révèle être une caractéristique taxonomique clé pour la description des Myxosporidies (Molnár & Eszterbauer, 2015).

I.6. Actions pathogènes des Myxosporidies chez le poisson hôte

Les Myxosporidies sont bien tolérées dans la plupart des cas par leurs hôtes chez lesquels elles ne causent normalement pas d'infection fatale (Lom & Dyková, 1992). Cependant, dans certaines conditions, elles peuvent provoquer de graves pathologies chez le poisson hôte. Bien que n'étant pas nécessairement mortelles pour leurs hôtes, les Myxosporidies peuvent endommager certains tissus, entraîner ainsi des pertes économiques importantes (Yokoyama et al., 2012). Chez le poisson hôte, tous les organes peuvent être affectés (Lom & Dyková, 1992; Martins et al., 1997). Chez les poissons d'eau douce, les Myxosporidies parasitent beaucoup plus les nageoires, les opercules, le tégument, les écailles, les branchies, le tractus gastro-intestinal, les reins, le foie, la rate, les gonades, le tissu cardiaque, le bulbe artériel, le système musculo-squelettique et le système nerveux (Eiras et al., 2005 ; Kaur et al., 2012 ; Zhang et al., 2013). Cependant les Myxosporidies cœlozoïques sont généralement moins nocives comparées aux espèces histozoïques (Kostoïngué, 1997 ; Feist & Longshaw, 2005). Seules les pathologies causées par Myxidium minteri Yasutake & Wood, 1957 et Myxidium giardi Cépède, 1906 ont été observées. Dans les reins de leurs hôtes, M. minteri entraîne une dilatation des tubules rénaux et une destruction de l'endothélium (Feist, 1997) et M. giardi cause des embolies dans le système vasculaire rénal (Copland, 1983). Au Cameroun, Myxidium camerounensis Fomena & Bouix, 1986 forme des trophontes généralement très longs, qui s'engagent dans le canal de la vésicule biliaire, pouvant ainsi perturber la digestion (Fomena & Bouix, 1986). Chez les Myxosporidies histozoïques, l'invasion des lamelles branchiales par les kystes peut entraîner une réduction de la surface d'échange des gaz respiratoires, due à la compression des capillaires, des hémorragies et des réactions inflammatoires qui compromettent la circulation sanguine locale et la fonction branchiale (Kovács-Gayer *et al.*, 1982 ; Rukyani, 1990). Les kystes de Myxosporidies localisés dans la cavité buccale peuvent perturber l'alimentation ou l'incubation buccale. L'infection des nageoires et du système nerveux peut entraîner des troubles de locomotion associés à l'amaigrissement (Dyková *et al.*, 1986). Les effets sur le système musculo-squelettique sont la décoloration et la perte de la consistance de la chair (Moran *et al.*, 1999) et la déformation du squelette (Longshaw *et al.*, 2003 ; Yokayama *et al.*, 2005). L'invasion des gonades peut aboutir à la destruction des ovocytes et à la castration de l'hôte (Obiekezie & Okaeme, 1990). De nombreuses Myxosporidies sont responsables de ces pathologies chez les poissons d'eau douce :

- *Henneguya salminicola* Ward, 1919 provoque un état laiteux de la chair chez les salmonidés (Awakura & Kimura, 1977) ;

- *Myxobolus cyprini* Doflein, 1898 est à l'origine de la formation de granulomes qui entraînent une nécrose et une destruction des fibres musculaires chez la carpe *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Molnár & Kovács-Gayer, 1985) ;

- *Myxobolus nyongana* (Fomena, Bouix & Birgi, 1985) forme des kystes géants recouvrant les filaments branchiaux primaires chez certains poissons d'eau douce d'Afrique et la rupture de ces kystes entraînerait des lésions et des hémorragies (Fomena *et al.*, 1985) ;

- Hoferellus carassii Akhmerov, 1960 provoque l'hypertrophie du rein chez Carassisus auratus (Linnaeus, 1758) (Yokoyama et al., 1990);

 Chloromyxum truttae Léger, 1906 cause une hypertrophie de la vésicule biliaire entraînant une perte d'appétit et une coloration jaune du corps chez les salmonidés (Lom & Dyková, 1992);

- *Ceratomyxa shasta* Noble, 1950 est à l'origine de la cératomyxose avec des effets fatals chez les salmonidés au nord de l'Amérique (Bartholomew *et al.*, 1997) ;

- *Thelohanellus hovorkai* Yokoyama, 1997 provoque une thelohanellose hémorragique chez *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Yokoyama *et al.*, 1998);

- *Henneguya ictaluri* Pote, Hanson & Shivaji, 2000 est à l'origine de la maladie proliférative des branchies chez *Ictalurus punctatus* (Rafinesque,1818);

Parvicapsula pseudobranchicola Karlsbakk, Saether, Hostlund, Fjellsoy & Nylund,
2002 cause l'inflammation et la nécrose des filaments branchiaux chez Salmo salar Linnaeus,
1758 ;

- *Henneguya lateolabracis* Yokoyama, Kawakami, Yasuda & Tanaka, 2003 provoque une henneguyose cardiaque chez l'espèce hôte *Lateolabrax* sp..

I.7. Importance économique

Bien que tolérées par les hôtes dans la plupart des cas, les Myxosporidies regorgent des espèces pathogènes qui peuvent induire des mortalités très élevées dans les populations de poissons attaqués (Kostoïngué, 1997).

En Eurasie, *Sphaerospora renicola* Dyková & Lom, 1982 et *Chloromyxum cristatum* Léger, 1906 entraînent des mortalités importantes dans les élevages de la carpe. En Indonésie, *Thelohanellus pyriformis* (Thélohan, 1892) Kudo, 1933 a causé d'importantes pertes dans l'élevage des Cyprinidés (Lom & Dyková, 1992).

Les Myxosporidies des genres *Kudoa* Meglitsch, 1947, *Unicapsula* Davis, 1924 et *Hexacapsula* Arai & Matsumoto, 1953 sont responsables d'une nécrose musculaire ou d'une myoliquéfaction du poisson, conduisant à un aspect flasque de la chair et rendant les poissons non commercialisables (Moran *et al.*, 1999).

Les espèces du genre *Kudoa* Meglitsch, 1947 telles que *K. lateolabracis* Yokoyama, Whipps, Kent, Mizuno & Kawakami, 2004 dont l'hôte est *Lateolabrax* sp. au Japon, *K. megacapsula* Yokoyama & Itoh, 2005 parasite de *Sphyraena pinguis* Günther, 1874 au Japon et *K. islandica* Kristmundsson & Freeman, 2014 dont l'hôte est *Cyclopterus lumpus* Linnaeus, 1758 en Island provoquent une myoliquéfaction post-mortem chez les poissons marins. Cette myoliquéfaction, qui entraîne une dégénérescence musculaire, diminue significativement la valeur marchande de ces poissons, et cause de lourdes pertes économiques (Kristmundsson & Freeman, 2014).

Aux USA, d'énormes pertes dues à *Henneguya exilis* Kudo, 1929 ont été enregistrées dans diverses populations de *Ictalurus nebulosus* (Lesueur, 1819) (Lom & Dyková, 1992); *Myxobolus cerebralis* (Hofer, 1903) aussi cause de pertes importantes dans les élevages de salmonidés (Arsan & Bartholomew, 2008).

La carpe *Cyprinus carpio* représente l'espèce de poisson la plus commercialisée en Chine ; cependant, elle héberge un très grand nombre d'espèces de Myxosporidies (85 espèces) qui engendrent des mortalités massives d'hôtes en auquaculture (Liu *et al.*, 2017).

I.8. Lutte contre les Myxosporidies

I.8.1. Traitement des myxosporidioses

Diverses tentatives de traitement ont été faites contre les affections dues aux Myxosporidies. En 1986, Cirkovic a réussi à prévenir l'inflammation provoquée par *Sphaerospora renicola* Dyková & Lom, 1982 chez *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 en Europe, en administrant aux alevins des aliments contenant du nitrofurazon.

Molnár *et al.* (1987) ont noté que la fumagilline à 0,1 %, administrée par voie orale, permet de lutter contre *Sphaerospora renicola* Dyková & Lom, 1982 chez *Cyprinus carpio*. Chez *Myxidium giardi* Cépède, 1906, la fumagilline agit en bloquant la formation de nouvelles spores (Szèkely *et al.*, 1988). Ce médicament est aussi efficace contre les trophozoïtes et les plasmodes développés par *Hoferellus carassi* Achmerov, 1960 (Yokoyama *et al.*, 1990), contre *Myxobolus cerebralis* Hofer, 1903 (El-Matbouli & Hoffman, 1991) et contre *Sphaerospora testicularis* Sitja-Bobadilla & Alvarez-Pellitero, 1990 (Sitja-Bobadilla & Alvarez-Pellitero, 1992). L'efficacité de la fumagilline a également été démontrée sur *Thelohanellus hovorkai* Yokoyama, 1997, parasite de *Cyprinus carpio* lorsqu'elle est administrée au début de l'infection (Yokoyama *et al.*, 1999).

Le toltrazuril s'est montré actif contre le stade pré-sporogonique de *Myxobolus* sp. et *Henneguya* sp. qui parasitent respectivement les branchies de la brème *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) et le poisson tapir *Gnathonemus petersii* Günther, 1862 (Schmahl *et al.*, 1989).

La quinine, la salinomycine et l'huile essentielle d'origan (*Origanum vulgare*, Linnaeus, 1753) administrées par voie orale, causent des dommages irréversibles aux stades présporogoniques et pansporoblastiques de *Henneguya* sp., parasite du poisson tapir (Dohle *et al.*, 2002).

La combinaison salinomycine-amproline a été utilisée avec succès contre *Myxobolus* sp., parasite de *Puntazzo puntazzo* (Cetti, 1777) (Athanassopoulou *et al.*, 2004).

Bien que ces produits soient parfois efficaces contre ces parasites, des difficultés de leur utilisation, liées à la toxicité des molécules actives pour l'hôte et la modification des conditions du milieu ambiant sont couramment signalées (Sitjà-Bobadilla & Alvarez-Pellitero, 1992).

I.8.2. Prévention des myxosporidioses

Aucun médicament efficace utilisable en pratique dans la lutte contre les myxosporidioses n'est disponible jusqu'à ce jour (Yokoyama *et al.*, 2012) ; ceux développés restent très spécifiques. Ainsi, la prévention s'avère le meilleur moyen de lutte. En élevage, les stratégies adoptées pour le contrôle des myxosporidioses consistent à modifier les conditions de vie des poissons. L'une de ces stratégies est l'utilisation d'une source d'alimentation en eau dépourvue de Myxosporidies grâce à la filtration sur sable, la chloration, la faible salinité (Yokoyama & Shirakashi, 2007) ou à l'exposition aux rayons Ultra-Violets (Hedrick *et al.*, 2012). Ainsi, l'amélioration de la qualité de l'eau et la réduction des densités de populations de poissons réduiraient le stress chez ces derniers.

En 1979, Ferguson & Ball ont rapporté qu'une exposition des spécimens de la truite arcen-ciel (*Salmo gairdneri* Richardson, 1836) à de petites doses de parasites pendant les années antérieures où les prévalences sont faibles favoriserait l'acquisition d'une immunité contre la myxosporidiose rénale l'année suivante chez cette espèce hôte en Europe. Schisler *et al.* (2006) ont proposé le stockage des souches de poissons résistantes aux parasites ; en effet ces auteurs ont constaté que la souche domestique de *Oncorhynchus mykiss* était plus résistante contre la maladie du tournis causée par *Myxobolus cerebralis*, comparée à la souche sauvage.

I.9. Historique sur les Myxosporidies parasites des poissons d'eau douce du Cameroun

En Afrique, les recherches sur les Myxosporidies des poissons d'eau douce et marins ont été effectuées en Afrique du Sud (Fantham, 1930), en Algérie (Loucif *et al.*, 2009), au Bénin (Sakiti *et al.*, 1991), au Botswana, au Burkina-Faso (Kabré *et al.*, 1995), au Cameroun (Fomena *et al.*, 1985), en Egypte (Abdel-Ghaffar *et al.*, 1998), au Ghana (Paperna, 1973), au Nigéria (Abolarin, 1974), en Ouganda (Baker, 1963), au Sénégal (Fall *et al.*, 2000), au Tchad (Kostoïngué & Toguebaye, 1994) et en Tunisie (Bahri & Marquès, 1996).

Au 19^e siècle, ont commencé les travaux sur ces parasites en Afrique, avec Gurley (1893) qui a décrit la toute première espèce de Myxosporidie : *Myxobolus unicapsulatus* chez *Labeo niloticus* en Egypte.

C'est au 20^e siècle qu'une série de travaux sur la faunistique des Myxosporidies des poissons d'Afrique a été effectuée. En 1930, Fantham a décrit deux espèces de Myxosporidies en Afrique du Sud : il s'agit de *Myxobolus ovoidalis* chez *Enteromius* sp. et *Cyprinus carpio*, et *Myxidium parvoviforme* chez *Sciaena hololepidota*.

Plus tard, Baker (1963) a décrit trois (03) nouvelles espèces de Myxosporidies du genre *Myxosoma* (syn. *Myxobolus*) chez les poissons Cichlidae en Ouganda; il s'agit de *M. heterosporus* (parasite des viscères de *Tilapia esculenta, T. variabilis* et *T. nilotica*), *M. homeospora* (observé dans les muscles de *T. esculenta*) et *M. brachysporus* (parasite de la rate de *T. variabilis, T. nilotica* et *Haplochromis* sp.).

C'est en 1985 que Fomena *et al.* ont recensé pour la première fois, chez les poissons d'eau douce du Cameroun, douze (12) espèces de Myxosporidies appartenant au genre *Myxobolus* dont sept étaient nouvelles pour la Science à savoir : *M. barbi, M. africanus, M. njinei, M. melenensis, M. polycentropsi, M. amieti* et *M. synodonti*. Par la suite Fomena & Bouix (1986) ont décrit cinq (05) autres espèces du genre *Myxidium*, toutes parasites de la vésicule biliaire des poissons appartenant aux familles des Cyprinodontidae, Distichodontidae et Mormyridae au Cameroun. Les espèces de Myxosporidies en question sont : *Myxidium birgii*, *M. camerounensis, M. petrocephali, M. nyongensis* et *M. brienomyri*. Au cours d'autres travaux réalisés en 1987 sur les poissons des familles des Anabantidae, Bagridae, Cyprinidae, Mochokidae et Schilbeidae du Cameroun, ces mêmes auteurs ont trouvé quatre (04) espèces d'*Henneguya* dont deux ont été nommées (*H. bopeleti* chez *Crysichthys nigrodigitatus* et *H. camerounensis* chez *Synodontis batesii* et *Eutropius multitaeniatus*) et une espèce nouvelle de *Thelohanellus* (*T. valeti* parasite de *Enteromius jae*).

En 1993, Fomena *et al.* ont trouvé dix (10) espèces de Myxosporidies chez *Oreochromis niloticus* dans la ferme aquacole de Mélen au Cameroun. Quatre (04) de ces espèces étaient alors nouvelles (*Myxobolus camerounensis*, *M. fotoi*, *Sphaerospora melenensis* et *S. tilapiae*). Les six (06) autres étaient déjà décrites en Ouganda et en Israël ; il s'agit de *M. brachysporus* et *M. heterospora* (Baker, 1963) ; *M. equatorialis*, *M. agolus*, *M. israelensis* et *M. sarigi* (Langsberg, 1985).

Fomena & Bouix (1994) ont décrit six (06) nouvelles espèces appartenant aux genres *Myxobolus (M. kribiensis, M. nkolyaensis* et *M. oloi), Myxidium (M. mendehi), Sphaerospora (S. sangmelimaensis)* et *Chloromyxum (C. birgii)* en examinant les poissons Cyprinidae (genre *Enteromius*), Alestidae (genre *Brycinus*), Mormyridae (genres *Brienomyrus* et *Petrocephalus*) et Hepsetidae (*Hepsetus odoe*) capturés dans certains cours d'eau des Régions du Centre et du Sud au Cameroun. La même année, Fomena *et al.* ont décrit deux (02) espèces de *Thelohanellus (T. sanagaensis* et *T. assambai*) et *Myxobolus bilongi* chez les spécimens de *Labeo* sp. du bassin de la Sanaga. En 1995, Fomena a présenté dans sa thèse, la faune des Myxosporidies des poissons d'eau douce du Cameroun. II a abordé également l'ultrastructure et la biologie de quelques espèces recensées.

Par la suite, Fomena & Bouix (1996) ont décrit cinq (05) espèces du genre *Henneguya*, il s'agit de : *Henneguya odzai* et *H. nyongensis* parasites de *Marcusenius moorii* ; *H. ntemensis* dont l'hôte est *Brienomyrus brachyistus* ; *H. malaptteruri* parasite de *Malapterurus electricus* et *H. ctenopomae* chez *Ctenopoma nanum*.

À partir de l'an 2000, plusieurs investigations ont permis de décrire de nouvelles espèces appartenant à divers genres de Myxosporidies chez les poissons d'eau douce du Cameroun ; il s'agit des travaux de Fomena & Bouix (2000), Fomena *et al.* (2004), Fomena *et al.* (2007a ; 2007b) Fomena *et al.* (2008), Fomena *et al.* (2010), Nchoutpouen & Fomena (2011), Fonkwa *et al.* (2017a), Lekeufack Folefack *et al.* (2017 ; 2019b ; 2020a).

Au 21^e siècle, en plus de la faunistique, d'autres aspects ont été abordés au cours des recherches sur les Myxosporidies des poissons d'Afrique. Lekeufack Folefack, dans sa thèse de doctorat/Ph.D. en 2010 portant sur la faunistique et la biologie des Myxosporidies de quelques

Téléostéens de la rivière Sangé au Cameroun, a abordé la structure et la dynamique des populations des espèces inféodées à *Ctenopoma petherici*, *Clarias pachynema* et *Hepsetus odoe*. En 2013, Nchoutpouen a présenté dans sa thèse de doctorat/Ph.D la faunistique et la biologie des espèces de Myxosporidies inféodées à *Orechromis niloticus* et *Labeo parvus* du bassin du Noun à l'Ouest - Cameroun.

Fonkwa *et al.* (2017b) ont étudié la structure et la dynamique des populations des Myxosporidies qui affectent *Enteromius callipterus* de la zone soudano-guinéenne du Cameroun. Les mêmes auteurs ont rapporté en 2018, l'influence des saisons sur les infections myxosporidiennes chez *O. niloticus* du barrage réservoir de la Mapé dans la région de l'Adamaoua au Cameroun.

En 2017, Lekeufack Folefack & Fomena ont étudié la distribution spatiale de *Myxobolus pethericii* et *Henneguya pethericii* sur les branchies de *Ctenopoma petherici* de la rivière Sangé au Cameroun.

Lekeufack Folefack *et al.* (2019b) ont décrit *Myxobolus dibombensis* chez *Labeobarbus batesii* en se basant non seulement sur les critères classiques (caractères morphométriques de la spore), mais en introduisant pour la première fois en Afrique, les techniques biomoléculaires pour établir la phylogénie de l'espèce. La même année, Lekeufack Folefack *et al.* (2019a) ont publié des données histopathologiques sur trois espèces de *Myxobolus* parasites de *Enteromius martorelli*. Des données au Cameroun ont été publiées sur la prévalence et l'intensité moyenne des *Myxobolus* spp. inféodées à *O. niloticus* par Lekeufack Folefack *et al.* (2019c) et sur la structure et la distribution spatiale de *Henneguya camerounensis* et *Henneguya ntondei* parasites branchiaux chez *Schilbe mystus* par Lekeufack Folefack *et al.* (2019d).

Lekeufack Folefack *et al.* (2020a) ont décrit trois (03) nouvelles espèces de Myxosporidies chez *Paramormyrops kingsleyae* du bassin du Nyong ; il s'agit de : *Myxidium binguelai, Myxidium djolonensis* et *Henneguya paramormyropsi*. Par ailleurs, Lekeufack-Folefack *et al.* (2020b) ont mis au point un protocole d'extraction de l'ADN destiné aux études moléculaires pour chez les Myxosporidies.

Lekeufack-Folefack *et al.* (2021) ont décrit *Myxobolus opsaridiumi* chez *Opsaridium ubangiensis* au Cameroun en associant aux critères classiques, les données phylogéniques et histopathologiques.

I.10. Position systématique de quelques genres de poissons du lac de retenue de Maga

Les clés d'identification proposées par Lévêque *et al.* (1990 ; 1992) et Stiassny *et al.* (2007a ; 2007b) révèlent la position systématique suivante de quelques genres de poissons du

lac de retenue de Maga.

Super-classe des Osteichtyens

Classe des Actinoptérygiens

Super-ordre des Téleostéens

- > Ordre des Cichliformes
 - Famille des Cichlidae Heckel, 1840
 - Genre Oreochromis Günther, 1889
 - Genre Sarotherodon Rüppell, 1852
 - Genre Hemichromis Peters, 1858
 - Genre Tilapia Smith, 1840
- Ordre des Characiformes
 - Famille des Alestidae Cockerell, 1910
 - Genre Hydrocynus Cuvier, 1817
 - Genre Alestes Müller & Troschel, 1844
 - Genre Brycinus Valenciennes, 1849
 - Famille des Distichodontidae Günther, 1864
 - Genre Distichodus Müller & Troschel, 1845
- > Ordre des Cypriniformes
 - Famille des Cyprinidae Rafinesque, 1815
 - Genre Labeo Cuvier, 1817
- > Ordre des Perciformes
 - Famille des Latidae Mooi & Gill, 1995
 - Genre Lates Cuvier & Valenciennes, 1762
- > Ordre des Ostéoglossiformes
 - Famille des Mormyridae Bonaparte, 1831
 - Genre Hyperopisus Gill, 1862
 - Genre Mormyrus Linnaeus, 1758, 1846
 - Genre Marcusenius Gill, 1862.
- > Ordre des Siluriformes
 - Famille des Claroteidae Bleeker, 1862
 - Genre Auchenoglanis Günther, 1865
 - Famille des Mochokidae Jordan, 1923
 - Genre Synodontis Cuvier, 1816

• Famille des Schilbeidae Bleeker, 1858

- Genre Schilbe Oken, 1817
- > Ordre des Tétraodontiformes
 - Famille des Tetraodontidae Bonaparte, 1832
 - Genre Tetraodon Linnaeus, 1758

I.11. Quelques aspects de la biologie de Labeo senegalensis Valenciennes, 1842

Les Cyprinidae du genre *Labeo* Cuvier, 1817 sont largement distribués à travers l'Afrique. *Labeo senegalensis* Valenciennes, 1842 est connu dans les bassins du lac Tchad, du Niger, du Sénégal, de la Gambie, de la Volta, ainsi que dans certains bassins côtiers (Lévêque *et al.*, 1990). Dans les bassins sahelo-soudaniens, cette espèce de poisson a une durée de vie de 6 ans au maximum, peut atteindre une longueur maximale de 65,0 cm et peser jusqu'à 4 kg (Lévêque & Daget, 1984). Comme toute espèce de poisson, *L. senegalensis* dispose d'une strétégie de reproduction constituée par certains traits biologiques comme l'âge et la taille à la première reproduction, la fécondité, le développement des gonades et la taille des gamètes, la saison de reproduction, le comportement reproducteur (Lévêque & Paugy, 1999a).

Les *Labeo* sont pondeurs libres et n'assurent pas la garde de leurs œufs (De Weirdt *et al.*, 2007). Leur période de reproduction coïncide avec la crue : juin à septembre en Côte d'Ivoire (Albaret, 1982) et juillet à octobre au Bénin (Montchowui *et al.*, 2011). Les adultes de *L. senegalensis* qui peuplent les lacs, effectuent des migrations de reproduction avant la période de la crue pour pondre les œufs dans les mares et les plaines innondables. Leurs larves y passeront quelques mois avant de rejoindre les lacs au moment de la décrue (Bénech & Quensière, 1982 ; 1983). Les poissons du genre *Labeo* sont détritivores ; ils consomment la couche superficielle du sédiment composée généralement d'algues sédimentées, ou le périphyton poussant sur les substrats rocheux (Lauzanne, 1972 ; Lévêque & Paugy, 1999b).

En plus des contraintes écologiques abiotiques, la surpêche, la compétition interspécifique, la prédation et le parasitisme sont susceptibles d'influencer la vie de la population de *L. senegalensis* (Lévêque & Paugy, 1999c). En effet, ce poisson constitue un hôte favorable pour un grand nombre de parasites Protozoaires (Ciliés, Microsporidies, Flagellés) et Métazoaires (Helminthes, Arthropodes, Myxosporidies).

CHAPITRE II :

CADRE D'ÉTUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Cadre d'étude

II.1.1. Localisation géographique du site d'échantillonage

Les poissons examinés dans le cadre de ce travail ont été pêchés dans le lac de retenue de Maga. Ce plan d'eau se trouve dans l'Arrondissement de Maga, Département du Mayo-Danay - Région de l'Extrême Nord (Fig. 3), à 82 km de la ville de Maroua, non loin de la frontière avec le Tchad. Il est situé entre les latitudes 10°45' et 10°52' Nord et les longitudes 14°50' et 15°03' Est. La capture des poissons hôtes a été effectuée dans la partie du lac correspondant aux coordonnées géographiques 10°47'58" - 10°48'57" latitude Nord et 14°54'07" - 15°00'39" longitude Est.



Figure 3. Localisation de Maga (Institut National de Cartographie modifié, 2022).

II.1.2. Description du lac de retenue de Maga

Le lac de retenue de Maga (Figs. 4 et 5) a été construit en 1979. En effet, une digue de barrage, faite d'un remblai en terre compactée de 4 mètres de haut et 3,5 m de large au niveau de la crête sur 25 km de long, a été construite entre Guirvidig et Pouss, pour stocker les eaux dans une dépression afin d'assurer l'irrigation des rizières. En période d'étiage, la superficie occupée par l'eau est d'environ 150 km² et peut atteindre 360 km² en période de crue. Ce lac a

une profondeur moyenne comprise entre 3 et 4 m et une capacité moyenne de 620 millions de m³ (Seignobos & Raugel, 2000 ; Mora-Castro & Saborío-Bejarano, 2012). Il est alimenté par les eaux du fleuve Logone, celles des deux principales rivières des Monts Mandara (Mayo Tsanaga et Mayo Boula) et par les précipitations directes au-dessus de la retenue (Sighomnou, 1997). Le contrôle de l'alimentation en eau de ce lac est assuré grâce à un défluent du Logone par un chenal de 10 km de long à partir de la localité de Djafga.

Au niveau du village Gamak, il existe un cours d'eau, le Mayo Vrek, qui contribue également à la vidange du lac. Il en est l'exutoire à travers huit vannes situées entre Maga et Pouss. Un déversoir du trop-plein dans le fleuve Logone s'ajoute du côté de Pouss. Quatre ouvrages de prise d'eau aménagés sur la digue servent à irriguer par gravité les périmètres rizicoles de la Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture de Yagoua ou SEMRY (Liénou *et al.*, 2003).



Figure 4. Lac de retenue de Maga, vue aérienne (source : Google earth, 2021).



Figure 5. Vue partielle du lac de retenue de Maga à partir de la digue.

II.1.3. Relief et hydrographie de la localité de Maga

Le relief de l'Arrondissement de Maga est plat sur la quasi-totalité de son territoire où l'on ne trouve aucune colline, ni aucun plateau. C'est une zone de la plaine inondable communément appelée *Yaéré* (Wafo Tabopda, 2008). Cette localité est une immense vallée.

L'hydrographie locale est fortement marquée par le lac de retenue de Maga. Les cours d'eau sont essentiellement des rivières appelées « *mayos* ». Ceux-ci tarissent complètement pendant la saison sèche. Les principales rivières sont : le Mayo Tsanaga et le Mayo Boula qui prennent leur origine dans les Monts Mandara ; le Goromo ; le Moholom (à Gamak) ; le Kombo (à Zingah) et le Mayo Falaye (à Pouss). Les régimes hydrologiques de ces cours d'eau sont liés à la pluviométrie.

II.1.4. Climat et végétation de la localité de Maga

Le climat de Maga s'arrime à celui de la Région de l'Extrême-nord du Cameroun. On se trouve dans le domaine tropical de type sahélo-soudanien. Il est caractérisé par deux saisons : une longue saison sèche et une courte saison pluvieuse. La saison sèche qui dure 7 à 8 mois, débute en octobre et s'achève à la fin de mai. La saison des pluies, d'une durée de 4 à 5 mois, s'étend de mai à septembre et peut être marquée par des épisodes pluvieux violents (Saha *et al.*,

2017). La pluviométrie varie entre 400 à 900 mm/an, avec des maxima en juillet et août. La température moyenne annuelle est de 28°C. Les mois les plus chauds sont mars, avril et mai, avec une valeur moyenne de 32°C (Leumbe Leumbe *et al.*, 2015). En journée, la température est comprise entre 28°C et 45°C.

Les groupements floristiques sont constitués d'une savane arbustive faiblement arborée, de steppes herbacées avec des Graminées (les Poassées) très marquées dans les plaines inondables et d'une végétation clairsemée dans les zones dégradées (Leumbe Leumbe *et al.*, 2015).

II.1.5. Flore et faune du lac de Maga

La végétation en bordure du lac jusqu'aux eaux libres (Fig. 6) est composée de graminées tels que *Vetiveria nigritana*, *Echinochloa pyramidalis* et aussi d'*Oriza longistaminata* (Leumbe Leumbe *et al.*, 2015). Le phytoplancton du lac est très abondant et contribue à l'opacité des eaux (Seignobos & Raugel, 2000).

L'ichtyofaune est très abondante et diversifiée, avec environ 63 espèces dont les plus fréquentes sont : le capitaine (*Lates niloticus*), les Cyprinidés (*Labeo* spp., *Enteromius* spp.), le « Kanga » (*Heterotis niloticus*), les mâchoirons (*Chrysichthys* spp.), les silures (*Clarias* spp.), les *Alestes* spp., les *Distichodus* spp., les *Oreochromis* spp., les *Marcusenius* spp., les *Petrocephalus* spp., les *Synodontis* spp. et les *Tilapia* spp. (Seignobos & Raugel, 2000). On peut y retrouver *Protopterus annectans*, *Calamoichthys calabaricus*, *Polypterus bichir*, *Pellonula miri*, *Xenomystus nigri*, *Pantodon buchholzi*, *Enteromius ablabes* (espèces connues du lac Tchad) qui migrent périodiquement (avril) dans le fleuve Logone pour y pondre (MINEPIA, 2014). On y retrouve également des crustacés (*Nematopaleamon hastatus* ou écrevisse, *Penacus kerathusus* ou crevette tigrée et des crabes), des mollusques (plusieurs espèces de gastéropodes et des huîtres), des batraciens et divers oiseaux pêcheurs. Le grand mammifère sauvage présent est l'hippopotame.



Figure 6. Vue partielle de la zone du lac de retenue de Maga fortement plantée de graminées.

II.1.6. Pêche dans le lac de retenue de Maga

Du fait de la présence de ce lac de retenue, la pêche et la riziculture constituent les principales activités économiques de la localité de Maga. En l'an 2000, le nombre de pêcheurs était estimé à près de 5000 Camerounais et étrangers. Ceux-ci étaient constitués des Musgum (73%), Masa (8,3%), Arabes Choa (8,0%) et Kotoko (5,4%) (Seignobos & Raugel, 2000). La plupart des pêcheurs sont également des riziculteurs. Le lac de retenue de Maga fait partie des grandes et plus productives pêcheries continentales au Cameroun, à côté de la retenue de Lagdo (FAO, 1991). La production halieutique annuelle du lac de Maga est estimée à 2000 tonnes. La pêche y est pratiquée neuf mois sur douze, avec une trêve qui va de juillet à septembre pour permettre le repos biologique. Les débouchés des produits de cette pêche sont d'abord les populations de la Région de l'Extrême-nord, ensuite les autres villes du septentrion et même du Cameroun, du Tchad voisin, enfin certaines régions du Nigeria, du Niger et du Mali (Seignobos & Raugel, 2000).

Il existait à Maga un centre de pêche mis en place dans le cadre du projet de pêche continentale, financé par le gouvernement japonais, et qui disposait d'une unité de production d'alevins pour ensemencer le lac ou ravitailler les pisciculteurs locaux. Ce centre n'est plus opérationnel à ce jour.

II.2. Matériel et méthodes

II.2.1. Technique de capture et conservation des poissons

La pêche qui est pratiquée à Maga est artisanale. Les matériels utilisés sont les filets, les hameçons, les nasses, les plombs, les perches, les pirogues. Ces matériels rudimentaires et l'absence d'infrastructures de conservation et/ou de transformation du poisson limitent le développement de la pêche dans cette localité (Seignobos & Raugel, 2000).

Les poissons étudiés ont été capturés de jour comme de nuit, par des pêcheurs locaux, à l'aide de filets maillants de maille 1 cm x 1 cm, dormants ou à l'épervier, entre mars 2015 et août 2019. Après analyse des résultats d'un travail de prospection sur la faune des Myxosporides des poissons du lac de retenue de Maga, *Labeo senegalensis* Valenciennes, 1842 (Fig. 7) a semblé une espèce herbergeant un très grand nombre d'espèces myxosporidiennes. De plus, cette espèce de poissons figure parmi celles couramment consommées par les populations locales et peut être capturée dans le lac de retenue de Maga sur presque toute l'année. Ainsi, *L. senegalensis* a été choisie pour mener l'étude de la structure et de la dynamique des populations des Myxosporidies ; ses spécimens ont été par la suite capturés mensuellement sur un an.

Immédiatement après la capture, une boutonnière de 1 à 2 cm environ a été réalisée sur la face ventrale de chaque poisson, sur le terrain, pour permettre l'infiltration du formol afin de fixer les organes internes. Les poissons destinés aux études morphométriques des Myxosporidies et aux études histopathologiques ont été fixés dans une solution de formol dilué à 10%.



Figure 7. Photographie d'un spécimen de Labeo senegalensis du lac de retenue de Maga.

II.2.2. Techniques d'étude au laboratoire

II.2.2.1. Identification des espèces de poissons capturés

Au Laboratoire, tous les poissons ont été sortis du formol, puis lavés abondamment à l'eau de robinet. Ils ont été ensuite identifiés jusqu'au niveau spécifique grâce aux clés proposées par Lévêque *et al.* (1990 ; 1992) et Stiassny *et al.* (2007a ; 2007b).

II.2.2.2. Identification du sexe chez Labeo senegalensis

Aucun signe extérieur du dimorphisme sexuel n'est apparent chez *L. senegalensis* ; ainsi la détermination du sexe a été faite après examen des gonades. Dans la pratique, après dissection du poisson, les gonades sont isolées délicatement à l'aide des pinces dans une boîte de Pétri puis observées à la loupe binoculaire. Chez les individus immatures, les gonades sont non différenciées. Chez les femelles et chez les mâles, elles ont respectivement la forme de ruban ou sont filiformes (Weyl & Booth, 1999 ; Montchowui *et al.*, 2007). Chez les individus subadultes, les frottis des gonades ont été confectionnés et observés au microscope afin d'identifier les ovocytes (de forme sphérique) des femelles ou la laitance des gonades mâles (Weyl & Booth, 1999 ; Montchowui *et al.*, 2007).

II.2.2.3. Recherche des formes végétatives de Myxosporidies

II.2.2.3.1. Identification des formes végétatives de Myxosporidies

Les formes végétatives sont soit des kystes implantés principalement dans les tissus, soit des trophontes amiboïdes dans les cavitées des organes creux (Lom & Dyková, 2006). Elles ne sont pas des sacs creux ou vermiformes (Canning & Okamura, 2004). Leurs formes sont relativement simples et de taille variable. Les kystes sont blanchâtres et de forme ovale ou allongée avec une paroie plus ou moins molle (Lom & Arthur, 1987). Les trophontes sont de forme circulaire ou allongée, dépourvus d'une paroie et libres dans la lumière, ou rarement fixés à l'épithélium, de la cavité (Canning & Okamura, 2004). Ces trophozoïtes renferment plusieurs, rarement une, spores.

II.2.2.3.2. Recherche des kystes au niveau des organes externes du poisson

Dans la pratique au laboratoire, chaque poisson est sorti de la solution formolée et lavé abondamment à l'eau de robinet. Après identification et attribution d'un numéro d'ordre, la longueur standard est mesurée à l'aide d'une règle graduée au millimètre. Avant toute dissection, chaque poisson est au préalable examiné à l'œil nu puis sous la loupe binoculaire de marque Olympus BO61 ; toutes les nageoires, la tête, les opercules, les yeux, le museau, les écailles et la peau sont soigneusement inspectés pour rechercher des éventuels kystes parasitaires.

Selon Durán *et al.* (2016) et König *et al.* (2018), la structure histologique des nageoires des Téléostens n'est pas uniforme dans le sens antéro-postérieur. Ainsi, pour les spécimens de *Labeo senegalensis*, chaque nageoire a été subdivisée en trois zones égales dans le sens antéro-postérieur en se basant sur sa longueur totale (Fig. 8). Après observation sous la loupe binoculaire, le nombre et la localisation (sur rayons membraneux ou rayons osseux) des kystes de chaque espèce parasite dans chacune des zones de la nageoire ont été relevés sur une fiche appropriée.



Figure 8. Délimitation zonale de la surface de la nageoire caudale chez *L. senegalensis* (inspiré de Rohde, 1977).

II.2.2.3.3. Dissection et recherche des formes végétatives sur les organes internes

Après ouverture de la cavité branchiale, de la cavité abdominale, et de la boîte crânienne à l'aide des ciseaux, toutes les holobranchies et les organes internes (tube digestif, foie, rate, vésicule biliaire, cœur, gonades, vessie urinaire, reins et cerveau) du poisson sont prélevés à l'aide des pinces fines puis isolés dans des boîtes de Pétri. Ces organes sont par la suite examinés sous la loupe binoculaire afin de déceler et de dénombrer les éventuels kystes. Après dissection sur lame, les contenus de la vésicule biliaire et de la vessie urinaire ont également été examinés à la loupe afin de déceler et de dénombrer les éventuels trophontes. Les cavités operculaire et buccale sont également examinées sous la loupe. Chez les spécimens de *Labeo senegalensis*, après ouverture de la cavité branchiale, toutes les holobranchies ont été prélevées et isolées dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau de robinet, marquées chacune du numéro d'ordre de l'arc (I à IV dans le sens antéro-postéreur), et des lettres G pour le côté gauche ou D pour le côté droit du poisson disséqué. Sur la base du nombre de filaments branchiaux, chaque hémibranchie a été subdivisée en trois secteurs égaux suivant le gradient longitudinal selon Rohde (1977) (Fig. 9). Pour chaque arc branchial, deux hémibranchies (antérieure et postérieure) ont été reconnues : l'hémibranchie antérieure est celle qui est la plus proche de l'opercule et l'hémibranchie postérieure celle qui est la plus éloignée de l'opercule. Ensuite chaque secteur de l'hémibranchie a été aussi subdivisée en trois zones, de longueur égale dans le sens proximo-distal selon Rohde (1977), sur la base de la longueur des filaments branchiaux (Fig. 9). Le nombre ainsi que la localisation des kystes de chaque espèce parasite ont été notés sur une fiche appropriée après examen des hémibranchies à la loupe binoculaire.



Figure 9. Délimitations sectorielle et zonale des branchies chez *L. senegalensis* (Rohde, 1977 modifié).

II.2.2.4. Examen au microscope optique

Les frottis des fragments de tous les organes internes ont été confectionnés, à raison de trois par organe, et examinés aux objectifs 40x et 100x du microscope optique Ivymen. Certains kystes parasitaires ont été prélevés à l'aide des pinces fines, dilacérés entre lame et lamelle dans une goutte d'eau de robinet puis leur contenu identifié à l'objectif 100x du microscope. Les contenus de la vésicule biliaire et de la vessie urinaire ont été prélevés puis observés au microscope au même grossissement. Un fragment de la paroi de ces organes a également été prélevé, étalé entre lame et lamelle, et examiné pour rechercher les myxospores. D'autres frottis

du contenu des kystes et des trophontes ont été séchés à l'air (à température ambiante), fixés au méthanol pur, colorés au May-Grunwald-Giemsa suivant le protocole en annexe 2 (Piaton *et al.*, 2015) et observés à l'objectif 100x.

II.2.2.5. Inclusion et coupes histologiques des organes parasités

La méthodologie utilisée ici est celle proposée par Wolf (2019). Ainsi, des fragments de tissus parasités et préalablement fixés au formol à 10% ont été prélevés à l'aide des pinces fines puis placés dans des cassettes étiquetées. Après une post fixation au liquide de Bouin acqueux pendant 2 heures, une déshydratation par immersion dans des bains d'éthanol de concentrations croissantes (70% : 1 heure ; 95% : 1 heure puis 1 heure 30 minutes ; 100% : 1 heure puis 1 heure 30 minutes, enfin 2 heures) a été effectuée. Après éclaircissement dans deux bains de xylène pendant 1 heure puis 1 heure 30 minutes, la préparation a été incluse dans de la paraffine fondue à 52°C pendant 4 heures 30 minutes. Les organes ainsi traités ont été placés suivant des orientations bien précises (afin d'obtenir de meilleures informations recherchées) dans des moules en inox qui, par la suite ont été remplis de paraffine fondue. L'ensemble a été refroidi sur une surface froide. Les blocs obtenus ont été débités en coupes d'environ 5 à 8 µm d'épaisseur à l'aide d'un microtome à paraffine de marque Reichert-Jung 2030. Ces coupes ont été mises à déplisser dans un bain marie gélatiné à 40°C puis récupérées sur des lames préalablement étiquetées, et séchées à l'étuve à 45°C pendant 24 heures. Ces lames ont été traitées pendant 5 à 10 minutes dans les bains successifs de xylène, d'éthanol de concentrations décroissantes (100%, 95%, 70%) et d'eau distillée pour le déparaffinage selon Wolf (2019). Les coupes réalisées ont été colorées à l'Hématoxyline et à l'Éosine alcoolique. Elles ont ensuite été montées dans une résine synthétique de marque Eukitt, séchées à température ambiante puis observées aux objectifs 10x, 20x et 40x du microscope optique.

II.2.2.6. Photographies, dessins et mensurations des parasites

Les photographies des vues partielles du site de capture des poissons ont été réalisées à l'aide d'un appareil photographique de marque Kodak Pixpro AZ421 (42x Wide 24-1008 mm). Les organes portant des kystes ou des trophontes ont été photographiés à la loupe binoculaire de marque Olympus BO61, équipée d'un dispositif de microphotographie de marque Nikon-COOPLIX S2800 (20,1 Megapixels). Les photographies des coupes histologiques et des spores de Myxosporidies ont été réalisées au microscope optique de marque Olympus CH-2 muni d'un dispositif de microphotographie.

Les dessins des spores ont été exécutés à l'objectif 100x du microscope Wild M-20, muni d'un tube à dessin. Les mensurations ont été effectuées sur un échantillon d'au moins 50 spores par espèce parasite à l'aide d'un micromètre objectif. Les variables retenues pour ces mensurations sont celles proposées par Lom & Arthur (1989) comme illustrées à la figure 1, p. 8.

II.2.2.7. Diagnose des genres et description des espèces de Myxosporidies récoltées

II.2.2.7.1. Diagnose des genres

II.2.2.7.1.1. Genre Myxidium Bütschli, 1882

Les spores appartenant à ce genre sont généralement fusiformes, droites, parfois légèrement arquées ou sigmoïdes, avec des extrémités pointues (Fig. 10 : a). Les valves sont généralement striées. La ligne de suture divise la spore en deux (Fig. 10 : b). Les capsules polaires, piriformes dans la plupart des cas, sont situées chacune à un pôle de la spore. Elles s'ouvrent dans des directions opposées, soit à l'extrémité, soit près de l'extrémité de la spore. Le sporoplasme est binucléé et s'étend entre les capsules polaires (Lom & Dyková, 2006).



Figure 10. Représentation schématique d'une spore du genre *Myxidium* (Dessin par Deli). **a** : vue de face ; **b** : vue de profil ; **cp** : capsule polaire ; **cv** : cellule valvaire ; **fp** : filament polaire ; **ls** : ligne de suture ; **n** : noyau ; **s** : sporoplasme.

II.2.2.7.1.2. Genre Myxobolus Bütschli, 1882

Les spores sont ellipsoïdales, ovoïdes ou sphériques en vue de face (Fig. 11 : a). En vue de profil, elles sont biconvexes (Fig. 11 : b). Les valves sont généralement lisses. La ligne de suture forme dans la plupart des cas, un bourrelet dans un plan parallèle à celui des capsules polaires. Les deux capsules polaires sont souvent piriformes et situées au pôle antérieur de la spore. Elles sont égales et parfois inégales. Le sporoplasme est binucléé et peut renfermer une vacuole iodophile. Les espèces appartenant à ce genre sont généralement histozoïques chez les poissons d'eau douce, mais peuvent être cœlozoïques chez les poissons marins (Lom & Dyková, 2006).



Figure 11. Représentation schématique d'une spore du genre *Myxobolus* (Dessin par Deli).

a : vue de face ; **b** : vue de profil ; **cp** : capsule polaire ; **cv** : cellule valvaire ; **fp** : filament polaire ; **ls** : ligne de suture ; **n** : noyau ; **s** : sporoplasme.

II.2.2.7.1.3. Genre Henneguya Thelohan, 1892

Les espèces appartenant à ce genre ont un corps sporal ellipsoïdal, fusiforme, oval ou arrondi en vue de face, et biconvexe en vue de profil (Fig. 12 : a - b). Les valves sont lisses ; chacune d'elles se prolonge par une expansion plus ou moins longue. Les deux prolongements caudaux peuvent être égaux ou inégaux, accolés ou séparés sur toute leur longueur. Les deux capsules polaires sont symétriques ou dissymétriques. Le sporoplasme est binucléé. Les *Henneguya* sont histozoïques chez les poissons d'eau douce et marins (Lom & Dyková, 2006).



Figure 12. Représentation schématique d'une spore du genre *Henneguya* (Dessin par Deli).

a : vue de face ; **b** : vue de profil ; **cp** : capsule polaire ; **cv** : cellule valvaire ; **fp** : filament polaire ; **ls** : ligne de suture ; **n** : noyau ; **pc** : prolongements caudaux ; **s** : sporoplasme.

II.2.2.7.1.4. Genre Thelohanellus Kudo, 1933

En vue de face, les spores appartenant à ce genre sont piriformes ou ovoïdes, avec une extrémité antérieure souvent effilée, la postérieure étant arrondie (Fig. 13 : a). Elles sont plus biconvexes en vue de profil (Fig. 13 : b). Les valves sont lisses. L'unique capsule polaire, très développée, est ovoïde ou subsphérique. Le sporoplasme est binucléé. Les trophozoïtes sont larges, polysporés, avec formation de pansporoblastes. Les *Thelohanellus* sont histozoïques chez les poissons hôtes (Lom & Dyková, 2006).



Figure 13. Représentation schématique d'une spore du genre *Thelohanellus* (Dessin par Deli).

a: vue de face ; b: vue de profil ; cp: capsule polaire ; cv: cellule valvaire ; fp: filament polaire ; ls: ligne de suture ; n: noyau ; s: sporoplasme.

II.2.2.7.2. Description des espèces

La description des espèces de Myxosporidies recensées a été basée principalement sur les caractéristiques morphologiques et les mensurations des spores. Les critères proposés par Lom & Dyková (1992) ont été pris en compte au cours de la description de l'espèce et de l'étude des affinités taxonomiques.

II.2.3. Méthodes d'analyse des données et tests statistiques

Au cours de ce travail, les données ont été enregistrées dans le programme Microsoft Excel version 2016 et les tests statistiques ont été réalisés grâce au programme informatique "R version 4.1.2 pour Windows" et le programme Quantitative Parasitology 3.0.

Le statut écologique de chaque espèce parasite a été déterminé selon Valtonen *et al.* (1997) ; ainsi les espèces sont qualifiées de : **fréquentes** ou **communes** ou encore **principales** si la prévalence > 50% ; **peu fréquentes** ou **secondaires** ou intermédiaires si 10% \leq prévalence \leq 50%, et **rares** ou satellites si la prévalence < 10%.

La classification du parasitisme sur la base des charges kystiques moyennes (C_m) est conforme à celle de Bilong Bilong & Njiné (1998) sur les monogènes. La charge kystique est qualifiée de : **très faible** si $C_m < 10$; **faible** si $10 \le C_m \le 50$; **moyenne** si $50 < C_m \le 100$ et **forte** si $C_m > 100$.

Calcul de la moyenne, de l'écart-type et de l'intervalle de confiance

Considérant un échantillon d'effectif **n** ($n \ge 30$), la variable x désigne une suite de mesures et **m** la moyenne. Le calcul de la moyenne est fait à l'aide de la formule suivante (Lee *et al.*, 2015) :

$$\mathbf{m} = \frac{\sum_{i=0}^{n} \mathbf{x}i}{\mathbf{n}}$$

L'écart-type (S) est la racine carrée de la variance S^2 dont la formule est la suivante :

 $S^2 = \frac{\sum (x-m)^2}{n-1}$ avec n-1, le nombre de degrés de liberté (Lee *et al.*, 2015).

L'intervalle de confiance de la moyenne est $\pm 2S_m$, pour un coefficient de sécurité de 90%. S_m est l'erreur standard de la moyenne ; elle se calcule par la formule (Lee *et al.*, 2015) :

$$S_{\rm m} = \frac{S}{\sqrt{n-1}}$$

Le niveau de sécurité retenu dans nos analyses est 95%, c'est-à-dire une probabilité d'erreur inférieure à 0,05.

Dans la partie faunistique du travail, la moyenne arithmétique des dimensions des spores et leurs différentes composantes est suivie (entre parenthèses) des valeurs minimale et maximale.

Calcul de l'indice d'agrégation de Poulin

L'indice d'agrégation de Poulin (D) des kystes a été évalué par la formule suivante :

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{i} xj}{C_m N(N+1)}$$

avec C_m = charge kystique moyenne ; n = nombre total d'hôtes parasités de l'échantillon ; xj = nombre de kystes dans l'hôte j (après avoir rangé les hôtes du moins infesté, c'est-à-dire j = 1, au plus infesté). La valeur de *D* varie entre 0 (lorsque les hôtes parasités ont uniformément la même charge kystique parasitaire) et 1 (losque tous les kystes sont concentrés dans un seul spécimen hôte (Poulin, 2007).

Regroupement des poissons hôtes en classes de tailles

Il a été réalisé à partir de la formule de Yule (1944). D'après cet auteur, le nombre de classes (Nc) est égal à $2,5\sqrt[4]{N}$ où N est la taille de l'échantillon examiné.

L'intervalle de classe ou amplitude est $\mathbf{Ic} = \frac{(X_{max} - X_{min})}{N_c}$ où X_{max} et X_{min} représentent respectivement la plus grande et la plus petite taille X dans la série statistique.

À partir de X_{min} , nous obtenons les limites de chaque classe (ou bornes des classes) par

addition successive de l'intervalle de classe.

***** Test de χ^2 (chi-carré ou chi deux)

Le test de χ^2 a permis de comparer les pourcentages d'infestation au cours de l'analyse. Pour chaque classe de distribution des données, après détermination de la différence effectif observé (Eo) – effectif calculé (Ec), les écarts relatifs sont élevés au carré puis divisés par l'effectif calculé. La somme des résultats obtenus donne la valeur statistique χ^2 soit

$$\chi^2 = \sum \frac{(\mathrm{Eo} - \mathrm{Ec})^2}{\mathrm{Ec}}$$

Cette valeur est comparée à celle lue dans la table de χ^2 pour un risque fixé à un degré de liberté (d.d.l) égal au nombre de classes – 1. En cas de dépassement de la valeur lue dans la table, la différence entre les distributions est déclarée significative (Turhan, 2020).

✤ Test de Kruskal – Wallis

Le test Kruskal-Wallis est un test d'analyse de variance non paramétrique qui permet de comparer de plus de deux moyennes. Ce test a été choisi après avoir vérifié, par le test de normalité, que la distribution de nos données n'était pas normale. Il consiste à remplacer les valeurs par leurs rangs et à totaliser ensuite les rangs revenant à chaque échantillon (si plusieurs valeurs ont un même rang, on leur donne un rang correspondant à la moyenne des rangs occupés). On obtient une série de valeurs de Ri pour les i échantillons (Kruskall & Wallis, 1952).

R₁ (somme des rangs de l'échantillon 1),

- R2 (somme des rangs de l'échantillon 2),
- Ri (somme des rangs de l'échantillon i).

On calcule la statistique :

$$\mathbf{H} = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^{n} \frac{(R_i)^2}{ni} - 3(N+1)$$

avec N = nombre total des valeurs, n = nombre de valeurs de chaque groupe.

Grâce à la table spéciale de H, on peut savoir si H atteint un seuil significatif. Cependant si on a au moins 4 échantillons ou au moins 6 valeurs, la distribution de H suit approximativement la distribution de χ^2 . On consulte alors la table de χ^2 pour ddl = n-1. Si le H calculé est plus élevé que la valeur de la table, les moyennes sont significativement différentes (Kruskall & Wallis, 1952).

***** Test U de Mann-Withney

Celui-ci a permis de comparer les moyennes prises deux à deux. Le principe consiste à

ranger dans l'ordre croissant l'ensemble des observations mélangées des deux échantillons, à leur affecter un rang et à calculer séparément la somme des rangs des observations provenant de chacun des deux échantillons. Le rangement prend en compte les valeurs algébriques, c'està-dire que le rang le plus faible est assigné à l'observation dont la valeur est la plus négative. Ainsi, pour chacun des échantillons de taille n_1 et n_2 , on obtient respectivement les sommes des rangs R_1 et R_2 . Puis, on recherche la valeur statistique **U** :

U₁ = R₁ -
$$\frac{n_1(n_1+1)}{2}$$
 U₂ = R₂ - $\frac{n_2(n_2+1)}{2}$ U = min (U₁, U₂)

où R_1 et R_2 sont les sommes des rangs des éléments du premier et du deuxième échantillons, d'effectifs n_1 et n_2 respectivement.

Cette valeur donne le nombre de fois qu'un score du groupe n_2 précède un score du groupe n_1 lors du rangement. Pour savoir si **U** atteint un seuil significatif, on consulte la table des valeurs critiques de U, au risque choisi en fonction de n_1 et n_2 (Frontier *et al.*, 2007).

Indice de Dice (D) et indice de Forbes

L'indice de Dice a permis de calculer la proportion du nombre de cas où deux espèces paprasites P1 et P2 sont associées au nombre total de cas où P1 et P2 sont associées ou non associées. Selon Combes (1983), si on considère les valeurs a pour P1 et P2 présents, b pour P1 seul présent, c pour P2 seul présent et d pour P1 et P2 tous deux absents, dans un échantiollon de N hôtes examinés, l'indice de Dice est calculé par la formule : $\mathbf{D} = \frac{2\mathbf{a}}{2\mathbf{a}+\mathbf{b}+\mathbf{c}}$.

L'intervalle de confiance au risque de 5 % de **D** est \pm **1,96** σ sachant que

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4a/N)(b/N+c/N)(a/N+b/N+c/N)}{(2a/N+b/N+c/N)^4(N)}} ; N = a + b + c + d.$$

L'association entre les deux espèces parasites est dite **très faible** si $D \le 0,09$; **faible** si $0,10 \le D \le 0,24$; **moyenne** si $0,25 \le D \le 0,49$; et **forte** si $D \ge 0,5$ (Bilong Bilong *et al.*, 2021). Pour avoir une indication sur la déviation éventuelle du degré d'association par rapport au hasard, on peut associer l'indice de Forbes (F) à l'indice de Dice (Combes, 1983).

 $\mathbf{F} = \frac{\mathbf{aN}}{(\mathbf{a}+\mathbf{b})(\mathbf{a}+\mathbf{c})}$. Si F < 1, l'association est moins fréquente que prévu par la chance ; si F \approx 1, l'association répond aux lois du hasard ; et si F > 1, l'association est plus fréquente que prévu (Combes, 1983 ; Bilong Bilong *et al.*, 2021). Et le test de χ^2 a permis d'indique le degré de signification de la déviation observée (Combes, 1983).

Coefficient de corrélation des rangs de Kendall ("τ")

Le coefficient de Kendall a été calculé pour évaluer la corrélation de rang entre d'une

part les charges kystiques moyennes de deux espèces parasites, et d'autre part la longueur standard de *Labeo senegalensis* et la prévalence ou la charge kystique parasitaire. Contrairement au coefficient de corrélation de Spearman, il permet une meilleure gestion des ex-aequos (Laurencelle, 2009). Le principe consiste à trier la première série de variables (*X*) et la deuxième série de variables (*Y*) puis à affecter un rang à chaque observation ; on reclasse les données par ordre croissant selon le rang de la première variable (*X*). Pour chaque rang de seconde série de variables (*Yi*), de i = 1 à i = n-1, il faut compter le nombre de valeurs *Yj* suivantes qui sont plus grandes (c'est à dire *Yj* > *Yi* pour *j* > *i*), moins le nombre de valeurs plus petites (*Yj* < *Yi*), le total donnant C – D. Le coefficient de Kendall est calculé par la formule :

$$\tau = \frac{2(\mathsf{C} - \mathsf{D})}{n(n-1)}$$

où C et D représentent respectivement le total des valeurs suivantes qui sont plus grandes et le total des valeurs suivantes qui sont plus petites, et *n* nombre de paires *X*,*Y*. La valeur du coefficient de Kendall varie entre -1 (discordance ou corrélation négative) et +1 (corrélation positive) (Laurencelle, 2009 ; 2022).

II.2.4. Terminologie

Nous avons utilisé quelques termes au cours du présent travail dont nous donnons les définitions dans les lignes qui suivent.

La charge kystique moyenne (C_m) est la somme totale des kystes d'une espèce parasite donnée dans un échantillon d'hôtes examinés divisée par le nombre d'individus hôtes réellement infestés par cette espèce parasite (adaptée de Bush *et al.*, 1997).

La longueur standard (LS) est la longueur du poisson prise de l'extrémité antérieure du museau à la base (ou articulation) de la nageoire caudale (Stiassny *et al.*, 2007).

La population est l'ensemble d'individus d'une espèce donnée, géographiquement isolés d'autres ensembles d'individus de la même espèce et ayant des probabilités sensiblement équivalentes de se reproduire entre eux (Combes, 1995).

La prévalence (Pr) ou taux d'infestation est le nombre d'individus d'une espèce hôte infestés par une espèce parasite donnée, divisé par le nombre d'individus hôtes examinés pour cette espèce parasite ; elle est généralement exprimée en pourcentage (Bush *et al.*, 1997).

La richesse spécifique est le nombre d'espèces parasites infestant, à un moment et un lieu donnés, une espèce hôte (Barbault, 1995).

La sex-ratio est le rapport entre le nombre des individus de sexe mâle et celui des individus de sexe femelle dans un échantillon examiné (Poulin, 2007).

CHAPITRE III :

RESULTATS ET DISCUSSION
III.1. Résultats

III.1.1. Description des espèces de Myxosporidies récoltées

L'examen des poissons capturés dans le lac de retenue de Maga a révélé la présence d'une faune myxosporidienne abondante et diversifiée. Les espèces trouvées appartiennent à quatre genres : *Myxidium* Bütschli, 1882, *Myxobolus* Bütschli, 1882, *Henneguya* Thélohan, 1892 et *Thelohallenus* Kudo, 1933.

III.1.2.1. Genre Myxidium Bütschli, 1882

Au cours de nos prospections, nous avons trouvé quatre (04) espèces dont deux (02) nous semblent nouvelles pour la Science et deux (02) connues.

III.1.2.1.1. Description de *Myxidium tetraodoni* n. sp. (Pl. I : 1 - 5; Fig. 14 : a - b)

Hôte type : Tetraodon lineatus Linnaeus, 1758 (Tetraodontidae).

Organe parasité : vessie urinaire.

Prévalence : 77,78% (28 poissons parasités sur 36 examinés).

Forme végétative : De minuscules trophontes de formes variables (Pl. I : 1 - 2), polysporés, ont été trouvés dans la vessie urinaire des hôtes. Ils peuvent être circulaires, grossièrement triangulaires ou pentagonales. Leur taille varie de 40 à 170 μ m × 30 à 104 μ m. L'ectoplasme est clair. Dans l'endoplasme granuleux, les spores matures se forment par paires dans des pansporoblastes (Pl. I : 3). Par vessie urinaire parasitée, on peut compter plusieurs milliers de trophontes.

Spores : Les spores sont ellipsoïdales, avec la partie médiane renflée et les extrémités arrondies (Pl. I : 4 ; Fig. 14 : a). Chaque valve porte 9 à 12 stries longitudinales (Fig. 14 : b). Les capsules polaires sont sphériques et d'égales dimensions (Pl. I : 4 - 5) ; dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 4 à 5 tours de spire. Quelques spores tératologiques présentant 3 ou 4 capsules polaires ont également été trouvées. Le sporoplasme occupe l'espace extracapsulaire.

Les mensurations des spores de cette Myxosporidie sont résumées ainsi qu'il suit :

- longueur de la spore (L) : 11,6 \pm 0,1 (10,5 12,5) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $8,2 \pm 0,2$ (7,2 9,6) µm ;
- rapport (L/l) : 1,4 ;
- diamètre de la capsule polaire (Ø) : $3,7 \pm 0,1$ (3,0 4,3) µm ;
- nombre de stries par valve : 9 12 ;
- nombre de tours de spire du filament au sein de la capsule polaire : 4 5.

Affinités taxonomiques

Par la forme de la spore, cette Myxosporidie se rapproche de certaines espèces antérieurement décrites en Afrique et sur d'autres continents ; ces espèces sont : *Myxidium macrocapsulare* Auerbach, 1910 ; *Myxidium macrocheili* Mitchell, 1967 ; *Myxidium brienomyri* Fomena & Bouix, 1986 ; *Myxidium nyongensis* Fomena & Bouix, 1986 ; *Myxidium latesi* Kostoïngué, Faye & Toguebaye, 1998 et *Myxidium nkamensis* Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2010.

Myxidium brienomyri Fomena & Bouix, 1986, forme des trophontes dans la vésicule biliaire de *Brienomyrus brachyistus* (Mormyridae) au Cameroun. Nos spores sont moins longues (11,6 μ m) et plus larges (8,2 μ m) comparées à celles de cette espèce dont la taille moyenne est de 13,7 × 6,6 μ m. Les capsules polaires du parasite de *T. lineatus* sont moins développées que celles de *M. brienomyri* (3,7 μ m vs 4,2 μ m de diamètre respectivement).

Myxidium nyongensis Fomena & Bouix, 1986 développe de larges trophontes circulaires dans la vésicule biliaire de *Enteromius jae*, *E. aspilus*, *E. guirali* et *E. martorelli* (Cyprinidae) au Cameroun. Nos spores sont moins longues et plus larges comparées à celles de *M. nyongensis* qui mesurent en moyenne 12,4 µm de long sur 6,5 µm de large.

Myxidium latesi Kostoïngué *et al.*, 1998, décrit chez *Lates niloticus* (Latidae) au Tchad, forme des spores ellipsoïdales avec des extrémités arrondies et des capsules polaires sphériques. La grande taille des spores de cette espèce (15,4 µm de long en moyenne) l'éloigne de l'espèce en cours de description.

Myxidium nkamensis Fomena *et al.*, 2010 parasite *Clarias pachynema* (Clariidae) au Cameroun. Elle forme des spores ellipsoïdales et renflées. Ces dernières sont nettement plus grandes (25,4 μ m de long en moyenne) comparées à celles du parasite en cours de description. De même, ses capsules polaires sont plus développées (10,2 × 7,7 μ m en moyenne).

Myxidium macrocapsulare Auerbach, 1910 (hôte : *Scardinius erythrophthalmus* en Allemagne), forme des spores libres dans la vessie urinaire, avec des extrémités légèrement incurvées et effilées. Comparées à celles de ce parasite, les spores du présent parasite sont plus larges (7,2 - 9,6 μ m vs 5,3 - 6,8 μ m); de plus les capsules polaires de *M. macrocapsulare* sont ovoïdes (4,6 μ m × 3,8 μ m).

Les spores de *Myxidium macrocheili* Mitchell, 1967, parasite de la vésicule biliaire de *Catostomus macrocheilus* en Amérique du nord, sont de longueur comparable à celle de notre parasite (11,7 μ m de long en moyenne). Nos spores sont cependant plus larges (8,2 μ m vs 6,6 μ m en moyenne) avec des capsules polaires sphériques contrairement à celles ovoïdes de *M. macrocheili*.

PLANCHE I

Formes végétatives et spores de *Myxidium tetraodoni* n. sp., parasite de *Tetraodon lineatus*, et *Myxidium anisocapsularis* n. sp., parasite de *Distichodus engycephalus*

1 – 5 : *Myxidium tetraodoni* n. sp.

1: trophonte de forme irrégulière ; observer le développement des spores dans l'endplasme.

2 : trophonte circulaire contenant des spores ;

3 : trophonte avec un endoplasme granuleux contenant des pansporoblastes disporés ;

4 : spore non colorée (observer les capsules polaires sphériques) ;

5 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.

6-8: Myxidium anisocapsularis n. sp.

6-7: spores non colorées (observer les capsules polaires inégales);

8 : spore colorée au May-Grünwald-Giemsa.

Trait d'échelle des spores = $5 \mu m$.



Toutes ces différences nous amènent à conclure que le présent *Myxidium* est nouveau. Nous proposons de le nommer *Myxidium tetraodoni* n. sp., nom qui fait référence au genre *Tetraodon* auquel appartient le poisson hôte.

III.1.2.1.2. Description de *Myxidium anisocapsularis* **n. sp.** (Pl. I : 6 - 8; Fig. 14 : c - d) **Hôte type** : *Distichodus engycephalus* Günther, 1964 (Distichodontidae).

Organe parasité : vésicule biliaire.

Prévalence : 15,38% (04 poissons parasités sur 26 examinés).

Forme végétative : le trophozoïte n'a pas été trouvé ; les spores, nombreuses, flottent librement dans la bile.

Spore : Elles sont fusiformes et allongées (2,5 fois plus longues que larges), avec la partie médiane renflée et les extrémités pointues (Pl. I : 6,7 ; Fig. 14 : c). Chaque valve porte 8 à 11 stries longitudinales (Pl. I : 7 ; Fig. 14 : d). La ligne de suture est droite. Les capsules polaires sont piriformes et dissymétriques (Pl. I : 8 ; Fig. 14 : c). Le filament polaire s'enroule sur 5 à 6 tours de spire dans la grande capsule polaire et 4 à 5 dans la petite (Fig. 14 : c). Le sporoplasme, finement granuleux, est logé entre les deux capsules polaires (Fig. 14 : c).

Les mensurations relevées sur cette Myxosporidie sont :

- longueur de la spore (L) : $15,2 \pm 0,1 (14,0 16,2) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : $6,0 \pm 0,1$ (5,0 6,7) μ m ;
- rapport L/l : 2,5 ;
- longueur de la grande capsule polaire (L') : 5,9 \pm 0,1 (5,0 6,5) μ m ;
- largeur de la grande capsule polaire (l') : 3,3 \pm 0,1 (3,0 3,8) μ m ;
- rapport L'/l' : 1,8 ;
- longueur de la petite capsule polaire (L') : 4,7 \pm 0,1 (4,0 5,5) μ m ;
- largeur de la petite capsule polaire (l') : $2,9 \pm 0,1$ (2,3 3,3) μ m ;
- rapport L''/l'' : 1,6 ;
- nombre de stries par valve : 8 11 ;
- nombre de tours de spire dans la grande capsule polaire : 5 6 ;
- nombre de tours de spire dans la petite capsule polaire : 4 5.

Affinités taxonomiques

Deux espèces de *Myxidium* ont antérieurement été décrites chez les Distichodontidae d'Afrique : *Myxidium camerounensis* Fomena & Bouix, 1986, parasite de la vésicule biliaire de *Neolebias ansorgei* au Cameroun et *Myxidium distichodi* Kostoïngue, Faye & Toguebaye, 1998, observée chez *Distichodus engycephalus* au Tchad. Comparées à celles de ces deux espèces, les spores du *Myxidium* en cours de description sont moins développées. En effet, les spores de *M. camerounensis* mesurent 22,1 µm de long en moyenne et celles de *M. distichodi* 16,3 µm en moyenne. Les capsules polaires de notre parasite sont nettement dissymétriques, caractère non observé chez *M. camerounensis* et *M. distichodi* qui possèdent des capsules polaires égales.

La forme générale de la spore de la présente espèce rappelle celle de *Myxidium parachannae* Sakiti, 1997, observée dans la vésicule biliaire de *Parachanna obscura* au Benin. La dissymétrie observée au niveau des capsules polaires chez la présente espèce et la grande taille des spores de *M. parachannae* $(21,0-25,0 \mu m)$ différencient les deux espèces. De même, les spores de *M. parachannae* sont moins larges $(3,0-5,0 \mu m)$.

La taille des spores et la dissymétrie des capsules polaires du *Myxidium* de *D*. *engycephalus* l'éloignent de *Myxidium birgii* Fomena & Bouix, 1986, parasite de la vésicule de *Aphyosemiom bivittatum* (Cyprinodontidae) au Cameroun et dont les spores sont nettement plus longues (17,7 - 22,5 µm).

Nos spores sont moins allongées comparées à celles de *Myxidium petrocephali* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Petrocephalus simus* au Cameroun) qui sont arquées et mesurent 24,1 (21,5 - 27,0) µm de long.

Les spores de *Myxidium shamama* Ali, Sakran & Abdel-Baki, 1999 (parasite de la vésicule biliaire de *Labeo niloticus* en Egypte), *Myxidium schilba* Ali, Sakran & Abdel-Baki, 1999 (hôte : *Schilbe mystus* en Egypte), *Myxidium chongqingense* (Chen & Ma, 1998) décrit chez *Cyprinus carpio* en Chine, sont morphométriquement semblables à celles observées ; cependant, les capsules polaires de nos spores sont de taille inégale.

De toutes les espèces de *Myxidium* décrites à travers le monde, aucune n'a été trouvée présentant des capsules polaires dissymétriques. Nous pensons être en présence d'une espèce nouvelle, que nous proposons de nommer *Myxidium anisocapsularis* n. sp., nom qui fait référence à la dissymétrie observée au niveau de ses capsules polaires.

III.1.2.1.3. Redescription de *Myxidium nyongensis* Fomena & Bouix, 1986 (Pl. II : 1 - 3 ; Fig. 14 : e - f)

Hôte type : Enteromius jae Boulenger, 1903 (Cyprinidae).

Localité type : Nkolya dans le Département du Nyong et So'o, région du Centre Cameroun.

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : vésicule biliaire.

Prévalence : 3,87% (10 poissons parasités sur 258 examinés).

PLANCHE II

Formes végétatives et spores de *Myxidium nyongensis*, parasite de *Labeo senegalensis*, et *Myxidium latesi*, parasite de *Lates niloticus*

1-3: Myxidium nyongensis

- 1 : vésicule biliaire contenant un trophonte enroulé ;
- 2- : trophonte renfermant des spores groupées par paires ;
- 3 : spore en vue de face.

4 – 8 : Myxidium latesi

- 4 5 : vésicules biliaires contenant un trophonte (4) et trois trophontes (5) ;
- 6 : trophonte renfermant des spores groupées par paires ;

7 - 8 : spores non colorées ; observer le grand développement du sporoplasme (7) et la présence des stries valvaires (8).



Forme végétative : Les trophontes (Pl. II : 1) sont circulaires, larges et polysporés. Par vésicule biliaire parasitée, on peut compter de 1 à 3 trophozoïtes à différents stades de développement. Les pansporoblastes sont disporés (Pl. II : 2).

Spore : En vue de face, elles sont ellipsoïdales et allongées, avec les extrémités arrondies (Pl. II : 3 ; Fig. 14 : e). La partie médiane est légèrement renflée. Les valves sont striées longitudinalement. Par valve, on en dénombre 8 à 11 (Fig. 14 : f). Les deux capsules polaires sont sphériques et égales. Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 4 à 5 tours de spire.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $14,4 \pm 0,2 (13,0 15,5) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 7,5 \pm 0,2 (7,0 9,0) μ m ;
- rapport L/l : 2,0 ;
- diamètre de la capsule polaire (Ø) : $3,5 \pm 0,1 (3,0 4,0) \mu m$;
- nombre de stries par valve : 8 11 ;
- nombre de tours de spire au sein de la capsule polaire : 4 5.

Affinités taxonomiques

Environ dix huit (18) espèces de *Myxidium* ont été décrites et validées chez les poissons d'eau douce d'Afrique (Fomena *et al.*, 2010). De toutes ces espèces, seules les spores de *M. brienomyri* Fomena & Bouix, 1986, *M. nyongensis* Fomena & Bouix, 1986 et *M. latesi* Kostoïngué, Faye & Toguebaye, 1998 présentent des caractéristiques morphométriques proches de celles de l'espèce en cours de description.

Cependant, la forme arrondie des extrémités des spores observées et la grande taille de leurs capsules polaires éloignent notre parasite de *M. latesi*. Comparées aux spores de *M. brienomyri* qui mesurent $6,5\mu$ m de large en moyenne avec des capsules polaires mesurant $4,2\mu$ m de diamètre, celles observées ici sont moins larges et leurs capsules polaires moins développées.

Fomena & Bouix (1986) ont décrit *M. nyongensis* chez de nombreuses espèces de poissons du genre *Enteromius* (Cyprinidae) au Cameroun. Les spores de cette espèce mesurent 12,4 (10,8 - 14,4) μ m de long sur 6,5 (4,7 - 9,4) μ m de large. Bien que les spores du *Myxidium* retrouvées ici chez *Labeo senegalensis* soient plus développées, les caractéristiques du trophonte, la morphologie générale de la spore, la forme et la taille des capsules polaires et la famille du poisson hôte de ce parasite correspondent aux données sur *M. nyongensis*. Le présent *Myxidium* et *M. nyongensis* constituent donc une seule et même espèce.

Cette Myxosporidie a été observée à nouveau chez *Enteromius camptacanthus, Enteromius guirali* et l'Amphilidae *Amphilus longirostris* au Cameroun (Fomena, 1995); Abakar-Ousman (2006) l'a également retrouvée dans la vésicule biliaire de *Labeo parvus* au Tchad. *Myxidium nyongensis* est donc largement distribué en Afrique centrale. Cette Myxosporidie affecte les hôtes appartenant aux familles des Cyprinidae et Amphilidae.

III.1.2.1.4. Redescription de *Myxidium latesi* Kostoïngué, Faye & Toguebaye, 1998 (Pl. II : 4 - 8 ; Fig. 14 : g - h)

Hôte type : Lates niloticus Linné, 1762 (Latidae).

Localité type : Maïlao dans le Chari (Tchad).

Organe parasité : vésicule biliaire.

Prévalence : 55,0% (11 individus parasités sur 20 examinés).

Forme végétative : Ce *Myxidium* forme des trophontes circulaires et foliacés dans la vésicule biliaire (Pl. II : 4, 5). Leur taille varie entre 1,6 mm à 8 mm de diamètre. On peut dénombrer 3 à 6 trophontes dans une même vésicule biliaire parasitée. Les spores matures sont groupées par paires dans des pansporoblastes (Pl. II : 6).

Spore : Elle est ellipsoïdale, avec la partie médiane légèrement renflée et les extrémités légèrement pointues (Pl. II : 7 ; Fig. 14 : g). La ligne de suture est droite. Chaque valve présente 7 à 11 stries parallèles (Pl. II : 8 ; Fig. 14 : h). Les capsules polaires sont subsphériques et d'égales dimensions (Fig. 14 : g). Elles renferment 5 à 6 tours de spire du filament polaire.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 13,6 \pm 0,2 (12,3 14,5) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 7,1 \pm 0,2 (5,8 9,0) μ m ;
- rapport L/l : 1,9 ;
- diamètre de la capsule polaire (Ø) : $3,2 \pm 0,1$ (2,5 4,0) µm ;
- nombre de stries par valve : 7 11 ;
- nombre de tours de spire au sein de la capsule polaire : 5 6.

Affinités taxonomiques

Au Cameroun, Fomena & Bouix (1986) ont décrit *Myxidium nyongensis* chez *Enteromius jae*, *E. aspilus*, *E. martorelli* et *E guirali* (Cyprinidae), et *Myxidium brienomyri* parasite de *Brienomyrus brachyistus* (Mormyridae). La similitude de la forme des spores nous amène à comparer le présent *Myxidium* avec ces espèces. Contrairement à *M. nyongensis* qui forme des spores avec les extrémités arrondies et mesurant 12,4 µm de long sur 6,5 µm de large, nos spores sont plus développées et leurs extrémités pointues. Le présent parasite se distingue



Figure 14. Dessins des spores des différentes espèces observées dans le genre *Myxidium*. **a**, **b** : *Myxidium tetraodoni* n. sp. en vue de face (**a**) ; observer les stries valvaires (**b**) ; **c**, **d** : *Myxidium anisocapsularis* n. sp. en vue de face (**c**) ; observer les stries valvaires (**d**) ; **e**, **f** : *Myxidium nyongensis* en vue de face (**e**) et en vue de profil (**f**) ; **g**, **h** : *Myxidium latesi* vue de face (**g**), observer les stries valvaires (**h**). Trait d'échelle : 5 µm.

par ses spores plus larges que celles de *M. brienomyri* qui mesurent 6,5 μ m de large en moyenne. Leurs capsules polaires subsphériques, sont moins développées comparées à celles de *M. brienomyri* qui sont plutôt sphériques et mesurent en moyenne 4,2 μ m de diamètre.

À ce jour, deux espèces de *Myxidium* sont connues chez les poissons de la famille des Latidae : il s'agit de *M. calcariferi* Chakravarty, 1943 (parasite de *Lates calcarifer* en Inde) et *M. latesi* Kostoïngué, Faye & Toguebaye, 1998 (décrit chez *Lates niloticus* au Tchad). *Myxidium calcariferi* forme des spores fusiformes avec les extrémités pointues, qui mesurent 23,0 -27,0 µm de long et qui contiennent des capsules polaires piriformes. Par la forme ellipsoïdale et la taille réduite de ses spores, la forme subsphérique de ses capsules polaires, le *Myxidium* trouvé chez *Lates niloticus* est différent de *M. calcariferi. Myxidium latesi* forme des spores ovales avec des valves striées et ses extrémités sont rétrécies. Elles mesurent 15,4 (15,0 - 16,0) µm de long sur 8,3 (8,0 - 9,0) µm de large (Kostoïngué *et al.*, 1998). Comparées à celles de *M. latesi*, nos spores sont moins développées, avec des capsules polaires subsphériques. Toutefois la concordance concernant la morphologie générale de la spore, l'organe parasité et l'espèce hôte, nous amène à considérer que nous sommes en présence de *M. latesi*. Lors de sa description originelle, ses auteurs n'ont pas observé les trophontes. La présence des trophontes circulaires constitue ainsi un élément nouveau apporté à la diagnose de cette espèce.

III.1.2.2. Genre Myxobolus Bütschli, 1882

Chez les poissons examinés, nous avons recensé vingt-quatre (24) espèces appartenant au genre *Myxobolus* dont 05 nous semblent nouvelles et 19 connues.

III.1.2.2.1. *Myxobolus dzeufieti* **n. sp.** (Pl. III : 1 - 6 ; Fig. 15 : a - b)

Hôte type : Oreochromis niloticus Linneaus, 1758 (Cichlidae).

Autre hôte : Tilapia sp. (Cichlidae).

Organe parasité : peau.

Prévalence : 33,33% (08 individus parasités sur 24 examinés) chez *O. niloticus* et 8,82% (03 poissons parasités sur 34 examinés) chez *Tilapia* sp..

Forme végétative : Ce *Myxobolus* forme des kystes ovales ou allongés (Pl. III : 1) dans le derme de la peau (Pl. III : 2, 3). Ils mesurent 1,0 - 1,5 mm de long sur 170 - 250 μ m de large. On peut dénombrer 5 à 17 kystes chez un individu hôte parasité.

Implantation : Les kystes de cette Myxosporidie sont implantés dans le tissu conjonctif du derme (Pl. III : 3). Cette implantation des kystes à myxospores n'entraîne pas de réponse inflammatoire chez les poissons hôtes.

Spore : À maturité, les spores sont subovoïdes en vue de face, avec les deux extrémités arrondies (Pl. III : 4 ; Fig. 15 : a). Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. III : 5 ; Fig. 15 : b). Elles mesurent $12,3 \times 9,8 \mu m$ en moyenne. Les valves sont épaisses. Il n'existe pas de prolongement intercapsulaire. Les capsules polaires sont piriformes et symétriques (Pl. III : 6 ; Fig. 15 : a). Elles convergent et s'ouvrent à l'extrémité antérieure de la spore. Chaque capsule polaire contient 5 à 7 tours de spire du filament polaire. Le sporoplasme occupe l'espace extracapsulaire.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $12,3 \pm 0,2$ (11,4 13,7) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 9,8 \pm 0,2 (9,2 10,6) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $4,8 \pm 0,2$ (4,0 5,5) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,9 \pm 0,1$ (2,5 3,3) µm ;
- rapports : L/l = 1,2; L'/l' = 1,6; L'/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

Par la morphologie générale de ses spores, le parasite en cours de description est comparable à plusieurs espèces de *Myxobolus*, parasites des poissons d'eau douce africains et du monde. Ces espèces parasites sont : *M. galilaeus* Landsberg, 1985 ; *M. dahomeyensis* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 ; *M. sarotherodoni* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 ; *M. sarotherodoni* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 ; *M. sarotherodoni* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 ; *M. camerounensis* Fomena, Marquès & Bouix, 1993 ; *M. sourouensis* Boungou, Kabré, Sakiti, Marquès & Sawaldogo, 2006 ; *M. gariepinus* Reed, Basson & Van As, 2003 ; *M. opsaridiumi* Lekeufack-Folefack, Tchoutezo-Tiwa, Al-Tamimi, Fomena, Al-Omar & Mansour, 2021.

En Israël, Landsberg (1985) a décrit *M. galilaeus* dans les centres mélano-macrophages des reins et de la rate chez *Sarotherodon galilaeus*. Les spores de notre parasite s'écartent de celles de *M. galilaeus* par leur extrémité antérieure non aplatie ainsi que l'absence des replis valvaires.

Au Benin, Sakiti *et al.* (1991) ont décrit *M. dahomeyensis* (parasite des ovaires chez *S. melanotheron, T. zillii* et *Tilapia* hybride) et *M. sarotherodoni* (parasite du tissu cartilagineux et des vaisseaux sanguins des arcs branchiaux chez *S. melanotheron*). Comparées aux spores de ces deux espèces de *Myxobolus*, les spores du parasite que nous décrivons sont nettement plus grandes, avec des capsules polaires plus développées. De plus, les spores de *M. ahomeyensis* et *M. sarotherodoni* contiennent des capsules polaires piriformes et moins développées.

Bien que *M. camerounensis* développe des kystes sur la peau chez *Oreochromis niloticus* au Cameroun, il diffère de l'espèce en cours de description par la grande taille de ses

PLANCHE III

Formes végétatives et spores de *Myxobolus dzeufieti* n. sp., parasite de *Oreochromis* niloticus et Tilapia sp., et *Myxobolus magai* n. sp., parasite de *Labeo batesii* et *Labeo coubie*

1-6: Myxobolus dzeufieti

1 – 3 : formes végétatives

- 1 : kystes implantés dans la peau ;
- 2 3 : coupes illustrant l'implantation du kyste dans la peau (d : derme ; k : kyste parasitaire ;

s : spores) (coloration à l'hématoxyline – éosine).

4 – 6 : spores

- 4 : spores en vue de face ;
- **5** : spore en vue de profil ;
- 6 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.

7 – 10 : Myxobolus magai

7 : forme végétative : coupe histologique illustrant l'implantation du kyste entre les lamelles branchiales secondaires (observer la déformation des lamelles voisines) (coloration à l'hématoxyline – éosine).

8 – 10 : spores

- 8 : spores en vue de face ;
- 9 : spore en vue de profil ;
- 10 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.



spores (16,8 × 11,9 μ m vs 12,3 × 9,8 μ m en moyenne) et de ses capsules polaires (6,8 × 3,9 μ m vs 4,8 × 2,9 μ m en moyenne).

Myxobolus sourouensis développe de volumineux kystes dans les branchies de *Heterotis nilotius* (Arapaimidae) au Burkina-Faso. En plus de l'espèce hôte, cette Myxosporidie se distingue de l'espèce en cours de description par l'organe affecté et ses spores moins développées ($11,3 \times 8,8 \mu m$ vs $12,3 \times 9,8 \mu m$ en moyenne) contenant des capsules polaires plus longues (5,7 μm vs 4,8 μm en moyenne).

Au Botswana, *M. gariepinus* développe des kystes dans les ovaires de *Clarias gariepinus* (Clariidae). Par ses spores $(13,9 \times 10,8 \ \mu\text{m}$ en moyenne) et ses capsules polaires $(6,2 \times 3,3 \ \mu\text{m}$ en moyenne) nettement plus développées, cette Myxosporidie diffère du parasite de *O. niloticus* et *Tilapia* sp. récoltés dans le lac de retenue de Maga.

Lekeufack-Folefack *et al.* (2021) ont décrit *M. opsaridiumi* dans la peau, les muscles et le foie d'*Opsaridium ubangiense* (Cyprinidae) au Cameroun. La spore du parasite des Cichlidae en cours de description est nettement plus développée ($12,3 \times 9,8 \mu m$ vs $10,7 \times 9,0 \mu m$ en moyenne) comparée à celle de *M. opsaridiumi*.

Compte tenu de toutes ces différences, nous pensons être en présence d'une espèce nouvelle et proposons de la nommer *Myxobolus dzeufieti* n. sp., en témoignage de sympathie pour Pr. DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré dont la contribution a été remarquable dans la partie histopathologie de ce travail.

III.1.2.2.2. Myxobolus magai n. sp. (Pl. III : 7 - 10; Fig. 16 : c - d)

Hôte type : Labeo batesii Boulenger, 1911 (Cyprinidae).

Autre hôte : Labeo coubie Rüppel, 1832 (Cyprinidae).

Localisation dans l'hôte : branchies.

Prévalence : 47,82% (22 individus parasités sur 46 examinés) chez *L. batesii* et 40,54% (15 individus parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : Les kystes sont ovoïdes ou subsphériques, blanchâtres et implantés entre les lamelles branchiales secondaires (Pl. III : 7). Ils sont polysporés et mesurent 172 - 300 μ m × 116 - 200 μ m. On peut dénombrer 1 à 36 kystes par arc branchial parasité et jusqu'à 156 chez un individu hôte parasité.

Spore : De taille réduite (10,6 μ m de long en moyenne), les spores ont une forme triangulaire. Le pôle antérieur est plus large et mamelonné, le pôle postérieur étant rétréci (Pl. III : 8 ; Fig. 15 : c). Le plus grand diamètre de la spore s'observe à la base des capsules polaires. En vue de profil, les spores sont biconvexes (Pl. III : 9 ; Fig. 15 : d). Les capsules polaires sont ovoïdes et symétriques (Pl. III : 10). Elles occupent le tiers antérieur de la cavité sporale, convergent et s'ouvrent à l'extrémité antérieure de la spore. Chacune d'elles renferme 4 à 5 tours de spire du filament polaire (Fig. 15 : c). Le sporoplasme, grossièrement triangulaire et développé, occupe le reste de la cavité sporale et une vacuole iodophile y est souvent observée.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 10,6 \pm 0,2 (9,0 12,0) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 6,3 \pm 0,1 (5,5 7,0) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $2,8 \pm 0,06 (2,4 3,4) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,3 \pm 0,1$ (2,0 3,0) µm ;
- rapports : L/l = 1,7; L'/l' = 1,2; L'/L = 0,3.

Affinités taxonomiques

Par la forme générale de la spore, le présent parasite se rapproche de certaines espèces de Myxosporidie antérieurement décrites.

Myxobolus galilaeus Landsberg, 1985, forme des spores diffuses dans les centres mélano-macrophages des reins et de la rate chez *Sarotherodon galilaeus* en Israël. Ses spores sont ovoïdes avec l'extrémité antérieure aplatie. Elles sont plus larges (9,1 μ m en moyenne) et possèdent 3 à 12 replis valvaires. *Myxobolus sarigi* Landsberg, 1985, un parasite systémique des Cichlidae en Israël, forme des spores avec l'extrémité antérieure très large. Comparées à *M. sarigi*, les spores de la présente espèce sont moins larges (6,3 μ m vs 8,4 μ m en moyenne), avec des capsules polaires moins développées (2,8 μ m × 2,3 μ m vs 4,5 μ m × 3,2 μ m en moyenne).

Myxobolus cichlidarum Abakar-Ousman (2006) parasite les nageoires, les branchies, les yeux, la rate, les reins et le foie d'*Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* au Tchad. Bien que morphologiquement semblables, les spores de la présente espèce diffèrent de celles de *M. cichlidarum* par les caractéristiques suivantes : taille moins développée (10,6 μ m × 6,3 μ m vs 15,0 μ m × 9,6 μ m en moyenne), capsules polaires moins développées (2,8 μ m × 2,3 μ m vs 5,8 μ m × 3,2 μ m en moyenne), absence d'un prolongement intercapsulaire.

Les spores de notre parasite sont morphologiquement comparables à celles de *Myxobolus eirasi* Kaur & Singh, 2009 (parasite de *Cirrhina mrigala* en Inde) ; mais les nôtres sont plus longues comparées à celles de *M. eirasi* (9,0 - 12,0 μ m vs 8,4 - 8,8 μ m) avec des capsules polaires également plus longues (2,4 - 3,4 μ m vs 1,4 - 1,8 μ m).

Fall *et al.* (2000) décrivent *Myxobolus gandiolensis* dans les reins de *Tilapia guineensis* au Sénégal. L'espèce en cours de description diffère de cette Myxosporidie par ses spores

nettement moins larges (6,3 µm vs 10,3 µm en moyenne) et la forme de ses capsules polaires (ovoïde vs sphérique).

En Inde, *Myxobolus yogendrai* (Triparthi, 1952) Landsberg & Lom (1991), parasite *Cirrhina mrigala*. Ses spores, bien que ovoïdes avec l'extrémité antérieure plus large, possèdent un prolongement intercapsulaire et quatre replis valvaires.

Myxobolus nounensis Fomena & Bouix, 2000 est un parasite de la rate et des reins de *Sarotherodon galilaeus* et *Tilapia mariae* (Cichlidae) dans la rivière Noun au Cameroun. Les spores de cette espèce sont plus développées (14,3 μ m × 12,8 μ m en moyenne), de même que ses capsules polaires (5,8 μ m × 4,5 μ m en moyenne) et on note la présence d'un prolongement intercapsulaire bien développé.

Toutes ces différences laissent penser que le parasite de *Labeo batesii* est une nouvelle espèce. Nous proposons de la nommer *Myxobolus magai* n. sp., en référence à la localité de Maga, site de capture des poissons hôtes.

III.1.2.2.3. *Myxobolus kodjii* **n. sp.** (Pl. IV : 1 - 9 ; Fig. 15 : e - f)

Hôte type : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organes parasités : œil et arc branchial.

Prévalence : 19,38% (50 hôtes parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : Des kystes ovoïdes ou allongés et mesurant 280 - 1100 μ m de long sur 200 - 510 μ m de large ont été observés au niveau de l'arc branchial ; ils sont implantés dans le cartilage de l'arc (Pl. IV : 1). Au niveau de l'œil, les kystes sont ovoïdes et mesurent 180 à 700 μ m de long sur 125 à 550 μ m de large. Ils sont implantés dans la sclérotique (Pl. IV : 2). Les infections peuvent être unilatérales ou bilatérales. Chez un poisson parasité, on peut dénombrer entre 3 à 93 kystes par œil, 1 à 21 par arc branchial et au total jusqu'à 167 kystes sur les yeux et 38 sur les arcs branchiaux.

Histopathologie : La coupe frontale du globe oculaire montre clairement l'implantation des kystes dans la sclérotique. Contrairement aux spécimens de poissons sains (Pl. IV : 3), chez les sujets parasités, le kyste occupe toute l'épaisseur de la sclérotique (Pl. IV : 4), induit une hyperplasie du tissu, avec pour conséquence le boursouflement (flèche) de part et d'autre de ce tissu. L'examen de la coupe du tissu parasité permet de constater que dans le kyste, les spores matures occupent la zone médiane (astérisk) et celles immatures se trouvent dans la zone périphérique (flèches), dans une substance gélatineuse (Pl. IV : 5). En outre, les monocytes abondent à la périphérie du kyste (Pl. IV : 6).

Spore : De taille réduite (8,0 μ m × 5,9 μ m en moyenne), les spores sont ovoïdes avec les deux extrémités arrondies (Pl. IV : 7). En vue de profil, elles sont biconvexes (Pl. IV : 8 ; Fig. 15 : f). Le plus grand diamètre de la spore s'observe à la base des capsules polaires. Les valves sont épaisses (Pl. IV : 7). Les capsules polaires sont piriformes et symétriques (Pl. IV : 9). Elles occupent la moitié antérieure de la cavité sporale. Au sein de chacune d'elles, le filament s'enroule sur 5 à 6 tours de spire (Fig. 15 : e). Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $8,0 \pm 0,2$ (7,0 9,0) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $5.9 \pm 0.3 (5.5 6.6) \mu m$;
- longueur de la capsule polaire (L') : $3,7 \pm 0,2 (3,2 4,0) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $1,6 \pm 0,1 (1,4 2,0) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 2,3; L'/L = 0,46.

Affinités taxonomiques

Sur plus de 1027 espèces de Myxosporidies décrites dans le genre *Myxobolus*, 22 parasitent les yeux chez les poissons d'eau douce (Eiras *et al.*, 2005 ; Eiras *et al.*, 2014 ; Eiras *et al.*, 2021). Parmi ces espèces, quatre (4) forment des spores avec une morphologie comparable à celle du parasite en cours de description ; il s'agit de : *Myxobolus couesii* Fantham, Porter & Richardson, 1939 (hôte : *Couesius plumbeus* au Canada) ; *Myxobolus occularis* Abu-El-Wafa, 1988 (parasite de *Tilapia* sp. en Egypte) ; *Myxobolus corneus* Cone, Horner & Hoffman, 1990 (hôte : *Lepomis macrochirus* aux USA) et *Myxobolus cordeiroi* Adriano, Arana, Alves, Silva, Ceccarelli, Henrique-Silva & Maia, 2009 (hôte : *Zungaro jahu* au Brésil). Les spores du présent parasite sont cependant moins développées comparées à celles de *M. cocularis* par ses spores moins larges (5,9 µm vs 8,5 µm en moyenne). Comparées à celles de *M. corneus*, nos spores sont moins larges (2,4 µm en moyenne vs 1,6 µm en moyenne). L'extrémité antérieure effilée des spores et la présence des replis valvaires chez *M. cordeiroi* l'éloignent de notre espèce.

La forme ovoïde et la taille des spores du parasite de *Labeo senegalensis* rappellent celles de quelques espèces qui infestent d'autres organes chez les poissons d'eaux douces : il s'agit de *Myxobolus episquamalis* Egusa, Maeno & Sorimachi, 1990 (parasite des écailles chez *Mugil cephalus* au Japon) ; *Myxobolus zillii* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 (parasite des branchies chez *Tilapia zillii* au Benin) ; *Myxobolus testicularis* Tadjari, Matos, Mendonça

PLANCHE IV

Formes végétatives et implantation et spores de *Myxobolus kodjii* n. sp., parasite de *Labeo* senegalensis

1-6: formes végétatives et implantation

1 : un kyste implanté dans le cartilage de l'arc branchial (flèche) ;

2 : innombrables kystes (flèches) dans la sclérotique de l'œil ;

3 : coupe histologique de l'œil illustrant une section de la sclérotique non parasitée ;

4 : coupe histologique d'une portion de la sclérotique portant deux kystes (k) : observer le boursouflement de la sclérotique (flèche noire) ;

5 : kyste montrant la localisation des spores matures (astérisk) dans la partie médiane et celle des spores immatures (flèches noires) à la périphérie ;

6 : observer l'afflux des monocytes (flèches rouges) à la périphérie du kyste (k).
(Sc = sclérotique, Co = conjonctive, k = kyste parasitaire).

7 – 9 : spores

7 : spores non colorées en vue de face ;

8 : spore non colorée en vue de profil ;

9 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.

Trait d'échelle : 5 µm.



& Azevedo, 2005 (parasite des testicules chez *Hemiodopsis microlepis* au Brésil) ; *Myxobolus dermiscalis* Kaur, Attri & Joshi, 2016 (parasite des écailles chez *Labeo rohita* en Inde) et *Myxobolus nigerae* Dar, Kaur & Chishti, 2016 (parasite des branchies chez *Schizothorax niger* en Inde). Nos spores sont moins larges comparées à celles de *M. zillii* (5,9 µm vs 7,5 µm en moyenne). Comparée à *M. testicularis*, notre espèce forme des spores moins larges (5,9 µm vs 7,2 µm en moyenne). La présente Myxosporidie se distingue de *M. episquamalis* par les caractères suivants : absence de troncature apicale, absence des replis valvaires et capsules polaires moins développées. *Myxobolus dermiscalis* diffère de la présente espèce par ses spores moins développées (5,8 - 7,8 µm de long sur 4,0 - 6,0 µm de large). Les spores de *M. nigerae* sont nettement moins développées (6,7 × 5,0 µm en moyenne), avec une ligne de suture sinueuse.

Toutes ces différences amènent à penser que nous sommes en présence d'une espèce nouvelle de Myxosporidie. Nous proposons de la nommer *Myxobolus kodjii*, en témoignage de sympathie pour M. KODJI Etienne dont l'aide a été précieuse dans la capture des poissons hôtes des Myxosporidies.

III.1.2.2.4. *Myxobolus hemibranchialis* **n. sp.** (Pl. V: 1 - 5 ; Fig. 15 : g - h)

Hôte type : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 12,79% (33 poissons parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : Ce *Myxobolus* développe des kystes blanchâtres et polysporés, principalement sur le septum interhémibranchial (Pl. V : 1, 2) et rarement dans les lamelles branchiales primaires. Ils sont ovoïdes et de taille variable. Les plus volumineux se retrouvent sur le septum interhémibranchial ; ils peuvent atteindre $1,0 \times 0,8$ mm. On peut dénombrer 1 à 65 kystes par arc branchial parasité et jusqu'à 322 chez l'individu hôte parasité.

Spore : Elle est ovoïde ou subsphérique, avec les extrémités arrondies en vue de face (Pl. V : 3 ; Fig. 15 : g), et biconvexe en vue de profil (Pl. V : 4 ; Fig. 15 : h). Il n'existe pas de triangle intercapsulaire. On compte 2 à 4 replis sur la membrane interne des valves. Les capsules polaires sont ovoïdes, d'égales dimensions et occupent presque la moitié antérieure de la cavité sporale (Pl. V : 5 ; Fig. 15 : g). Dans chaque capsule polaire, le filament s'enroule sur 5 à 6 tours de spire. Le sporoplasme contient une vacuole iodophile de forme et taille variables.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $11,0 \pm 0,1$ (10,2 11,8) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $8,4 \pm 0,1 (7,7 9,8) \mu m$;

PLANCHE V

Formes végétatives et spores de *Myxobolus hemibranchialis* n. sp., parasite de *Labeo* senegalensis

1 et 2 : formes végétatives

- 1 : kystes implantés entre les hémibranchies ;
- 2 : observer l'implantation des kystes sur le septum reliant les hémibranchies.

3 – 5 : spores

- 3 : en vue de face ;
- 4 : en vue de profil ;
- 5 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.



- longueur de la capsule polaire (L') : $4,6 \pm 0,1$ (4,1 5,3) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,5 \pm 0,1 (2,2 3,0) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 1,8; L'/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

Myxobolus njoyai Nchoutpouen & Fomena, 2011, forme des kystes ovoïdes ou allongés le long des lamelles branchiales primaires chez *Labeo parvus*. Les spores de notre Myxosporidie sont morphologiquement proches de celles de *M. njoyai*, mais elles sont plus longues (11,0 μ m vs 9,7 μ m en moyenne), possèdent des capsules polaires moins développées (4,6 μ m × 2,5 μ m vs 5,2 μ m × 3,0 μ m en moyenne) et ne présentent pas de prolongement intercapsulaire.

Myxobolus hydrocyni Kostoïngué & Toguebaye, 1994 est une espèce qui développe des kystes polysporés sur les branchies chez *Hydrocynus forskalii* (Cyprinidae) au Tchad. Les spores de cette espèce sont cependant plus longues (13,8 µm en moyenne), avec l'extrémité antérieure légèrement rétrécie.

Boungou *et al.* (2006) décrivent *Myxobolus sourouensis*, une Myxosporidie qui forme de volumineux kystes (600 μ m à 700 μ m) sur les lamelles branchiales primaires chez *Heterotis niloticus* au Burkina Faso. Les spores en cours de description diffèrent de celles de *Myxobolus sourouensis* par : leur taille moins longue (10,2 - 11,8 μ m vs 11,0 - 14,0 μ m) ; l'absence d'une proéminence à l'extrémité antérieure ; des capsules polaires moins longues (4,6 μ m vs 5,7 μ m en moyenne).

Lekeufack Folefack *et al.* (2017) ont décrit *Myxobolus ngassami* et *Myxobolus sessabai* (parasites de *Enteromius callipterus* au Cameroun), Myxosporidies qui forment des spores ovoïdes et de tailles respectives de $11,5 \times 9,4$ µm en moyenne et $13,4 \times 10,8$ µm en moyenne. Nos spores se distinguent de celles de ces parasites par leur taille réduite et l'absence de prolongement intercapsulaire.

La morphologie de nos spores rappelle celle de *Myxobolus opsaridiumi* Lekeufack Folefack, Tchoutezo-Tiwa, Al-Tamimi, Fomena, Al-Omar & Mansour, 2021 (parasite de la peau, muscles et rate d'*Opsaridium ubangiense* au Cameroun). Toutefois, les caractéristiques suivantes écartent notre parasite de *M. opsaridiumi* : site d'implantation chez l'hôte, spores moins larges (8,4 µm vs 9 µm en moyenne), capsules polaires moins longues (4,2 µm vs 5,0 µm en moyenne). Les spores observées sont moins larges comparées à celles de *Myxobolus rohitae* Haldar, Das & Sharma, 1983 (parasite des écailles de *Labeo rohita* en Inde) (8,4 µm vs 9,0 µm en moyenne). De plus, les capsules polaires de *M. rohitae* sont plus développées (6,6 µm × 3,3 µm en moyenne). Notre parasite diffère de *Myxobolus imami* Ali, Al-Rasheid, Sakran, Abdel-Baki & Abdel-Ghaffar, 2002 (parasite des reins de *Labeo niloticus* en Egypte) par les spores plus larges (8,4 µm vs 7,6 µm en moyenne), les capsules polaires moins longues (4,6 µm vs 5,9 µm en moyenne).

Les caractéristiques morphologiques et les mensurations du parasite observé chez *Labeo senegalensis* ne correspondent à aucune espèce de *Myxobolus* déjà connue. Nous pensons être en présence d'une espèce nouvelle et proposons de la nommer *Myxobolus hemibranchialis* n. sp., en référence à son site d'implantation (entre les hémibranchies chez son hôte).

III.1.2.2.5. Redescription de *Myxobolus nokoueensis* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, **1991** (Pl. VI : 1 - 4 ; Fig. 15 : i - j)

Hôte type : Sarotherodon melanotheron Ruppel, 1952.

Localité type : lac Nokoué (Bénin).

Autres hôtes : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 et Labeo coubie Rüppel, 1832 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 12,02% chez *L. senegalensis* (31 individus parasités sur 258 examinés) et 16,21% (06 parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : Les kystes sont blanchâtres et polysporés. On distingue deux types : les kystes de type 1 sont implantés entre les lamelles branchiales primaires. Ils sont filiformes et allongés (Pl. VI : 1, 2). Leur taille varie entre 760 - 3000 μ m de long sur 290 - 370 μ m de large. Ceux de type 2 sont implantés entre les lamelles branchiales secondaires. Ils sont ovales et mesurent 210 - 225 μ m de long et 205 - 210 μ m de large. Les deux types n'ont pas été observés chez un même hôte. On peut dénombrer 2 à 6 kystes par arc branchial parasité et 2 à 45 chez l'hôte parasité.

Spore : Elle est subsphérique en vue de face (Pl. VI : 3 ; Fig. 15 : i) et biconvexe en vue de profil (Pl. VI : 4 ; Fig. 15 : j). Chez la spore mature, il n'existe ni triangle intercapsulaire, ni replis valvaires. Ses capsules polaires sont ovoïdes et d'égales dimensions (Fig. 15 : j). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 4 à 5 tours de spire. Le sporoplasme contient souvent une grosse vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $9,3 \pm 0,2$ ($8,5 10,5 \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 7,7 \pm 0,1 (6,5 8,9) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 4,2 \pm 0,1 (3,6 5,0) μ m ;

- largeur de la capsule polaire (l') : $2,4 \pm 0,1$ (2,0 - 3,0) µm ;

- rapports : L/l = 1,2 ; L'/l' = 1,7 ; L'/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

La forme générale de la spore du *Myxobolus* en cours de description rappelle celle de plusieurs autres espèces décrites chez les poissons d'eau douce en Afrique et dans le monde.

Myxobolus burkinei Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 1995, parasite les nageoires de *Labeo coubie* au Burkina-Faso, mais ses spores présentent un prolongement intercapsulaire et des capsules polaires dissymétriques.

Myxobolus naffari Abdel-Ghaffar, Ibrahim, Bashtar & Ali, 1998, développe des kystes allongés entre les filaments branchiaux chez *Labeo niloticus* en Egypte. Notre parasite s'éloigne de *M. naffari* par ses spores moins développées ($9,3 \times 7,7 \mu m vs 11,9 \times 8,8 \mu m$ en moyenne), l'absence du prolongement intercapsulaire, ses capsules polaires moins développées ($4,2 \times 2,4 \mu m vs 5,1 \times 2,9 \mu m$ en moyenne).

Comparée à *Myxobolus adlardi* Gupta & Kaur, 2016 (parasite des filaments branchiaux de *Labeo rohita* en Inde), les spores de notre parasite sont plus développées ($9,3 \times 7,7 \mu m vs 7,9 \times 4,8 \mu m$ en moyenne).

Sakiti *et al.* (1991) ont décrit *Myxobolus nokoueensis* chez *Sarotherodon melanotheron* au Benin. Ce même *Myxobolus* a été retrouvé chez *Labeo coubie* au Burkina-Faso (Kabré, 1997) et chez *Labeo parvus* au Tchad (Kostoïngué, 1997). La forme et les dimensions des spores du parasite de *Labeo senegalensis* coïncident avec les données sur *M. nokoueensis*. Bien que les capsules polaires de nos spores semblent plus développées que celles initialement décrites (3,4 μ m × 2,0 μ m en moyenne), nous pensons être en présence de *M. nokoueensis*.

III.1.2.2.6. Redescription de *Myxobolus njoyai* Nchoutpouen & Fomena, 2011 (Pl. VI : 5 - 7 ; Fig. 15 : k)

Hôte type : Labeo parvus Boulenger, 1902 (Cyprinidae).

Localité type : Kouoptamo dans la rivière Noun (Cameroun).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 26,74% (69 individus sur 258 examinés).

Forme végétative : Cette Myxosporidie forme deux types de kystes, de forme et localisation différentes, dans les filaments branchiaux primaires. Des kystes allongés sont implantés dans les filaments branchiaux primaires, le plus souvent dans la zone basale (Pl. VI : 5) ; leur taille

PLANCHE VI

Formes végétatives et spores de *Myxobolus nokoueensis*, parasite de *Labeo senegalensis* et *Labeo coubie*, et *Myxobolus njoyai*, parasite de *L. senegalensis*

1 – 4 : Myxobolus nokoueensis

1 et 2 : les kystes sont filiformes et allongés, implantés sur les filaments branchiaux primaires ;

3 et 4 : spores

- **3** : spores en vue de face ;
- 4 : spore en vue de profil.

5–7: Myxobolus njoyai

- 5 : kystes implantés vers la base des filaments branchiaux primaires (flèches) ;
- 6 : kystes subsphériques implantés aux extrémités des lamelles branchiales primaires (flèches) ;

7 : spores non colorées.



varie de 750 à 1000 μ m de long sur 290 à 440 μ m de large. D'autres kystes, subsphériques, sont implantés aux extrémités des filaments branchiaux primaires (Pl. VI : 6). Les deux formes peuvent coexister sur une même branchie. On peut dénombrer 1 à 26 kystes (les deux types confondus) sur un arc branchial et 1 à 64 chez un poisson hôte.

Spore : Les spores matures sont subsphériques, avec les deux extrémités arrondies. Elles présentent un prolongement intercapsulaire (Pl. VI : 7 ; Fig. 15 : k) qui mesure 2,4 (2 - 3 μ m) de long. Les capsules polaires sont développées, symétriques et occupent la moitié antérieure de la cavité sporale. Dans le même kyste, certaines spores peuvent présenter des capsules polaires légèrement dissymétriques. Dans chaque capsule polaire, le filament s'enroule sur 6 à 8 tours de spire. Le sporoplasme est granuleux et contient une vacuole iodophile (Pl. VI : 7).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $11,6 \pm 0,2 (10,5 12,1) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 9,0 \pm 0,2 (8,2 9,8) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5,7 \pm 0,1 (5,4 6,0) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,3 \pm 0,1 (3,0 3,8) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 1,7; L'/L = 0,5.

Affinités taxonomiques

Chez les poissons d'eau douce d'Afrique, *Myxobolus njinei* Fomena, Bouix & Birgi, 1985 (hôte : Cyprinidae du genre *Enteromius* au Cameroun), *Myxobolus dossoui* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991, (hôte : Cichlidae au Bénin), *Myxobolus bilongi* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (parasite de *Labeo* sp. au Cameroun), *Myxobolus charii* Fomena, Abakar-Ousman, Ngassam & Bouix, 2004 (parasite de *Citharinus citharus* au Tchad), *Myxobolus tingrelaensis* Boungou, Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 2006 (parasite de *Sarotherodon galilaeus* au Burkina-Faso), *Myxobolus njoyai* Nchoutpouen & Fomena, 2011 (hôte : *Labeo parvus* au Cameroun), *Myxobolus sessabai* Lekeufack, Defoueng & Fomena, 2017 (parasites de *Enteromius callipterus* au Cameroun) forment des spores avec un triangle intercapsulaire.

Les spores du parasite observé chez *L. senegalensis* sont nettement moins développées comparées à celles de *M. njinei* (16,2 μ m × 13, 5 μ m en moyenne) et à celles de *M. charii* (13,0 - 15,5 μ m × 10,5 - 12,0 μ m). Les capsules polaires du présent parasite sont moins développées que celles de *M. tingrelaensis* (4,8 × 2,4 μ m en moyenne) et contiennent un nombre élevé de tours de spire du filament. La taille réduite de nos spores les écarte de celles de *M. sessabai*

 $(13,4 \times 10,8 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$. La symétrie observée au niveau des capsules polaires des spores observées éloigne ce parasite de *M. dossoui*, *M. bilongi* et *M. nchoutnounensis*.

L'espèce hôte, la forme des kystes et leur implantation sur les branchies, la morphologie générale des spores et des capsules polaires de ce parasite, correspondent parfaitement aux données sur *M. njoyai* décrit par Nchoutpouen & Fomena (2011). Bien que nos spores semblent plus développées que celles observées par Nchoutpouen & Fomena (2011), nous pensons être en présence d'une seule et même espèce.

III.1.2.2.7. Redescription de *Myxobolus distichodi* Kostoïngué & Toguebaye, 1994 (Pl. VII : 1 - 2 ; Fig. 15 : 1 - m)

Hôte type : Distichodus engycephalus Günther, 1964 (Distichodontidae).

Localité type : Maïlao dans le Chari (Tchad).

Organes parasités : écailles, branchies, estomac et muscles.

Prévalence : 15,38% (4 poissons parasités sur 26 examinés).

Forme végétative : les kystes ovoïdes, blanchâtres et polysporés ont été observés au niveau des écailles, des branchies et de l'estomac. Un seul kyste allongé a été observé dans les fibres musculaires du flanc gauche chez un individu hôte.

Spore : de taille moyenne $(11,2 \times 5,4 \mu m)$, les spores sont ovoïdes et allongées, avec une extrémité antérieure légèrement rétrécie, la postérieure étant arrondie (Pl. VII : 1 ; Fig. 15 : l). En vue de profil, elles sont lenticulaires (Pl. VII : 2 ; Fig. 15 : m). Les valves sont lisses. Les deux capsules polaires sont allongées (3,0 fois plus longues que larges) et symétriques. Elles s'ouvrent au pôle antérieur de la spore. Les tours de spire de filament dans les capsules polaires ne sont pas nettement visibles au microscope optique. Le sporoplasme est granuleux.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $11,2 \pm 0,3 (9,7 12,4) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 5,4 \pm 0,2 (4,5 6,0) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $4,3 \pm 0,2 (3,5 5,0) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $1,3 \pm 0,2 (1,0 1,7) \mu m$;
- rapports : L/l = 2,0 ; L'/l' = 3,3 ; L'/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

Fomena *et al.* (1985) ont décrit plusieurs espèces de *Myxobolus* chez les poissons d'eau douce du Cameroun, parmi lesquelles certaines forment des spores de forme générale comparable à celle des spores de la Myxosporidie en cours de description. Parmi celles-ci, on a *Myxobolus polycentropsi* (hôte : *Polycentropsis abbreviata*) et *Myxobolus synodonti* (hôte :

Synodontis batesii). Contrairement aux spores de *M. polycentropsi*, les nôtres sont moins développées (11,2 μ m × 5,4 μ m vs 13,21 μ m × 7,03 μ m en moyenne); de plus l'extrémité antérieure des spores de *M. polycentropsi* est aussi large que la postérieure. Les spores ici observées sont moins développées comparées à celles de *M. amieti* (11,2 μ m × 5,4 μ m vs 14,1 μ m × 7,4 μ m et à celles de *M. synodonti* (11,2 μ m × 5,4 μ m vs 13,7 μ m × 6,4 μ m en moyenne).

La seule espèce de *Myxobolus* jusqu'à présent décrite chez les poissons de la famille des Distichodontidae est *Myxobolus distichodi* Kostoïngué & Toguebaye, 1994. Ses spores sont ovoïdes et allongées (de dimensions $10,0 - 11,0 \mu m$ de long sur $5,0 - 6,0 \mu m$ de large). Ses capsules polaires mesurent 4,4 (4,0 - 5,0) µm de long sur 1,9 (1,5 - 2,0) µm de large. La forme et la taille de nos spores, l'hôte, correspondent aux données disponibles sur *M. distichodi*. Antérieurement décrit entre les lamelles branchiales, dans l'intestin et occasionnellement dans le foie, nous avons montré que ce parasite spécifique de *Distichodus engycephalus* peut également affecter les muscles et les écailles.

III.1.2.2.8. Redescription de *Myxobolus cuttacki* Haldar, Samal & Mukhopadhyaya, 1996 (Pl. VII : 3 ; Fig. 15 : n)

Hôte type : Cyprinus carpio Linnaeus, 1758, (Cichlidae).

Localité type : Orissa (Inde).

Autre hôte : Distichodus engycephalus Günther, 1964 (Distichodontidae).

Organe parasité : peau.

Prévalence : 11,53% (3 poissons parasités sur 26 examinés).

Forme végétative : la Myxosporidie forme des kystes ovoïdes, blanchâtres et polysporés sur la peau. Ces nodules mesurent 470 μ m de long en moyenne. On peut dénombrer 10 à 34 kystes chez un individu hôte parasité.

Spore : les spores sont piriformes et allongées (2,2 fois plus longues que larges), avec l'extrémité antérieure effilée et la postérieure arrondie (Pl. VII : 3 ; Fig. 15 : n). Les valves sont lisses. Il n'existe pas de triangle intercapsulaire. Les capsules polaires sont très allongées et symétriques. Elles sont 4,4 fois plus longues que larges. Elles dépassent la moitié antérieure de la longueur de la cavité sporale. Le filament polaire s'enroule sur 10 à 15 tours de spire. Le sporoplasme occupe le tiers postérieur de la cavité sporale.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 16,4 \pm 0,2 (15,5 17,8) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 7,3 \pm 0,2 (6,6 8,0) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 9,3 \pm 0,2 (8,1 10,0) μ m ;

PLANCHE VII

Spores de *Myxobolus distichodi* et *Myxobolus cuttacki*, parasites de *Distichodus engycephalus*, et *Myxobolus terengganuensis*, parasite de *Labeo senegalensis*

1 et 2 : Myxobolus distichodi

- 1 : spores en vue de face ;
- 2 : spore en vue de profil.

3: Myxobolus cuttacki; observer l'allongement des capsules polaires

4 et 5 : Myxobolus terengganuensis

- 4 : spores en vue de face : observer la dissymétrie des capsules polaires ;
- 5 : spore en vue de profil.

Trait d'échelle : 5 µm.



- largeur de la capsule polaire (l') : $2,1 \pm 0,1 (1,8 2,8) \mu m$;
- rapports : L/l = 2,2; L'/l' = 4,4; L'/L = 0,6.

Affinités taxonomiques

Fomena *et al.* (1993) ont retrouvé *Myxobolus heterosporus* (Baker, 1963) dans le foie et les reins d'*Oreochromis niloticus* au Cameroun. Ses spores, piriformes et allongées avec l'extrémité antérieure rétrécie mesurent $14,6 \times 8,0$ µm. Par la forme de la spore, notre *Myxobolus* se rapproche de *M. heterosporus* ; toutefois, nos spores sont plus développées et leurs capsules polaires contiennent un plus grand nombre de tours de spire du filament polaire (10-15 vs 6-10). Comparées à celles de *Myxobolus fomenai* Abdel-Ghaffar, El-Toukhy, Al-Quraishy, Al-Rasheid, Abdel-Baki, Hegazy & Bashtar, 2008, parasite des muscles d'*Oreochromis niloticus* en Egypte, les spores du présent parasite sont légèrement plus longues (16,4 µm vs 15,0 µm en moyenne) et ne présentent pas de prolongement intercapsulaire.

Haldar *et al.* (1996) ont décrit *Myxobolus cuttacki* dans les branchies de *Cyprinus carpio* en Inde. Cette espèce forme des spores piriformes, mesurant 17,0 (13,0 - 21,1) × 6,4 (4,9 - 8,1) μ m, et avec l'extrémité antérieure effilée. Ses capsules polaires mesurent 8,6 (6,5-13,0) μ m de long sur 2,8 (1,6 - 4,0) μ m de large et renferment 5 à 8 tours de spire du filament. Les caractéristiques morphologiques des spores que nous avons trouvées correspondent aux données sur *M. cuttacki*. Bien que nos spores soient légérèrement plus larges, avec capsules polaires contenant un plus grand nombre de tours de spire du filament, nous pensons être en présence de l'espèce *M. cuttacki*.

III.1.2.2.9. Redescription de *Myxobolus terengganuensis* Székely, Shaharom-Harrison, Cech, Ostoros & Molnár, 2009 (Pl. VII : 4 - 5 ; Fig. 15 : o - p)

Hôte type : Osteochilus hasselti Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Localité type : lac Tasik Kenyir (Malaisie).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organes parasités : foie, rate, reins et muscles.

Prévalence : 81,40% (210 individus parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : dans la plupart des cas, les spores sont diffuses dans les organes parasités. Des kystes allongés et blanchâtres ont été trouvés, implantés entre les fibres musculaires, chez deux poissons hôtes.

Spore : en vue de face, les spores sont régulièrement ellipsoïdales avec les deux extrémités arrondies (Pl. VII : 4 ; Fig. 15 : o). Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. VII : 5 ; Fig. 15 : p). Les valves sont lisses. Les capsules polaires sont piriformes, allongées (2,5 fois plus longues

que larges) et dissymétriques (Pl. VII : 4 ; Fig. 15 : 0). Le filament s'enroule sur 7 à 8 tours de spire dans la grande capsule et sur 5 à 7 dans la petite. Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale, et contient parfois une vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 11,3 \pm 0,2 (10,5 12,2) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $6.5 \pm 0.1 (5.6 7.0) \ \mu m$;
- longueur de la grande capsule polaire (L') : 6,1 \pm 0,2 (5,0 7,0) μ m ;
- largeur de la grande capsule polaire (l') : 2,4 \pm 0,1 (2,0 3,0) μ m ;
- longueur de la petite capsule polaire (L'') : 4,7 \pm 0,2 (3,6 5,8) μ m ;
- largeur de la petite capsule polaire (l'') : $1,9 \pm 0,1 (1,5 2,2) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,7; L'/l' = 2,5; L''/l'' = 2,5; L'/L = 0,5; L''/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

L'espèce parasite observée ici chez *L. senegalensis* peut être comparée à d'autres espèces de *Myxobolus* qui forment des spores ovoïdes avec des capsules polaires dissymétriques ; il s'agit de : *Myxobolus oloi* Fomena & Bouix, 1994 ; *Myxobolus burkinei* Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 1995 ; *Myxobolus mbailoai* Fomena, Abakar-Ousman, Ngassam & Bouix, 2004 ; *Myxobolus diamaensis* Diamanka, Faye, Fall & Toguebaye, 2007 ; *Myxobolus terengganuensis* Székely, Shaharom-Harrison, Cech, Ostoros & Molnár, 2009 et *Myxobolus mapei* Fonkwa, Tchuinkam, Tomedi & Tchoumboue, 2017.

Myxobolus oloi Fomena & Bouix, 1994, parasite des Cyprinidae au Cameroun et forme des spores mesurant $9,3 \times 7,2 \mu m$ en moyenne, avec des capsules polaires qui font $5,7 \times 3,1 \mu m$ et $3,9 \times 2,0 \mu m$ en moyenne respectivement pour la grande et la petite. La présente Myxosporidie s'écarte ainsi de *M. oloi* par ses spores plus développées.

Myxobolus mbailoai Fomena *et al.*, 2004 (décrite sur les opercules, la peau et l'intestin chez *Citharinus citharus* au Tchad), forme des spores avec des capsules polaires dissymétriques ; sa grande capsule polaire mesure $4,7 \times 2,4 \mu m$ en moyenne et la petite $3,2 \times 1,8 \mu m$ en moyenne. Les spores observées ici sont moins larges (6,5 μm vs 7,7 μm en moyenne) avec des capsules polaires plus longues comparées à celles de *M. mbailoai*.

L'absence d'un prolongement intercapsulaire chez nos spores les éloigne de *Myxobolus diamaensis* Diamanka *et al.*, 2007 (parasite des lamelles branchiales de *Sarotherodon melanotheron* au Sénégal) et de *Myxobolus burkinei* Kabré *et al.*, 1995 (parasite des rayons des nageoires chez *Labeo coubie* au Burkina-Faso).

Fonkwa et al. (2017a) ont décrit Myxobolus mapei dans le foie et les reins chez Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 et Enteromius callipterus au Cameroun. Ses spores sont
nettement plus longues (13,3 µm en moyenne) avec des capsules polaires plus développées (6,4 \times 2,8 µm en moyenne pour la grande et 4,2 \times 1,6 µm en moyenne pour la petite) comparées aux nôtres.

Székely *et al.* (2009) ont décrit *Myxobolus terengganuensis* dans le muscle d'*Osteochilus hasselti* (Cyprinidae) en Malaysie. Ses spores ont une forme ellipsoïdale et ont une taille moyenne de $12,7 \times 7,4$ µm. Ses capsules polaires sont dissymétriques et mesurent 6,8 \times 3,2 µm et 5,0 \times 2,3 µm en moyenne respectivement pour la grande et la petite. Bien que les mensurations d'origine de *M. terengganuensis* soient légèrement plus grandes comparées à celles observées dans nos spécimens, toutes les caractéristiques morphologiques du *Myxobolus* observé ici chez *L. senegalensis* correspondent à celles de *M. terengganuensis*. Nous pensons qu'il s'agit de la même espèce.

III.1.2.2.10. Redescription de *Myxobolus kouoptamoensis* Nchoutpouen & Fomena, 2011 (Pl. VIII : 1 - 5 ; Fig. 15 : q - r)

Hôte type : Labeo parvus Boulenger, 1902 (Cyprinidae).

Localité type : Kouoptamo dans la rivière Noun (Cameroun).

Autres hôtes : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 et Labeo coubie Rüppell, 1832 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 24,41% (63 individus parasités sur 258 examinés) chez *L. senegalensis* et 13,51% (5 spécimens parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : ce *Myxobolus* forme des kystes ovoïdes ou subsphériques, implantés entre les lamelles branchiales secondaires (Pl. VIII : 1 - 3). Les kystes mesurent 240 μ m à 620 μ m de long et 180 μ m à 460 μ m de large. On peut dénombrer 1 à 30 kystes par holobranchie parasitée et de 1 à 150 nodules chez un individu hôte parasité.

Spore : les spores sont subsphériques en vue de face, avec les deux pôles légèrement rétrécis (Pl. VIII : 4 ; Fig. 15 : q). Elles sont légèrement plus larges que longues. Le plus grand diamètre s'observe à la base des capsules polaires. Les valves sont lisses. Les capsules polaires sont ovoïdes, symétriques et très développées. Elles occupent la moitié du volume de la cavité sporale (Fig. 15 : r). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 4 ou 5 tours de spire. Le sporoplasme est grossièrement triangulaire.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $8,5 \pm 0,2 (8,0 9,5) \ \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 9,1 \pm 0,1 (8,8 9,8) μ m ;

- longueur de la capsule polaire (L') : $4,7 \pm 0,1 (4,3 5,1) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,2 \pm 0,1 (3,0 3,5) \mu m$;
- rapports : L/l = 0.9; L'/l' = 1.5; L'/L = 0.5.

Affinités taxonomiques

Myxobolus nkolyaensis Fomena & Bouix, 1994, affecte les muscles de *Enteromius jae* (Cyprinidae) au Cameroun, et forme des spores subsphériques qui mesurent $9,0 \times 8,3 \mu m$ en moyenne. Ses données morphométriques sont ainsi comparables à celles de notre parasite, mais ses spores ont des extrémités plutôt arrondies. De plus nos spores sont plus larges que longues comparées à celles de *M. nkolyaensis*.

Au Burkina-Faso, Boungou *et al.* (2006) ont décrit *Myxobolus heterotisi* dans les branchies de *Heterotis niloticus* (Osteoglossidae). Ses spores sont subsphériques, mais nettement plus longues (12,1 µm en moyenne) ; ses capsules polaires sont plus longues (6,4 µm en moyenne) et contiennent environ 10 tours de spire du filament polaire.

Les dimensions des spores observées se rapprochent de celles de *Myxobolus conei* Lom & Dyková, 1994 (taille = $8,5 \times 9,0 \mu m$ en moyenne), parasite du foie et du canal biliaire chez *Pseudocaranx dentex* en Australie. Comparées à celles de *M. conei*, les spores du parasite en cours de description ne présentent pas un prolongement intercapsulaire. De plus les capsules polaires de *M. conei* sont piriformes.

La morphologie des kystes, les caractéristiques morphologiques de nos spores et leurs composantes, correspondent aux données sur *Myxobolus kouoptamoensis*, parasite de *Labeo parvus* au Cameroun. Bien que les spores observées ici soient légèrement plus larges que longues (L/1 = 0,9) et moins longues comparées à celles de *M. kouoptamoensis*, nous pensons être en présence de la même espèce.

Dans sa description originelle, ce parasite forme des kystes sur les lamelles branchiales secondaires et des spores diffuses dans les reins et rate chez son hôte. Au cours du présent travail, cette espèce n'a été observée qu'au niveau des branchies. Nous pensons qu'elle serait spécifique aux Cyprinidés du genre *Labeo*.

III.1.2.2.11. Redescription de *Myxobolus bilongi* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (Pl. VIII : 6 - 10 ; Fig. 15 : s - t)

Hôte type : *Labeo* sp. (Cyprinidae).

Localité type : rivière Assamba, affluent de la Sanaga (Cameroun).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organes parasités : peau, nageoires et branchies.

PLANCHE VIII

Formes végétatives et spores de *Myxobolus kouoptamoensis*, parasite de *Labeo senegalensis* et *Labeo coubie*, et *Myxobolus bilongi*, parasite de *L. senegalensis*

1 - 5 : Myxobolus kouoptamoensis

1: kystes implantés sur les filaments branchiaux (flèches);

2 et 3 : coupes illustrant la localisation des kystes entre les lamelles branchiales secondaires (coloration à l'hématoxyline – éosine) ;

4 : spores non colorées : observer le grand développement des capsules polaires ;

5 : spores en vue de profil.

6-10: Myxobolus bilongi

6 - 7 : kystes implantés au niveau de la tête (flèches) ;

8 : kystes implantés à la base de la nageoire caudale (flèches) ;

9 : spores non colorées : observer les capsules polaires dissymétriques ;

10 : spore en vue de profil.



Prévalence : 27,91% (72 poissons parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : des kystes sphériques, de taille variable, visibles à l'œil nu, sont implantés sur les organes affectés. De volumineux kystes sont fréquemment observés dans la peau au niveau de la tête (Pl. VIII : 6, 7) et à la base de tout type de nageoire (Pl. VIII : 8). Au niveau des branchies, les kystes sont implantés dans l'épithélium recouvrant l'arc et les muscles abducteurs des filaments branchiaux. Les trois organes peuvent être simultanément parasités chez un individu hôte. Chez ce dernier, on peut dénombrer 1 à 12 kystes par arc branchial, 1 à 26 au niveau de la peau et jusqu'à 28 sur la tête. Le total maximal de nodules enregistré sur sa tête est celui obtenu chez un individu hôte parasité.

Spore : les spores sont subsphériques en vue de face, avec l'extrémité antérieure présentant une troncature, la postérieure étant arrondie (Pl. VIII : 9 ; Fig. 15 : s). Vue de profil, la spore est biconvexe (Pl. VIII : 10 ; Fig. 16 : t). Les capsules polaires sont ovoïdes et dissymétriques (Pl. VIII : 9 ; Fig. 15 : s). Il existe un prolongement intercapsulaire dont la longueur varie entre 2 et 3 μ m. Le filament s'enroule sur 6 à 8 tours de spire dans la grande capsule polaire et sur 4 à 6 tours dans la petite. Le sporoplasme contient une vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 12.8 ± 0.2 (11.5 14.8) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $11,0 \pm 0,2$ (10,0 12,4) μ m ;
- longueur de la grande capsule polaire (L') : 7,3 \pm 0,2 (6,5 8,0) μ m ;
- largeur de la grande capsule polaire (l') : $4,5 \pm 0,1 (4,0 5,0) \mu m$;
- longueur de la petite capsule polaire (L'') : 5,2 \pm 0,2 (4,2 5,8) μ m ;
- largeur de la petite capsule polaire (l'') : 3,0 \pm 0,1 (2,4 3,5) μ m ;
- rapports : L/l=1,1 ; L'/l'= 1,7 ; L''/l''= 1,8 ; L'/L= 0,6 ; L''/L= 0,4.

Affinités taxonomiques

Myxobolus njinei Fomena, Bouix & Birgi, 1985, *Myxobolus njoyai* Nchoutpouen et Fomena, 2011, *Myxobolus ngassami* Lekeufack, Defoueng & Fomena, 2017 et *Myxobolus sessabai* Lekeufack, Defoueng & Fomena, 2017, affectent les hôtes de la famille des Cyprinidae et forment des spores dont la forme et les dimensions rappellent celles de notre Myxosporidie. Le parasite ici décrit diffère de ces espèces par la présence des capsules polaires dissymétriques.

Nchoutpouen & Fomena (2011) ont décrit *Myxobolus nchoutnounensis* dans les branchies, les écailles, le foie, les nageoires, la rate, les reins et les yeux de *Labeo parvus*. Ce *Myxobolus* forme des spores présentant un appendice intercapsulaire en forme de triangle, et des capsules polaires ovoïdes et nettement dissymétriques. Toutefois, la présence d'une

troncature apicale et le grand développement de sa petite capsule polaire éloignent notre parasite de *M. nchoutnounensis*.

Boungou *et al.* (2006) ont décrit *Myxobolus labeoi* implanté dans les nageoires de *Labeo coubie* au Burkina-Faso. Ses capsules polaires sont plutôt nettement dissymétriques, mesurant $8,4 \times 6,5 \mu m$ en moyenne pour la grande et $1,6 \times 0,3 \mu m$ en moyenne pour la petite.

Myxobolus bilongi Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994, a été décrit chez *Labeo* sp. dans le bassin de la Sanaga au Cameroun. Cette espèce forme des kystes entre les filaments branchiaux secondaires, sur l'épithélium recouvrant l'arc branchial, dans le muscle adducteur des lamelles branchiales primaires et des kystes très allongés à l'extrémité antérieure de la lamelle branchiale primaire. Bien que nos spores soient moins développées comparées à celles du parasite de *Labeo* sp. qui mesurent 14,0 - 17,0 µm de long sur 11,3 - 14,5 µm de large, leur morphologie correspond parfaitement à celle de *M. bilongi*.

III.1.2.2.12. Redescription de *Myxobolus labeoi* Boungou, Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 2006 (Pl. IX : 1 - 3 ; Fig. 15 : u)

Hôte type : Labeo coubie Rüppel, 1832 (Cyprinidae).

Lacalité type : Comoé, Diarbakoko (Burkina-Faso).

Organes parasités : peau et endothelium des cavités operculaires.

Prévalence : 51,35% (19 individus parasités sur 37 examinés).

Forme végétative : Des kystes sphériques ou subsphériques ont été trouvés au niveau des organes parasités. Les kystes implantés sur la peau sont moins développés et mesurent 440-950 μ m de long sur 320-800 μ m de large. Dans la cavité operculaire, les kystes sont volumineux (mesurant 0,8 mm à 1,2 mm de diamètre). Chez un spécimen parasité, on peut compter 2 à 15 kystes sur la peau et 1 à 4 dans une cavité branchiale. Les deux organes peuvent simultanément porter des kystes chez un même individu hôte.

Spore : Les spores sont ellipsoïdales et allongées, avec les extrémités arrondies (Pl. IX : 1). Les valves sont lisses. Il n'existe pas d'appendice intercapsulaire. Les capsules polaires sont ovoïdes et nettement dissymétriques (Pl. IX : 2 ; Fig. 15 : u). La plus grande occupe plus de la moitié de la cavité sporale et son filament polaire s'enroule sur 10 à 14 tours de spire (Pl. IX : 3 ; Fig. 15 : u). La seconde capsule est très réduite (2,5 fois moins longue que la grande). Le sporoplasme contient une grosse vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $15,3 \pm 0,4$ (14,5 16,7) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 9,7 \pm 0,2 (9,0 11,0) μ m ;

- longueur de la grande capsule polaire (L') : $8,6 \pm 0,2$ (8,0 9,4) μ m ;
- largeur de la grande capsule polaire (l') : 6,6 \pm 0,2 (5,0 6,1) μ m ;
- longueur de la petite capsule polaire (L'') : 3,4 \pm 0,2 (3,0 4,0) μ m ;
- largeur de la petite capsule polaire (l'') : $1,3 \pm 0,1$ (1,0 1,7) μ m ;
- rapports : L/l=1,6; L'/l'=1,3; L''/l''=2,6; L'/L=0,6; L''/L=0,2.

Affinités taxonomiques

Myxobolus bilongi Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994, *Myxobolus burkinei* Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 1995 et *Myxobolus nchoutnounensis* Nchoutpouen & Fomena, 2011, sont des *Myxobolus* dont les capsules polaires sont dissymétriques et qui parasitent les *Labeo* en Afrique et au Cameroun. L'absence du triangle intercapsulaire et quelques données morphométriques éloignent les spores en cours de description de ces espèces connues.

Par la morphologie générale de la spore, cette espèce se rapproche de *Myxobolus bhadrensis* Seenappa & Manohar, 1981 (hôte : *Labeo rohita* en Inde). Cependant, nos spores sont plus grandes comparées à celles de *M. bhadrensis* qui mesurent $9,5 \times 7,4$ µm en moyenne.

La forme de la spore et la dissymétrie observée au niveau des capsules polaires rapprochent la présente Myxosporidie de *Myxobolus mbailaoi* Fomena, Abakar-Ousman, Ngassam & Bouix, 2004, parasite de *Citharinus citharus* au Tchad. Nos spores sont cependant plus développées comparées à celles de *M. mbailaoi* qui ne mesurent que $11,6 \times 7,7 \mu m$ en moyenne.

Boungou *et al.* (2006) ont décrit *Myxobolus labeoi* sur les nageoires de *Labeo coubie* au Burkina-Faso. Ses spores mesurent 16,4 μ m de long sur 10,7 μ m de large en moyenne. Ses capsules polaires sont largement inégales (8,4 × 6,5 μ m et 1,6 × 0,3 μ m respectivement pour la grande et la petite). Bien que nos spores soient légèrement moins grandes avec les petites capsules polaires plus développées comparées à celles *M. labeoi*, l'espèce hôte, la morphologie de la spore et de ses composantes correspondent parfaitement aux données sur *M. labeoi*. Ce *Myxobolus* serait répandu en Afrique et serait inféodé à *Labeo coubie*.

III.1.2.2.13. Redescription de *Myxobolus nchoutnounensis* Nchoutpouen & Fomena, **2011** (Pl. IX : 4 - 9 ; Fig. 15 : v)

Hôte type : Labeo parvus Boulenger, 1902 (Cyprinidae).
Localité type : Kouoptamo dans la rivière Noun (Cameroun).
Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).
Organes parasités : peau, nageoires et branchies.
Prévalence : 50,0% (129 individus parasités sur 258 examinés).

PLANCHE IX

Formes végétatives et spores de *Myxobolus labeoi*, parasite de *Labeo coubie*, et *Myxobolus nchoutnounensis*, parasite de *Labeo senegalensis*

1-3: spores de Myxobolus labeoi

- 1 : observer la dissymétrie très prononcée au niveau des capsules polaires (flèches) ;
- 2 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa ;
- 3 : observer l'enroulement du filament plaire dans la grande capsule polaire (flèches) ;

4-9: formes végétatives et spores de Myxobolus nchoutnounensis

4 - 5 : branchies portant des kystes (flèches) ;

6 - 7 : coupe longitudinale des lamelles branchiales primaires illustrant la localisation des kystes : observer l'obstruction du vaisseau sanguin et la tuméfaction locale du filament branchial (**fil** = filament branchial, **k** = kyste parasitaire, **vs** = vaisseau sanguin) ;

8 : observer la stagnation des cellules sanguines de part et d'autre du kyste dans le vaisseau sanguin ;

9 : spores non colorées : observer le grand développement de la vacuole iodophile (étoile).



Forme végétative : dans la branchie, cette Myxosporidie développe des kystes ovales et polysporés dans les vaisseaux sanguins des filaments branchiaux primaires (Pl. IX : 4 - 6). Au niveau des nageoires, les nodules sont implantés dans le tissu membraneux entre les rayons osseux. La taille des kystes varie de 240 μ m à 1500 μ m de long sur 170 μ m à 490 μ m de large. Chez un même individu hôte, les kystes peuvent se retrouver simultanément sur la peau, dans les branchies et les nageoires.

Histopathologie : les kystes de ce parasite se développent dans le vaisseau sanguin (artère) de la lamelle branchiale primaire (Pl. IX : 6, 7). Ils peuvent obstruer complètement celui-ci (bloquant la circulation sanguine) (Pl. IX : 7, 8), entraîner une tuméfaction locale du filament branchial et une vasodilatation. Ceci pourrait alors induire une ischémie des lamelles branchiales.

Spore : elle est ovoïde, avec les extrémités arrondies. Le prolongement intercapsulaire est réduit $(1,3 - 3,0 \ \mu m \ de \ long)$. Les capsules polaires sont nettement dissymétriques (Pl. IX : 9 ; Fig. 15 : v). Dans la grande capsule, on dénombre 6 à 8 tours de spire de filament polaire contre 3 à 4 dans la petite. Le sporoplasme contient une grosse vacuole iodophile (Pl. IX : 9).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $13,0 \pm 0,2 (12,0 13,7) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : $10,0 \pm 0,2$ (8,2 11,0) μ m ;
- longueur de la grande capsule polaire (L') : 6,1 \pm 0,1 (6,0 6,4) μ m ;
- largeur de la grande capsule polaire (l') : $3,7 \pm 0,1 (3,0 4,1) \mu m$;
- longueur de la petite capsule polaire (L'') : 3,8 \pm 0,2 (3,0 4,1) μ m ;
- largeur de la petite capsule polaire (l'') : 2,2 \pm 0,1 (1,8 2,5) μ m ;
- rapports : L/l= 1,3 ; L'/l'= 1,7 ; L''/l''= 1,7 ; L'/L= 0,5 ; L''/L= 0,3.

Affinités taxonomiques

Myxobolus njinei Fomena, Bouix & Birgi, 1985, *Myxobolus njoyai* Nchoutpouen & Fomena, 2011, *Myxobolus ngassami* Lekeufack Folefack, Defoueng & Fomena, 2017 et *Myxobolus sessabai* Lekeufack Folefack, Defoueng & Fomena, 2017 parasitent les Cyprinidae d'Afrique et forment des spores présentant un triangle intercapsulaire, mais avec des capsules polaires symétriques (caractère constant).

Myxobolus bilongi Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994, parasite de *Labeo* sp., forme des kystes implantés entre les filaments branchiaux secondaires, sur l'épithélium recouvrant le cartilage de l'arc branchial, dans le muscle adducteur des lamelles branchiales primaires. L'espèce en cours de description s'éloigne de *M. bilongi* par plusieurs caractères : taille réduite des spores (13,0 \times 10,0 μ m vs 15,3 \times 12,2 μ m en moyenne), triangle

intercapsulaire moins développé, absence d'une troncature au pôle antérieur, faible développement des capsules polaires, nombre réduit de tours de spire du filament au sein de la petite capsule polaire.

Myxobolus labeoi Boungou, Kabré, Sakiti, Marquès & Sawaldogo, 2006, parasite les nageoires de *Labeo coubie* au Burkina-Faso. Cette espèce développe des spores qui mesurent 16,0 - 17,0 μ m de long, avec des capsules polaires dissymétriques. Les spores de notre espèce sont moins développées comparées à celles de *M. labeoi* qui, de plus, ne présentent pas de triangle intercapsulaire. Leur grande capsule polaire est plus développée (8,4 × 6,5 μ m en moyenne) et la petite nettement moins développée (1,6 × 0,4 μ m en moyenne).

Nchoutpouen & Fomena (2011) ont décrit *Myxobolus nchoutnounensis*, parasite de nombreux organes (branchies, écailles, foie, nageoires, rate, reins et yeux) chez *Labeo parvus*. Ce *Myxobolus* forme des spores ovoïdes et mesurant 11,8 (11,0 - 13,0) µm de long sur 9,2 (8,5 - 10,0) µm de large, avec un appendice intercapsulaire en forme de triangle et des capsules polaires dissymétriques. Les caractéristiques morphologiques des spores du parasite en cours de description, l'espèce hôte et l'implantation des kystes chez l'hôte, coïncident avec les données sur *M. nchoutnounensis*. Bien que les spores observées ici semblent plus développées, nous pensons être en présence de *M. nchoutnounensis*.

III.1.2.2.14. Redescription de *Myxobolus imami* Ali, Al-Rasheid, Sakran, Abdel-Baki & Abdel-Ghaffar, 2002 (Pl. X : 1 - 4 ; Fig. 16 : a)

Hôte type : Labeo niloticus (Linnaeus, 1758) (Cyprinidae).

Localité type : Beni-Suef dans le fleuve Nile (Egypte).

Autres hôtes : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 et Labeo coubie Rüppel, 1832 (Cyprinidae).

Organes parasités : branchies, peau et viscères (rein, foie, tube digestif).

Prévalence : 58,53% (151 poissons parasités sur 258 examinés) chez *L. senegalensis* et 32,43% (12 hôtes parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : Ce parasite forme des kystes sphériques, ovales ou très allongés dans les organes affectés. Dans les branchies, les kystes sont localisés le long des filaments branchiaux primaires, régulièrement sur le côté interne (Pl. X : 1). Dans les reins, les kystes s'implantent sur les vaisseaux sanguins néphrétiques (Pl. X : 2, 3). La taille des kystes est très variable (130-630 μ m de long sur 100-480 μ m de large). Dans les branchies, certains kystes sont très effilés, atteignant 1,5 mm de long. On peut dénombrer de 1 à 429 kystes sur une holobranchies, 1 à 22

dans les reins, 2 à 7 dans le tube digestif et le foie, 1 à 9 dans la peau et jusqu'à 1680 chez un individu hôte parasité.

Spore : De taille moyenne $(10,5 \times 7,9 \ \mu\text{m}$ en moyenne), les spores sont elliptiques, avec les extrémités arrondies (Pl. X : 4 ; Fig. 16 : a). On note l'absence d'un prolongement intercapsulaire. Quatre à 5 replis sont observés sur la membrane interne des valves. Les capsules polaires sont ovoïdes et d'égales dimensions (Fig. 16 : a). Elles occupent un peu plus de la moitié antérieure de la cavité sporale. Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 4 à 5 tours de spire. Le sporoplasme contient souvent une vacuole iodophile (Pl. X : 4).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $10,5 \pm 0,2 (9,5 11,1) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : $8,0 \pm 0,2$ (7,1 8,5) µm ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $5,3 \pm 0,1$ (5,0 5,8) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,5 \pm 0,1$ (2,3 2,8) µm ;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 2,1; L'/L = 0,5.

Affinités taxonomiques

Par sa morphologie, la Myxosporidie ici décrite se rapproche de *Myxobolus imami* Ali, Al-Rasheid, Sakran, Abdel-Baki & Abdel-Ghaffar, 2002 ; *Myxobolus njoyai* Nchoutpouen & Fomena, 2011, *Myxobolus ngassami* Lekeufack Folefack, Defoueng & Fomena, 2017 et *Myxobolus sessabai* Lekeufack Folefack, Defoueng & Fomena, 2017.

Myxobolus ngassami Lekeufack Folefack *et al.*, 2017 parasite le rein, la peau, les opercules, les yeux et les nageoires chez *Enteromius callipterus* (Cyprinidae) au Cameroun. Il forme des spores de taille moyenne (11,5 μ m de long sur 9,4 μ m de large), avec 5 ou 6 replis valvaires dans la partie postérieure de la spore. Cependant notre parasite s'éloigne de *M. ngassami* qui possède des capsules polaires légèrement dissymétriques avec un triangle intercapsulaire.

Myxobolus sessabai Lekeufack Folefack *et al.*, 2017, forme des kystes sphériques implantés sous la peau, des spores isolées ou groupées dans les reins chez *Enteromius callipterus* au Cameroun. Le présent parasite se distingue de celui de *E. callipterus* par l'absence du triangle intercapsulaire, ses spores et ses capsules polaires moins développées comparées à celles de *M. sessabai* dont les dimensions sont $13,4 \times 10,8$ µm en moyenne et 5,9 \times 3,4 µm en moyenne respectivement pour la spore et les capsules polaires.

Myxobolus njoyai Nchoutpouen & Fomena, 2011 (hôte : *Labeo parvus*) forme des spores subsphériques contenant des capsules polaires symétriques. Comparées à *M. njoyai*, les spores de notre parasite se distinguent par l'absence du triangle intercapsulaire.

Ali *et al.* (2002) ont décrit *Myxobolus imami* dans les reins de *Labeo niloticus* en Egypte. Ce *Myxobolus* forme des spores elliptiques et qui mesurent 10,7 (10,4 - 11,6) µm de long sur 7,6 (7,2 - 8,0) µm de large. Ses capsules polaires, symétriques, s'étendent légèrement au-delà de la moitié antérieure de la cavité sporale. Cinq (5) à 6 replis sont visibles sur les valves. Bien que les capsules polaires de nos spores soient moins développées comparées à celles de *M. imami* qui mesurent 5,9 × 2,9 µm en moyenne, nous pensons être en présence d'une seule et même espèce. Ce *Myxobolus* serait répandu en Afrique et serait inféodé aux Cyprinidae du genre *Labeo*.

III.1.2.2.15. Redescription de *Myxobolus nanokiensis* Kaur, Katoch, Ali Dar & Singh, 2013 (Pl. X : 5 - 8 ; Fig. 16 : b - c)

Hôte type : Labeo rohita (Hamilton, 1822) (Cyprinidae).

Localité type : Nanoki dans le districk de Patiala, Punjab (Inde).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 15,89% (41 individus parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : Ce parasite forme des kystes subsphériques, blanchâtres et polysporés, entre les lamelles branchiales secondaires (Pl. X : 5, 6). Leur diamètre varie entre 110 - 170 μ m. On peut dénombrer 1 à 400 kystes sur une holobranchie. Un individu hôte peut porter jusqu'à 1180 kystes.

Spore : Vue de face, la spore est piriforme et allongée, avec l'extrémité antérieure effilée et la postérieure arrondie (Pl. X : 7 ; Fig. 16 : b). Elle est biconvexe en vue de profil (Pl. X : 8). Les valves sont lisses. Il n'existe pas de triangle intercapsulaire. Les capsules polaires sont symétriques, piriformes et très allongées (3,6 fois plus longues que larges). Dans chacune d'elles, le filament s'enroule sur 5 à 8 tours de spire. Le sporoplasme, occupe le reste de la cavité sporale.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $11,9 \pm 0,1 (11,1 12,5) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 5,4 \pm 0,1 (5,0 6,4) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5,8 \pm 0,1 (5,3 6,4) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $1,6 \pm 0,1 (1,2 2,0) \mu m$;
- rapports : L/l = 2,2; L'/l' = 3,6; L'/L = 0,5.

PLANCHE X

Formes végétatives et spores de *Myxobolus imami*, parasite de *Labeo senegalensis* et *Labeo coubie*, *Myxobolus nanokiensis* et *Myxobolus nyongana*, parasites de *L. senegalensis*

1-4: Myxobolus imami

1 - 3 : formes végétatives

- 1 : kystes implantés sur le côté interne du filament branchial (flèches) ;
- 2 3 : kystes implantés dans les vaisseaux sanguins néphrétiques (flèches) ;

4 : spores non colorées

5 – 8 : Myxobolus nanokiensis

5 - 6 : coupe longitudinale réalisée dans la branchie, montrant la localisation des kystes entre les lamelles secondaires (flèches) ;

7 - 8 : spores

- 7 : spores en vue de face ;
- 8 : spore en vue de profil ;

9 – 11 : Myxobolus nyongana

9 : kystes entre les filaments branchiaux primaires ;

10 - 11 : spores

- 10 : spores en vue de face ;
- **11** : spore en vue de profil.



Affinités taxonomiques

La morphologie générale des spores de notre espèce rappelle celle de *Myxobolus basui* Kaur, Dar & Singh, 2013, *Myxobolus slendrii* Kaur & Singh, 2010, *Myxobolus venkateshi* Kaur & Singh, 2009 (tous parasites des branchies de *Cirrhinus mrigala* en Inde), *Myxobolus kribiensis* Fomena & Bouix, 1994 (hôte :*Brycinus longipinnis* au Cameroun), *Myxobolus beninensis* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 (hôte : Sarotherodon melanotheron au Benin) et *Myxobolus heterosporus*, (Baker, 1963) Landsberg & Lom, 1991 (parasite des viscères chez *Tilapia esculenta* en Ouganda).

La présente espèce s'éloigne cependant des espèces sus-citées par les dimensions de ses spores. *Myxobolus basui* forme des spores plus développées $(13,3 \times 6,0 \ \mu\text{m})$ avec des capsules polaires plus longues $(6,5 \ (6,1 - 7,0) \ \mu\text{m})$. Les spores de *M. slendrii* sont plus allongées $(14,9 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$ et moins larges $(3,4 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$. *Myxobolus venkateshi* forme des spores moins longues $(10,0 \ (9,0 - 11,0) \ \mu\text{m})$ et plus larges $(6,7 \ (5,9 - 7,5) \ \mu\text{m})$ avec des capsules polaires moins longues $(4,8 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$. Les spores de *M. kribiensis* et de *M. beninensis* sont plus développées $(21,2 \times 9,0 \ \mu\text{m} \text{ et } 12,5 \times 7,2 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$, avec des capsules polaires plus larges $(2,3 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$.

Les caractéristiques morphométriques des spores observées rappellent également celles de *Myxobolus nyongana* (Fomena, Bouix & Birgi, 1985) Fomena & Bouix, 1997, décrite chez les poissons de genre *Enteromius* (Cypinidae) au Cameroun. Toutefois les spores ici décrites sont plus longues et moins larges comparées à celles de *M. nyongana* qui mesurent 10,8 µm sur 6,1 µm en moyenne.

Myxobolus nanokiensis Kaur, Katoch, Dar & Singh, 2013 forme de minuscules kystes arrondis ou ovoïdes sur les lamelles branchiales de *Labeo rohita* en Inde. Les spores de cette espèce sont piriformes avec l'extrémité antérieure nettement pointue. Elles mesurent 9,3 (8,4 - 10,2) × 5,7 (4,6 - 6,8) µm; ses capsules polaires font 5,7 × 2,7 µm en moyenne. La forme végétative de notre parasite, son implantation chez l'hôte, la morphologie générale de sa spore et ses dimensions correspondent parfaitement aux données sur *M. nanokiensis*.

III.1.2.2.16. Redescription de *Myxobolus nyongana* (Fomena, Bouix & Birgi, 1985) Fomena & Bouix, 1997 (Pl. X : 9 - 11 ; Fig. 16 : d - e)

Hôte type : Enteromius guirali Thominot, 1886 (Cyprinidae).

Localité type : Nkolya dans la rivière Mbembe (Cameroun).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 10,85% (28 individus parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : le parasite forme des kystes allongés et mesurant 2 à 3 mm de long, implantés entre les lamelles branchiales primaires (Pl. X : 9).

Spore : de taille moyenne $(10,9 \times 6,7 \mu m)$, les spores sont ovoïdes, avec l'extrémité antérieure rétrécie, la postérieure étant arrondie (Pl. X : 10 ; Fig. 16 : d). Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. X : 11 ; Fig. 16 : e). Les capsules polaires sont piriformes et symétriques. Il n'y a ni prolongement intercapsulaire, ni replis valvaires. Dans chaque capsule, le filament s'enroule sur 5 à 7 tours de spire (Fig. 16 : e). Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale et contient parfois une vacuole iodophile de taille et de position variables.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $10.9 \pm 0.1 (10.0 11.5) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : 6,7 \pm 0,1 (6,0 7,5) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5,1 \pm 0,1 (4,4 5,7) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,0 \pm 0,1 (1,5 2,4) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,6; L'/l' = 2,5; L'/L = 0,5.

Affinités taxonomiques

En Afrique, plusieurs espèces de Myxosporidies appartenant au genre *Myxobolus* et présentant des spores ovoïdes avec l'extrémité antérieure rétrécie ont été décrites.

Myxobolus kribiensis Fomena & Bouix, 1994 forme des kystes sous la peau et dans la sclérotique de l'œil chez *Brycinus longipinnis*. Les spores de cette espèce sont plus développées $(21, 2 \times 9, 5 \ \mu m \ en \ moyenne)$.

Myxobolus sangei Fomena, Lekeufack Folefack & Tang II, 2007 (hôte : *Brycinus macrolepidotus* au Cameroun) et *Myxobolus tchadanayei* Abakar-Ousman, Fomena, Ngassam & Bouix, 2006 (hôte : *Citharinus citharus* au Tchad) forment des spores ovoïdes, mais avec des capsules polaires dissymétriques.

Les spores de *Myxobolus beninensis* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 (parasite de l'arc branchial de *Sarotherodon melanotheron* au Benin) sont ovoïdes avec l'extrémité antérieure rétrécie. Comparées aux nôtres, elles sont plus développées ($12,5 \times 7,2 \mu m$ vs 10,9 $\times 6,7 \mu m$ en moyenne).

En 1985, Fomena *et al.* ont décrit *Myxobolus barbi* chez les Cyprinidae du genre *Enteromius* au Cameroun. Les caractères morphométriques des spores de *M. barbi* correspondent parfaitement à ceux de la Myxosporidie ici observée. Nous pensons être en présence d'une seule et même espèce. En 1997, Fomena & Bouix renomment cette

Myxosporidie *Myxobolus nyongana* car une autre espèce avait été décrite sous le nom *Myxobolus barbi* en 1952 par Tripathi en Inde. *Myxobolus nyongana* a été observée chez des hôtes appartenant aux genres *Labeo* au Tchad (Kostoïngué, 1997), *Oreochromis* et *Sarotherodon* (Cichlidae) au Bénin (Sakiti *et al.*, 1991). Cette Myxosporidie, serait largement distribuée en Afrique et affecterait les Cypinidae et les Cichlidae (spécificité large ou euryxène).

III.1.2.2.17. Redescription de *Myxobolus fomenai* Abdel-Ghaffar, El-Toukhy, Al-Quraishy, Al-Rasheid, Abdel-Baki, Hegazy & Bashtar, 2008 (Pl. XI : 4 - 8 ; Fig. 16 : f - g)

Hôte type : Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 (Cichlidae).

Localité type : Bahr Shebin, Delta du Nile (Egypte).

Autre hôte : *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organe parasité : muscles.

Prévalence : 14,70% (05 poissons parasités sur 34 examinés).

Forme végétative : Des kystes blanchâtres ont été trouvées implantés entre les fibres musculaires (Pl. XI : 1). Ils sont très allongés, visibles à l'œil nu, avec le grand diamètre variant de 1 à 2 mm en moyenne. Des spores diffuses sont également trouvées dans le muscle.

Histologie : Une coupe transversale dans les tissus parasités révèle que les nodules sont implantés entre les faisceaux musculaires (Pl. XI : 2, 3). Ces kystes induisent une myolyse des tissus environnants (Pl. XI : 3).

Spore : La spore est piriforme avec l'extrémité antérieure rétrécie, la postérieure étant arrondie (Pl. XI : 4 ; Fig. 16 : f) ; elle est lenticulaire en vue de profil (Pl. XI : 5 ; Fig. 16 : g). On note la présence d'un triangle intercapsulaire réduit. Les capsules polaires, égales, sont allongées et atteignent les deux tiers de la longueur de la spore (L'/L = 0,6). Le filament polaire s'enroule obliquement sur 6 à 8 tours de spire. Le sporoplasme est réduit.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $13,4 \pm 0,2$ (12,4 14,8) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $8,5 \pm 0,2$ (7,6 9,0) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $8,3 \pm 0,2$ (7,0 10,0) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,0 \pm 0,1$ (2,5 3,5) µm ;
- rapports : L/l = 1,6; L'/l' = 2,7; L'/L = 0,6.

Affinités taxonomiques

Par les caractéristiques morphologiques et les dimensions de ses spores, cette Myxosporidie est comparable à plusieurs espèces antérieurement décrites chez les poissons Cichlidae d'Afrique. Au Bénin, Sakiti *et al.* (1991) ont décrit *Myxobolus zillii* qui forme des kystes dans les filaments branchiaux chez *Tilapia zillii*. Comparées à celles de *M. zillii*, nos spores sont plus grandes (13,4 μ m vs 9,8 μ m de long en moyenne) avec des capsules polaires nettement plus développées (8,3 × 3,0 μ m vs 5,1 × 2,5 μ m en moyenne).

Abdel-Ghaffar *et al.* (2008) ont décrit *Myxobolus branchiophilus* sur les filaments branchiaux d'*Oreochromis niloticus* en Egypte. Ses spores sont moins développées ($11,2 \times 6,6$ µm en moyenne) avec des capsules polaires également moins développées ($5,5 \times 2,0$ µm en moyenne).

Myxobolus heterosporus (Baker, 1963) a été décrite dans les viscères de divers *Tilapia* en Ouganda. Cette espèce forme trois types de spores (types 1, 2 et 3) morphologiquement distinctes. Nos spores se rapprochent de celles de type 3, mais s'en éloignent par la présence d'un triangle intercapsulaire.

En Egypte, Abdel-Ghaffar *et al.* (2008) ont décrit *Myxobolus fomenai* dans les muscles d'*Oreochromis niloticus*. Cette espèce forme des spores qui mesurent 15,0 (13,1 - 16,5) µm de long sur 7,9 (6,2 - 9,0) µm et présentant un triangle intercapsulaire réduit. Bien que nos spores semblent légèrement moins développées, l'espèce hôte, l'implantation dans les muscles et la présence d'un appendice intercapsulaire coïncident avec les données sur *M. fomenai*.

III.1.2.2.18. Redescription de *Myxobolus brachysporus* (Baker, 1963) (Pl. XI : 6 - 9 ; Fig. 16 : h)

Hôte type : Tilapia esculenta Graham, 1928 (Cichlidae).

Localité type : Nord du lac Victoria (Ouganda).

Autres hôtes : *Oreochromis aureus* Steidachner, 1864, *Sarotherodon galilaeus* Linnaeus, 1758 et *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organes parasités : foie, rate, reins, muscles.

Prévalence : 45,83% (11 individus parasités sur 24 examinés) chez *O. aureus*, 70,0% (7 individus parasités sur 10 examinés) chez *S. galilaeus* et 38,23% (13 individus parasités sur 34 examinés) chez *Tilapia* sp..

Forme végétative : ce parasite forme des kystes allongés, blanchâtres et polysporés dans les fibres musculaires (Pl. XI : 6). Dans le foie, la rate et les reins, des spores diffuses ont été trouvées.

Histopathologie : Une coupe longitudinale du muscle permet d'observer que les kystes se développent dans la fibre musculaire (Pl. XI : 7, 8). Parfois, la fibre est exploitée sur toute sa

longueur par la Myxosporidie. Ces kystes seraient responsables de la destruction du contenu de la fibre ; celle-ci devenant ainsi non fonctionnelle.

Spore : Elle est régulièrement ellipsoïdale, plus large que longue (Pl. XI : 9 ; Fig. 16 : h). Les valves sont lisses. Le plus grand diamètre latéral de la spore s'observe à la base des capsules polaires. Ces dernières sont subsphériques et d'égales dimensions. Elles convergent et s'ouvrent au pôle antérieur de la spore (Fig. 16 : h). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 5 à 6 tours de spire. Le sporoplasme occupe l'espace extracapsulaire (Pl. XI : 9).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 9,1 \pm 0,2 (8,5 9,7) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $12,7 \pm 0,2 (12,2 13,5) \mu m$;
- longueur de la capsule polaire (L') : $4,1 \pm 0,1$ (3,8 4,5) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,5 \pm 0,1 (3,1 4,0) \mu m$;
- rapports : L/l = 0.7; L'/l' = 1.2; L'/L = 0.4.

Affinités taxonomiques

Quelques espèces de Myxosporidies forment des spores plus larges que longues, avec une morphologie générale semblable à celle de notre parasite ; il s'agit de : *Myxobolus artus* Akhmerov, 1960 (hôte : *Carassius auratus gibelio* en Russie), *Myxobolus brachysporus* (Baker, 1963) décrite dans la rate de *Tilapia esculentus*, *T. variabilis* et *Haplochromis* sp. en Ouganda et *Myxobolus jahnricei* Landsberg & Lom, 1991, parasite des branchies de *Ictobus bubalis* aux Etats-Unis.

Les spores de *M. jahnricei* sont plus développées ($12,4 \times 15,5 \mu m$ en moyenne), avec des capsules polaires également plus développées ($7,0 \mu m$ de long sur 4,4 μm de large).

Akhmerov (1960) a décrit *Myxobolus artus* dans l'intestin de *Carassius auratus gibelio*. Les spores de cette espèce sont moins développées ($6,5 - 6,8 \times 9,0 \mu m$) comparées aux nôtres. *Myxobolus brachysporus* affecte plusieurs espèces de Cichlidae en Afrique. Obiekezie & Okaeme (1990) ont retrouvé, dans les reins et la rate de *Tilapia guinensis*, *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* au Nigéria, une Myxosporidie qui forme des spores ellipsoïdales de 12,3 µm en moyenne de large sur 7,1 µm en moyenne de long et l'ont assimilée à *M. brachysporus*. Par la morphologie, les dimensions de la spore et de ses composantes, la famille à laquelle appartient le poisson hôte, notre parasite correspond à *M. brachysporus*.

PLANCHE XI

Formes végétatives et spores de *Myxobolus fomenai*, parasite de *Tilapia* sp., et *Myxobolus brachysporus*, parasite de *Oreochromis aureus*, *Sarotherodon galilaeus* et *Tilapia* sp.

1-5: Myxobolus fomenai

1 - 3 : formes végétatives

1 : kystes filiformes incrustés dans le tissu musculaire ;

2 - 3 : coupes transversales montrant le kyste entre les fibres musculaires et myolyse des fibres musculaires adjacentes (f : fibre musculaire ; m : myolyse ; k : kyste parasitaire) ;

4 - 5 : spores

- 4 : spores en vue de face ;
- 5 : spores en vue de profil ;

6-9: Myxobolus brachysporus

6 - 8 : formes végétatives

- 6 : kyste incrusté dans une fibre musculaire ;
- 7 8 : coupes longitudinales du muscle illustrant l'implantation du kyste dans la fibre musculaire (f : fibre musculaires, k : kyste parasitaire).

9 : spores non colorées



Légende de la figure 15

- **a**, **b**: *Myxobolus dzeufieti* n. sp. en vue de face (**a**) et en vue de profil (**b**) ;
- c, d: Myxobolus magai n. sp. en vue de face (c) et en vue de profil (d) ;
- e, f: Myxobolus kodjii n. sp. en vue de face (e) et en vue de profil (f) ;
- g, h: Myxobolus hemibranchialis n. sp. en vue de face (g) et en vue de profil (h);
- i, j: Myxobolus noukoueensis en vue de face (i) et en vue de profil (j);
- k: Myxobolus njoyai;

l, **m** : *Myxobolus distichodi* en vue de face (**l**) et en vue de profil (**m**) ;

- **n**: Myxobolus cuttacki;
- o, p: *Myxobolus terengganuensis* en vue de face (o) et en vue de profil (p) ;
- **q**, **r** : *Myxobolus kouoptamoensis* en vue de face (**q**) et en vue de profil (**r**) ;

s, t: *Myxobolus bilongi* en vue de face (s) et en vue de profil (t) ;

- **u**: Myxobolus labeoi;
- v: Myxobolus nchoutnounensis.



Figure 15. Dessins des spores des espèces observées dans le genre *Myxobolus*. Trait d'échelle : 5 μm.

Légende de la figure 16

- a: Myxobolus imami;
- **b**, **c** : *Myxobolus nanokiensis* en vue de face (**b**) et en vue de profil (**c**) ;
- d, e: *Myxobolus nyongana* en vue de face (d) et en vue de profil (e) ;
- f, g: *Myxobolus fomenai* en vue de face (f) et en vue de profil (g) ;
- h: Myxobolus brachysporus;
- i, j: Myxobolus camerounensis en vue de face (i) et en vue de profil (j) ;
- k: Myxobolus nounensis;
- **l**, **m** : *Myxobolus sarigi* en vue de face (**l**) et en vue de profil (**m**) ;
- **n**, **o** : *Myxobolus homeosporus* en vue de face (**n**) et en vue de profil (**o**) ;
- **p**, **q** : *Myxobolus kainjiae* en vue de face (**p**) et en vue de profil (**q**) ;
- **r**, **s** : *Myxobolus* sp. en vue de face (**r**) et en vue de profil (**s**).











j



Figure 16. Dessins des spores des espèces observées dans le genre *Myxobolus* (suite). Trait d'échelle : 5 μm

III.1.2.2.19. Redescription de *Myxobolus camerounensis* Fomena, Marquès & Bouix, 1993 (Pl. XII : 1, 2 ; Fig. 16 : i - j)

Hôte type : Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 (Cichlidae).

Localité type : étangs de Melen (Cameroun).

Autre hôte : *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organes parasités : peau, nageoire caudale et branchies.

Prévalence : 29,41% (10 individus parasités sur 34 examinés).

Forme végétative : les kystes sont blanchâtres et polysporés, implantés sur la peau, entre les filaments branchiaux primaires et dans la zone basale de la nageoire caudale. Ils sont elliptiques ou ovoïdes et de taille variable.

Spore : elle est ovoïde avec une extrémité antérieure rétrécie (Pl. XII : 1 ; Fig. 16 : i), biconvexe en vue de profil (Pl. XII : 2 ; Fig. 16 : j). Les valves ne présentent pas d'ornementations particulières. Les capsules polaires sont piriformes, symétriques et s'ouvrent à l'extrémité antérieure de la spore (Pl. XII : 1 ; Fig. 16 : i). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 5 à 7 tours de spire. Le sporoplasme est finement granuleux.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $17,1 \pm 0,2 (15,8 18,5) \mu m$;
- largeur de la spore (l) : $11,1 \pm 0,2 (10,2 12,0) \mu m$;
- longueur de la capsule polaire (L') : $6,1 \pm 0,2 (5,0 6,9) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,3 \pm 0,1$ (3,0 3,8) µm ;

- rapports : L/l = 1,54; L'/l' = 1,85; L'/L = 0,36.

Affinités taxonomiques

Myxobolus dahomeyensis (Siau, 1971) et *Myxobolus sarotherodoni* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1993, forment des spores morphologiquement semblables à celles ici observées. De même, leurs capsules polaires sont piriformes et égales. Notre parasite s'éloigne cependant de ces deux espèces par la grande taille de ses spores ($17,1 \times 11,1 \mu m$ vs $12,0 \times 6,0 \mu m$ et $11,4 \times 8,6 \mu m$ en moyenne respectivement).

La morphologie et les dimensions des spores et de leurs composantes, les sites d'infestation chez l'hôte, les caractéristiques de la forme végétative, correspondent aux données sur *Myxobolus camerounensis*. Ce parasite, initialement décrit dans les branchies et la peau d'*Oreochromis niloticus* au Cameroun, infeste également les yeux, les nageoires, les muscles operculaires, les reins et la rate de son hôte (Fomena, 1995). Il a été retrouvé par la suite chez les Cichlidae *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia zillii* au Sénégal (Fall *et al.*, 2000), chez

Oreochromis andersonii et Tilapia ruweti en Afrique du Sud (Reed et al., 2002), chez Oreochromis niloticus et Sarotherodon galilaeus au Tchad (Abakar-Ousman, 2006).

III.1.2.2.20. Redescription de *Myxobolus nounensis* Fomena & Bouix, 2000 (Pl. XII : 3 ; Fig. 16 : k)

Hôte type : Tilapia mariae Boulenger, 1899 (Cichlidae).

Localité type : barrage de Bamendjing sur la rivière Noun (Cameroun).

Autre hôte : *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organes parasités : branchies, foie, rate.

Prévalence : 11,76% (04 poissons parasités sur 34 examinés).

Forme végétative : Des kystes allongés, blanchâtres et polysporés sont implantés entre les filaments branchiaux primaires. Leur taille varie entre 200 - 550 μ m de long sur 90 - 125 μ m de large. Dans le foie et la rate, les spores sont diffuses.

Spore : De taille moyenne $(12,3 \times 12,0 \ \mu\text{m})$, elle est subsphérique. L'extrémité antérieure est aplatie et large (Pl. XII : 3 ; Fig. 16 : k). Le plus grand diamètre latéral de la spore s'observe à la base des capsules polaires. Il existe un appendice intercapsulaire développé, constitué de deux petits triangles, symétriques, non jointives (Pl. XII : 3 ; Fig. 16 : k). Les capsules polaires sont ovoïdes. Chacune d'elles contient 4 à 5 tours de spire du filament. Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale et renferme parfois une grande vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 12,3 \pm 0,2 (11,0 13,0) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 12,0 \pm 0,2 (11,1 12,8) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 4,9 \pm 0,1 (4,5 5,1) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : 3,7 \pm 0,1 (3,3 4,0) μ m ;
- rapports : L/l = 1,0; L'/l' = 1,3; L'/L = 0,4.

Affinités taxonomiques

Les espèces de *Myxobolus* affectant les hôtes de la famille des Cichlidae et dont les spores sont morphologiquement comparables à celles de la présente espèce sont : *Myxobolus galilaeus* Landsberg, 1985 ; *Myxobolus sarigi* (Landsberg, 1985) et *Myxobolus nounensis* Fomena & Bouix, 2000.

Myxobolus galilaeus et *M. sarigi* forment des spores avec une extrémité antérieure plus large et qui mesurent respectivement $11,9 \times 9,1$ µm et $11,3 \times 8,4$ µm en moyenne. La présence d'un triangle intercapsulaire et la grande taille de nos spores les éloignent de celles des deux espèces antérieurement décrites et validées.

Myxobolus nounensis forme des spores subsphériques et mesurant $14,3 \times 12,3 \mu m$ en moyenne. Bien que nos spores soient moins longues, leurs caractéristiques correspondent parfaitement à celles données dans la description de *M. nounensis*. Nous pensons être en présence de *Myxobolus nounensis*. Cette espèce a été initialement décrite chez *Sarotherodon galilaeus* et *Tilapia mariae* capturés dans le Noun à l'Ouest du Cameroun. Les auteurs n'avaient pas mentionné la présence de kystes lors de la description originelle de ce *Myxobolus*. Du présent travail, il ressort qu'en plus des reins et de la rate où les spores sont diffuses, ce parasite forme des kystes allongés entre les filaments branchiaux primaires des hôtes.

III.1.2.2.21. Redescription de *Myxobolus sarigi* (Landsberg, 1985) Landsberg & Lom, **1991** (Pl. XII : 4 - 5 ; Fig. 16 : 1 - m)

Hôte type : Oreochromis aureus Steidachner, 1864 (Cichlidae).

Localité type : Hulata dans la Haute Galilée (Israël).

Autres hôtes : Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 et Tilapia sp. (Cichlidae).

Organes parasités : nageoires, muscles abducteurs des filaments branchiaux primaires, cartilage de l'arc branchial, foie, reins et rate.

Prévalence : 25% (03 individus parasités sur 12 examinés) chez *O. niloticus* et 14,7% (05 individus parasités sur 34 examinés) chez *Tilapia* sp..

Forme végétative : Cette Myxosporidie forme des kystes ovoïdes et blanchâtres au niveau des nageoires et de l'arc branchial. Dans les muscles abducteurs des filaments branchiaux primaires, les kystes sont filiformes. Les nodules ovoïdes mesurent $335 \times 260 \mu m$ en moyenne, ceux filiformes $300 \mu m$ à $630 \mu m$ de long sur $80 \mu m$ à $140 \mu m$ de large. On dénombre 8 à 46 kystes par branchie et jusqu'à 165 chez un individu hôte parasité. Les spores sont diffuses dans le foie, la rate et les reins.

Spore : La spore est ovoïde, avec l'extrémité antérieure plus large (Pl. XII : 4 ; Fig. 16 : l). En vue de profil, elles sont biconvexes (Pl. XII : 5 ; Fig. 16 : m). Il existe un prolongement intercapsulaire développé et qui mesure 2 à 3,5 μ m de long. Les capsules polaires sont ovoïdes et d'égales dimensions. Chacune d'elles renferme 4 ou 5 tours de spire du filament.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $13,4 \pm 0,3$ (11,5 15,6) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $9,5 \pm 0,2 (8,5 11,0) \mu m$;
- longueur de la capsule polaire (L') : $4,3 \pm 0,1$ (4,0 4,8) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,1 \pm 0,2$ (2,6 3,3) μ m ;
- rapports : L/l = 1,4; L'/l' = 1,4; L'/L = 0,3.

PLANCHE XII

Spores de Myxobolus camerounensis, Myxobolus nounensis, Myxobolus sarigi et Myxobolus homeosporus, parasites de Tilapia sp.

1 - 2 : Myxobolus camerounensis

- 1 : spores en vue de face ;
- 2 : spore en vue de profil ;

3 : *Myxobolus nounensis* : observer la troncature apicale, le triangle intercapsulaire (flèche) et

la grande vacuole iodophile (étoile).

4 - 5 : Myxobolus sarigi

- 4 : spores en vue de face ;
- **5** : spore en vue de profil ;

6-7: Myxobolus homeosporus

- **6** : spores en vue de face ;
- 7 : spore en vue de profil.

Trait d'échelle : 5 µm.



Affinités taxonomiques

Le présent parasite forme des spores de morphologie comparable à celle des spores de *Myxobolus nounensis* Fomena & Bouix, 2000. Cependant, le prolongement intercapsulaire est ici formé d'une pièce et non de deux triangles non jointifs.

Comparées à celles de *Myxobolus galilaeus* Landsberg, 1985 (décrite chez *Sarotherodon galilaeus* en Israël), nos spores présentent un triangle intercapsulaire et on note l'absence des replis valvaires.

Landsberg (1985) a décrit *Myxobolus sarigi* dans la rate et les reins des hybrides *Oreochromis aureus* \times *Oreochromis niloticus, Sarotherodon galilaeus* et *Oreochromis niloticus vulcani* en Israël. Cet auteur mentionne l'absence du prolongement intercapsulaire chez les spores de ce parasite. Fomena *et al.* (1993) ont également retrouvé cette Myxosporidie dans les reins d'*O. niloticus* au Cameroun. La morphologie générale des spores et de ses composants et l'espèce hôte de la Myxosporidie observée ici correspondent parfaitement aux données sur *M. sarigi*. Nous avons observé les kystes de ce parasite au niveau des nageoires, des filaments branchiaux et de l'arc branchial (caractère nouveau).

Abakar-Ousman (2006) a trouvé une Myxosporidie qui forme des spores de morphologie semblable à celle de *M. sarigi* et qui développe des kystes sur les nageoires, les branchies et dans la cornée de l'œil chez *O. niloticus* et *S. galilaeus* au Tchad. Il a discriminé son parasite de *M. Sarigi* et l'a nommé *M. cichlidarum* du fait de la présence du triangle intercapsulaire chez ce dernier. Nous pensons donc que *M. cichlidarum* et *M. Sarigi* constituent une même espèce.

III.1.2.2.22. Redescription de *Myxobolus homeosporus* **Baker, 1963** (Pl. XII : 6 - 7 ; Fig. 16 : n - 0)

Hôte type : Tilapia esculenta Graham, 1928 (Cichlidae).

Localité type : Nord du lac Victoria (Ouganda).

Autre hôte : *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organes parasités : muscles abducteurs de l'arc branchial, peau.

Prévalence : 20,59% (07 individus parasités sur 34 examinés).

Forme végétative : Ce *Myxobolus* forme des kystes sphériques, blanchâtres et polysporés dans les organes affectés.

Spore : Les spores sont ellipsoïdales, avec les extrémités arrondies (Pl. XII : 6 ; Fig. 16 : n). Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. XII : 7 ; Fig. 16 : o). Il n'existe pas de triangle intercapsulaire, ni de replis sur les valves. Les capsules polaires sont ovoïdes et symétriques.

Elles occupent le tiers antérieur de la cavité sporale. Dans chacune d'elles, on compte 4 à 6 tours de spire du filament. Le sporoplasme est développé.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 15,7 \pm 0,2 (14,5 17,2) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $11,7 \pm 0,2$ (11,0 12,5) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5.8 ± 0.2 (5.2 6.5) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,6 \pm 0,1 (3,1 4,0) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 1,6; L'/L = 0,3.

Affinités taxonomiques

Baker (1963) a décrit *Myxosoma homeospora* dans la peau de *Tilapia esculenta* et *T. variabilis* en Ouganda. Cet auteur rapporte que les spores de cette Myxosporidie sont ovoïdes, mesurent $15,0 \times 9,7$ µm en moyenne et contiennent des capsules polaires ovoïdes dont la taille varie entre 4,0 - 6,0 µm de long sur 2,0 - 4,0 µm de large. Ces caractères coïncident avec les données sur nos spores. Ce parasite a été retrouvé au Ghana chez *T. zillii, Sarotherodon galilaeus* et *Oreochromis niloticus* (Paperna, 1973), puis au Tchad chez *O. niloticus* (Fall *et al.*, 2000). Cette espèce serait spécifique des poissons de la famille des Cichlidae.

III.1.2.2.23. Redescription de *Myxobolus kainjiae* Obiekezie & Okaeme, 1990 (synonyme = *Myxobolus ovariae* Paperna, 1973) (Pl. XIII : 1 - 9 ; Fig. 16 : p - q)

Hôte type : Haplochromis angustifrons Boulenger, 1914 (Cichlidae).

Localité type : lac George (Ouganda).

Autres hôtes : *Sarotherodon galilaeus* Linnaeus, 1758, *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 et *Tilapia* sp. (Cichlidae).

Organe parasité : ovaires.

Prévalence : un seul poisson parasité sur 10 examinés chez *S. galilaeus*, deux individus parasités sur 12 examinés chez *O. niloticus*, et deux individus parasités sur 34 examinés chez *Tilapia* sp..

Forme végétative : Les kystes n'ont pas été trouvés. Les spores sont diffuses dans les ovocytes qui deviennent volumineux (Pl. XIII : 1 - 2), visibles à l'œil nu.

Histopathologie : À l'intérieur de l'ovaire, contrairement à l'ovocyte sain (Pl. XIII : 3),
l'ovocyte infecté par les spores de cette Myxosporidie présente un aspect différent (Pl. XIV :
4). Au cours de leur développement, les spores détruisent le vitellus des ovocytes matures (Pl. XIII : 5). Les ovocytes immatures sont indemnes de spores. L'envahissement complet du follicule par les spores provoque l'hypertrophie de celui-ci puis sa rupture (Pl. XIII : 6). La

PLANCHE XIII

Implantation et spores de *Myxobolus kainjiae*, parasite de *Sarotherodon galilaeus*, *Oreochromis niloticus* et *Tilapia* sp.

1 – 6 : coupes dans l'ovaire d'*O. niloticus* affecté par *M. kainjiae* (coloration à l'hématoxyline-éosine)

- 1: ovocyte envahi par les spores (flèche noire);
- 2 : observer les spores à fort grossissement (flèches noires) ;
- 3 : ovocyte non parasité ;
- 4 : ovocyte infesté par les spores ;
- **5**: observer la destruction du vitellus par les spores dans l'ovocyte ;
- 6 : portion d'un ovocyte ayant éclaté suite au développement des spores ;
- (**o** : ovocyte ; **s** : spore ; **v** : vitellus de l'ovocyte).

7 – 9 : spores

- 7 : spores en vue de face ;
- 8 : spores en vue de profil ;
- 9 : observer la présence des replis membranaires (flèches rouge).

Trait d'échelle : 5 µm.



rupture de l'enveloppe ovocytaire entraîne la libération dans l'espace interovocytaire des spores qui pourront attaquer d'autres ovocytes sains.

Spore : Les spores matures sont subsphériques (Pl. XIII : 7, 9 ; Fig. 16 : p). Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. XIII : 8 ; Fig. 16 : q). Il n'y a pas de prolongement intercapsulaire. La membrane interne des valves forme 4 à 8 replis le long de la ligne de suture (Pl. XIII : 9). Les capsules polaires sont subovoïdes, symétriques et occupent le ¹/₄ de la cavité sporale. Elles contiennent chacune 3 ou 4 tours de spire du filament polaire. Le sporoplasme est développé.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $11,6 \pm 0,2$ (10,6 12,3) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $8,8 \pm 0,2$ (8,0 10,2) μ m ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $2,8 \pm 0,1 (2,4 3,0) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,2 \pm 0,1$ (2,0 2,6) µm ;
- rapports : L/l = 1,3; L'/l' = 1,2; L'/L = 0,2.

Affinités taxonomiques

Myxobolus ovariae a été observé pour la première fois dans les ovaires de *Haplochromis angustifrons* et *H. elegans* en Ouganda (Paperna, 1973). En 1990, Obiekezie & Okaeme retrouvent cette espèce dans les ovaires d'*Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* au Nigeria, complètent sa description puis la renomment *Myxobolus kainjiae*.

Cette espèce forme des spores qui mesurent 8,9 μ m de long sur 6,6 μ m de large en moyenne, avec des capsules polaires mesurant 2,4 \times 1,4 μ m en moyenne. Fomena & Bouix (1997a) la retrouvent chez *Tilapia nyongana* au Cameroun, avec les mensurations suivantes pour les spores : 8,5 - 10,5 μ m de long \times 6,6 - 8,8 μ m de large. La morphologie générale des spores observées au cours de notre travail, l'espèce hôte et l'organe affecté, correspondent parfaitement aux données sur *M. kainjiae*.

III.1.2.2.24. *Myxobolus* **sp.** (Pl. XIV : 1 - 4 ; Fig. 16 : a - b)

Hôte : Tilapia sp. (Cichlidae).

Organes parasités : muscles abducteurs de l'arc branchial, de la base des nageoires et muscle sous-operculaire.

Prévalence : 11,76% (4 individus parasités sur 34 examinés).

Forme végétative : Ce *Myxobolus* développe des kystes elliptiques, blanchâtres et polysporés au niveau des organes sus-cités (Pl. XIV : 1). Ces kystes, macroscopiques, mesurent 1,5 à 2 mm de long sur 0,6 à 1,2 mm de large.
Spore : Elle est ovoïde, avec les extrémités arrondies (Pl. XIV : 3 ; Fig. 16 : r). Elle est biconvexe en vue de profil (Pl. XIV : 4 ; Fig. 16 : s). Elle ne présente ni prolongement intercapsulaire, ni replis valvaires. Les capsules polaires sont piriformes et symétriques (Pl. XIV : 3 ; Fig. 16 : r). Elles occupent la moitié antérieure de la cavité sporale. On dénombre 6 à 8 tours de spire du filament polaire dans chacune d'elles. Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 11.9 ± 0.2 (11.2 12.6) μ m ;
- largeur de la spore (l) : $8,7 \pm 0,2 (8,0 9,2) \mu m$;
- longueur de la capsule polaire (L') : $5.9 \pm 0.1 (5.1 6.3) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,9 \pm 0,1 (2,7 3,1) \mu m$;
- rapports : L/l = 1,37; L'/l' = 2,0; L'/L = 0,5.

Affinités taxonomiques

La morphologie générale et les mensurations des spores de l'espèce en cours de description rappellent celles de certaines espèces de *Myxobolus* qui parasitent divers organes chez les poissons appartenant à la famille des Cichlidae ; il s'agit de : *Myxobolus agolus* Landsberg, 1985 (décrite chez *Oreochromis aureaus* et *O. niloticus* en Israël) ; *Myxobolus zillii* Sakiti, Blanc, Marquès & Bouix, 1991 (parasite des gonades mâles chez *Tilapia zillii* au Bénin) ; *Myxobolus clarii* Mandour, Galal & Abed, 1993 (parasite des testicules de *Clarias lazera* en Egypte). Comparée aux spores de *M. agolus*, nos spores sont plus longues avec des capsules polaires moins développées (5,1 - 6,3 µm vs 6,1 - 7,4 µm) et contiennent moins de tours de spires de filament polaire (6 à 8 vs 10 - 11). L'absence d'un prolongement intercapsulaire éloigne nos spores de celles *M. zillii*. Par ses spores moins larges avec des capsules polaires plus longues, l'espèce en cours de description se distingue de *M. clarii* dont les spores mesurent 10,2 µm de long en moyenne et possèdent des capsules mesurant 3,9 µm de long en moyenne.

Myxobolus camerounensis Fomena, Marquès & Bouix, 1993, parasite la peau et les branchies de *Oreochromis niloticus* (Cichlidae), forme des spores plus développées ($16,8 \times 12,0 \mu m$ en moyenne), avec un pôle antérieur retréci.

Comparées à celles de *Myxobolus israelensis* Landsberg, 1985, les capsules polaires de nos spores sont nettement moins développées $(5,9 \times 2,9 \ \mu m \ vs \ 7,7 \times 3,3 \ \mu m \ en moyenne)$. La taille réduite des spores du présent *Myxobolus* l'éloigne de *Myxobolus homeosporus* Baker, 1963 (décrit chez *Tilapia* sp. en Ouganda) et dont les spores mesurent 13,5 à 17 \ \mu m de long.

Les spores et les capsules polaires de Myxobolus rohitae Haldar, Das & Sharma, 1983,

PLANCHE XIV

Formes végétatives et spores de Myxobolus sp., parasite de Tilapia sp.

1 – 2 : formes végétatives

- 1 : kyste implanté dans le muscle abducteur de l'arc branchial ;
- 2 : kyste implanté dans le muscle sous operculaire ;

3 – 4 : spores non colorées

- 3 : spores en vue de face ;
- 4 : spores en vue de profil.



décrite chez *Labeo rohita* (Cyprinidae) en Inde, mesurent $10,6 \times 9,0 \mu m$ en moyenne et $6,6 \times 3,3 \mu m$ en moyenne respectivement.

Les caractéristiques morphométriques des spores de la Myxosporidie en cours de description rappellent celles de *Myxobolus imami* Ali *et al.* (2002) (décrite chez *Labeo niloticus* en Egypte). Toutefois, les spores ici observées se démarquent par l'absence des replis valvaires. Du fait de la concordance entre les données mophométriques de notre parasite et celles de *M. imami*, des données biomoléculaires sur ces deux parasites sont nécessaires pour les discriminer avec exactitude, ceci avant l'attribution d'un statut définitif.

III.1.2.3. Genre Henneguya Thélohan, 1892

Chez les poissons examinés, nous avons récolté quatre (04) espèces appartenant au genre *Henneguya*, dont deux (2) probablement nouvelles et deux (2) antérieurement décrites.

III.1.2.3.1. Description d'*Henneguya distichodi* n. sp. (Pl. XV : 1 - 4 ; Fig. 17 : a - b)

Hôte type : Distichodus engycephalus Günther, 1964 (Distichodontidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 30,76% (08 poissons parasités sur 26 examinés).

Forme végétative : Les kystes sont ovoïdes ou elliptiques, polysporés, implantés entre les lamelles branchiales secondaires (Pl. XV : 1). Leur taille varie de 130 à 320 μ m de long sur 100 à 250 μ m de large. On peut dénombrer 1 à 16 kystes par holobranchie et jusqu'à 53 chez un individu hôte.

Spore : Le corps sporal est fusiforme et allongé (3,2 fois plus long que large), avec le pôle antérieur retréci (Pl. XV : 2 ; Fig. 17 : a). Il est biconvexe en vue de profil (Pl. XV : 3 ; Fig. 17 : b). Les valves sont lisses. Les capsules polaires sont piriformes et symétriques (Pl. XV : 4 ; Fig. 17 : a). En microscopie optique, il n'a pas été possible d'observer les tours de spire du filament au sein des capsules. Les deux prolongements caudaux sont fins, souvent accolés sur toute leur longueur.

Mensurations :

- longueur du corps sporal (L) : $12,5 \pm 0,1 (11,1 14,0) \mu m$;
- largeur du corps sporal (l) : $3,9 \pm 0,1$ (3,3 4,4) μm ;
- rapport (L/l) : 3,27 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $3,6 \pm 0,1(3,0 4,0) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : 1,1 \pm 0,1 (1,0 1,4) μ m ;
- rapports (L'/l') : 3,27 ; (L'/L) : 0,28 ;

- longueur des prolongements caudaux (Lpc) : $26,0 \pm 0,5$ (20,0 35,0) μ m ;
- longueur totale de la spore (Lt) : $38,4 \pm 0,5$ (32,5 47,5) µm.

Affinités taxonomiques

Les spores chez du parasite observé Distichodus engycephalus sont morphométriquement comparables à celles d'Henneguya nyongensis Fomena & Bouix, 1996 (parasite de Marcusenius moorii), Henneguya odzai Fomena & Bouix, 1996 (parasite de Marcusenius moorii), Henneguya ntondei Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (décrite chez Schilbe mystus), Henneguya nkamensis Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (hôte : Hepsetus odoe), Henneguya pethericii Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (hôte : Ctenopoma pethericii au Cameroun) et Henneguya auchenoglanii Kostoïngué, Diebakate, Faye & Toguebaye, 2001 (hôte : Auchenoglanis occidentalis).

Cependant, l'espèce ici décrite s'éloigne d'*H. nyongensis* par ses spores moins larges (3,9 µm vs 5,4 µm en moyenne) et ses capsules polaires moins développées (3,6 µm × 1,1 µm vs 6,2 µm × 2,3 µm en moyenne). Comparé à *H. odzai*, le corps sporal de notre parasite est nettement moins long (12,5 µm vs 14,4 µm en moyenne) et ses prolongements caudaux plus longs (20,0 - 35,0 µm vs 15,0 - 21,5 µm). L'espèce en cours de description diffère d'*H. ntondei* par ses spores moins larges (3,9 µm vs 5,4 µm en moyenne), ses capsules polaires moins développées (3,6 × 1,1 µm vs 4,5 × 1,5 µm en moyenne) et ses prolongements caudaux nettement plus longs (26,0 µm vs 14,8 µm en moyenne). Le corps sporal d'*H. nkamensis* est moins long (8-10 µm) et plus large (4,5 µm en moyenne). Les spores d'*H. pethericii* sont plus longues (46,1 µm en moyenne) avec un corps sporal plus développé (5,0 µm de long en moyenne). Les prolongements caudaux d'*H. auchenoglanii* sont toujours accolés et très longs (39,4 (37,0 - 40,0)) µm ; ses capsules polaires plus développées (6,3 × 2,1 µm en moyenne).

Compte tenu de toutes ces différences, nous pensons être en présence d'une nouvelle espèce d'*Henneguya* et nous proposons de la nommer *Henneguya distichodi*, nom qui fait référence au nom du genre auquel appartient le poisson hôte. C'est la première espèce du genre *Henneguya* jusqu'à présent trouvée chez les Distichodontidae.

III.1.2.3.2. Description d'Henneguya magai n. sp. (Pl. XV : 5 - 8 ; Fig. 17 : c - d)

Hôte type : Auchenoglanis occidentalis Valenciennes, 1840 (Claroteidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 13,04% (03 poissons parasités sur 23 examinés).

Forme végétative : Les kystes sont ovoïdes ou elliptiques, blanchâtres, implantés entre les lamelles branchiales secondaires (Pl. XV : 5). Leur taille varie entre 170 - 240 µm de long sur

 $110 - 190 \mu m$ de large. Chez les hôtes parasités, on peut dénombrer 1 à 124 kystes par filament branchial. En cas d'infestation sévère, on peut compter jusqu'à 5000 kystes sur une holobranchie (Pl. XV : 5).

Spore : En vue de face, le corps sporal est elliptique et allongé (2,5 fois plus long que large), avec l'extrémité antérieure légèrement rétrécie et arrondie (Pl. XV : 6 ; Fig. 17 : c). En vue de profil, il est lancéolé (Pl. XV : 7 ; Fig. 17 : d). Les valves sont lisses. Les capsules polaires sont piriformes et symétriques (Pl. XV : 8 ; Fig. 17 : c). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule en 3 - 5 tours de spire. Les prolongements caudaux sont égaux, longs et souvent accolées sur toute leur longueur. Le sporoplasme renferme une vacuole iodophile (Pl. XVI : 6 - 7).

Mensurations :

- longueur du corps sporal (L) : $13,2 \pm 0,3$ (11,8 15,0) µm ;
- largeur du corps sporal (l) : 5,2 \pm 0,2 (4,6 5,7) μ m ;
- rapport (L/l) : 2,5 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 4,5 \pm 0,2 (3,8 5,2) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : 1,4 \pm 0,1 (1,2 1,8) μ m ;
- rapports (L'/l') : 3,2 ; (L'/L) : 0,3 ;
- longueur des prolongements caudaux (Lpc) : $21,6 \pm 0,4$ (18,0 25,6) μ m ;
- longueur totale de la spore (Lt) : 34.8 ± 0.4 (30,0 40,1) µm.

Affinités taxonomiques

Henneguya bopeleti Fomena & Bouix, 1987 (hôte : *Chrysichthys nigrodigiatus*) et *Henneguya auchenoglanii* Kostoïngué, Diebakate, Faye & Toguebaye, 2001 (hôte : *Auchenoglanis occidentalis* au Tchad), deux espèces décrites sur les branchies des Claroteidae, forment des spores de morphologie comparable à celle des nôtres. Comparées à *H. bopeleti*, les spores de notre parasite sont moins longues (34,8 µm vs 44,5 µm en moyenne) avec des capsules polaires moins développées (4,5 µm × 1,4 µm vs 8,0 µm × 2,0 µm). Notre espèce s'éloigne de *H. auchenoglanii* par ses expansions caudales moins longues. De plus, ses capsules polaires sont moins développées (4,5 µm × 1,4 µm vs 6,3 µm × 2,1 µm).

Par la morphologie générale de la spore, notre Myxosporidie se rapproche de *Henneguya pethericii* Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (parasite de *Ctenopoma pethericii*). Nos spores s'éloignent cependant de celles de *H. pethericii* par ses expansions caudales moins longues (21,6 µm vs 33,5 µm en moyenne).

Fomena & Bouix (1996) ont décrit *Henneguya odzai*, espèce formant des spores avec un corps sporal ovoïde et remarquablement allongé (plus de 3 fois plus long que large). Le corps

PLANCHE XV

Formes végétatives et spores d'*Henneguya distichodi* n. sp., parasite de *Distichodus* engycephalus, et *Henneguya magai* n. sp., parasite de *Auchenoglanis occidentalis*

1-4 : Henneguya distichodi n. sp.

1 : kystes implantés entre les filaments branchiaux secondaires (flèches) ;

2-4 : spores

- 2 : spores non colorées en vue de face ;
- 3 : une spore non colorée en vue de profil ;
- 4 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.

5-8 : Henneguya magai n. sp.

5 : une branchie fortement parasitée (flèches) ;

6-8 : spores

- 6 : spores non colorées en vue de face ;
- 7 : une spore non colorée en vue de profil ;
- 8 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.



sporal de l'espèce en cours de description est ellipsoïdal et plus large (5,2 μ m vs 3,9 μ m en moyenne).

Toutes ces différences avec les espèces antérieurement décrites, nous amènent à penser que le présent parasite est nouveau. Nous proposons de le nommer *Henneguya magai*, du nom de la localité de Maga, où le poisson hôte a été capturé.

III.1.2.3.3. Redescription d'*Henneguya odzai* Fomena & Bouix, **1996** (Pl. XVI : 1 - 4 ; Fig. 17 : e - f)

Hôte type : Marcusenius moorii (Günther, 1867) (Mormyridae).

Localité type : rivière Anga'a à Odza II, Région du Centre (Cameroun).

Autres hôtes : *Mormyrus cyprinoides* Linneaus, 1758 et *Hyperopisus bebe chariensis* Günther, 1866 (Mormyridae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 20% (02 individus parasités sur 10 examinés) chez *M. cyprinoides* et 50% (06 individus parasités sur 12 examinés) chez *H. bebe chariensis*.

Forme végétative : Cette Myxosporidie forme des kystes sphériques ou subsphériques, polysporés, implantés dans les filaments branchiaux primaires (Pl. XVI : 1). Leur taille varie entre 280 - 780×250 - $530 \mu m$. On peut dénombrer 1 à 9 kystes par branchie parasitée et 1 à 35 kystes chez un individu hôte parasité.

Spore : Le corps sporal est ovoïde et allongé, avec l'extrémité antérieure arrondie (Pl. XVI : 2 ; Fig. 17 : e). Vu de profil, il est lancéolé (Pl. XVI : 3 ; Fig. 17 : f). Les expansions caudales sont longues et nettement séparées sur toute la longueur. Les capsules polaires sont piriformes et d'égales dimensions (Pl. XVI : 4). Le filament polaire s'enroule sur 4 à 5 tours de spire au sein des capsules polaires. Le sporoplasme renferme une vacuole iodophile.

Mensurations :

- longueur du corps sporal (L) : $14,1 \pm 0,3 (12,0 15,7) \mu m$;
- largeur du corps sporal (l) : 4,4 \pm 0,2 (4,0 5,3) μ m ;
- rapport (L/l) : 3,2 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $4,5 \pm 0,2$ (4,0 5,2) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $1,3 \pm 0,1 (1,0 1,6) \mu m$;
- rapports (L'/l') : 3,4 ; (L'/L) : 0,32 ;
- longueur des prolongements caudaux (Lpc) : $19,5 \pm 0,4$ (15,4 25,4) μ m ;
- longueur totale de la spore (Lt) : $33,6 \pm 0,4$ (30,4 38,8) µm.



Figure 17. Dessins des spores des espèces observées dans le genre *Henneguya*.

a, **b** : *Henneguya distichodi* n. sp. en vue de face (**a**) et en vue de profil (**b**) ;

 \mathbf{c}, \mathbf{d} : *Henneguya magai* n. sp.en vue de face (\mathbf{c}) et en vue de profil (\mathbf{d}) ;

 \mathbf{e}, \mathbf{f} : *Henneguya odzai* en vue de face (\mathbf{e}) et en vue de profil (\mathbf{f}) ;

g, h : *Henneguya mbakaouensis* en vue de face (g) et en vue de profil (h).

Trait d'échelle : 5 µm.

Affinités taxonomiques

Henneguya auchenoglanii Kostoïngué, Diebakate, Faye & Toguebaye, 2001 (parasite des branchies d'*Auchenoglanis occidentalis* au Tchad) est une espèce qui forme des spores dont le corps sporal est lancéolé, semblable à celui d'*Henneguya* ici observée. Toutefois, la présente espèce s'éloigne de *H. auchenoglanii* par son corps sporal plus développé (14,1 × 4,4 µm vs 12,0 × 3,2 µm en moyenne), ses capsules polaires moins longues (4,5 µm vs 6,3 µm en moyenne).

Kostoïngué *et al.* (2001) ont décrit *Henneguya mormyri* et *Henneguya mailaoensis* dans les lamelles branchiales primaires de *Mormyrus cashive* (Mormyridae) au Tchad. Le corps sporal de *H. mormyri* est ovale avec l'extrémité antérieure pointue. Il est moins long (8,4 μ m). *Henneguya mailaoensis* forme des spores nettement plus grandes (corps sporal mesurant 17,6 × 5,7 μ m et prolongements caudaux mesurant 44,5 μ m de long).

Henneguya nyongensis Fomena & Bouix, 1996, parasite les branchies et les muscles chez *Marcusenius moorii* (Mormyridae) au Cameroun. Ses spores sont moins longues (12,6 μ m en moyenne) avec des capsules polaires plus développées (6,2 μ m × 2,3 μ m en moyenne).

Henneguya odzai Fomena & Bouix, 1996 développe d'innombrables kystes mesurant $53 - 125 \times 30 - 90 \mu m$, entre les lamelles branchiales secondaires chez *Marcusenius moorii* (Mormyridae) au Cameroun. Son corps sporal est ovoïde et allongé, mesurant 14,4 (13,0 - 16,0) μm de long sur 3,9 (3,3 - 4,6) μm de large, avec des capsules polaires symétriques et mesurant 3,9 \times 1,3 μm en moyenne. Bien que les kystes de notre *Henneguya* soient plus développés et implantés dans les lamelles branchiales primaires, bien que les spores semblent plus larges comparées à celles de *H. odzai*, la morphologie des spores et de leurs composantes, la famille à laquelle appartient le poisson hôte de *H. odzai* correspondent parfaitement à celles de l'espèce en cours de description. Nous pensons être en présence de *Henneguya odzai*.

III.1.2.3.4. Redescription d'*Henneguya mbakaouensis* Fomena & Bouix, 2000 (Pl. XVI : 5 - 8 ; Fig. 17 : g - h)

Hôte type : Lates niloticus Linneaus, 1762 (Latidae).

Localité type : barrage de Mbakaou sur le fleuve Djérem (Cameroun).

Organes parasités : branchies, arc branchial et caecum pylorique.

Prévalence : 30% (06 poissons parasités sur 20 examinés).

Forme végétative : Les kystes sont elliptiques et allongés, polysporés (Pl. XVI : 5, 6). Ils sont implantés sur les filaments branchiaux primaires. Ils mesurent $320 - 650 \mu m$ de long sur $200 - 650 \mu m$ de long sur $20 - 650 \mu m$ de long sur $200 - 650 \mu m$ de long sur $200 - 650 \mu m$ de long sur $200 - 650 \mu m$ de long sur $20 - 650 \mu m$ de lo

320 μm de large. On peut dénombrer 1 à 9 kystes par branchie parasitée et 1 à 35 kystes chez un poisson parasité.

Spore : Le corps sporal est ovoïde en vue de face, avec l'extrémité antérieure arrondie (Pl. XVI : 7 ; Fig. 17 : g) ; en vue de proffil, il est bicconvexe (Pl. XVI : 8 ; Fig. 17 : h). Les deux prolongements caudaux, de taille égale, mesurent 43,1 (32,0 - 54,1) µm de long et sont toujours nettement séparés sur toute leur longueur. Les capsules polaires, piriformes et symétriques, sont situées à l'extrémité antérieure de la cavité sporale (Pl. XVI : 7 ; Fig. 17 : g). Dans chacune d'elles, le filament polaire s'enroule sur 3 à 4 tours de spire. Le sporoplasme est grossièrement triangulaire.

Mensurations :

- longueur du corps sporal (L) : $13,3 \pm 0,3$ (11,1 16,4) μ m ;
- largeur du corps sporal (l) : $6,6 \pm 0,2$ (5,8 7,8) µm ;
- rapport (L/l) : 2,0 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $3,9 \pm 0,2 (3,5-5,4) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : 2,0 \pm 0,1 (1,5-2,5) μ m ;
- rapports (L'/l') : 1,9 ; (L'/L) : 0,3 ;
- longueur des prolongements caudaux (Lpc) : $43,1 \pm 0,7 (32,0 54,1) \mu m$;
- longueur totale de la spore (Lt) : $56,5 \pm 0,7 (44,3 70,5) \mu m$.

Affinités taxonomiques :

Six espèces d'*Henneguya* ont été décrites chez les poissons du genre *Lates* : il s'agit de *Henneguya latesi* Tripathi, 1952 (en Chine), *Henneguya latesa* Wu, Wu & Hua, 1994 (en Chine), *Henneguya ghaffari* Ali, 1999 (en Egypte), *Henneguya mbakaouensis* Fomena & Bouix, 2000 (au Cameroun), *Henneguya massii* Kostoïngué, Diebakate, Faye & Toguebaye, 2001 (au Tchad) et *Henneguya mandouri* Rabie, Mohammed, Hussein & Hussein 2009 (en Egypte).

Notre parasite s'éloigne de *H. latesi* et *H. latesa* par ses spores nettement plus longues $(44,3 - 70,5 \ \mu\text{m} \text{ vs } 26,2 - 36,2 \ \mu\text{m} \text{ et } 22,5-30,0 \ \mu\text{m} \text{ respectivement})$. *Henneguya massii* forme des spores moins longues $(20-23 \ \mu\text{m})$ avec des capsules polaires moins développées $(2,8 \times 1,6 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$. Les prolongements caudaux des spores de *H. ghaffari* restent unies jusqu'au 2/3 de leur longueur avant de bifurquer en deux fins prolongements ; en plus ses capsules polaires sont plus développées $(5,2 \times 3,2 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$.

Henneguya mbakaouensis forme des kystes polysporés sur les filaments branchiaux primaires chez *Lates niloticus*. Le corps sporal mesure 10,8 μ m de long sur 7,5 μ m de large en moyenne et ses prolongements caudaux 40,0 - 59,0 μ m de long. Ses capsules polaires sont

PLANCHE XVI

Formes végétatives et spores d'*Henneguya odzai*, parasite de *Mormyrus cyprinoides* et *Hyperopisus bebe chariensis*, et *Henneguya mbakaouensis*, parasite de *Lates niloticus*

1 – 4 : Henneguya odzai

- 1 : kyste implanté dans le filament branchial primaire (flèche) ;
- 2 : spores non colorées en vue de face ;
- 3 : spore non colorée en vue de profil ;
- 4 : spores colorées au May-Grünwald-Giemsa.

5 – 8 : Henneguya mbakaouensis

- 5 : kystes implantés sur les filaments branchiaux primaires ;
- 6 : un filament branchial primaire isolé portant un volumineux kyste (flèche) ;
- 7 : spores en vue de face ;
- 8 : une spore en vue de profil.



piriformes et mesurent 4,0 μ m de long sur 2,5 μ m de large en moyenne (Fomena & Bouix, 2000). La morphologique de la spore et de ses composantes, l'espèce hôte et le site d'implantation chez l'hôte coïncident parfaitement avec les données sur *H. mbakaouensis*. Bien que le corps sporal de nos spores semble légérèment long et ses expansions relativement courtes, nous pensons être en présence de *H. mbakaouensis*.

Comparé à *H. mandouri*, le corps sporal de notre parasite semble plus long $(11,1 - 16,4 \mu m vs 11,0 - 13,0 \mu m)$ et ses expansions caudales légèrement plus courtes $(32,0 - 54,1 \mu m vs 40,0 - 53,0 \mu m)$. Toutefois, nous pensons que *H. mandouri* et *H. mbakaouensis* représenteraient une même espèce et donc seraient des espèces synonymes. Cette Myxosporidie serait spécifique à *Lates niloticus*.

III.1.2.4. Genre Thelohanellus Kudo, 1933

Au cours de notre travail, quatre (4) espèces appartenant à ce genre ont été trouvées chez les poissons examinés. Une (1) espèce est probablement nouvelle et trois (3) sont antérieurement décrites et validées.

III.1.2.4.1. Thelohanellus sp. (Pl. XVII: 1 - 3; Fig. 18: a - b)

Hôtes : *Labeo senegalensis* Valenciennes, 1842, *Labeo coubie* Rüppell, 1832 (Cyprinidae) et *Auchenoglanis occidentalis* Valenciennes, 1840 (Claroteidae).

Organes parasités : peau, (chez les poissons du genre *Labeo*) et muscles de la paroi abdominale (chez *A. occidentalis*).

Prévalence : 19,38% (50 individus parasités sur 258 examinés) chez *L. senegalensis*, 21,62% (08 individus parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie* et un seul individu parasité sur 23 examinés chez *A. occidentalis*.

Forme végétative : Les kystes sont fréquemment implantés sous la peau à la base de la nageoire caudale chez *L. senegalensis*. Chez l'unique *A. occidentalis* parasité, les kystes sont implantés dans les muscles de la paroi abdominale. Ils sont blanchâtres, sphériques ou fusiformes. Les kystes sphériques mesurent de $300 \times 330 \mu m$ en moyenne et ceux fusiformes mesurent 140 - $320 \mu m$ de long sur 90 - 140 μm de large. On peut dénombrer 1 à 25 kystes chez un hôte parasité.

Spore : Les spores sont régulièrement piriformes, avec l'extrémité antérieure rétrécie et tronquée (Pl. XVII : 1 ; Fig. 18 : a). Le plus grand diamètre s'observe à la base de la capsule polaire. Elles sont biconvexes en vue de profil (Pl. XVII : 2 ; Fig. 18 : b). Les valves portent 4 à 7 replis (Fig. 18 : a). La capsule polaire est piriforme (Pl. XVII : 1 - 2 ; Fig. 18 : a). Le filament

polaire s'enroule sur 6 à 8 tours de spire. Le sporoplasme contient régulièrement une vacuole iodophile de forme et de taille variables (Pl. XVII : 1 - 2).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $12,4 \pm 0,2$ (11,4 13,6) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 7,0 \pm 0,2 (6,0 7,8) μ m ;
- rapport (L/l) : 1,8 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5,5 \pm 0,2 (4,3 6,8) μ m ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,3 \pm 0,2 (2,5 4,0) \mu m$;
- rapports (L'/l'):1,7; (L'/L):0,4.

Affinités taxonomiques

Thelohanellus sanagaensis Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (parasite des branchies et nageoires de *Labeo* sp. au Cameroun), forme des spores ovoïdes avec l'extrémité antérieure rétrécie et mesurant $11,6 \times 9,0$ µm en moyenne ; ses capsules polaires mesurent 5,8 \times 3,7 µm en moyenne. Notre parasite s'écarte de *T. sanagaensis* par sa spore plus longue et nettement moins large, sa capsule polaire moins développée et par la présence de replis sur les valves.

La spore de *Thelohanellus ndjamenaensis* Kostoïngué, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 (parasite des branchies de *Labeo parus* au Tchad) est ovoïde avec le pôle antérieur pointu et parfois légèrement arqué. Par ailleurs, elle est nettement moins longue (10,3 µm en moyenne) et sa capsule polaire également moins longue (4,2 µm en moyenne).

Fomena *et al.* (2007) ont décrit *Thelohanellus njinei* et *Thelohanellus lagdoensis* respectivement dans la muqueuse intestinale de *Schilbe mystus* et dans la paroi intestinale de *Citharinus citharus*. Par la forme générale de la spore, notre *Thelohanellus* se rapproche des espèces sus-citées. Cependant, nos spores s'écartent de celles de *T. njinei* par leur taille nettement moins grande $(12,4 \times 7,0 \ \mu m \ vs \ 14,6 \times 8,3 \ \mu m \ en moyenne)$. Notre parasite s'éloigne de *T. lagdoensis* par sa spore plus développée $(12,4 \times 7,0 \ \mu m \ vs \ 8,4 \times 4,3 \ \mu m \ en moyenne)$ et sa capsule polaire également plus développée ; de plus la capsule polaire de *T. lagdoensis* présente une sorte de "cou"caractéristique qui la relie au pôle antérieur de la spore.

La spore de *Thelohanellus batae* Lalitha Kumari, 1969 (hôte : *Labeo bata* en Inde) est ovoïde avec l'extrémité antérieure rétrécie, mesure $12,3 \times 6,2 \mu m$ en moyenne. Comparée à celle de *T. batae*, la spore de notre parasite est plus large (7,0 μm vs 6,2 μm en moyenne) et sa capsule polaire nettement moins longue (5,5 μm vs 7,7 μm en moyenne).

Thelohanellus theinensis Gupta & Kaur, 2016 parasite les branchies de *Labeo bata* en Inde. Ses spores sont ovoïdes, mesurent $8,1 - 8,4 \ \mu m \times 4,2 - 4,6 \ \mu m$. Ses capsules polaires sont

PLANCHE XVII

Formes végétatives et spores de *Thelohanellus* sp., parasite de *Labeo senegalensis*, *Labeo coubie* et *Auchenoglanis occidentalis*, et *Thelohanellus assambai*, parasite de *L. senegalensis*

1-3: Thelohanellus sp.

- 1 : spores non colorées en vue de face ;
- 2 : une spore non colorée en vue de profil ;
- 3 : spores colorées au May Grünwald Giemsa.

4 – 10 : Thelohanellus assambai

4 – 7 : formes végétatives

4 : une branchie fortement parasitée (flèches) ;

5 - 6 : coupes longitudinales réalisées dans les filaments branchiaux primaires, illustrant la localisation des kystes sur les filaments branchiaux secondaires (flèches) (coloration à l'hématoxyline - éosine) ;

7 : observer la destruction des filaments branchiaux secondaires suite au développement des kystes.

8 – 10 : spores

8 : spores non colorées en vue de face : observer le grand développement de la capsule polaire et l'enroulement des tours de spire du filament (flèche) ;

9 : spores non colorées en vue de profil ;

10 : spores colorées au May - Grünwald - Giemsa.



subsphériques et mesurent 4,1 - 4,7 μ m × 4,1 - 4,6 μ m. Ainsi, nos spores sont plus développées, avec des capsules polaires plus longues et moins larges, et possèdent des replis valvaires.

Les caractéristiques morphométriques du parasite observé chez *Labeo senegalensis* ne correspondent à aucune espèce déjà connue du genre *Thelohanellus*. Pour le moment, nous l'appelons *Thelohanellus* sp. en attendant de lui attribuer un statut définitif.

III.1.2.4.2. Redescription de *Thelohanellus assambai* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (Pl. XVII : 4 - 10 ; Fig. 18 : c - d)

Hôte type : Labeo sp. (Cyprinidae).

Localité type : rivière Assamba, affluent de la Sanaga (Cameroun).

Autre hôte : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organe parasité : branchies.

Prévalence : 59,69% (154 poissons parasités sur 258 examinés).

Forme végétative : Ce *Thelohanellus* forme des kystes ovoïdes ou sphériques, blanchâtres et polysporés, implantés dans les lamelles branchiales secondaires (Pl. XII : 4 - 7). De taille variable, les kystes mesurent 175-500 µm de long sur 120-350 µm de large. On peut dénombrer 1 à 646 kystes sur une branchie et jusqu'à 2207 chez un hôte parasité.

Histologie : Les kystes détruisent les lamelles branchiales secondaires ou déforment les lamelles voisines (Pl. XVII : 6, 7). Parfois, la quasi-totalité des lamelles d'un filament primaire peut être affectée (Pl. XVII : 7).

Spore : De taille moyenne (11,5 \times 5,5 μ m en moyenne), les spores sont régulièrement piriformes avec l'extrémité antérieure rétrécie et parfois légèrement incurvée (Pl. XVII : 8 ; Fig. 18 : c). L'unique capsule polaire est piriforme, développée (6,1 \times 2,8 μ m en moyenne), atteignant et dépassant parfois la moitié antérieure de la cavité sporale (Pl. XVII : 8, 10). Au sein de cette capsule, le filament polaire s'enroule sur 5 à 7 tours de spire (Pl. XVII : 8 ; Fig. 18 : c). Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale.

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 11,5 \pm 0,2 (10,8 13,4) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 5,5 \pm 0,1 (5,0 6,4) μ m ;
- rapport (L/l) : 2,1 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $6,2 \pm 0,1 (5,3 7,2) \mu m$;
- largeur de la capsule polaire (l') : $2,9 \pm 0,1$ (2,3 3,5) µm ;
- rapports (L'/l') : 2,1 ; (L'/L) : 0,5.

Affinités taxonomiques

Des comparaisons peuvent être faites entre ce *Thelohanellus* et d'autres espèces décrites chez les poissons d'eau douce d'Afrique.

Thelohanellus valeti Fomena & Bouix, 1987 forme des kystes de taille variable dans l'estomac et le tissu conjonctif recouvrant les arcs branchiaux chez *Enteromius jae* et *E. aspilus* au Cameroun. Les auteurs distinguent deux types de spores : type 1 piriforme et mesurant 12,0 μ m en moyenne et type 2 plus grand (15,6 μ m moyenne). Nos spores sont nettement moins longues comparées à celles de type 1 de *T. valeti*.

Kostoïngué *et al.* (1999) ont décrit *Thelohanellus ndjamenaensis*, formant des kystes entre les lamelles branchiales chez *Labeo parvus* au Tchad. Ses spores sont ovoïdes, avec le pôle antérieur pointu et parfois légèrement arqué ; elles mesurent en moyenne 10,3 μ m de long sur 7,3 μ m de large et leur capsule polaire, moins développée, mesure 4,2 × 3,2 μ m. Notre espèce se distingue nettement de *T. ndjamenaensis* par sa spore plus longue, de même que sa capsule polaire plus développée.

Thelohanellus citharini Kostoïngué, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 a été décrite dans le cœur chez *Citharinus citharus* au Tchad. Ses spores sont allongées et légèrement arquées, mesurant $11,1 \times 6,1$ µm en moyenne ; sa capsule polaire est allongée et située dans la région médiane de la spore, contient 4 à 5 tours de spire de filament polaire. La position de la capsule polaire dans la cavité sporale, le nombre de tours de spire du filament polaire, éloignent *T. citharini* de l'espèce en cours de description.

Fomena *et al.* (1994) ont décrit *Thelohanellus assambai* chez *Labeo* sp. dans le bassin de la Sanaga au Cameroun. Cette espèce forme des kystes dans les muscles abducteurs des filaments branchiaux primaires, entre les filaments branchiaux secondaires et à la base de la nageoire dorsale chez l'hôte. La spore de *T. assambai* mesure $10,8 \times 5,5 \mu$ m en moyenne, est régulièrement piriforme avec l'extrémité antérieure courbée et tronquée. Dans la capsule polaire, qui mesure $6,3 \times 3,4 \mu$ m en moyenne, on dénombre 5 à 6 tours de spire du filament. Bien que nos spores semblent légèrement plus longues, nous pensons être en présence de *T. assambai*.

III.1.2.4.3. Redescription de *Thelohanellus sanagaensis* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (Pl. XVIII : 1 - 8 ; Fig. 18 : e)

Hôte type : *Labeo* sp. (Cyprinidae).

Localité type : rivière Assamba, affluent de la Sanaga (Cameroun).

Autres hôtes : Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 et Labeo coubie Rüppel, 1832 (Cyprinidae).

Organes parasités : branchies, nageoires, peau, paroi de la cavité abdominale.

Prévalence : 73,64% (190 poissons parasités sur 258 examinés) chez *L. senegalensis* et 24,32% (09 individus parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : Ce parasite développe des kystes polysporés, blanchâtres, sphériques ou ovoïdes. Au niveau des branchies, les kystes sont implantés préférentiellement dans le septum interhémibranchial (Pl. XVIII : 1 - 2), rarement dans le cartilage de l'arc branchial. Au niveau des nageoires, ils sont implantés dans le tissu membraneux sur l'hémiségment du rayon osseux (Pl. XVIII : 3 - 5). Leur taille est très variable.

Spore : Les spores sont ovoïdes, avec l'extrémité antérieure légèrement rétrécie, la postérieure étant arrondie (Pl. XVIII : 6 ; Fig. 18 : e). L'unique capsule polaire est ovoïde et développée. Elle est régulièrement excentrée et disposée obliquement par rapport à l'axe antéro-postérieur de la spore (Pl. XVIII : 6 - 7). Le filament polaire s'enroule sur 7 à 9 tours de spire. Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale et contient souvent une vacuole iodophile (Pl. XVIII : 6).

Mensurations :

- longueur de la spore (L) : 13,0 \pm 0,2 (12,0 14,1) μ m ;
- largeur de la spore (l) : 9,3 \pm 0,2 (8,4 10,0) μ m ;
- rapport (L/l) : 1,4 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : $6,3 \pm 0,1$ (6,0 6,8) µm ;
- largeur de la capsule polaire (l') : $3,5 \pm 0,1 (3,2 4,0) \mu m$;
- rapports (L'/l'): 1,8; L'/L = 0,5.

Affinités taxonomiques

Les espèces de *Thelohanellus* qui forment des spores ovoïdes et qui ont été décrites chez les poissons d'eau douce d'Afrique sont : *Thelohanellus sanagaensis* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (parasite de *Labeo* sp. au Cameroun), *Thelohanellus ndjamenaensis* Kostoïngué, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 (hôte : *Labeo parvus* au Tchad), *Thelohanellus bicornei* Kabré, Sakiti, Marquès et Sawadogo, 2002 (hôte : *Labeo coubie* au Burkina-Faso) et *Thelohanellus njinei* Fomena, Farikou-Oumarou, Tang & Bouix, 2007 (hôte : *Schilbe mystus* au Cameroun).

Comparée à *T. ndjamenaensis*, les spores de l'espèce en cours de description sont plus développées $(13,0 \times 9,3 \ \mu\text{m} \text{ vs} \ 10,3 \times 7,3 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$, avec la capsule polaire également plus grande $(6,3 \times 3,5 \ \mu\text{m} \text{ vs} \ 4,2 \times 3,2 \ \mu\text{m} \text{ en moyenne})$. De plus, le pôle antérieur de la spore de *T. ndjamenaensis* est pointu et parfois légèrement arqué.

Le présent parasite s'éloigne de *T. bicornei* par l'absence d'éperons sur les valves sporales.

PLANCHE XVIII

Formes végétatives et spores de *Thelohanellus sanagaensis*, parasite de *Labeo senegalensis* et *Labeo coubie*

1-5 : formes végétatives

1 : kystes implantés dans les filaments branchiaux (flèches noires) ;

2 : coupe longitudinale dans la branchie, illustrant la localisation des kystes dans le septum interhébranchial : observer la présence de plusieurs kystes de différentes tailles (flèches noires) (coloration à l'hématoxyline - éosine) ;

3 : kystes implantés sur la nageoire caudale ;

4-5 : coupes transversales dans la nageoire, illustrant l'emplacement du kyste sur la portion distale de l'hémiségment du rayon osseux (coloration à l'hématoxyline - éosine) ;

6-7 : spores

6 : spores non colorées : observer l'unique capsule polaire excentrée (flèche) et la vacuole iodophile (étoile) ;

7 : spores colorées au May - Grünwald - Giemsa.



Notre *Thelohanellus* s'écarte de *T. njinei* par ses spores nettement moins longues (13,0 µm vs 14,6 µm en moyenne).

Thelohanellus sanagaensis forme des spores ovoïdes mesurant 11,6 (10,5 - 13,5) µm de long sur 9,0 (8,2 - 10,5) µm de large ; sa capsule polaire mesure 5,7 (5,0 - 6,5) µm de long sur 3,7 (3,0 - 4,1) µm de large. Les caractéristiques morphométriques de la spore et de sa capsule polaire, l'espèce hôte et l'implantation chez l'hôte de notre parasite coïncident avec les données sur *T. sanagaensis* ; nous pensons qu'il s'agit d'une seule et même espèce.

Initialement décrite dans les branchies et sur les nageoires de *Labeo* sp. au Cameroun (Fomena *et al.*, 1994), *T. sanagaensis* a été retrouvée entre les rayons des nageoires de *Labeo coubie* au Burkina-Faso (Kabré, 1997). Elle a été également retrouvée chez *Labeo parvus* du fleuve Chari au Tchad (Abakar-Ousman, 2006) et de la rivière Noun au Cameroun (Nchoutpouen, 2013). Cette *Thelohanellus* serait inféodée aux Cyprinidae du genre *Labeo*.

III.1.2.4.4. Redescription de *Thelohanellus bicornei* Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 2002 (Pl. XIX : 1 - 8 ; Fig. 18 : f - g)

Hôte type : Labeo coubie (Cyprinidae).

Localité type : Diarbakoko, Comoé (Bénin).

Autres hôtes : *Labeo senegalensis* Valenciennes, 1842 et *L. coubie* Rüppel, 1832 (Cyprinidae). Organes parasités : branchies et nageoires.

Prévalence : 63,18% (163 poissons parasités sur 258 examinés) chez *L. senegalensis* et 29,73% (11 individus parasités sur 37 examinés) chez *L. coubie*.

Forme végétative : Ce parasite développe des kystes polysporés, blanchâtres, sphériques ou ovales. Dans les branchies, les kystes sont implantés sur l'arc branchial, dans les muscles abducteurs de la base des lamelles branchiales (Pl. XIX : 1 - 3) chez *L. senegalensis*. Ils sont généralement implantés dans le septum interhébranchial à mi-hauteur des branchies (Pl. XIX : 4) chez *L. coubie*. Dans les nageoires, les nodules sont implantés entre les rayons osseux (Pl. XIX : 5 - 6).

Spore : Les spores sont ovoïdes en vue de face. Le pôle antérieur est légèrement rétréci et porte deux éperons nettement dissymétriques ou symétriques, ou souvent un seul éperon (Pl. XIX : 8). En vue de profil, les spores sont biconvexes (Pl. XIX : 8 ; Fig. 18 : g). La longueur des éperons varie de 1,4 à 3,5 μ m. Les valves sont lisses. La capsule polaire est elliptique et disposée obliquement par rapport à l'axe antéro-postérieur de la spore ; elle contient 6 à 8 tours de spire du filament. Le sporoplasme occupe le reste de la cavité sporale et contient souvent une vacuole iodophile.

PLANCHE XIX

Formes végétatives et spores de *Thelohanellus bicornei*, parasite de *Labeo senegalensis* et *Labeo coubie*

1-5 : formes végétatives

1 : kyste implanté dans les muscles abducteurs de la base des filaments branchiaux ;

2-3 : coupes histologiques montrant l'implantation d'un kyste dans les muscles abducteurs des filaments branchiaux ;

4 : kystes implantés sur le septum interhémibranchial ;

5-6 : coupe histologique illustrant la localisation du kyste entre les hémisegements du rayon osseux de la nageoire ;

7-8 : spores

7 : spores en vue de face avec une ou deux éperons (flèche) ;

8 : spores en vue de profil.



Mensurations :

- longueur de la spore (L) : $12,7 \pm 0,2 (12,0 13,5) \mu m$,
- largeur de la spore (l) : $8,9 \pm 0,2$ (8,0 9,5) μ m,
- rapport (L/l) : 1,4 ;
- longueur de la capsule polaire (L') : 5,7 \pm 0,2 (5,0 6,5) μ m,
- largeur de la capsule polaire (l') : 3,4 \pm 0,1 (2,8 3,7) μ m,
- rapports (L'/l'): 1,7; (L'/L): 0,4.

Affinités taxonomiques

Chez les poissons d'eau douce d'Afrique, *Thelohanellus sanagaensis* Fomena, Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (parasite de *Labeo* sp. au Cameroun), *Thelohanellus ndjamenaensis* Kostoïngué, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 (hôte : *Labeo parvus* au Tchad), *Thelohanellus bicornei* Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 2002 (hôte : *Labeo coubie* au Burkina-Faso) et *Thelohanellus njinei* Fomena, Farikou-Oumarou, Tang & Bouix, 2007 (hôte : *Schilbe mystus* au Cameroun) forment des spores ovoïdes chez leurs hôtes.

Le parasite en cours de description diffère de *T. sanagaensis* par ses spores portant un ou deux éperons caractéristiques à l'extrémité antérieure.

Notre parasite s'éloigne de *T. ndjamenaensis* par ses spores plus développées $(12,7 \times 8,9 \ \mu m vs \ 10,3 \times 7,3 \ \mu m en moyenne)$, avec sa capsule polaire également plus longue $(5,7 \ \mu m vs \ 4,2 \ \mu m en moyenne)$ et la présence des éperons caractéristiques sur les valves. De plus, le pôle antérieur de la spore de *T. ndjamenaensis* est effilé et parfois légèrement arqué.

Notre *Thelohanellus* s'écarte de *T. njinei* par ses spores nettement moins longues (12,7 µm vs 14,6 µm en moyenne) et la présence des éperons à l'extrémité antérieure.

Kabré *et al.* (2002) ont décrit *T. bicornei* comme une espèce qui forme des spores ovoïdes dont l'extrémité antérieure est pourvue de deux éperons. Ses spores mesurent 13,5 μ m de long sur 8,4 μ m de large en moyenne. Les caractères morphométriques des spores observées ici correspondent parfaitement à ceux de *T. bicornei*. Bien que la capsule polaire de notre parasite soit moins longue comparée à celle décrite chez *T. bicornei* (5,7 μ m vs 7,2 μ m en moyenne), nous pensons que notre parasite et *T. bicornei* constituent une seule et même espèce.

Parasite initialement décrit chez *Labeo coubie*, *T. bicornei* a été retrouvée chez *L. parvus* au Cameroun (Nchoutpouen & Fomena, 2011). Au cours de ce travail, cette Myxosporidie a été trouvée chez *L. coubie* et *L. parvus*. Ce parasite serait spécifique aux poissons Cyprinidae du genre *Labeo*.



Figure 18. Dessins des spores des espèces observées dans le genre *Thelohanellus*. **a**, **b** : *Thelohanellus* sp. en vue de face (**a**) et en vue de profil (**b**) ; **c**, **d** : *Thelohanellus assambai* en vue de face (**c**) et en vue de profil (**d**) ; **e** : *Thelohanellus sanagaensis* ; **f**, **g** : *Thelohanellus bicornei* en vue de face (**f**) et en vue de profil (**g**). Trait d'échelle : 5 μ m.

III.1.2. Structure et dynamique des populations de Myxosporidies parasites de *Labeo* senegalensis

L'abondance et la diversité de la faune parasitaire sont déterminées par une combinaison de plusieurs facteurs écologiques dans un habitat (Dogiel, 1961); car certains facteurs biotiques, comme le sexe ou l'âge de l'hôte et la présence d'autres espèces parasites, et des facteurs abiotiques, en occurrence le climat ou la saison, figurent parmi les plus importants.

Au cours de l'étude de la faune des Myxosporidies qui parasitent les poissons du Lac de retenue de Maga, nous nous sommes proposés d'étudier la structure et la dynamique des espèces de Myxosporidies trouvées chez *L. senegalensis* ainsi que leur distribution spatiale sur les organes fortement infestés par les kystes à myxospores. Le choix de cette espèce hôte a été guidé par le fait qu'elle :

- a une grande importance alimentaire et économique puisqu'elle figure parmi les espèces de poissons les plus consommées dans la localité ;
- a une grande richesse spécifique de Myxosporidies ; c'est l'espèce hôte qui héberge le plus grand nombre d'espèces parasites au cours de ce travail soit 16 sur 36 (44,4%) espèces ;
- figure parmi les espèces de poissons rencontrées toute l'année dans le site d'étude ;
- a un fort potentiel aquacole de par ses caractéristiques biologiques (Montchowui *et al.*, 2010).

Cette partie du travail permettra : d'identifier les espèces parasites les plus fréquentes du peuplement des Myxosporidies recensées chez *L. senegalensis* ; de déterminer l'âge et le sexe des hôtes à risque, et les saisons de pullulation de ces parasites. En outre, nous étudierons la distribution de ces parasites sur les branchies et les nageoires.

III.1.3.1. Structure de la population de L. senegalensis

La présente étude a été menée pendant dix (10) mois, c'est-à-dire d'octobre 2018 à août 2019, aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies. Au cours de cette période, 229 spécimens de *L. senegalensis* ont été capturés et examinés.

III.1.3.1.1. Distributions mensuelle et saisonnière des effectifs de L. senegalensis

Les plus grands nombres de spécimens hôtes ont été récoltés aux mois d'avril à août (avec chacun un échantillon de 28 à 30 individus). Les nombres d'individus hôtes récoltés aux mois d'octobre à décembre et en février sont statistiquement identiques. Les mois statistiquement les moins fructueux ont été janvier (13 spécimens : 5,67%) et mars (15 spécimens : 6,55%) (Tableau I). Pendant la saison des pluies, 87 spécimens de *L. senegalensis* (37,99%) ont été récoltés contre 142 individus (62,01%) en saison sèche. Ainsi, le nombre d'individus hôtes examinés est significativement plus grand en saison sèche ($\chi^2 = 7,44$; P = 0,006).

Mois	Effectif (%)	Saisons		
Octobre 2018	23 (10,04) ^{a,b}			
Novembre 2018	20 (8,73) ^{a,b}			
Décembre 2018	21 (9,17) ^{a,b}			
Janvier 2019	13 (5,67) ^b	$\frac{\text{seche}}{(2,010/3)}$		
Février 2019	20 (8,73) ^{a,b}	$10tal = 142 (02,01\%)^{a}$		
Mars 2019	15 (6,55) ^b			
Avril 2019	30 (13,10) ^a			
Juin 2019	29 (12,66) ^a	pluvieuse		
Juillet 2019	30 (13,10) ^a			
Août 2019	28 (12,22) ^a	$10tal = 87 (37,99\%)^{\circ}$		
Total	229 (100)	229 (100)		
Test statistique	$\chi^2 = 17,35 \ (P = 0,043)$	$\chi^2 = 7,44 \ (P = 0,006)$		

 Tableau I.
 Variations mensuelles et saisonnières des effectifs des L. senegalensis examinés

 χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; Comparaison entre les pourcentages des effectifs mensuels et entre ceux des effectifs saisonniers échantillonnés : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

III.1.3.1.2. Distribution des effectifs de L. senegalensis en fonction des classes de tailles

La longueur standard (LS) des poissons échantillonnés a varié entre 84 et 225 mm, avec une moyenne de 141,3 \pm 2,48 mm. Cet échantillon de 229 poissons a été subdivisé en trois classes d'amplitude 44 mm (Tableau II) : 102 (44,54%) spécimens d'une petite taille ([84 -128]), 82 (35,81%) d'une taille moyenne (]128 - 173]) et 45 (19,65%) d'une grande taille (> 173]). La différence entre les nombres d'individus examinés dans chacune des trois classes de taille est significative (P < 0,001) ; la proportion des spécimens de plus petite taille ([84 - 128]) est statistiquement plus élevée (44,54%) et celle des spécimens de plus grande taille est la plus faible (19,65%). La taille moyenne des individus examinés dans une classe de tailles de cet échantillon de *L. senegalensis* est statistiquement différente (P < 0,001) de celle des autres classes (Tableau II).

Classes de tailles	Nombre d'individus	Taille (longueur standard) en mm		
(en mm)	examinés	moyenne		
[84-128]	102 (44,54%) ^a	107,9 ^c ±1,29		
]128 – 173]	82 (35,81%) ^b	151,1 ^b ±1,47		
>173	45 (19,65%) ^c	196,6 ^a ±2,89		
Total	229 (100%)	141,3 ±2,48		
Test statistique	$\chi^2 = 41,32 \ (P < 0,001)$	H = 191,51 (P < 0,001		

Tableau II. Distribution de fréquences de L. senegalensis en fonction des classes de tailles

mm : millimètre. χ^2 : khi-deux ; **H** : valeur du test de Kruskal-Wallis ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison entre les pourcentages d'individus examinés et entre leur taille moyenne : lettres différentes = différence significative.

III.1.3.1.3. Distribution des effectifs de L. senegalensis en fonction du sexe

Dans l'échantillon de *L. senegalensis* examiné, 107 (47,72%) femelles et 77 (33,63%) mâles ont été dénombrés ; mais 45 (19,65%) poissons n'ont pas pu être sexés. La sex-ratio dans cet échantillon était donc de 0,72 en faveur des femelles.

III.1.3.1.4. Distribution des effectifs de *L. senegalensis* en fonction du sexe et des classes de tailles

Dans chacune des classes de tailles de *L. senegalensis*, la sex-ratio était toujours biaisée en faveur des femelles. Au sein de chaque classe de tailles des spécimens de cette espèce de poissons, les proportions des mâles et des femelles de *L. senegalensis* étaient statistiquement comparables (P > 0,05). Dans les deux sexes, la variation des proportions des individus de chaque classe de tailles n'était pas significative (Tableau III).

Classes de	Danamàtnas	Sexe		Tatal	Statistique Valeur de P	
tailles	Parametres	femelle mâle		- Iotal -		
[84-128]	Nombre d'individus	42	32	74	0.753	
	% dans la classe	56,8%	43,2%	100%	0,755	
]128 – 173]	Nombre d'individus	39	28	67	0.097	
	% dans la classe	58,2%	41,8%	100%	0,980	
>173	Nombre d'individus	26	17	43	0711	
	% dans la classe	60,5%	39,5%	100%	0,/11	
Total	Nombre d'individus	107	77	184	0.017	
	Pourcentage total	58,2%	41,8%	100%	0,814	
Statistique	Valeur de P	0,174	0,746			

Tableau III. Distribution des effectifs de *L. senegalensis* en fonction du sexe au sein des classes de tailles

% : pourcentage.

III.1.3.2. Structure et dynamique des espèces parasites recensées chez L. senegalensis

III.1.3.2.1. Richesse parasitaire chez L. senegalensis

Chez les 229 spécimens de *L. senegalensis* examinés, 224 (97,8%) hébergeaient des espèces de Myxosporidies. Les Myxosporidies du genre *Myxobolus* ont été retrouvées chez 221 (96,5%) spécimens de poissons examinés ; celles du genre *Thelohanellus* chez 216 (94,3%) et celles du genre *Myxidium* chez 15 individus (Tableau IV).

Au total, 16 espèces de Myxosporidies ont été recensées chez les spécimens de *L. senegalensis* examinés ; il s'agit de : *Myxobolus bilongi, M. hemibranchialis, M. imami, M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis, Thelohanellus assambai, T. bicornei, T. sanagaensis, Thelohanellus sp. et Myxidium nyongensis. Avec onze (11) espèces inventoriées, le genre Myxobolus était le plus représenté, suivi du genre Thelohanellus avec quatre (04) espèces et du genre Myxidium avec une seule espèce, Myxidium nyongensis.*

Tableau IV. Taux d'infestation par les genres de Myxosporidies chez *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga

Genres de Myxosporidies	Effectif d'hôtes parasités	Taux de parasitisme (IC)		
Genre Myxobolus	221	96,5% (91,6-97,6)		
Genre Thelohanellus	216	94,3% (88,9 - 96,0)		
Genre Myxidium	15	6,5% (3,7 – 10,6)		
Total	224	97,8% (95,0 – 99,3)		

% : pourcentage ; IC : intervalle de confiance.

III.1.3.2.2. Parasitisme monospécifique et polyspécifique chez L. senegalensis

Chez *L. senegalensis* du lac de retenue de Maga, on a dénombré une (1) ou simultanément deux (2) à dix (10) espèces de Myxosporidies par individu parasité (Fig. 19). Chez les individus parasités, le parasitisme significativement le plus observé a été celui par 5 espèces de Myxosporidies chez 26,8% des cas (H = 126,95; P < 0,001), suivi de celui par 6 espèces (18,7% des cas). Le monoparasitisme a été le moins recensé (1,8% des cas) et sa fréquence est statistiquement semblable à celle du parasitisme par 2, 3, 7, 8, 9 et 10 espèces parasites. Les différents types d'associations des espèces parasites sont consignés dans le tableau V.



Figure 19. Taux d'infestation monospécifique et polyspécifique chez *L. senegalensis.* χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paires des fréquences : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Seulement trois espèces de Myxosporidies sont impliquées dans l'infestation monospécifique ; il s'agit de *M. bilongi* (un seul cas), *T. assambai* (un seul cas) et *T. sanagaensis* (deux cas) (Tableau V). Le monoparasitisme était rare puisqu'il a concerné 4 (1,8%) *L. senegalensis*. Le parasitisme par 2, 3, 9 et 10 espèces de Myxosporidies était aussi rare et a touché 10 (4,5%), 16 (7,1%), 7 (3,1%) et 9 (4,0%) de poissons respectivement. Par contre l'infestation simultanée par 4, 5, 6, 7 et 8 espèces de Myxosporidies était plutôt peu fréquente ; en effet il a touché respectivement 32 (14,3%), 56 (26,8%), 42 (18,7%), 24 (10,7%) et 24 (10,7%) individus examinés (Tableau V). Les combinaisons de 5 espèces de Myxosporidies étaient donc les plus fréquentes.

Au total, 180 combinaisons différentes ont été mises en évidence soit 3, 8, 13, 24, 36, 33, 24, 23, 7 et 9 constituées respectivement de : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 espèce(s) de Myxosporidies (Tableau VI). Ainsi les combinaisons les plus diversifiées avaient 5 et 6 espèces parasites. Les données du tableau VI permettent de constater aussi que *M. kodjii, M. kouoptamoensis* et *Myxidium nyongensis* n'étaient rencontrés chez l'hôte que dans le cas de polyinfestation par au moins 4 espèces parasites. *Myxobolus nokoueensis* et *M. nyongana* n'étaient pas observés chez un hôte parasité par moins de 5 espèces de Myxosporidies. *Myxobolus hemibranchialis, M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis* avaient plus parasité le poisson hôte dans le cas d'association avec 4 autres espèces de Myxosporidies (Tableau VI). Chez *Myxobolus kouptamoensis, Thelohanellus* sp. et *Myxidium nyongensis*, la valeur la plus élevée du taux de participation au parasitisme a été obtenue dans le cas du parasitisme par 6 espèces de Myxosporidies. *Myxobolus bilongi, M. kodjii, Myxobolus*

Types d'association	Combinaisons	n	%
	M. bilongi	1	0,4
Parasitisme par une	T. assambai	1	0,4
(1) seule espèce	T.sanagaensis	2	0,9
	Sous-total	4	1,8
	M. bilongi et M. nchoutnounensis	1	0,4
	M. bilongi et T. bicornei	1	0,4
	M. hemibranchialis et M. terengganuensis	1	0,4
	M. hemibranchialis et T. bicornei	1	0,4
Parasitisme par	<i>M. imami</i> et <i>M. njoyai</i>	1	0,4
deux (2) espèces	M. imami et M. terengganuensis	2	0,9
	M. nanokiensis et M. terengganuensis	1	0,4
	T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,9
	Sous-total	10	4,5
	M. bilongi, T. assamabi et Thelohanellus sp.	1	0,4
	M. bilongi, T. assmbai et T. bicornei	1	0,4
	M. bilongi, M. hemibranchialis et T. bicornei	1	0,4
	M. imami, M. nchoutnounensis et M. terengganuensis	1	0,4
	M. imami, M. nchoutnounensis et T. sanagaensis	2	0,,9
	M. imami, M. nchoutnounensis et T. assambai	1	0,4
Parasitisme par	M. imami, M. njoyai et T. sanagaensis	2	0,9
trois (3) espèces	M. imami, M. terengganuensis et T. assambai	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis et Thelohanellus sp.	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis et T. sanagaensis	2	0,9
	M. nchoutnounensis, M. terengganuensis et T. bicornei	1	0,4
	M. njoyai, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	T. assambai, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis	1	0,4
	Sous-total	16	7,1
	M. bilongi, M. kodjii, M. imami et M. terengganuensis	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. terengganuensis et T. assambai	1	0,4
	M. bilongi, M. nchoutnounensis, M. njoyai et T. assambai	1	0,4
	M. bilongi, M. njoyai, T. bicornei et T. assambai	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. terengganuensis et Thelohanellus sp.	1	0,4
	M. bilongi, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kodjii, M. imami, M. terengganuensis et T. sanagaensis	3	1,3
	M. kodjii, M. imami, M. terengganuensis et T. bicornei	1	0,4
	M. kodjii, My. nyongensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
D 44	M. imami, M. nanokiensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
Parasitisme par	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai et M. terengganuensis	1	0,4
quatre (4) especes	M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis et T. assambai	1	0,4
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	6	0,9
	M. imami, M. nchoutnounensis, T. bicornei et T. assambai	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei et T. assambai	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis et T. assambai	2	0,9
	M. kouoptamoensis, M. terengganuensis, My. nyongensis et T. bicornei	1	0,4
	M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. assambai	1	0,4
	M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai et T. sanagaensis	1	0,4
	M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	Sous-total	32	14,3

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

Types d'association	Combinaisons	n	%
	M. bilongi, M. kodjii, M. terengganuensis, Thelohanellus sp. et T. bicornei	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	2	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. bilongi, M. hemibranchialis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis et T.	2	0,9
	M. kodjii, M. hemibranchialis, M. njoyai, T. bicornei et T. assambai	1	0,4
	M. kodjii, M. hemibranchialis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,4
	M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensi, M. terengganuensis et T. bicornei		0,4
	M. kodjii, M. nchoutnounensi, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis		0,4
	M. kodjii, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	<i>M.</i> hemibranchialis, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> njoyai et <i>M.</i> terengganuensis	1	0,4
	M. hemibranchialis, M. imami, M. njoyai, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. hemibranchialis, M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,9
	M. hemibranchialis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis		0,9
	M. hemibranchialis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T.		0,4
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	<i>M. imami, M. kouoptamoensis, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4
Parasitisme	<i>M. imami, M. nchoutnounensis, M. nyongana, M. terengganuensis</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4
espèces	M imami M nchoutnounensis M terengganuensis T bicornei et T sanagaensis	7	31
cspeecs	M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai et T.	1	0,4
	M imami M niovai M nokoucensis M terenaganuensis et T sanagaansis	1	0.4
	M. imami, M. njoyai, M. nokoueensis, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. imami, M. nobouagnois M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagagnois	1	1,3
	M. imami, M. taranaganyansis, M. urenggunuensis, T. bicornei et T. sanagaansis	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis, My. hyongensis, 1 Dicornet et 1. sanagaensis	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis, T. ocornei, Theionaneitus Sp. et T. sanuguensis M. imami, M. tarangganuansis, T. assambai, T. sanaggansis et Thelohanellus sp.	1	0,4
	M. imami, M. terengganuensis, T. bicornai, T. assambai et T. sanagaansis	3	13
	M. imami, M. terengganuensis, T. bicomet, T. assambar et T. sanagaensis M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. assambai et T.	5	2,2
	sanagaensis M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T.	1	0,4
	assambai M kouoptamoensis M nchoutnounensis T bicornei T assambai et T	1	04
	sanagaensis	1	0,4
	<i>M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4
	<i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> terengganuensis, <i>T.</i> assambai et <i>T.</i> sanagaensis	1	0,4
	M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis	1	0,4
	M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,4
	M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei et Thelohanellus sp.		
	Sous-total	56	26,8

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis (suite)

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

Types d'ass.	Combinaisons	n	%
	M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis		0,4
	M. bilongi, M. kodjii, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,4
	M. bilongi, M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis et T. assambai	1	0,4
	M. bilongi, M. hemibranchialis, M. nchoutnounensis, T. assambai, T. bicornei et	1	0.4
	Thelohanellus sp.	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, My. nyongensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis et T. sanagaensis	1	0,4
	M. bilongi, M. imami, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	<i>M. bilongi, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei; T. sanagaensis</i> et <i>Thelohanellus</i> sp.	1	0,4
	<i>M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, T. assambai, T. bicornei</i> et		
	M hilonoi M imami M terenoganuensis T hicornei T assambai et T sanagaensis	2	0.9
	M. biologi, M. imami, M. icrengganaensis, T. beornet, T. assumbut et T. sanaguensis M. kodiji M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, Thelohanellus, sp. et T.	2	0,7
	hicornei	1	0,4
	M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicorne et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kodjii, M. imami, M. terengganuensis, Thelohanellus sp., T. bicornei et T. sanagaensis	2	0,9
	M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T.	1	0.4
	assambai	I	0,4
	<i>M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4
èces	M. imami, M. kouoptamoensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et T.	2	0,9
) esp	M. imami, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T.	2	0.9
x (6	sanagaensis	-	0,5
çis.	M. imami, M. nchoutnounensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. bicornei et T.	2	0,9
par	sanagaensis	1	0.4
ne]	M. imami, M. nchouthounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, I. bicornet et I. sanagaensis	1	0,4
lisn	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyal, M. terengganuensis, My. nyongensis et 1. bicornet	1	0,4
rasit	sanagaensis	1	0,4
Pa	M. imami, M. nyongana, M. terengganuensis, Thelohanellus sp., T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et T.	4	1.8
	sanagaensis		-,-
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. terengganuensis et T.	1	0,4
	sanagaensis		0.4
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyal, M. terengganuensis I. assambal et I. sanagaensis	1	0,4
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, I. bicornei et I. sanagaensis		0,4
	M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai et T.	1	0,4
	sanagaensis M kouontamoansis M nanokiansis M niovai T hicornai T assambai et T sanagaansis	1	0.4
	M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, 1. bicomet, 1. assambai et 1. sanaguensis M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai et T.	1	0,4
	sanagaensis	1	0,4
	M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, T. assambai et T. sanagaensis	1	0,4
	M. kouoptamoensis. M. nanokiensis. M. terengganuensis. T. hicornei. T. assambai et T.		
	sanagaensis	1	0,4
	<i>M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. assambai, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4
	M. kouoptamoensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T.	1	0,4
	Source total	42	107
	50us-totai	44	10,/

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis (suite	e)
---	----

n : nombre d'individus hôtes parasités ; types d'asso. : type d'association ; % : pourcentage.
Types d'association	Combinaisons	n	%			
	<i>M.</i> bilongi, <i>M.</i> kodjii, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> terengganuensis et <i>T.</i> assambai	1	0,4			
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. bicornei</i>	1	0,4			
	M. bilongi, M. kodjii, M. imami, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4			
	<i>M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis					
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis M. bilongi, M. imami, M. niovai, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et					
	<i>M. bilongi, M. imami, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>					
	M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. nyongana, M. terengganuensis et T. assambai					
	M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei et T. sanagaensis					
	<i>M. bilongi, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei,</i> <i>T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>					
	<i>M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>					
Parasitisme	<i>M.</i> kodjii, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> terengganuensis, <i>My.</i> nyongensis, <i>T.</i> assambai et <i>T.</i> sanagaensis					
par sept (7) espèces	<i>M. kodjii, M. imami, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
-	<i>M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, T. bicorne et T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. imami, M. kouoptamoensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. imami, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. imami, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. imami</i> , <i>M. nchoutnounensis</i> , <i>M. terengganuensis</i> , <i>T. assambai</i> , <i>T. bicornei</i> , <i>Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>					
	<i>M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, T. assambai, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>					
	<i>M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	<i>M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis</i>	1	0,4			
	Sous-total	24	10,7			

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis (suite)

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

Types d'association	Combinaisons	n	%		
	M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. imami, M. kouoptamoensis, M.	1	0.4		
	terengganuensis, T. assambai et T. bicornei	1	0,4		
	M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. nchoutnounensis, M.	1	04		
	terengganuensis, My. nyongensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,1		
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, Thelohanellus</i> sp., <i>T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M.</i> bilongi, <i>M.</i> kodjii, <i>M.</i> kouoptamoensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> nyongana, <i>M.</i> terengganuensis, <i>T.</i> bicornei et <i>T.</i> sanagaensis	1	0,4		
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, Thelohanellus</i> sp., <i>T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>				
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis,</i> <i>T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, T. sanagaensis et Thelohanellus sp.				
	<i>M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai,</i> <i>M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. bicornei</i>				
	M. terengganuensis, T. assambai et T. oteornet M. bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. terengganuensis, bicornei T. assambai et T. sanagaensis				
	<i>M. bilongi, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>				
Parasitisme par huit (8)	M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai et T. sanagaensis				
espèces	M. kodjii, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4		
	<i>M.</i> kodjii, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> terengganuensis, <i>T.</i> assambai, <i>T.</i> bicornei et <i>T.</i> sanagaensis	2	0,9		
	<i>M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M. hemibranchialis, M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M.</i> hemibranchialis, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> nanokiensis, <i>M.</i> nchoutnounensis, <i>M.</i> terengganuensis, <i>T.</i> bicornei, <i>T.</i> assambai et <i>T.</i> sanagaensis	1	0,4		
	<i>M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M. imami</i> , <i>M. nchoutnounensis</i> , <i>M. njoyai</i> , <i>M. nokoueensis</i> , <i>M. terengganuensis</i> , <i>T. assambai</i> , <i>Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M. imami</i> , <i>M. nchoutnounensis</i> , <i>M. njoyai</i> , <i>M. nokoueensis</i> , <i>M. terengganuensis</i> , <i>T. assambai</i> , <i>T. bicornei</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	<i>M.</i> kouoptamoensis, <i>M.</i> nanokiensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> terengganuensis, <i>My.</i> nyongensis, <i>T.</i> assambai, <i>T.</i> bicornei et <i>T.</i> sanagaensis	1	0,4		
	<i>M. nanokiensis</i> , <i>M. nchoutnounensis</i> , <i>M. njoyai</i> , <i>M. terengganuensis</i> , <i>T. assambai</i> , <i>T. bicornei</i> , <i>Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4		
	Sous-total	24	10,7		

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis (suite)

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

Types d'association	Combinaisons	n	%					
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4					
	M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4					
	M. kodjii, M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis	1	0,4					
Parasitisme par neuf (9)	<i>M.</i> kodjii, <i>M.</i> imami, <i>M.</i> kouoptamoensis, <i>M.</i> nanokiensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> terengganuensis, <i>T.</i> assambai, <i>T.</i> bicornei et <i>T.</i> sanagaensis							
espèces	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei Thelohanellus sp. et T. sanagaensis							
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai et T. bicornei							
	<i>M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis</i>							
	Sous-total	7	3,1					
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus</i> sp. et <i>T. sanagaensis</i>							
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis</i>	1	0,4					
	<i>M. bilongi, M. kodjii, M. imami, M. njoyai, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. bicornei, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4					
	<i>M. kodjii, M. hemibranchialis, M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. assambai</i> et <i>T. sanagaensis</i>	1	0,4					
Parasitisme	<i>M. hemibranchialis, M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. nyongana, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis</i>	1	0,4					
espèces	<i>M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei, Thelohanellus sp. et T. sanagaensis</i>	1	0,4					
	M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. nyongana, M. terengganuensis, Thelohanellus sp., T. bicornei et T. sanagaensis	1	0,4					
	<i>M.</i> hemibranchialis, <i>M.</i> kouoptamoensis, <i>M.</i> njoyai, <i>M.</i> nyongana, <i>M.</i> terengganuensis, <i>My.</i> nyongensis, <i>T.</i> assambai, <i>T.</i> bicornei, Thelohanellus sp. et <i>T.</i> sanagaensis							
	1. sanagaensis M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, M. terengganuensis, My. nyongensis, Thelohanellus sp., T. bicornei et T. sanagaensis							
	Sous-total	9	4,0					
	TOTAL	224	100					

Tableau V. Différents types d'associations parasitaires chez L. senegalensis (suite)

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis et *T. assambai* étaient plus observés chez l'hôte dans le cas d'infestation par 8 espèces parasites (Tableau VI). *Myxobolus terengganuensis* a présenté un taux de participation le plus élevé dans 7 types de parasitisme sur les 10 recensés.

Т	Types de Espèces de Myxosporidies												Nbre					
parasitisme		M. bil.	M. hem.	M. ima.	M. kod.	M. kou.	M. nan.	M. nch.	M. njo.	M. nok.	M. nyo.	M. ter.	T. ass.	T. bic.	T. san.	<i>T</i> . sp.	My. nyo.	comb. (%)
	une espèce	0,55%	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0,55%	0	0,55%	00	00	3 (1,67)
	2 espèces	1,11%	1,11%	1,11%	00	00	0,55%	0,55%	0,55%	00	00	1,66%	0	1,67%	00	00	00	8 (4,44)
	3 espèces	1,67%	0,55%	3,88%	00	00	00	2,22%	1,11%	00	00	3,33%	2,78%	1,66%	00	1,67%	00	13 (7,22)
sme par	4 espèces	3,89%	00	7,22%	2,22%	2,22%	1,67%	5,0%	2,22%	00	00	10,55%	5,0%	5,0%	5,55%	0,55%	1,11%	24 (13,33)
	5 espèces	2,78%	4,44%	10,55%	3,89%	3,33%	2,22%	7,78%	5,0%	1,66%	0,55%	17,22%	7,78%	13,33%	16,11%	2,22%	0,55%	36 (20,0)
rasiti	6 espèces	5,55%	1,67%	10,0%	3,89%	6,67%	4,44%	9,44%	4,44%	2,22%	1,67%	16,11%	9,44%	12,22%	15,0%	5,0%	2,22%	33 (18,33)
Pa	7 espèces	5,55%	1,67%	10,0%	3,33%	3,33%	2,22%	9,44%	5,55%	1,11%	2,22%	12,22%	8,89%	10,55%	11,67%	3,33%	2,22%	24 (13,33)
	8 espèces	6,11%	2,78%	6,67%	5,55%	5,0%	5,0%	10,0%	6,67%	3,33%	1,11%	12,78%	10,0%	11,11%	11,67%	3,33%	1,11%	23 (12,78)
	9 espèces	1,11%	1,11%	3,89%	1,67%	2,22%	0,55%	3,33%	2,78%	1,67%	1,67%	3,89%	2,78%	3,33%	3,33%	1,67%	00	7 (3,89)
	10 espèces	1,67%	3,33%	3,89%	2,22%	2,78%	0,55%	3,89%	3,33%	2,78%	2,44%	5,0%	3,89%	4,44%	5,0%	3,89%	1,11%	9 (5,0)

Tableau VI. Taux de participation des espèces de Myxosporidies dans les divers types de parasitisme chez L. senegalensis

M. : *Myxobolus* ; *My*. : *Myxidium* ; *T*. : *Thelohanellus* ; *M*. *hem*. : *M*. *hemibranchialis* ; *M*. *ima*. : *M*. *imami* ; *M*. *kod*.: *M*. *kodjii* ; *M*. *kou*. : *M*. *kouoptamoensis* ; *M*. *nan*. : *M*. *nanokiensis* ; *M*. *nch*. : *M*. *nchoutnounensis* ; *M*. *njoyai* ; *M*. *nok*. : *M*. *nokoueensis* ; *M*. *ter*. : *M*. *terengganuensis* ; *T*. *ass*. : *T*. *assambai* ; *T*. *bic*. : *T*. *bicornei* ; *T*. *san*. : *T*. *sanagaensis* ; Nbre comb. : nombre de combinaisons différentes ; % : pourcentage.

III.1.3.2.3. Prévalence et statut écologique des Myxosporidies parasites de *L*. *senegalensis*

Dans le lac de retenue de Maga, les prévalences des espèces de Myxosporidies parasites de *L. senegalensis* ont varié de 6,5% à 81,2% (Tableau VII). *Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis* sont apparues **fréquentes** ou **principales** (prévalence > 50%) alors que *M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. nokoueensis, T. assambai et Thelohanellus* sp. étaient caractérisés comme des espèces **intermédiaires** ou **secondaires** (10 ≤ prévalence \leq 50%). Deux espèces parasites **rares** ou **satellites** (prévalence < 10%) ont été recensées dans la population de *L. senegalensis* : il s'agissait de *M. nyongana* et *My. nyongensis*.

Espèces parasites	Nombre d'individus parasités	Prévalence en % (IC)	Statut écologique
M. bilongi	58	25,3 (19,8 – 31,5)	Intermédiaire
M. hemibranchialis	32	14,0 (09,8 – 19,2)	Intermédiaire
M. imami	137	59,8 (53,2 – 66,2)	Fréquent
M. kodjii	47	20,5 (15,5 – 26,3)	Intermédiaire
M. kouoptamoensis	54	23,6 (18,2 – 29,6)	Intermédiaire
M. nanokiensis	39	17,0 (12,4 – 22,5)	Intermédiaire
M. nchoutnounensis	115	50,2 (43,6 – 56,9)	Fréquent
M. njoyai	61	26,6 (21,0 – 32,9)	Intermédiaire
M. nokoueensis	25	10,9 (07,2 – 15,7)	Intermédiaire
M. nyongana	18	7,9 (4,7 – 12,1)	Satellite
M. terengganuensis	186	81,2 (75,6 – 86,1)	Fréquent
T. assambai	107	46,7 (40,1 – 53,4)	Intermédiaire
T. bicornei	139	60,7 (54,0 – 67,1)	Fréquent
Thelohanellus sp.	40	17,5 (12,8 – 23,0)	Intermédiaire
T. sanagaensis	172	75,1 (69,0 – 80,6)	Fréquent
My. nyongensis	15	6,5 (3,7 – 10,6)	Satellite

Tableau VII. Prévalences et statuts écologiques des espèces de Myxosporidies recensées chez L. senegalensis (effectif total (N) = 229)

M. : *Myxobolus* ; *My*. : *Myxidium* ; *T*. : *Thelohanellus* ; % : pourcentage ; IC : intervalle de confiance.

III.1.3.2.4. Associations des différentes espèces de Myxosporidies recensées chez *L*. *senegalensis*

Myxobolus nyongana et *Myxidium nyongensis* ont été considérés comme des espèces parasites rares (prévalence < 10%) chez *L. senegalensis* ; elles ne sont pas structurantes et de ce fait ne vont pas intervenir dans la suite de nos analyses.

Les valeurs d'indice de Dice des paires d'espèces de Myxosporidies observées chez *L.* senegalensis ont varié entre **0,07** chez la paire *M. imami/ M. nanokiensis* (association très faible) et **0,84** chez la paire *M. terengganuensis/ T. sanagaensis* (fortement associées) (Tableau VIII). Entre *T. sanagaensis* et *M. imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis* et *T. bicornei*, il a été enregistré une association forte (D > 0,5) mais répondant aux lois du hasard (F \approx 1) de manière significative (P < 0,05). Le même constat a été fait entre *M. imami* et *M. nchoutnounensis* d'une part et *M. terengganuensis* d'autre part (Tableau VIII). Statistiquement, *M. kouoptamoensis* est associé fortement à *M. nanokiensis* trois fois plus fréquemment que prévu par la chance (F = 3,26 ; P > 0,001) et à *T. assambai* deux fois plus fréquemment que prévu par la chance (F = 1,90 ; P > 0,001).

Il est apparu une association moyenne $(0,25 \le D \le 0,49)$ et significativement plus fréquente que prévu (F > 1) entre *M. bilongi* et *M. kodjii*, entre *M. imami* et *M. nokoueensis*, entre *M. nchoutnounensis* et *M. nokoueensis*, et entre *T. bicornei* et *Thelohanellus* sp.. L'association est moyenne mais significativement moins fréquente que prévu par la chance (F < 1) entre *M. bilongi* et *M. imami*, entre *M. bilongi* et *T. sanagaensis*, et entre *M. imami* et *T. assambai*. Celle entre *M. hemibanchialis* et *T. bicornei*, et entre *M. kouoptamoensis* et *M. terengganuensis* est moyenne mais répond aux lois du hasard (Tableau VIII).

Il a été enregistré une association faible $(0,10 \le D \le 0,24)$ et significativement plus fréquente que prévu par la chance (F > 1) entre *M. nokoueensis* et *M. terengganuensis*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis*. Par contre, celle-ci est significativement moins fréquente que prévu (F < 1) entre *M. imami* et *M. kouoptamoensis*, entre *M. kouoptamoensis* et *M. nchoutnounensis*, entre *M. nanokiensis* et *M. nchoutnounensis*, entre *M. nanokiensis* et *T. bicornei* (Tableau VIII). *Myxobolus imami* a été associé à *M. nanokiensis* très faiblement (D = 0,07) et significativement moins fréquente que prévu (Tableau VIII).

III.1.3.2.5. Charges kystiques des Myxosporidies recensées chez L. senegalensis

Sur 14 espèces de Myxosporidies qui, au cours de leur cycle de vie, ont développé des kystes chez *L. senegalensis*, seules *M. imami*, *M. nanokiensis* et *T. assambai* ont présenté une charge kystique moyenne **élevée** ($C_m > 100$). Par contre, *M. kodjii*, *M. hemibranchialis*, *M. kouoptamoensis*, *M. nchoutnounensis*, *M. nokoueensis*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis* ont eu une charge kystique moyenne **faible** ($10 \le C_m \le 50$). Celle de *M. bilongi*, *M. njoyai*, *M. nyongana* et *Thelohanellus* sp. était **très faible** ($C_m < 10$) (Tableau IX). Parmi les espèces parasites fréquentes, seule *M. imami* avait une charge kystique moyenne élevée ; tandis que *M. nanokiensis* et *T. assambai*, qui avaient un statut écologique d'espèces secondaires, ont présenté

M. hem.	M. ima.	M. kod.	M. kou.	M. nan.	M. nch.	M. njo.	M. nok.	M. ter.	T. ass.	T. bic.	T. san.	<i>T</i> . sp.	Espèces parasites
0,18 ± 0,11 0,99 (0,963)	0,28 ± 0,08 0,78 (0,017)	0,36 ± 0,12 1,60 (0,008)	0,20 ± 0,10 0,80 (0,338)	0,21 ± 0,11 1,01 (0,961)	0,34 ± 0,09 1,00 (0,969)	0,27 ± 0,10 1,04 (0,850)	0,14 ± 0,10 0,95 (0,872)	0,38 ± 0,08 0,98 (0,666)	0,35 ± 0,09 1,07 (0,563)	0,40 ± 0,09 1,11 (0,238)	<mark>0,31 ± 0,08</mark> 0,83 (0,008)	0,29 ± 0,12 1,38 (0,122)	M. bilongi
	0,18 ± 0,08 0,78 (0,107)	0,23 ± 0,12 1,37 (0,251)	0,19 ± 0,11 1,06 (0,838)	0,11 ± 0,10 0,73 (0,462)	0,26 ± 0,09 1,18 (0,264)	0,19 ± 0,11 1,06 (0,837)	0,18 ± 0,13 <i>1,43 (0,357)</i>	0,25 ± 0,08 1,04 (0,623)	0,22 ± 0,09 1,00 (0,985)	0,25 ± 0,08 1,06 (0,030)	0,25 ± 0,08 1,04 (0,671)	0,19 ± 0,12 1,25 (0,479)	M. hembranchialis
		0,33 ± 0,09 1,07 (0,530)	0,19 ± 0,07 <i>0,56 (0,000)</i>	0,07 ± 0,05 0,26 (0,000)	0,66 ± 0,07 1,21 (0,000)	0,38 ± 0,09 1,04 (0,646)	0,26 ± 0,09 1,40 (0,009)	0,77 ± 0,05 1,12 (0,000)	0,43 ± 0,08 0,83 (0,003)	0,62 ± 0,07 1,02 (0,611)	0,74 ± 0,06 1,11 (0,001)	0,29 ± 0,09 1,09 (0,462)	M. imami
			0,18 ± 0,10 0,81 (0,422)	0,19 ± 0,11 1,00 (0,998)	0,30 ± 0,09 1,02 (0,897)	0,26 ± 0,11 1,12 (0,584)	0,11 ± 0,10 0,78 (0,553)	0,35 ± 0,08 1,07 (0,237)	0,26 ± 0,09 0,91 (0,520)	0,41 ± 0,09 1,33 (0,002)	0,33 ± 0,08 1,02 (0,791)	0,25 ± 0,12 1,34 (0,229)	M. kodjii
				0,65 ± 0,11 3,26 (0,000)	0,20±0,08 0,63 <i>(0,002)</i>	0,31±0,11 1,25 (0,203)	0,13±0,10 0,85 (0,655)	0,41±0,08 1,12 (0,040)	0,60±0,09 1,90 (0,000)	0,33±0,09 0,98 (0,804)	0,36±0,08 1,01 (0,874)	0,19±0,11 0,95 (0,859)	M. kouoptamoensis
				L	0,13±0,07 0,51 (0,001)	0,24±0,11 1,16 (0,522)	0,03±0,06 0,23 (0,066)	0,34±0,08 1,20 (0,004)	0,49±0,10 <i>1,98 (0,000)</i>	0,20±0,08 0,76 (0,041)	0,27±0,08 0,96 (0,599)	0,08±0,08 0,44 (0,078)	M. nanokiensis
						0,40±0,09 1,14 (0,192)	0,27±0,10 1,51 (0,006)	0,64±0,06 1,03 (0,380)	0,49±0,08 1,00 (0,944)	0,61±0,07 1,10 (0,051)	0,68±0,06 1,12 (0,001)	0,31±0,09 1,19 (0,173)	M. nchoutnounensis
						<u></u>	0,26±0,12 1,65 (0,037)	0,41±0,08 1,03 (0,578)	0,40±0,09 1,19 (0,100)	0,39±0,09 1,05 (0,546)	0,42±0,08 1,07 (0,271)	0,26±0,11 1,22 (0,356)	M. njoyai
								0,23±0,08 1,18 (0,045)	0,15±0,08 0,86 (0,475)	0,24±0,09 1,32 (0,036)	0,24±0,08 1,28 (0,010)	0,22±0,13 1,60 (0,142)	M. nokoueensis
									0,61±0,07 1,02 (0,478)	0,72±0,06 1,04 (0,155)	0,84±0,04 1,07 (0,000)	0,32±0,08 1,11 (0,118)	M. terengganuensis
										0,54±0,08 1,03 (0,578)	0,57±0,07 0,98 (0,675)	0,31±0,10 <i>1,23 (0,133)</i>	T. assambai
											0,73±0,06 1,09 (0,003)	0,35±0,09 1,28 (0,017)	T. bicornei
												0,29±0,08 1,03 (0,700)	T. sanagaensis

Tableau VIII. Valeurs des indices de Dice (D) (en gras) et de Forbes (F) (en italique) des paires d'espèces de Myxosporidies recensées chez *L. senegalensis*

M.: *Myxobolus*; *T.*: *Thelohanellus*; *M. hem.*: *M. hemibranchialis*; *M. ima.*: *M. imami*; *M. kod.*: *M. kodjii*; *M. kou.*: *M. kouoptamoensis*; *M. nan.*: *M. nanokiensis*; *M. nch.*: *M. nchoutnounensis*; *M. nok.*: *M. nokouensis*; *M. nch.*: *M. nchoutnounensis*; *T. assambai*; *T. bic.*: *T. bicornei*; *T. san.*: *T. sanagaensis.* Gras: valeur de l'inde de Dice; italique: valeur de l'indice de Forbes; (): valeur de P de Khi-2; fond bleu: association statiquement positive; fond jaune: association statiquement négative.

des charges kystiques moyennes élevées.

L'indice d'agrégation de Poulin (D) des kystes des espèces parasites recensées chez L. senegalensis a varié entre 0,39 (M. nyongana) à 0,70 (M. nanokiensis) (Tableau IX). Ceci indiquait donc une agrégation des kystes de ces parasites chez certains spécimens de L. senegalensis.

Espèces parasites	n	Ct	C. min	C. max	Cm	D (IC)
M. bilongi	58	365	1	28	$6,3 \pm 0,85^{\circ}$	0,49 (0,44 - 0,55)
M. hemibranchialis	32	364	1	77	$11,4 \pm 2,86^{b}$	0,58 (0,50 - 0,68)
M. imami	137	19243	1	1678	$\textbf{140,5} \pm 20,\!45^{a}$	0,68 (0,62 - 0,73)
M. kodjii	47	501	1	167	$10,7 \pm 3,62^{b,c}$	0,65 (0,50 - 0,76)
M. kouoptamoensis	54	1397	1	150	$\textbf{25,9} \pm 4,86^{b}$	0,62 (0,56 - 0,69)
M. nanokiensis	39	4842	1	601	$124,1 \pm 37,21^{a}$	0,70 (0,64 - 0,78)
M. nchoutnounensis	115	2356	1	165	$20,5 \pm 2,90^{\mathrm{b,c}}$	0,61 (0,56 - 0,67)
M. njoyai	61	459	1	64	7,5 ± 1,68 ^c	0,65 (0,60 - 0,70)
M. nokoueensis	25	324	1	128	$\textbf{13,0} \pm 5,\!28^{\text{b,c}}$	0,68 (0,57 - 0,76)
M. nyongana	18	89	1	19	4,9 \pm 1,03 ^c	0,39 (0,28 - 0,51)
T. assambai	107	10948	1	939	$102,3 \pm 14,32^{a}$	0,66 (0,61 - 0,72)
T. bicornei	139	1467	1	77	$10,6 \pm 1,21^{c}$	0,58 (0,54 - 0,63)
T. sanagaensis	172	3602	1	182	20,9. ± 2,19 ^{b,c}	0,58 (0,54 - 0,64)
Thelohanellus sp.	40	226	1	25	$\textbf{5,7} \pm 0,85^{c}$	0,45 (0,39 - 0,53)
Charge totale	224	46267	1	1713	204,5 ± 18,15	0,60 (0,56 - 0,65)
Test statistique H (P)					244,69 (<0,001)	

Tableau IX. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies chez *L. senegalensis* dont l'effectif total d'individus examinés est N = 229

n : effectif d'individus parasités ; C_t : charge kystique totale ; C_m : charge kystique moyenne ; **C**. **min** : charge kystique minimale ; **C**. **max** : charge kystique maximale ; **D** : indice d'agrégation de Poulin ; **IC** : intervalle de confiance ; *M* : *Myxobolus* ; *T* : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

III.1.3.2.6. Corrélations entre les charges kystiques moyennes des différentes espèces parasites recensées chez *L. senegalensis*

L'augmentation de la charge kystique moyenne de *M. imami* s'accompagnait significativement de la réduction de celles de *M. bilongi*, *M. kouoptamoensis*, *M. nanokiensis* et *T. assambai*, tandis qu'elle favorisait significativement l'augmentation de cet indice épidémiologique chez *M. nchoutnounensis*, *M. nokoueensis* et *T. sanagaensis* (Tableau X).

Une corrélation positive a été enregistrée entre les charges kystiques moyennes de M.

Tableau X. Valeurs du coefficient de corrélation de Kendall entre les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies recensées chez

 L. senegalensis

	Espèces du genre Myxobolus								Espèc	es du genr	e <i>Theloha</i>	inellus
Espèces parasites	M. hem.	M. im.	M. kod.	M. kou.	M. nan.	M. nch.	M. njo.	M. nok.	T. ass.	T. bic.	<i>T</i> . sp.	T. san.
M. bilongi	-0,016	-0,130*	0,147*	-0,063	0,020	0,013	0,015	-0,030	0,042	0,097	0,092	-0,077
M. hemibranchialis		-0,071	0,040	-0,022	-0,062	0,070	0,012	0,045	-0,023	0,080	0,046	0,050
M. imami			0,013	-0,199***	-0,334***	0,110*	0,042	0,188**	-0,147**	0,013	0,078	0,184***
M. kodjii				-0,049	0,006	0,022	0,030	-0,037	-0,017	0,134*	0,070	0,040
M. kouoptamoensis					0,525***	-0,185**	0,054	-0,043	0,441***	0,017	-0,031	-0,033
M. nanokiensis						-0,179**	0,026	-0,120	0,438***	-0,113*	-0,125*	-0,073
M. nchoutnounensis							0,063	0,197**	-0,059	0,079	0,064	0,139**
M. njoyai								0,125*	0,067	0,043	0,069	0,047
M. nokoueensis									-0,017	0,163**	0,074	0,188**
T. assambai										-0,023	0,037	-0,030
T. bicornei											0,173**	0,091
Thelohanellus sp.												0,068

M. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus* ; *M*. *hem.*: *M*. *hemibranchialis* ; *M*. *ima.* : *M*. *imami* ; *M*. *kod.* : *M*. *kodjii* ; *M*. *kou.* : *M*. *kouoptamoensis* ; *M*. *nan.* : *M*. *nanokiensis* ; *M*. *nch.* : *M*. *nchoutnounensis* ; *M*. *njo.* : *M*. *njoyai* ; *M*. *nok.* : *M*. *nokoueensis* ; *T*. *ass.* : *T*. *assambai* ; *T*. *bic.* : *T*. *bicornei* ; *T*. sp. : *Thelohanellus* sp. ; *T*. *san.* : *T*. *sanagaensis.* * : différence significative au seuil 5% ; ** : différence significative au seuil 1%.

kouoptamoensis et celles de *M. nanokiensis* et *T. assambai* ; la même observation a été faite entre celles de *M. bilongi* et *M. kodjii*, celles de *T. bicornei* et *M. kodjii*, et celles de *T. bicornei* et *Thelohanellus* sp. (Tableau X). Le nombre moyen de kystes produits par *M. nanokiensis* chez un individu de *L. senegalensis* était négativement et significativement corrélé à celui de *T. bicornei* et *Thelohanellus* sp. ; par contre la charge kystique moyenne de cette espèce parasite était corrélée positivement à celle de *T. assambai* (Tableau X).

Par ailleurs, la charge kystique moyenne de *M. nchoutnounensis* avait une influence significativement positive sur celles de *M. nokoueensis* et *T. sanagaensis*, mais négative sur celles de *M. kouoptamoensis* et *M. nanokiensis*. La charge kystique moyenne de *M. nokoueensis* augmentait significativement avec celles de *M. njoyai*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis* (Tableau X).

III.1.3.2.7. Variation des taux d'infestation par des espèces de Myxosporidies chez *L. senegalensis* en fonction de quelques facteurs biotiques et abiotiques

III.1.3.2.7.1. Variation des taux d'infestation en fonction du sexe de L. senegalensis

Les taux d'infestation des différentes espèces de Myxosporidies recensées chez *L.* senegalensis dans le lac de retenue de Maga ont été statistiquement identiques entre les poissons des deux sexes (P > 0,05) (Tableau XI). Les taux d'infestation de toutes ces espèces parasites variaient significativement (P < 0,001) entre 9,1% (*M. hemibranchialis*) et 81,2% (*M.* terengganuensis) chez les spécimens mâles et entre 11,2% (*M. nokoueensis*) et 87,6% (*M.* terengganuensis) chez les poissons femelles (Tableau XI).

Dans les deux sexes chez *L. senegalensis*, *M. imami*, *M. terengganuensis*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis* ont été fréquents (taux d'infestation > 50%) ; tandis que *M. bilongi*, *M. kodjii*, *M. kouoptamoensis*, *M. njoyai*, *M. nokoueensis*, *T. assambai* et *Thelohanellus* sp. étaient des espèces secondaires ($10\% < taux d'infestation \ge 50\%$). *M. hemibranchialis* qui était apparu rare (taux d'infestation = 9,1%) chez les spécimens mâles était secondaire (taux d'infestation = 16,8%) chez les femelles. Par ailleurs, *M. nchoutnounensis* qui paraissait secondaire (taux d'infestation = 45,5%) chez les mâles était fréquent (taux d'infestation = 54,2%) chez les femelles (Tableau XI).

		S		Valeurs du test		
Egnèses nonsites	mâle	(N1=77)	femelle	(N2=107)	stati	stique
Espèces parasites	n1	%	n2	%	χ^2	Р
M. bilongi	13	16,9°	30	28,0 ^{c,d}	2,96	0,085
M. hemibranchialis	07	9,1°	18	16,8 ^{c,d}	1,70	0,193
M. imami	48	62,3 ^{a,b}	73	68,2 ^{a,b}	0,54	0,463
M. kodjii	19	24,7°	28	26,2 ^{c,d}	0,08	0,784
M. kouoptamoensis	19	24,7°	25	23,4 ^{c,d}	0,18	0,673
M. nanokiensis	13	16,9°	18	16,8 ^{c,d}	0,04	0,839
M. nchoutnounensis	35	45,5 ^{b,c}	58	54,2 ^b	0,01	0,911
M. njoyai	17	22,1°	36	33,6°	1,66	0,198
M. nokoueensis	10	13,0°	12	11,2 ^d	0,26	0,609
M. terengganuensis	63	81,8 ^a	94	87,9 ^a	0,06	0,814
T. assambai	31	40,3 ^{b,c}	52	48,6 ^{b,c}	0,33	0,563
T. bicornei	45	58,4 ^b	72	67,2 ^b	0,33	0,568
T. sanagaensis	59	76,6 ^a	90	84,1 ^{a,b}	2,92	0,088
Thelohanellus sp.	11	14,3°	22	20,6 ^{c,d}	0,43	0,512
Total	75	97,4	107	100	3,66	0,056
Test statistique χ^2	144,56			221,43		
P		< 0,001		< 0,001		

Tableau XI. Taux d'infestation par les spores ou les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction du sexe de *L. senegalensis*

N1 et N2 : effectif d'individus examinés chez les mâles et femelles respectivement ; **n1 et n2** : effectif d'individus parasités chez les mâles et femelles respectivement ; M : Myxobolus ; T : Thelohanellus ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des pourcentages d'infestation (dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

III.1.3.2.7.2. Variation des taux d'infestation en fonction de la longueur standard (LS) de *L. senegalensis*

Le test de Kendall a indiqué une corrélation positive et significative entre la prévalence des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) étudiées et la taille de *L. senegalensis* (Tableau XII). Les pourcentages d'infestation de *M. imami*, *M. nchoutnounensis*, *M. nokoueensis* et *T. sanagaensis* augmentaient de manière significative avec la taille de l'espèce hôte (Tableau XII). De plus, les données contenues dans le tableau XIII révèlent que les taux d'infestation de ces quatre espèces de Myxosporidies ont varié significativement en fonction des classes de tailles de *L. senegalensis*. La comparaison des taux d'infestation entre les trois classes de tailles de *L. senegalensis* a indiqué que *M. imami*, *M. nchoutnounensis*, *M. nokoueensis* et *T. sanagaensis* ont été statistiquement plus fréquentes chez les spécimens de poissons d'une grande taille et moins fréquentes chez ceux d'une petite taille (Tableau XIII).

Le test de Kendall a indiqué que la prévalence de *M. njoyai* et la taille de l'hôte étaient corrélées positivement, mais de manière non significative (Tableau XII). Mais, il est apparu une différence significative du taux d'infestation par cette espèce de *Myxobolus* ($\chi^2 = 6,51$; ddl=2;

P = 0,039) entre les classes de taille de l'espèce hôte. Cette espèce parasite a été statistiquement plus fréquente chez les poissons d'une grande taille et moins fréquente chez ceux d'une petite taille (Tableau XIII).

Espèces	τ
M. bilongi	-0,036
M. hemibranchialis	0,053
M. imami	0,138 ***
M. kodjii	-0,075 *
M. kouoptamoensis	-0,132 ***
M. nanokiensis	-0,217 ***
M. nchoutnounensis	0,215 ***
M. njoyai	0,053
M. nokoueensis	0,105 **
M. terengganuensis	-0,055
T. bicornei	0,012
T. assambai	-0,057
Thelohanellus sp.	0,023
T. sanagaensis	0,084 *
Total	0,146 **

Tableau XII. Valeurs du coefficient de corrélation de Kendall (" τ ") entre la longueur standard (LS) de l'hôte et la prévalence des espèces parasites

M. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus* ; * : différence significative au seuil 5% ; ** : différence significative au seuil 1% ; *** : différence significative au seuil 1‰.

L'augmentation de la taille de l'hôte entraînait significativement la diminution des taux d'infestation par *M. kouoptamoensis* et *M. nanokiensis* (Tableau XII). Par ailleurs, une différence significative entre les taux d'infestation par ces deux espèces parasites est notée entre les classes de tailles de l'espèce hôte (Tableau XIII). Ainsi, *M. kouoptamoensis* infestait plus fréquemment les poissons d'une petite taille (34,3%) comparés aux spécimens d'une taille moyenne et d'une grande taille (Tableau XIII). Le taux d'infestation de *M. nanokiensis* était également plus élevé statiquement chez les poissons d'une petite taille (33,3%) et plus faible chez les spécimens d'une taille moyenne (3,7%) et de grande taille (4,4%) (Tableau XIII).

Il ressort que l'augmentation de la taille de l'hôte semblait entraîner la diminution du taux d'infestation de *M. kodjii* (Tableau XII). Cependant, la comparaison des taux d'infestation par cette espèce de Myxosporidies entre les classes de tailles de *L. senegalensis* a indiqué une différence statistiquement non significative (Tableau XIII).

Chez les spécimens de *L. senegalensis* d'une petite taille et ceux d'une taille moyenne, le taux d'infestation le plus élevé a été enregistré chez *M. terengganuensis* (81,4% pour les petites tailles et 84,1% pour les tailles moyennes) alors que la plus faible donnée de cet indice

		Classes de tailles			Valeurs du test
Espèces parasites	[84 - 128] (N1 = 102)] 128 - 173] (N2 = 82)	> 173 (N3 = 45)	Total ($N = 229$) % (n)	statistique
	% (n1)	% (n2)	% (n3)	/* (11)	χ^2 (P)
M. bilongi	29,4 (30) ^{c,d}	23,2 (19) ^{c,d}	20,0 (09) ^{b,c}	25,3 (58) ^c	1,79 (0,409)
M. hemibranchialis	11,8 (12) ^d	14,6 (12) ^{c,d}	17,8 (08) ^{b,c}	14,0 (32) ^{c,d}	0,97 (0,616)
M. imami	44,1 45) ^{b,c/B}	68,3 (56) ^{a,b/A}	80,0 (36) ^{a/A}	59,8 (137) ^b	21,10 (0,001)
M. kodjii	23,5 (24) ^{c,d,e}	21,9 (18) ^{c,d}	11,1 (05) ^c	20,5 (47) ^{c,d}	3,46 (0,177)
M. kouoptamoensis	34,3 (35) ^{c/A}	13,4 (11) ^{c,d/B}	17,8 (08) ^{b,c/B}	23,6 (54) ^c	12,20 (0,002)
M. nanokiensis	33,3 (34) ^{c/A}	3,7 (03) ^{c,d/B}	4,4 (02) ^{c/B}	17,0 (39) ^{c,d}	37,07 (0,001)
M. nchoutnounensis	30,4 (31) ^{c,d/C}	57,3 (47) ^{b/B}	82,2 (37) ^{a/A}	50,2 (115) ^b	38,14 (0,001)
M. njoyai	22,5 (23) ^{c,d,e/B}	23,2 (19) ^{c,d/B}	42,2 (19) ^{b/A}	26,6 (61) ^c	6,51 (0,039)
M. nokoueensis	2,9 (03) ^{d,e/B}	15,8 (13) ^{c,d/A}	20,0 (09) ^{b,c/A}	10,9 (25) ^d	14,10 (0,001)
M. terengganuensis	81,4 (83) ^a	84,1 (69) ^a	75,6 (34) ^a	81,2 (186) ^a	1,36 (0,505)
Thelohanellus sp.	19,6 (20) ^{c,d,e}	13,4 (11) ^{c,d}	20,0 (09) ^{b,c}	17,5 (40) ^{c,d}	1,51 (0,471)
T. bicornei	58,8 (60) ^b	63,4 (52) ^{a,b}	60,0 (27) ^{a,b}	60,7 (139) ^{a,b}	0,41 (0,813)
T. assambai	51,0 (52) ^{b,c}	43,9 (36) ^{b,c}	42,2 (19) ^b	46,7 (107) ^b	1,37 (0,504)
T. sanagaensis	63,7 (65) ^{a,b/B}	81,7 (67) ^{a/A}	88,8 (40) ^{a/A}	75,1 (172) ^a	13,96 (0,001)
Total	95,1 (97) ^B	100 (82) ^A	100 (45) ^A	97,82 (224)	8,22 (0,016)
Valeur du $\chi^2(\mathbf{P})$	82,80 (< 0,001)	28,36 (0,008)	42,22 (< 0,001)	98,07 (< 0,001)	

Tableau XIII. Taux d'infestation par les spores ou les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des classes de tailles (LS en mm) chez *L. senegalensis*

N : effectif total d'individus examinés ; N1, N2 et N3 : effectif d'individus examinés dans les trois classes de tailles respectivement ; n : effectif total d'individus parasités ; n1, n2 et n3 : effectif d'individus parasités dans les trois classes de tailles respectivement ; % : pourcentage d'infestation. χ^2 : khi-deux ; P : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des pourcentages d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

a été exprimée par *M. nokoueensis* (2,9%) pour les petites tailles et *M. nanokiensis* (3,7%) chez les poissons d'une taille moyenne. Chez les spécimens de *L. senegalensis* d'une taille grande, l'espèce parasite qui a présenté le plus grand pourcentage d'infestation a été *T. sanagaensis* (88,8%) et celle présentant le taux d'infestation le plus faible a été *M. nanokiensis* (4,4%) (Tableau XIII).

Dans toutes les classes de tailles des spécimens de *L. senegalensis* examinés, *M. terengganuensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis* étaient fréquents (taux d'infestation > 50%), tandis que *M. bilongi, M. hemibranchialis, M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. njoyai* et *Thelohanellus* sp. étaient intermédiaires (10% < taux d'infestation $\geq 50\%$). *Myxobolus imami* et *M. nokoueensis* qui étaient respectivement des espèces secondaire et rare chez les individus hôtes de taille plus petite ([84 - 128] mm), étaient devenues respectivement fréquente et secondaire chez les spécimens de taille moyenne et plus grande. *Myxobolus nanokiensis* qui était apparu intermédiaire (33,3%) dans la classe d'individus de taille plus petite, était devenu satellite dans les classes de taille moyenne et plus grande (3,7% et 4,4% respectivement). La variation du taux d'infestation par *T. assambai* en fonction de la taille de l'hôte n'était pas significative (P = 0,504), toutefois, cette espèce parasite qui a semblé principale chez les poissons de taille plus petite, était secondaire chez ceux de taille supérieure (Tableau XIII).

III.1.3.2.7.3. Variation des taux d'infestation par les espèces de Myxosporidies recensées chez *L. senegalensis* en fonction des saisons

Les taux d'infestation mensuels des espèces de Myxosporidies variaient entre 0% et 100% chez *L. senegalensis* (Annexes 4 et 5). Bien que les données aient été collectées mensuellement, nous nous intéressons uniquement à la variation saisonnière des taux d'infestation parasitaire. Ainsi, les données recueillies mensuellement ont été regroupées en deux saisons (sèche et pluvieuse).

Les taux d'infestation de *M. imami, M. nchoutnounensis, M. nanokiensis* et *M. nokoueensis* étaient statistiquement plus élevés pendant la saison pluvieuse; tandis que, *Myxobolus bilongi, M. hemibranchialis, M. kodjii* et *T. bicornei* étaient significativement plus présents chez l'espèce hôte durant la saison sèche (Tableau XIV).

Myxobolus kouoptamoensis, M. njoyai, M. terengganuensis, Thelohanellus sp., *T. assambai* et *T. sanagaensis* parasitaient des spécimens de *L. senegalensis* indifféremment (P < 0,05) des saisons sèche et pluvieuse (Tableau XIV).

Les taux d'infestation significativement les plus élevés enregistrés pendant les saisons sèche (80,3%) et pluvieuse (82,8%) ont été exprimés par *M. terengganuensis* alors que les taux statistiquement les plus faibles ont été exprimés par *M. nokoueensis* (6,3%) en saison sèche et *M. hemibranchialis* (5,8%) au cours de la saison pluvieuse (Tableau XIV).

Malgré la variation significative des taux d'infestation de certaines espèces parasites (*M. bilongi, M. hemibranchialis, M. kodjii, M. nanokiensis, M. nokoueensis* et *T. bicornei*) en fonction des saisons, la différence entre les pourcentages d'infestation des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) pendant les deux saisons était non significative (Tableau XIV).

		Sa	isons		Valeurs du test			
Espèces parasite	sèche (N1 = 142)	pluvieu	1 se (N2 = 87)	stati	stique		
	n1	%	n2	%	χ^2	Р		
M. bilongi	46	32,4°	12	13,8 ^{c,d}	10,51	0,001		
M. hemibranchialis	27	19,0 ^{c,d}	5	5,8 ^d	8,84	0,003		
M. imami	77	54,2 ^b	60	69,0 ^{a,b}	4,95	0,026		
M. kodjii	39	27,5 ^{c,d}	8	9,2 ^{c,d}	12,11	< 0,001		
M. kouoptamoensis	29	20,4 ^{c,d}	25	27,7°	2,04	0,152		
M. nanokiensis	16	11,3 ^d	23	26,4 ^{c,d}	8,53	0,003		
M. nchoutnounensis	64	45,1 ^{b,c}	51	58,6 ^b	3,98	0,046		
M. njoyai	36	25,4 ^{c,d}	25	28,7°	0,31	0,575		
M. nokoueensis	9	6,3 ^d	16	18,4 ^{c,d}	7,79	0,005		
M. terengganuensis	114	80,3 ª	72	82,8 ª	0,22	0,640		
T. assambai	62	43,7 ^{b,c}	45	51,7 ^b	1,41	0,235		
T. bicornei	97	68,3 ^{a,b}	42	48,3 ^{b,c}	9,03	0,003		
T. sanagaensis	101	71,1 ^{a,b}	71	81,6 ^a	3,27	0,070		
Thelohanellus sp.	30	21,1 ^{c,d}	10	11,5 ^{c,d}	3,64	0,056		
Total	138	97,2	86	98,9	0,77	0,380		
Valeur du χ^2 (P)	58,29	(< 0,001)	54,97 (< 0,001)					

Tableau XIV. Taux d'infestation par les spores ou les kystes des espèces de Myxosporidies parasites de *L. senegalensis* en fonction des saisons

M. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus* ; **N1 et N2** : effectif d'individus hôtes examinés en saisons sèche et pluvieuse respectivement ; **n1 et n2** : effectif d'individus parasités en saisons sèche et pluvieuse respectivement ; **%** : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Durant les deux saisons chez L. senegalensis, M. imami, M. terengganuensis et T. sanagaensis étaient les espèces les plus fréquentes (taux d'infestation > 50%), tandis que Myxobolus bilongi, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai et Thelohanellus sp. étaient des espèces secondaires (10% < taux d'infestation \leq 50%). Pendant la saison sèche, on a constaté également que T. bicornei était fréquente chez les hôtes d'une part, et M. hemibranchialis, M. kodjii, M. nchoutnounensis et T. assambai apparaissaient secondaires

d'autre part. Par contre durant la saison pluvieuse, *M. nchoutnounensis* et *T. assambai* étaient fréquents ; *M. nokoueensis* et *T. bicornei* étaient devenus des espèces intermédiaires. Les espèces parasites rares étaient *M. nokoueensis* (6,3%) en saison sèche, *M. hemibranchialis* (5,8%) et *M. kodjii* (9,2%) au cours de la saison pluvieuse (Tableau XIV).

III.1.3.2.7.4. Variation des taux d'infestation par les Myxosporidies en fonction des organes chez *L. senegalensis*

Dans le lac de retenue de Maga, les branchies, le foie, l'intestin, les nageoires, les yeux, la peau, la rate et les reins de *L. senegalensis* étaient affectés par des Myxosporidies appartenant aux genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* (Tableau XV). Pour tous les genres confondus, les taux d'infestation par les Myxosporidies recensées en fonction des organes chez notre espèce hôte ont varié de manière hautement significative ($\chi^2 = 1041,3$; P < 0,001; ddl = 7). Les taux d'infestation des branchies (96,5%), des reins (83%) et du foie (81,2%) par les Myxosporidies récoltées étaient significative ment plus élevés (Tableau XV). Les taux d'infestation de l'intestin et des yeux par les Myxosporidies étaient semblables et les plus faibles (Tableau XV).

Les branchies représentaient l'organe le plus infesté de manière significative à la fois par les genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* (83,4%) ($\chi^2 = 85,33$; P < 0,001; ddl = 2), mais avec un taux d'infestation par le genre *Thelohanellus* significativement plus faible ($\chi^2 = 9,32$; P = 0,002). Au niveau des nageoires, le genre *Thelohanellus* a été significativement plus fréquent comparé au genre *Myxobolus* ($\chi^2 = 87,09$; P < 0,001). L'intestin et la peau représentaient des organes les moins infestés par les genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* respectivement (Tableaux XV).

Parmi les espèces de Myxosporidies recensées chez *L. senegalensis*, *M. hemibranchialis*, *M. kouoptamoensis*, *M. nanokiensis*, *M. njoyai*, *M. nokoueensis* et *T. assambai* sont celles qui ont parasité uniquement les branchies et *Thelohanellus* sp. uniquement la peau. À l'exception de *M. terengganuensis* et *T. bicornei*, les autres espèces parasites infestaient les organes cibles chez *L. senegalensis* avec une différence significative (P < 0,05) (Tableau XVI). La peau était statistiquement l'organe le plus infesté par *M. bilongi* (18,8%) ($\chi^2 = 25,77$; P < 0,001; ddl = 2); *M. nchoutnounensis* infestait plus les branchies (36,2%) de manière significative ($\chi^2 = 30,74$; P < 0,001; ddl = 2); *M. imami* a présenté aussi un taux d'infestation plus élevé au niveau des branchies (57,2%), significativement différent de ceux des autres organes infestés chez l'hôte tandis que *T. sanagaensis* était significativement plus fréquente au niveau des nageoires (51,5%) ($\chi^2 = 29,01$; P < 0,001; ddl = 2).

Au niveau de chaque organe infesté par les Myxosporidies chez *L. senegalensis*, on a noté une différence significative entre les taux d'infestation des espèces parasites (Tableau XVI). Sur les branchies, le taux d'infestation statistiquement le plus faible a été présenté par *M. bilongi* (4,4%) tandis que celui le plus élevé a été enregistré chez *M. imami* (57,2%). La comparaison des taux d'infestation des espèces parasites recensées sur les branchies chez *L. sengalensis* a permis de constater que celui de *M. kodjii* n'a pas été différent de manière significative de ceux de *M. hemibranchialis*, *M. kouoptamoensis* et *M. nanokiensis*, et celui de *M. nanokiensis* a été comparable à ceux de *M. hemibranchialis*, *M. kouoptamoensis* et *M. nanokiensis* et *M. nokoueensis*. Le même constat a été fait entre les taux d'infestation de *M. imami* et *T. sanagensis* d'autre part.

Les taux d'infestation par les cinq espèces de Myxosporidies recensées sur les nageoires ont varié de manière significative ($\chi^2 = 132,55$; P < 0,001). Ils étaient tous différents les uns des autres (Tableau XVI). Celui de *T. sanagaensis* (51,5%) a été le plus élevé ; tandis que celui de *M. bilongi* (9,2%) a été le plus faible.

Au niveau de la peau de *L. senegalensis*, le taux d'infestation de *M. nchoutnounensis* ne variait pas de manière significative de ceux de *M. bilongi* et *M. imami* (Tableau XVI).

Organes (N=229)		G	enres de M	Iyxospo	ridies	Ge	enre (s)			
		Myxobolus		Thelohanellus		Myxob Thele	olus et / ou ohanellus	statistique		
		n1	%	n2	%	n	%	χ^2	Р	
Branchies		212	92,6 ^{a/A}	191	83,4 ^{a/B}	221	96,5 ª	9,32	0,002	
Foie		186	81,2 ^a			186	81,2 ^a			
Nageoires		58	25,3 ^b	156	68,1 ^a	174	76,0 ^{a,b}	87,09	< 0,001	
Œil		9	3,9 °			9	3,9 °			
Peau		84	36,7 ^b	78	34,1 ^b	135	59,0 ^b	0,34	0,558	
Rate		180	78,6 ^a			180	78,6 ^{a,b}			
Reins		190	83,0 ª			190	83,0 ^a			
Intestin		5	2,2°			5	2,2°			
Test	χ^2 1066,20 85,33		35,33	1041,30						
statistique	Р	< 0,00)1 (ddl=7)	< 0,00)1 (ddl=2)	< 0,001 (ddl=7)				

Tableau XV. Taux d'infestation par les spores ou les kystes des genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* de Myxosporidies en fonction des organes chez *L. senegalensis*

N: effectif total d'individus examinés; **n**: effectif total d'individus parasités; **n1 et n2**: effectif d'individus parasités par les genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* respectivement; % : pourcentage d'infestation; --: non infesté par le parasite; χ^2 : khi-deux; **P**: valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative; lettres différentes = différence significative.

				Organes	(N = 229)				
Embass names 400	Branchies	Foie	Nageoires	Œil	Peau	Rate	Reins	Intestin	Valeurs de P
Especes parasites	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	
M. bilongi	4,4 (10) ^{e/C}		9,2 (21) ^{d/B}		18,8 (43) ^{b/A}				< 0,001
M. hemibranchialis	14,0 (32) ^d								
M. imami	57,2 (131) ^{a/A}				10,9 (25) ^{b/B}		14,4 (33) ^{b/B}	2,2 (5) ^C	< 0,001
M. kodjii	17,9 (41) ^{c,d/A}			3,9 (9) ^{b/B}					< 0,001
M. kouoptamoensis	23,6 (54) ^c								
M. nanokiensis	17,0 (39) ^{c,d}								
M. nchoutnounensis	36,2 (83) ^{b/A}		18,3 (42) ^{c/B}		15,7 (36) ^{b/B}				< 0,001
M. njoyai	26,6 (61) ^{b,c}								
M. nokoueensis	10,9 (25) ^d								
M. terengganuensis		81,2 (186)				81,2 (186)	78,6 (180) ^a		0,887
T. assambai	46,7 (107) ^{a,b}								
T. bicornei	37,6 (86) ^b		40,6 (93) ^b						0,560
T. sanagaensis	48,5 (111) ^{b/A}		51,5 (118) ^{a/A}		28,8 (66) ^{a/B}				< 0,001
Thelohanellus sp.					17,5 (40) ^b				
Test statistique $\frac{\chi^2}{P}$	390,74 < 0,001		132,55 < 0,001		46,78 < 0,001		223,99 < 0,001		

Tableau XVI. Variation des taux d'infestation par les spores ou les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des organes chez *L. senegalensis*

M: Myxobolus; T: The lohanellus; N: effectif total d'individus examinés; n: effectif d'individus parasités; %: pourcentage d'infestation; --: non infesté par le parasite; χ^2 : khi-deux; P: valeur de la probabilité. Comparaison par paire entre les taux d'infestation par les espèces parasites (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes): lettres identiques = différence non significative; lettres différences = différence significative.

III.1.3.2.8. Variation des charges kystiques de Myxosporidies en fonction des facteurs biotiques et abiotiques chez *L. senegalensis*

III.1.3.2.8.1. Variation de la charge kystique des espèces de Myxosporidies en fonction du sexe chez *L. senegalensis*

Les résultats de l'analyse de l'influence du sexe de *L. senegalensis* sur la charge kystique moyenne des espèces de Myxosporidies sont consignés dans le tableau XVII. Dans les deux sous-échantillons d'hôtes mâles et femelles, les charges kystiques moyennes statistiquement les plus élevées (P < 0,001) ont été obtenues chez *M. imami* (171,0 et 145, 6 kystes en moyenne respectivement chez les mâles et les femelles), *M. nanokiensis* (171,5 et 136,8 kystes en moyenne respectivement chez les mâles et les femelles) et *T. assambai* (104,2 et 115,4 kystes en moyenne respectivement chez les mâles et les femelles). Les différences entre les nombres moyens de kystes des autres espèces parasites sont non significatives dans les deux sexes (Tableau XVII).

Dans les deux sous-échantillons d'hôtes mâles et femelles, les charges kystiques fortes $(C_m > 100)$ étaient enregistrées chez *M. imami, M. nanokiensis* et *T. assambai*; et les charges kystiques faibles $(10 \le C_m \le 50)$ étaient celles de *M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* (Tableau XVII). *Myxobolus kodjii* et *T. bicornei* exprimaient des charges kystiques moyennes faibles chez les individus mâles et très faibles ($C_m < 10$) chez les femelles. Par contre le nombre moyen des kystes de *M. nokoueensis* était très faible chez les hôtes mâles et faible chez les femelles. *Myxobolus bilongi, M. njoyai* et *Thelohanellus* sp. ont présenté des charges kystiques faibles chez les individus des deux sexes (Tableau XVII).

III.1.3.2.8.2. Variation de la charge kystique moyenne des Myxosporidies en fonction de la longueur standard (LS) chez *L. senegalensis*

La corrélation entre la charge kystique des Myxosporidies (majorité des espèces confondues) et la taille de *L. senegalensis* était négative et non significative (Tableau XVIII). Les charges kystiques moyennes de *M. bilongi*, *M. kodjii*, *M. nanokiensis*, *T. assambai* et *T. bicornei* étaient corrélées négativement à la taille de l'hôte de manière significative (Tableau XVIII). Cependant, il est apparu une corrélation positive et significative entre la taille de l'hôte et les charges kystiques de *M. nokoueensis* et *T. sanagaensis* (Tableau XVIII).

La charge kystique des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) était statistiquement la même dans les trois classes de tailles chez *L. senegalensis* (H = 0.33; P =

		Valeurs du test						
Eandaga nanasitas		mâle (N1	= 77)		femelle (N	2 = 107)	statis	tique
L'spèces parasites	n1	Cm	C. min – C. max	n2	Cm	C. min – C. max	W	Р
M. bilongi	13	7,4 ± 2,2 ^c	1-28	30	6,4 ± 1,2 ^b	1-26	184,0	0,779
M. hemibranchialis	07	$15,9 \pm 10,3^{\circ}$	1 - 77	18	$\textbf{12,3} \pm 3,2^{b}$	1 - 47	67,0	0,831
M. imami	48	171,0 \pm 30,3 ^a	1 – 995	73	$145,6 \pm 32,2^{a}$	1 - 1678	1468,5	0,134
M. kodjii	19	$\textbf{17,0} \pm 8,6^{c}$	1 - 167	28	6,4 ± 1,6 ^b	1 - 38	221,0	0,235
M. kouoptamoensis	19	$30,7 \pm 10,3^{\circ}$	1 - 150	25	$\textbf{23,9} \pm 6,8^{b}$	1 - 125	201,5	0,399
M. nanokiensis	13	$\textbf{171,5} \pm 67,9^{a}$	3 - 601	18	$136,8 \pm 62,8^{a}$	1 - 1176	135,0	0,483
M. nchoutnounensis	35	$21,3 \pm 5,4^{c}$	1 - 165	58	$\textbf{19,8} \pm 3,9^{b}$	1 - 156	955,0	0,637
M. njoyai	17	5,7 \pm 1,4 ^c	1 - 17	36	$8,9 \pm 2,7^{b}$	1 - 64	305,0	0,992
M. nokoueensis	10	$6,9 \pm 2,9^{c}$	1 - 30	12	$20,3 \pm 10,6^{b}$	1 - 128	73,5	0,386
T. assambai	31	$\textbf{104,2} \pm 23,0^{b}$	2 - 579	52	$115,4 \pm 24,6^{a}$	1 - 939	88,0	0,210
T. bicornei	45	$12,0 \pm 2,7^{c}$	1 - 77	72	9,8 ± 1,5 ^b	1 - 54	1422,5	0,267
T. sanagaensis	59	$18,2 \pm 2,8^{c}$	1 - 86	90	$26,2 \pm 3,6^{b}$	1 - 182	3108,0	0,079
Thelohanellus sp.	11	$7,73 \pm 2,3^{c}$	2 - 25	22	$4,6 \pm 1,0^{b}$	1 - 18	652,5	0,150
Total	75	225,8 ± 28,84	1 - 1250	107	237,9 ± 30,45	4 - 1710	4187,0	0,851
Valeur de H (P)	111,66 (< 0,001)				145,19 (

Tableau XVII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction du sexe chez L. senegalensis

N1 et N2 : effectif d'individus examinés chez les mâles et femelles respectivement ; **n1 et n2** : effectif d'individus parasités chez les mâles et femelles respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; **C. min** : minimum ; **C. max** : maximum. **H** : valeur du test de Kruskal-Wallis ; **W** : valeur du test de Wilcoxon ; **P** : valeur de la probabilité. *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

0,450). Bien qu'on ait observé une corrélation négative et non significative entre la taille de l'hôte et les charges kystiques de *M. kouoptamoensis*, on a constaté que la charge kystique moyenne de cette espèce parasite était significativement plus faible chez les poissons hôtes d'une taille plus grande (H = 6,87 ; P = 0,032). La charge kystique moyenne de *T. bicornei* était statistiquement plus élevée chez les individus hôtes d'une taille plus petite (H = 9,63 ; P = 0,008) (Tableau XIX). Dans les classes des spécimens de *L. senegalensis* d'une petite taille *M. imami, M. nanokiensis* et *T. assambai* ont présenté des charges kystiques moyennes les plus élevées. Quoiqu'on a observé une corrélation significative entre la taille de *L. senegalensis* et les charges kystiques de *M. bilongi, M. kodjii, M. nanokiensis, M. nokoueensis, T. assambai* et *T. sanagaensis*, la différence entre les charges kystiques de ces espèce parasites dans les classes de taille des poissons hôtes a été non significative (Tableau XIX). Dans le lac de retenue de Maga, la taille de *L. senegalensis* n'avait pas d'influence significative sur les charges kystiques de *M. hemibranchialis, M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai* et *Thelohanellus* sp. (Tableau XVIII et XIX).

standard (LS) de L. seneg	galensis et la charge kystic
Espèces	τ
M. bilongi	-0,196 *
M. hemibranchialis	0,034
M. imami	0,099
M. kodjii	-0,246 *
M. kouoptamoensis	-0,053
M. nanokiensis	-0,311 **
M. nchoutnounensis	0,053
M. njoyai	0,161
M. nokoueensis	0,292 *
T. bicornei	-0,159 **
T. assambai	-0,169 *
T. sanagaensis	0,018 **
Thelohanellus sp.	-0,098
Total	-0,043

Tableau XVIII. Valeurs du coefficient de corrélation de Kendall (" τ ") entre la longueur standard (LS) de *L. senegalensis* et la charge kystique des espèces de Myxosporidies récoltées

M. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus* ; * : différence significative au seuil 5% ; ** : différence significative au seuil 1%.

Chez *L. senegalensis*, des charges kystiques fortes étaient notées chez *M. imami, M. nanokiensis* et *T. assambai* dans la classe des hôtes de taille plus petite ([84 - 128] mm). Dans les deux autres classes de tailles supérieures, seule la charge kystique de *M. imami* était forte et celle de *T. assambai* était moyenne. Des charges kystiques faibles étaient exprimées par *M. kodjii* et *M. njoyai* chez les individus de taille plus petite uniquement, par *M. hemibranchialis*

				Valours du tost statistique				
Egnèses nonesites	[84	- 128] (N1 = 102)]128	8 - 173] (N1 = 82)	>	• 173 (N3 = 45)	v aleurs u	u test statistique
Espèces parasites	n1	Cm	n2	Cm	n3	Cm	Н	Р
M. bilongi	30	$7,5 \pm 1,5^{b}$	19	5,8 ± 1,0°	9	$3,4 \pm 1,3^{c}$	4,00	0,136
M. hemibranchialis	12	$9,6 \pm 3,6^{b}$	12	$15,0 \pm 6,4^{c}$	8	$8,6 \pm 3,8^{c}$	0,21	0,899
M. imami	45	$141,7 \pm 45,7^{a}$	56	$146,5 \pm 30,5^{a}$	36	$129,5 \pm 25,1^{a}$	1,99	0,370
M. kodjii	24	$\textbf{16,9} \pm 6,9^{b}$	18	$4,4 \pm 0,7^{c}$	5	$3,0 \pm 0,8^{\circ}$	3,04	0,219
M. kouoptamoensis	35	$26,3 \pm 5,9^{b/A}$	11	$39,4 \pm 13,8^{b,c/A}$	8	5,5 \pm 2,6 ^{c/B}	6,87	0,032
M. nanokiensis	34	$139,5 \pm 42,1^{a}$	3	$25,3 \pm 16,8^{b,c}$	2	$11,5 \pm 2,5^{c}$	2,14	0,343
M. nchoutnounensis	31	23,2 \pm 6,4 ^b	47	$20,0 \pm 4,3^{c}$	37	$18,8 \pm 4,9^{c}$	0,28	0,870
M. njoyai	23	$\textbf{10,8} \pm 3,8^{b}$	19	6,2 ± 2,4 ^c	19	5,0 ± 1,3 ^c	2,17	0,337
M. nokoueensis	3	7,7 ± 4,3°	13	$21,2 \pm 9,7^{c}$	9	$2,9 \pm 0,6^{c}$	2,86	0,239
T. assambai	52	$\textbf{110,3} \pm 23,5^{a}$	36	$92,4 \pm 18,1^{b}$	19	79,2 \pm 35,6 ^b	3,78	0,151
T. bicornei	60	$13,0 \pm 2,2^{b/A}$	52	$11,1 \pm 1,9^{c/A}$	27	$4,2 \pm 0,6^{c/B}$	9,63	0,008
T. sanagaensis	65	$21,2 \pm 3,7^{b}$	67	$23,6 \pm 4,1^{c}$	40	$16,1 \pm 2,7^{c}$	0,63	0,730
Thelohanellus sp.	20	7,1 ±1,5 ^b	11	$4,6 \pm 0,9^{c}$	09	3,8 ± 1,44 ^c	2,99	0,224
Total	97	224,8 ± 32,23	82	$\textbf{194,5} \pm 27,52$	45	$\textbf{176,8} \pm 28,96$	0,33	0,450
Valeur de H (P)	94,96 (< 0,001)		100,36 (< 0,001)		9	01,10 (< 0,001)		

Tableau XIX. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des classes de tailles (LS en mm) chez L. senegalensis

N1, N2 et N3 : effectif d'individus examinés dans les trois classes de tailles respectivement ; n1, n2 et n3 : effectif d'individus infestés dans les trois classes de tailles respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; H : valeur du test de Kruskal-Wallis ; P : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

et *M. nokoueensis* chez les hôtes de taille moyenne (]128 - 173] mm), par *M. kouoptamoensis* et *T. bicornei* chez les hôtes de taille plus petite et de taille moyenne, par *M. nanokiensis* uniquement chez les hôtes de taille plus grande (> 173 mm), et par *M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* dans toutes les classes de taille (Tableau XIX).

III.1.3.2.8.3. Variation de la charge kystique moyenne des Myxosporidies recensées chez *L. senegalensis* en fonction des saisons

La charge kystique moyenne significativement la plus élevée en saison sèche a été celle de *M. imami* (137,6 kystes). En saison pluvieuse, la charge la plus élevée a été exprimée par *M. nanokiensis* (196,7 kystes en moyenne) (P < 0,001). Chez *L. senegalensis*, les charges kystiques moyennes des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) enregistrées pendant les deux saisons (sèche et pluvieuse) ont présenté une différence significative (W = 7494,5; P = 0,001). Spécifiquement, les charges kystiques moyennes de *M. imami* et *M. nanokiensis* étaient statistiquement plus élevées pendant la saison pluvieuse ; tandis que *M. hemibranchialis* et *T. bicornei* ont présenté des charges kystiques moyennes statistiquement plus élevées en saison sèche (Tableau XX). La saison n'a pas d'influence significative sur la charge kystique moyenne de *M. bilongi, M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, T. assambai, Thelohanellus* sp. et *T. sanagaensis* chez *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga (Tableau XX).

Au cours de la saison sèche chez *L. senegalensis*, une seule espèce (*M. imami*) avait une charge kystique forte ($C_m > 100$) et celle de la suivante (*T. assambai*) était moyenne (78,9 kystes). La charge kystique de *T. assambai* n'était pas statisquement différente des charges kystiques faibles exprimées par *M. kouoptamoensis* (34,2 kystes en moyenne) et *M. nokoueensis* (27,6 kystes en moyenne). Un dernier groupe de parasites est formé des espèces à charge kystique faible (*M. hemibranchialis, M. kodjii, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis*) et à charge kystique très faible (*M. bilongi, M. njoyai*, et *Thelohanellus* sp.) (Tableau XX).

Chez les spécimens hôtes capturés pendant la saison pluvieuse, on a constaté que *M. nanokiensis* avait une charge kystique très élevée (196,7 kystes en moyenne), *M. imami* et *T. assambai* avaient des charges kystiques élevées (Tableau XX). Les espèces dont les charges kystiques étaient faibles (*M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis*) et très faibles (*M. bilongi, M. hemibranchialis, M. kodjii, M. njoyai, M. nokoueensis, T. bicornei* et *Thelohanellus* sp.) formaient statistiquement un même groupe (Tableau XX).

		Sai	sons		Valaurs du tast statistiqua		
Espèces parasites	sèc	che (N1 = 140)	plu	vieuse (N2 = 79)	valeurs uu t	est statistique	
	n1	Cm	n2	Cm	W	Р	
M. bilongi	46	$6,2 \pm 0,88^{\circ}$	12	6,8 ± 2,46 ^c	242,0	0,517	
M. hemibranchialis	27	$12,9 \pm 3,30^{\circ}$	5	3,0 ± 1,55°	28,5	0,044	
M. imami	77	$137,6 \pm 31,61^{a}$	60	$144,2 \pm 23,44^{a,b}$	2798,5	0,034	
M. kodjii	39	$11,3 \pm 4,34^{\circ}$	8	7,4 ± 2,41°	158,0	0,966	
M. kouoptamoensis	29	$34,2 \pm 8,31^{b,c}$	25	$16,2 \pm 3,49^{\circ}$	329,0	0,566	
M. nanokiensis	16	$19,9 \pm 4,94^{\circ}$	23	$196,7 \pm 58,83^{a}$	309,0	< 0,001	
M. nchoutnounensis	64	$21,9 \pm 3,78^{\circ}$	51	$18,7 \pm 4,54^{\circ}$	1468,5	0,358	
M. njoyai	36	9,8 ± 2,71°	25	4,2 ± 1,02°	363,0	0,193	
M. nokoueensis	9	$27,6 \pm 13,45^{b,c}$	16	$4,8 \pm 1,76^{\circ}$	37,5	0,051	
T. assambai	62	$78,9 \pm 14,65^{b}$	45	$126,1 \pm 27,11^{b}$	1619,5	0,157	
T. bicornei	97	$12,6 \pm 1,54^{\circ}$	42	5,9 ± 1,65°	1137,0	< 0,001	
T. sanagaensis	101	$21,1 \pm 2,87^{\circ}$	71	20,8 ± 3,42°	3700,5	0,721	
Thelohanellus sp.	30	$6,1 \pm 1,05^{\circ}$	10	$4,2 \pm 1,25^{\circ}$	125,0	0,440	
Total	140	$169,6 \pm 21,75$	86	259,4 ± 31,12	7494,5	0,001	
Valeurs du H		108,26		178,14			
test statistique P		< 0,001		< 0,001			

Tableau XX. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies chez *L. senegalensis* en fonction des saisons

N1 et N2 : effectif d'individus hôtes examinés en saisons sèche et pluvieuse respectivement ; **n1 et n2** : effectif d'individus hôtes parasités en saisons sèche et pluvieuse respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; **H** : valeur du test de Kruskal-Wallis ; **W** : valeur du test de Wilcoxon ; **P** : valeur de la probabilité. *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

III.1.3.2.8.4. Variation de la charge kystique moyenne des Myxosporidies en fonction des organes chez *L. senegalensis*

Statistiquement, les branchies ont hébergé le plus grand nombre moyen de kystes de Myxobolus (H = 181,02 ; P < 0,001 ; ddl = 5) et de *Thelohanellus* (H = 85,01 ; P < 0,001 ; ddl = 2). La comparaison entre les charges kystiques moyennes au niveau des trois organes de *L. senegalensis* simultanément parasités par les espèces appartenant aux genres *Myxobolus* et *Thelohanellus*, a révélé que sur les branchies, la charge kystique moyenne des *Myxobolus* a été significativement supérieure à celle des *Thelohanellus* ; tandis que sur les nageoires, celle des *Thelohanellus* a été statistiquement plus élevée (P < 0,001). La différence entre les charges kystiques moyennes des deux genres de Myxosporidies a été non significative (P = 0,066) au niveau de la peau (Tableau XXI).

La comparaison des charges kystiques moyennes des Myxosporidies de genre *Myxobolus* entre les organes infestés indique que, l'intestin a hébergé le même nombre de kystes que les nageoires, la peau et les reins. Le même constat a été fait d'une part entre les

yeux et les nageoires et d'autre part entre les reins et la peau (Tableau XXI). La charge kystique des parasites de *Thelohanellus* a été moyenne sur les branchies, faible au niveau des nageoires et très faible dans la peau (Tableau XXI).

Organia		Genres de My	kospori	dies	Valeurs du test statistique		
(N 220)		Myxobolus	Th	elohanellus			
(N=229)	n	Cm	n	Cm	W	Р	
Branchies	212	$133,5 \pm 17,76^{a}$	191	$65,2 \pm 8,70^{a}$	26223	< 0,001	
Nageoires	58	$7,8 \pm 1,45^{b,c}$	156	$\textbf{19,2} \pm 2,07^{b}$	2828	< 0,001	
Yeux	9	$33,2 \pm 16,94^{b}$					
Peau	84	$6,2 \pm 0,72^{\circ}$	78	5,3 \pm 0,93 ^c	3819	0,066	
Reins	33	$7,5 \pm 0,96^{b,c}$					
Intestin	5	$4,8 \pm 0,86^{\circ}$					
Valeurs du test	Η	181,02		85,01			
statistique	Р	< 0,001 (ddl = 5)	< 0	,001 (ddl = 2)			

Tableau XXI.Charges kystiques moyennes des genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* de Myxosporidies en fonction des organes chez *L. senegalensis*

N: effectif total d'individus examinés ; n: effectif d'individus parasités ; C_m : charge kystique moyenne ; W: test de Wilcoxon ; P: valeur de la probabilité, **ddl**: degré de liberté. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Chez *L. senegalensis*, *Myxobolus bilongi* et *T. bicornei* ont formé des kystes respectivement dans trois organes (branchies, nageoires et peau) et deux organes (branchies et nageoires) mais les charges kystiques moyennes de ces deux espèces parasites entre ces différents organes étaient statistiquement identiques (P > 0,05) (Tableau XXII). *Myxobolus imami* et *M. nchoutnounensis* infestaient quatre et trois organes respectivement, avec des charges kystiques significativement plus élevées au niveau des branchies (P < 0,001) (Tableau XXII). La charge kystique moyenne de *M. kodjii* sur les yeux a été statistiquement supérieure à celle enregistrée sur les branchies (W = 45,5; P < 0,001). La charge kystique moyenne de *T. sanagaensis* a varié de manière hautement significative entre trois organes (P < 0,001); elle a été plus importante sur les nageoires (Tableau XXII).

Au niveau des branchies de *L. senegalensis*, les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies récoltées ont été statistiquement différentes (H = 238,29 ; P < 0,001 ; ddl = 11). *Myxobolus bilongi* a exprimé la plus faible charge kystique moyenne (3,9 kystes) et *M. imami* la charge kystique moyenne la plus élevée (144,3 kystes). Les données contenues dans

							Organes (N=2	229)						Valeurs P
Espèces parasite	es		Branchies]	Nageoires		Peau		Œil		Reins		Intestin	du test
		n	Cm	n	Cm	n	Cm	n	Cm	n	Cm	n	Cm	statistique
M. bilongi		10	$3,9 \pm 1,12^{e}$	21	4,2 ±1,07 ^c	43	$5,5 \pm 0,97^{a}$							0,636
M. hemibranchi	alis	32	$\textbf{11,4} \pm 2,\!86^{d}$											
M. imami		131	$\textbf{144,3} \pm 21,19^{\textbf{a/A}}$			25	$2,7 \pm 0,42^{a/B}$			33	$7,5 \pm 0,96^{\text{B}}$	5	$\textbf{4,8} \pm 0,86^{B}$	< 0,001
M. kodjii		41	$\textbf{4,9} \pm 0,95^{d,e/B}$					9	33,2 ±16,94 ^A					< 0,001
M. kouoptamoen	isis	54	$25,9 \pm 4,86^{\circ}$											
M. nanokiensis		39	$124,1 \pm 37,21^{a,b}$											
M. nchoutnoune	nsis	83	$\textbf{21,4} \pm 3,76^{c/A}$	42	$8,6 \pm 1,77^{b,c/B}$	36	$\textbf{6,0} \pm 1{,}08^{\text{a/B}}$							< 0,001
M. njoyai		61	$7,5 \pm 1,68^{d,e}$											
M. nokoueensis		25	$\textbf{13,0} \pm 5{,}29^{c,d}$											
T. assambai		107	$\textbf{102,3} \pm 98,76^{\text{b}}$											
T. bicornei		86	7,6 \pm 1,02 ^{d,e}	93	8,8 ±1,26 ^b									0,581
T. sanagaensis		111	$\textbf{11,1} \pm 1,86^{d/A}$	118	$17,1 \pm 2,38^{a/A}$	66	$5,4 \pm 1,00^{a/B}$							< 0,001
Thelohanellus s	p.					40	$\textbf{5,6} \pm 0{,}78^{a}$							
Valeurs du	Н		238,29		21,21		6,05							
test statistique	Р	<	0,001 (ddl = 11)	< 0	,001 (ddl = 3)	0,1	95 (ddl = 4)							

Tableau XXII.	Charges kystiques movennes des espèces de Myxosporidies en fonction des organes chez <i>L</i> , senegalensis
	Charges Rystiques mojemes des espèces de myrospondes en renedien des organes enez 2. senegarensis

 \mathbf{N} : effectif total d'individus examinés ; \mathbf{n} : effectif d'individus parasités ; $\mathbf{C}_{\mathbf{m}}$: charge kystique moyenne ; \mathbf{H} : valeur du test de Kruskal-Wallis ; \mathbf{P} : valeur de la probabilité. M. : *Myxobolus* ; T. : *Thelohanellus*. Comparaison par paires des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

le tableau XXII révèlent que la charge kystique moyenne de *M. bilongi* a été statistiquement identique à celle de *M. kodjii, M. njoyai* et *T. bicornei*. Le même constat a été fait entre *M. hemibranchialis* d'une part et d'autre part *M. kodjii, M. njoyai, M. nokoueensis, T. bicornei* et *T. sanagensis. Myxobolus hemibranchialis* a formé statistiquement le même nombre moyen de kystes que *M. nchoutnounensis* et *M. nokoueensis. Myxobolus imami* a formé statistiquement le même nombre moyen de kystes que *M. nchoutnounensis* et *M. nanokiensis* ; un constat identique a été fait entre *M. nanokiensis* et *T. assambai*, et *M. kouoptamoensis* et *M. nchoutnounensis* (Tableau XXII).

Au niveau des nageoires, la charge kystique moyenne de *T. sanagaensis* a été la plus élevée et statistiquement différente (P < 0,05) de celle de chacune des autres espèces parasites identifiées dans cet organe (Tableau XXII).

Les espèces de Myxosporidies qui infestaient la peau ont exprimé des charges kystiques moyennes comparables (H = 6,05; P = 0,195) Tableau XXII).

III.1.3.3. Distribution spatiale des espèces de Myxosporidies sur les filaments branchiaux et les nageoires chez *L. senegalensis*

III.1.3.3.1. Distribution spatiale des espèces de Myxosporidies sur les filaments branchiaux chez *L. senegalensis*

Pour cette partie de l'étude, 206 spécimens de *L. senegalensis* présentant des branchies ayant des filaments intacts ont été considérés. Les sept (7) espèces de Myxosporidies recensées sur cet organe et qui seront examinées dans cette partie du travail sont *M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. assambai* et *T. sanagaensis.*

III.1.3.3.1.1. Associations des espèces de Myxosporidies parasites des filaments branchiaux chez *L. senegalensis*

Sur les 206 poissons hôtes considérés dans cette partie de travail, 192 individus ont présenté des branchies parasitées. Un spécimen parasité pouvait héberger à la fois 1 à 6 espèces de Myxosporidies (Fig. 20). Sur les holobranchies des individus hôtes, la fréquence des types d'infestation était croissante du parasitisme mono-spécifique (18,8% des cas) au parasirisme par trois espèces (30,2% des cas). Le taux de parasitisme par plus de 3 espèces parasites (4, 5 et 6 espèces) a été de plus en plus faible avec l'augmentation du nombre d'espèces impliquées (Fig. 20). La différence entre les fréquences de parasitisme par 2 et 3 espèces de Myxosporidies parasites des filaments branchiaux chez *L. senegalensis* a été non significative ; le même constat

a été fait entre les fréquences d'infestation monospécifique, par 2 et 4 espèces parasites (Fig. 20). Les différentes combinaisons de chaque type de parasitisme par les espèces parasites des filaments branchiaux de *L. senegalensis* sont consignés dans les tableaux XXIII.



Figure 20. Taux d'infestation des holobranchies par les combinaisons parasitaires chez L. senegalensis.

 χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paires des fréquences : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Chez *L. senegalensis*, parmi les 7 espèces de Myxosporidies recensées sur les filaments branchiaux, seule *M. nanokiensis* n'a pas été observée en infestation monospécifique. *Myxoblus imami* a été l'espèce la plus régulièrement observée dans les cas du parasitisme monospécifique avec un taux de 6,8%. Dans le cas du parasitisme par deux espèces, on a noté 16 (26,7%) combinaisons d'espèces parasites (Tableau XXIV) ; et les deux premiers couples d'espèces les plus rencontrées étaient *M. imami* et *T. sanagaensis* (12 cas sur 49 individus de ce lot) et *M. imami* et *M. nchoutnounensis* (10 cas sur 49 individus de ce lot) (Tableau XXIII). On a enregistré 15 (25%) combinaisons d'espèces parasites dans le cas d'infestation par trois espèces ; les associations parasitaires les plus observées chez un individu hôte étaient *M. imami, M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* (24,1% des cas de ce lot) et *M. kouoptamoensis, M. nanokiensis* et *T. assambai* (22,4% des cas de ce lot) (Tableaux XXIII et XXIV). La fréquence d'infestation par quatre espèces parasites la plus élévée sur les branchies a été celle du groupe formé par *M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai* et *T. assambai* (18,8% des poissons de ce lot) suivie de celle de l'assciation *M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, T. assambai* et *T. sanagaensis* (15,6% des cas du lot concerné). *Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai*

		<u>т. </u>	0/
Parasitisme	Combinaisons	<u>n</u>	%
	M. Imami	01	0,8
	M. Kouoplanioensis	04	2.1
mono-spécifique	M njovaj	02	1.0
mono speenique	T. assambai	05	2.6
	T. sanagaensis	11	5,7
	Sous-total	36	18,8
	M. imami et M. kouoptamoensis	01	0,5
	M. imami et M. nanokiensis	01	0,5
	M. imami et M. nchoutnounensis	10	5,2
	M. imami et M. njoyai	03	1,6
	M. imami et T. assambai	06	3,1
	M. imami et T. sanagaensis	12	6,3
	M. kouoptamoensis et M. njoyai	01	0,5
par deux (2)	M. kouoptamoensis et I. sanagaensis	01	0,5
espèces	M. nanokiensis et T. assambai	01	0,5
	M. nanokiensis et I. sanagaensis	01	0,5
	M. nchoutnounensis et M. njoyu	01	0,5
	M. nchoutnounensis et T. sanaogensis	02	1.0
	M. nevenineurensis et T. suraguensis M. njovaj et T. assambaj	05	2.6
	M. njovaj et T. sanagaensis	01	0.5
	T. assambai et T. sanagaensis	02	1,0
	Sous-total	49	25,5
	M. imami, M. kouoptamoensis et T. assambai	02	1,0
	M. imami, M. nchoutnounensis et M. njoyai	02	1,0
	M. imami, M. nchoutnounensis et T. assambai	03	1,6
	M. imami, M. nchoutnounensis et T. sanagaensis	14	7,3
par trois (3) espèces	M. imami, M. njoyai et T. assambai	01	0,5
	M. imami, M. njoyai et I. sanagaensis	05	2,6
	M. imami, 1. assambai et 1. sanagaensis	12	4,2
	M. kouoplamoensis, M. nanokiensis et T. assambai	03	0,0
	M. kouoptamoensis, M. henoumounensis et 1. assamou	01	0.5
	M. nonokiensis, M. nchoutnounensis et T. assambai	01	0,5
	M. nanokiensis, T. assambai et T. sanagaensis	01	0.5
	M. nchoutnounensis, T. assambai et T. sanagaensis	02	1,0
	M. nchoutnounensis, M. njoyai et T. sanagaensis	01	0,5
	M. njoyai, T. assambai et T. sanagaensis	01	0,5
	Sous-total	58	30,2
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis et M. njoyai	01	0,5
	M. imami, M. kouoptamoensis, T. assambai et T. sanagaensis	04	2,1
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. njoyai et T. assambai	01	0,5
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis et T. assambai	01	0,5
	M. imami, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis et T. assambai	01	0,5
	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyal et I. assambal	01	0,5
par quatre (4)	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyal et T. sanagaensis	00	1.6
especes	M. imami, M. nenounounensis, T. assambai et T. sanagaensis	03	1,0
	M. kouontamoensis. M. nanokiensis. M. niovai et T. assambai	04	2.1
	M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, T. assambai et T. sanagaensis	05	2,6
	M. kouoptamoensis, M. njoyai, T. assambai et T. sanagaensis	01	0,5
	M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai et T. sanagaensis	01	0,5
	Sous-total	32	16,7
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai et T. assambai	01	0,5
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, T. assambai et T. sanagaensis	01	0,5
	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai et T. assambai	02	1,0
par cinq (5)	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, T. assambai et T. sanagaensis	01	0,5
espèces	M. imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. assambai et T. sanagaensis	05	2,6
	M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, T. assambai et T. sanagaensis	02	1,0
	Pr. nanokiensis, M. nchouinounensis, M. njoyal, 1. assambal et 1. sanagaensis	14	1,0
	M imami M kouontamoensis M nanokiensis M nehoutnounensis T assambai et T sanagaansis	01	0.5
nar siv (6)	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nenouinounensis, T. ussumbul et T. sunuguensis	01	0.5
espèces	M. imami, M. kouoptamoensis, M. nchoutnounensis, M. njovai, T. assambai et T. sanagaensis	01	0,5
	Sous-total	03	1,6
	Total	192	100

Tableau XXIII. Différents types d'associations des espèces de Myxosporidies sur les branchies chez L. senegalensis

T. assambai et *T. sanagaensis* ont constitué l'association parasitaire la plus récurente dans le cas d'infestation par 5 espèces de Myxosporidies (35,7% des cas du lot) (Tableau XXIII).

Dans le parasitisme par deux espèces, *M. imami* et *T. sanagaensis* ont été des espèces qui ont éffectué plus de combinaisons (37,5%) ; tandis que *T. assambai* a été plus impliquée dans les combinaisons spécifiques lors du paratisme par 3, 4 ou 5 espèces sur les filaments branchiaux de *L. senegalensis* (Tableau XXIV).

			Parasiti	sme		
	mono- spécifique	par 2 espèces	par 3 espèces	par 4 espèces	par 5 espèces	par 6 espèces
Espèces parasites	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
M. imami	1 (16,7)	6 (37,5)	7 (46,7)	9 (69,2)	5 (71,4)	3 (100)
M. kouoptamoensis	1 (16,7)	3 (18,8)	4 (26,7)	7 (53,8)	5 (71,4)	3 (100)
M. nanokiensis	00	3 (18,8)	3 (20,0)	4 (30,8)	3 (42,9)	2 (66,7)
M. nchoutnounensis	1 (16,7)	4 (25,0)	7 (46,7)	7 (53,9)	5 (71,4)	2 (66,7)
M. njoyai	1 (16,7)	5 (31,3)	4 (26,7)	8 (61,5)	5 (71,4)	2 (66,7)
T. assambai	1 (16,7)	4 (25,0)	11 (73,3)	10 (76,9)	7 (100)	3 (100)
T. sanagaensis	1 (16,7)	6 (37,5)	8 (53,3)	7 (53,9)	5 (71,4)	3 (100)
Nombre de	6 (10.0)	16 (26 7)	15 (25 A)	12 (21 7)	7 (11 7)	3 (5 0)
combinaisons (%)	0 (10,0)	10 (20,7)	15 (25,0)	13 (21,7)	/(11,/)	3 (3,0)

Tableau XXIV.Distribution des fréquences des espèces de Myxosporidies en fonctiondes types de parasitisme sur les branchies de *L. senegalensis*

n : nombre d'associations dans lesquelles l'espèce participe ; % : pourcentage.

III.1.3.3.1.2. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques des Myxosporidies en fonction des côtés du corps de *L. senegalensis*

Le tableau XXV présente les taux d'infestation des filaments branchiaux par les kystes des Myxosporidies récoltées sur chaque côté du corps de *L. senegalensis*. Statistiquement, toutes les Myxosporidies recensées sur les filaments branchiaux de cette espèce hôte ont infesté indifféremment les deux côtés du poisson hôte ($\chi^2 = 0,00$; P = 1,00). Sur chaque côté de l'hôte, *M. imami* et *T. assambai* ont présenté des taux d'infestation statistiquement les plus élevés (respectivement 49,5% et 42,2% pour le côté gauche et 53,9% et 43,2% pour le côté droit), et *M. nanokiensis* le taux le plus faible (14,6% et 15,1% pour les côtés gauche et droit respectivement) (Tableau XXV).

Par ailleurs, le tableau XXVI présente les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des côtés du corps de *L. senegalensis*. Il est apparu que, le côté du corps n'influençait pas de manière significative la distribution des kystes de ces parasites chez *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga (W = 16855,0 ; P = 0,675). Les charges kystiques

moyennes significativement les plus élevées de chaque côté de l'hôte sont présentées par *Myxobolus imami* (86,1 kystes à gauche et 78,0 kystes à droite), *M. nanokiensis* (75,5 kystes à gauche et 76,0 kystes à droite) et *T. assambai* (74,1 kystes à gauche et 63,5 kystes à droite) ; la différence entre les charges kystiques moyennes des autres espèces n'a pas semblé significative (Tableau XXVI).

		Côtés (N	= 206)		— Test statistique		
Espèces parasites	ga	uche	d	roit			
	n1	%	n2	%	χ^2	Р	
M. imami	102	49,5 ª	111	53,9 ª	0,13	0,719	
M. kouoptamoensis	45	21,8 ^{b,c}	41	19,9 ^{b,c}	0,52	0,472	
M. nanokiensis	30	14,6°	31	15,1°	0,002	0,965	
M. nchoutnounensi	59	28,6 ^b	66	32,0 ^b	0,22	0,636	
M. njoyai	42	20,4 ^{b,c}	40	19,4 ^{b,c}	0,12	0,731	
T. assambai	87	42,2ª	89	43,2 ^{a,b}	0,03	0,853	
T. sanagaensis	79	38,4 ^{a,b}	84	40,8 ^{a,b}	0,02	0,876	
Total	182	88,4	190	92,2	0,000	1,000	
Valeur de χ^2 (P)	103,30	(< 0,001)	123,5	(< 0,001)			

Tableau XXV.Variation des taux d'infestation par les kystes des Myxosporidies enfonction des côtés de *L. senegalensis*

N : nombre d'individus hôtes examinés ; **n1 et n2** : effectif d'hôtes parasités respectivement des côtés gauche et droit ; M. : Myxobolus ; T. : Thelohanellus ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation de chaque côté : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Tableau XXVI.Charges kystiques des Myxosporidies en fonction des côtés de L.senegalensis

		Côtés	Tost statisticus				
Espèces parasites		gauche		droit	i esi siausuque		
	n1 Cm		n2 Cm		W	Р	
M. imami	102	86,1 ± 13,64 ^a	111	78,0 ± 12,02 ^a	17394	0,918	
M. kouoptamoensis	45	$20,6 \pm 5,89^{b}$	41	$21,0 \pm 6,25^{b}$	16785	0,510	
M. nanokiensis	30	75,5 \pm 22,81 ^a	31	$76,0 \pm 23,77^{a}$	17268	0,974	
M. nchoutnounensi	59	$14,8 \pm 2,82^{b}$	66	$12,4 \pm 2,15^{b}$	17571	0,748	
M. njoyai	42	5,8 \pm 1,34 ^b	40	5,0 \pm 1,23 ^b	17060	0,759	
T. assambai	87	74,1 \pm 15,60 ^a	89	$63,5 \pm 12,84^{a}$	17003	0,765	
T. sanagaensis	79	$7,2 \pm 1,42^{b}$	84	$7,0 \pm 1,11^{b}$	17514	0,812	
Total	182	110,5 ± 12,64	190	100,28 ± 11,09	16855	0,675	
Valeur de H (P)	121,50 (< 0,001)		12	1,40 (< 0,001)			

N: nombre d'individus hôtes examinés ; n1 et n2: effectif d'hôtes parasités respectivement des côtés gauche et droit ; C_m : charge kystique moyenne ; M. : Myxobolus ; T. : *Thelohanellus*. H : valeur du test de Kruskal-Wallis ; W : valeur du test de Wilcoxon ; P : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des charges kystiques moyenne : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

III.1.3.3.1.3. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques moyennes en fonction des arcs branchiaux chez *L. senegalensis*

La variation des taux d'infestation par les kystes de toutes les espèces de Myxosporidies en fonction des arcs branchiaux chez *L. senegalensis* n'a pas été statistiquement significative $(\chi^2 = 0.53; P = 0.912)$ (Tableau XXVII). Sur tous les arcs branchiaux, les taux d'infestation par *M. imami* et *T. assambai* ont semblé statistiquement identiques et les plus élévés ; tandis que *M. nanokiensis* et *M. njoyai* ont présenté des taux d'infestation les plus bas (entre 11,2% et 14,1%) et de manière significative (Tableau XXVII).

De même, la variation des charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies entre les quatre holobranchies n'a pas été significative (H = 7,77 ; P = 0,051) (Tableau XXVIII). Sur les arcs I, II et III, les charges kystiques moyennes de *M. imami* (52,0 kystes pour l'arc I, 42,3 pour l'arc II et 41,4 pour l'arc III), *M. nanokiensis* (40,5 kystes pour l'arc I, 42,9 pour l'arc II et 37,1 pour l'arc III) et *T. assambai* (45,2 kystes pour l'arc I, 39,1 pour l'arc II et 38,9 pour l'arc III) ont été statistiquement identiques et les plus élévés, et la variation entre les charges kystiques moyennes des autres espèces parasites n'a pas été significative. Au niveau de l'arc IV, *M. imami* et *M. nanokiensis* ont formé le plus grand nombre moyen de kystes avec 39,7 kystes et 53,9 kystes respectivement (Tableau XXVIII).

III.1.3.3.1.4. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques en fonction des hémibranchies chez *L. senegalensis*

Les tableau XXIX et XXX présentent respectivement les taux d'infestation et les charges kystiques moyennes des différentes espèces étudiées en fonction des hémibranchies (antérieure et postérieure) des individus hôtes. Pour les Myxosporidies (toutes espèces confondues) récoltées dans les branchies de *L. senegalensis*, la différence entre les taux d'infestation ($\chi^2 = 0,68$; P = 0,410) et celle entre les charges kystiques moyennes (W = 18277,0; P = 0,298) des deux hémibranchies ont été statistiquement non significatives. Sur les hémibranchies antérieures de *L. senegalensis*, les taux de parasitisme par *M. imami* (53,9%), *T. assambai* (46,1%) et *T. sanagaensis* (44,2%) ont été statistiquement identiques et les plus élevés ; la différence entre les taux d'infestation par les autres espèces parasites (*M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis* et *M. njoyai*) de cette hémibranchie a semblé non significative (Tableau XXIX). Sur les hémibranchies postérieures des spécimens hôtes, *M. imami* a été fréquente avec un taux de 50,5%, suivi de *T. assambai* (36,9%) et *T.*

	Arcs (N = 206)									- Test statisticus	
Espèces parasites	Ι			II		III		IV		i est statistique	
	n1	%	n2	%	n3	%	n4	%	χ^2	Р	
M. imami	98	47,6 ^a	106	51,5ª	96	46,6 ^a	96	46,6 ^a	1,32	0,724	
M. kouoptamoensis	41	19,9°	41	19,9°	28	13,6 ^b	33	16,0 ^{b,c}	4,22	0,238	
M. nanokiensis	29	14,1°	29	14,1°	26	12,6 ^b	23	11,2 ^c	1,08	0,782	
M. nchoutnounensis	53	25,8 ^{b,c}	45	21,8 ^{b,c}	49	23,8 ^b	52	25,2 ^b	1,03	0,793	
M. njoyai	30	14,6°	29	14,1°	26	12,6 ^b	24	11,7°	0,97	0,809	
T. assambai	79	38,4 ^{a,b}	82	39,8 ^{a,b}	83	40,3 ^a	76	36,9 ^{a,b}	0,61	0,893	
T. sanagaensis	69	33,5 ^b	70	34,0 ^b	74	35,9 ª	57	27,7 ^b	3,60	0,307	
Total	175	84,9	177	85,9	180	87,4	178	86,4	0,53	0,912	
Valeur P	<	0,001	<	0,001	< (),001	<	0,001			

 Tableau XXVII.
 Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies suivant les arcs branchiaux de L. senegalensis

N : nombre d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2**, **n3** et **n4** : effectif d'hôtes parasités au niveau des arcs branchiaux I, II, III et IV respectivement ; M. : Myxobolus ; T. : *Thelohanellus* ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

		$\mathbf{Arcs}\ (\mathbf{N}=206)$									
Espèces parasites		Ι		Π		III		IV	stat	istique	
	n1	Cm	n2	Cm	n3	Cm	n4	Cm	Н	Р	
M. imami	98	52,0 \pm 8,5 ^a	106	42,3 \pm 6,6 ^a	96	41,4 \pm 6,5 ^a	96	39,7 ± 5,9 ^{a,b}	2,51	0,473	
M. kouoptamoensis	41	$11,9 \pm 2,3^{b}$	41	$11,2 \pm 3,0^{b}$	28	$14,2 \pm 5,1^{b}$	33	$13,6 \pm 4,8^{b,c}$	2,34	0,505	
M. nanokiensis	29	40,5 \pm 10,8 ^a	29	42,9 ± 12,8 ^a	26	37,1 ± 11,3 ^a	23	53,9 ± 18,8 ^a	0,37	0,946	
M. nchoutnounensis	53	8,7 ± 1,5 ^b	45	$9,0 \pm 2,0^{b}$	49	6,9 ± 1,2 ^b	52	9,3 ± 1,7 ^c	1,22	0,749	
M. njoyai	30	$4,6 \pm 1,0^{b}$	29	$4,3 \pm 1,1^{b}$	26	$3,5 \pm 0,9^{b}$	24	$3,3 \pm 0,9^{c}$	0,62	0,891	
T. assambai	79	$45,2 \pm 7,8^{a}$	82	$39,1 \pm 8,9^{a}$	83	$38,9 \pm 8,5^{a}$	76	$27,7 \pm 6,6^{b}$	5,62	0,132	
T. sanagaensis	69	5,0 ± 1,1 ^b	70	$4,6 \pm 0,7^{b}$	74	$3,8 \pm 0,5^{b}$	57	$3,6 \pm 0,9^{c}$	3,93	0,269	
Total	175	64,4 ± 6,9	177	57,8 ± 6,6	180	51,5 ± 6,1	178	47,1 ± 5,6	7,77	0,051	
Valeur de P		< 0,001		< 0,001		< 0,001		< 0,001			

Tableau XXVIII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies suivant les arcs branchiaux chez L. senegalensis

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2**, **n3**, **n4** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des arcs branchiaux I, II, III et IV respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; **H** : valeur du test de Kruskal-Wallis ; **P** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

sanagaensis (35,9%) (Tableau XXIX). *Myxobolus imami, M. nanokiensis* et *T. assambai* ont significativement plus formé des kystes sur chacune des deux hémibranchies de *L. senegalensis*; les différences entre les nombres moyens des kystes des autres espèces ont été non significatives (Tableau XXX).

	Hé	émibranch	T				
Espèces parasites	anté	rieures	posté	rieures	- i est statistique		
	n	%	n	%	χ^2	Р	
M. imami	111	53,9 ª	104	50,5 ^a	0,48	0,490	
M. kouoptamoensis	44	21,4 ^b	42	20,4 ^{c,d}	0,06	0,808	
M. nanokiensis	35	17,0 ^b	30	14,6 ^{c,d}	0,46	0,499	
M. nchoutnounensis	62	30,1 ^b	63	30,6 ^{b,c}	0,01	0,915	
M. njoyai	40	19,4 ^b	37	18,0 ^{c,d}	0,14	0,705	
T. assambai	95	46,1 ª	76	36,9 ^b	3,61	0,057	
T. sanagaensis	91	44,2 ^a	74	35,9 ^b	2,92	0,087	
Total	188	91,3	183	88,8	0,68	0,410	
Valeur de P		< 0,001		< 0,001			

Tableau XXIX. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des hémibranchies chez *L. senegalensis*

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1 et n2** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des hémibranchies antérieure et postérieure respectivement ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des taux d'infestation dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Tableau XXX.Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonctiondes hémibranchies chez L. senegalensis

		Hémibranch	Valeurs du test				
Espèces parasites		antérieures	р	ostérieures	statistique		
	n1	Cm	n2	Cm	W	Р	
M. imami	111	80,0 ± 12,6 ^a	104	81,6 ± 12,5 ^a	5557,5	0,639	
M. kouoptamoensis	44	$21,1 \pm 6,5^{b}$	42	$20,5 \pm 5,5^{b}$	902,0	0,852	
M. nanokiensis	35	$65,6 \pm 19,8^{a}$	30	77,6 \pm 24,7 ^a	538,0	0,869	
M. nchoutnounensis	62	$14,1 \pm 2,6^{b}$	63	$12,9 \pm 2,3^{b}$	2040,0	0,668	
M. njoyai	40	$6,0 \pm 1,3^{b}$	37	5,3 \pm 1,2 ^b	742,5	0,983	
T. assambai	95	71,1 \pm 14,2 ^a	76	70,4 ± 15,1 ^a	3524,5	0,791	
T. sanagaensis	91	$7,8 \pm 1,4^{b}$	74	$6,0 \pm 1,2^{b}$	3719,5	0,244	
Total	188	110,01 ± 12,1	183	101,0 ± 11,5	18277,0	0,298	
Valeur de P		< 0,001		< 0,001			

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1 et n2** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des hémibranchies antérieure et postérieure respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; **W** : test de Wilcoxon ; **P** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes dans les colonnes : lettres identiques = différence non significative ; lettres différences = différence significative.

III.1.3.3.1.5. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques des espèces de Myxosporidies suivant les secteurs branchiaux chez *L. senegalensis*

La différence dans le taux de parasitisme par les kystes des Myxosporidies (toutes espèces confondues) dans chacun des trois secteurs branchiaux de *L. senegalensis* a été statistiquement significative ($\chi^2 = 7,00$; P = 0,030). Seules *M. nchoutnounensis* (P = 0,048) et *T. sanagaensis* (P < 0,001) infestaient différemment et de manière significative les différents secteurs branchiaux. Bien que le plus faible pourcentage d'infestation exprimé par *M. nchoutnounensis* (21,4%) ait été enregistré dans le secteur ventral des branchies, il a été statistiquement comparable à celui du secteur dorsal qui a été de 26,2% (Tableau XXXI). Le taux d'infestation par les kystes de *T. sanagaensis* a été plus élevé dans le secteurs branchial moyen (43,2%) et a été différent de manière significative de ceux exprimés dans les secteurs ventral (24,4%) et dorsal (33,0%) (Tableau XXXI). À l'échelle de l'arc branchial, la prévalence de *M. nchoutnounensis* a été différent d'un secteur à l'autre de manière significative, excepté sur l'arc II. *Thelohanellus sanagaensis* a infesté plus et de manière significative le secteur moyen de tous les arcs branchiaux (Tableau XXXI).

Dans tous les secteurs, *M. imami* et *T. assambai* comparés aux autres espèces parasite, ont présenté significativement les taux d'infestation les plus élevés (47,1%, 53,9% et 47,6% pour *M. imami* et 34,9%, 44,7% et 37,4% pour *T. assambai* respectivement pour les secteurs ventral, moyen et dorsal). Les prévalences de *M. kouoptamoensis, M. nanokiensis* et *M. njoyai* ont été semblables et significativement les plus faibles (Tableau XXXI).

		Secter	Valeurs du test						
Espèces parasites	ve	ntraux	m	moyens		orsaux	statistique		
	n1	%	n2	%	n3	%	χ^2	Р	
M. imami	97	47,1 ^a	111	53,9 ^a	98	47,6 ^a	2,37	0,306	
M. kouoptamoensis	33	16,0 °	46	22,3 ^{b,c}	36	17,5°	2,92	0,232	
M. nanokiensis	29	14,1 °	35	17,0 °	27	13,1 °	1,32	0,516	
M. nchoutnounensis	44	21,4 ^{b,c/B}	66	32,0 ^{b/A}	54	26,2 ^{b,c/B}	6,05	0,048	
M. njoyai	28	13,6 °	38	18,4 °	27	13,1 °	2,74	0,254	
T. assambai	72	34,9 ^{a,b}	92	44,7 ^{a,b}	77	37,4 ^{a,b}	4,41	0,111	
T. sanagaensis	50	24,3 ^{b/B}	89	43,2 ^{a,b/A}	68	33,0 ^{b/B}	16,71	< 0,001	
Total	173	84,0	190	92,2	179	86,9	7,00	0,030	
Valeurs du test χ^2	103,50		1	117,20		09,60			
statistique P	<	< 0,001		< 0,001		0,001			

Tableau XXXI. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des secteurs branchiaux chez *L. senegalensis*

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1, n2 et n3** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des secteurs branchiaux ventral, moyen et dorsal respectivement ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; *M* : *Myxobolus* ; *T* : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des taux d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Les données contenues dans le tableau XXXIII nous renseignent sur les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des secteurs branchiaux chez *L. senegalensis*. Pour chaque secteur branchial, la différence entre les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies a été hautement significative (P < 0,001). On a noté que la charge kystique moyenne de *M. imami* a été significativement plus élevée dans tous les secteurs des branchies avec 28,9 kystes dans le secteur ventral, 91,6 kystes dans le secteur moyen et 44,9, kystes dans le secteur dorsal (Tableau XXXIII).

Les kystes de Myxosporidies (toutes les espèces confondues) n'ont pas été uniformément répartis entre les secteurs branchiaux de *L. senegalensis* (H = 53,45 ; P < 0,001). *Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, T. assambai* et *T. sanagaensis* ont présenté des charges kystiques moyennes plus élevées dans le secteur moyen de la branchie (Tableau XXXIII) ; ces charges kystiques moyennes ont varié significativement de celles enregistrées sur les branchies dans le secteur ventral d'une part et dans le secteur dorsal d'autre part (Tableau XXXIII).

				1			8
Employe	_		Secteur	Vale	eurs du		
parasites	Arcs	ventraux		moyens	dorsaux	test statistique	
		n1	%	n2 %	n3 %	χ^2	Р
	Ι	21	10,2 ^{a/B}	45 21,8 ^{a/A}	31 15,0 ^{a/A,B}	10,69	0,005
М.	II	21	10,2 ^a	38 18,4 ª	29 14,1 ª	5,79	0,055
nchoutnounensis	III	18	8,7 ^{a/B}	46 22,3 ^{a/A}	26 12,6 ^{a/B}	15,88	< 0,001
	IV	21	10,2 ^{a/B}	46 22,3 ^{a/A}	33 16,0 ^{a/A,B}	11,38	0,003
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	0,38 (0,945)		1,33 (0,722)	1,06 (0,787)		
	Ι	26	12,6 ^{a/B}	56 27,2 ^{a/A}	38 18,4 ^{a/A,B}	14,15	< 0,001
T	II	20	9,7 ^{a/B}	61 29,6 ^{a/A}	28 13,6 ^{a,b/B}	30,44	< 0,001
T. sanagaensis	III	23	11,2 ^{a/B}	57 27,7 ^{a/A}	42 20,4 ^{a/A}	18,49	< 0,001
	IV	15	7,3 ^{a/B}	44 21,4 ^{a/A}	23 11,2^{b/B}	18,49	< 0,001
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	3,60	(0,308)	4,12 (0,249)	8,50 (0,037)		

Tableau XXXII. Taux d'infestation par les ksytes de *M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* en fonction des secteurs branchiaux de chaque arc branchial chez *L. senegalensis*

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1, n2 et n3** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des secteurs branchiaux ventral, moyen et dorsal respectivement ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des taux d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.
			Secteur	s branchiaux (N = 20	6)		Valeu	rs du test
Espèces parasites		ventraux		moyens		dorsaux	stat	istique
	n1	Cm	n2	Cm	n3	Cm	Н	Р
M. imami	97	$28,9 \pm 5,9^{a/C}$	111	91,6 ± 13,7 ^{a/A}	98	44,9 \pm 6,6 ^{a/B}	24,41	< 0,001
M. kouoptamoensis	33	$10,0 \pm 3,6^{b}$	46	19,6 \pm 5,3 ^b	36	$15,5 \pm 4,4^{b,c}$	3,35	0,187
M. nanokiensis	29	$25,3 \pm 8,0^{a,b}$	35	79,9 \pm 25,9 ^a	27	40,3 \pm 11,0 ^{a,b}	3,59	0,166
M. nchoutnounensis	44	$\textbf{4,2} \pm 0,8^{\text{b/B}}$	66	$16,0 \pm 3,0^{b/A}$	54	$8,2 \pm 1,5^{c/B}$	23,10	< 0,001
M. njoyai	28	$2,9 \pm 0,8^{b}$	38	6,1 \pm 1,4 ^b	27	4,4 ± 1,0 ^c	3,33	0,189
T. assambai	72	$\textbf{21,9} \pm 4,0^{a,b/B}$	92	90,9 \pm 21,2 ^{a/A}	77	$28,1 \pm 5,5^{b/B}$	16,88	< 0,001
T. sanagaensis	50	$4,0 \pm 1,2^{b/B}$	89	$7,8 \pm 1,1^{b/A}$	68	$\textbf{3,9} \pm 0,7^{c/B}$	21,89	< 0,001
Total	173	$34,2 \pm 4,4^{C}$	190	$127,4 \pm 15,1^{A}$	179	50,5 \pm 5,3 ^B	53,45	< 0,001
Valeur de H (P)	89	,84 (< 0,001)		117,2 (< 0,001)	106	5,18 (< 0,001)		

Tableau XXXIII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des secteurs branchiaux chez L. senegalensis

N: effectif d'individus hôtes examinés ; n1, n2 et n3: effectif d'individus hôtes parasités au niveau des secteurs branchiaux ventral, moyen et dorsal respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; H: valeur du test de Kruskal-Wallis ; P: valeur de la probabilité. Comparaison par paire des charges kystiques parasitaires (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différences = différence significative.

			Sect	teurs t	oranchiaux (N =	= 206)		- Voloura du s	tost statisticus
Espèces parasites	Arcs		ventraux		moyens		dorsaux	valeurs uu	lest statistique
		n1	Cm	n2	Cm	n3	Cm	Η	Р
	Ι	76	10,4 \pm 2,3 ^{a/B}	96	$30,2 \pm 4,8^{a/A}$	79	$18,5 \pm 2,7^{a/A}$	27,34	< 0,001
M imami	II	73	$10,3 \pm 2,1^{a/B}$	96	26,6 \pm 3,9 ^{a/A}	83	$14,1 \pm 2,1^{a/A,B}$	18,65	< 0,001
1 11. t manti	III	65	$10,8 \pm 2,1^{a/B}$	92	25,1 \pm 3,8 ^{a/A}	77	$12,5 \pm 1,8^{a/A,B}$	12,53	0,002
	IV	71	$7,8 \pm 1,5^{a/B}$	91	27,0 ± 3,9 ^{a/A}	75	$10,7 \pm 1,6^{a/B}$	25,47	< 0,001
Valeurs du test statistique	H (P)		1,46 (0,691)		1,23 (0,745)		7,17 (0,067)		
	Ι	21	$2,3 \pm 0,5^{a/B}$	45	6,1 ± 1,0 ^{a/A}	31	$4,5 \pm 0,8^{b,c/A}$	9,84	0,007
M nchautnaunansis	II	21	$2,3 \pm 0,6^{a/B}$	38	$6,6 \pm 1,4^{a/A}$	29	$3,6 \pm 0,9^{a,c/A,B}$	11,42	0,003
M. nchounounensis	III	18	$2,5 \pm 0,7^{ m a/B}$	46	$4,8 \pm 1,0^{a/A}$	26	$2,6 \pm 0,5^{ m a,c/A,B}$	7,26	0,026
	IV	21	$2,0 \pm 0,4^{a/B}$	46	$6,8 \pm 1,4^{a/A}$	33	$3,9 \pm 0,6^{a,c/A,B}$	14,74	< 0,001
Valeurs du test statistique	H (P)	1	,39 (0,709)	3,03 (0,387)			5,60 (0,133)		
	Ι	49	9,1 \pm 1,6 ^{a/B}	76	30,9 \pm 6,1 ^{a/A}	58	$13,3 \pm 2,2^{a/A,B}$	9,62	0,008
T accambai	II	58	$7,6 \pm 1,5^{a/B}$	77	$29,0 \pm 7,7^{a/A}$	62	$8,6 \pm 1,6^{a/B}$	25,10	< 0,001
1. assambai	III	59	$6,6 \pm 1,3^{a/B}$	76	$30,1 \pm 7,0^{a/A}$	53	$10,4 \pm 2,9^{a/B}$	22,54	< 0,001
	IV	50	6,1 \pm 1,3 ^{a/B}	65	$22,9 \pm 6,3^{a/A}$	41	$7,5 \pm 1,5^{a/B}$	21,3	< 0,001
Valeurs du test statistique	H (P)	5	,30 (0,151)	0	,84 (0,840)	4	4,55 (0,208)		
	Ι	26	$2,9 \pm 1,0^{a}$	56	$3,5 \pm 0,6^{a}$	38	$2,1 \pm 0,4^{a}$	4,17	0,124
Tanananain	II	20	$2,5 \pm 0,6^{a}$	61	$3,5 \pm 0,5^{a}$	28	$2,0 \pm 0,3^{a}$	4,67	0,097
T. sanagaensis	III	23	$1,7 \pm 0,4^{a/B}$	57	$3,0 \pm 0,4^{a/A}$	42	${f 1,\!8}\pm 0,\!2^{{ m a}/{ m B}}$	10,50	0,005
	IV	15	$2,5 \pm 0,8^{a}$	44	$2,6 \pm 0,4^{a}$	23	$2,4 \pm 0,9^{a}$	3,53	0,171
Valeurs du test statistique	H (P)	1	,74 (0,628)	1	,77 (0,622)	,	2,07 (0,558)		

Tableau XXXIV. Charges kystiques moyennes de *M. imami, M. nchoutnounensis, T. assambai* et *T. sanagaensis* en fonction des secteurs branchiaux de chaque arc branchial chez *L. senegalensis*

N: effectif d'individus hôtes examinés ; n1, n2 et n3: effectif d'individus hôtes parasités au niveau des secteurs branchiaux ventral, moyen et dorsal respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; M. : Myxobolus ; T. : Thelohanellus ; H : valeur du test de Kruskal-Wallis ; P : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Sur chacun des quatre arcs branchiaux de *L. senegalensis*, on a constaté également que les charges kystiques moyennes de *M. imami*, *M. nchoutnounensis* et *T. assambai* ont été significativement plus importantes dans le secteur moyen et plus faibles dans le secteur ventral (P < 0,05) (Tableau XXXIV). La variation de la charge kystique moyenne de *T. sanagaensis* en fonction des secteurs a été significative uniquement au niveau de l'arc III (H = 10,50; P = 0,005) (Tableau XXXIV).

III.1.3.3.1.6. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques des espèces de Myxosporidies suivant les zones branchiales chez *L. senegalensis*

Dans chacune des zones branchiales, la différence entre les taux d'infestation par les kystes des espèces parasites a été hautement significative (P < 0,001). Dans toutes les zones, *M. imami*, a été l'espèce la plus fréquente avec un taux de 41,7% dans la zone basale, 51,0% dans la zone médiane et 48,5% dans la zone distale. Chez *L. senegalensis*, le taux d'infestation par les kystes des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) n'a pas varié de manière significative en fonction des zones branchiales (Tableau XXXV). Néanmoins, *M. kouoptamoensis* a infesté significativement plus la zone distale de la branchie avec un taux de 24,3% ($\chi^2 = 67,84$; P < 0,001). De même, *M. nanokiensis* a infesté plus la zone branchiale distale avec un taux d'infestation de 17,0% ($\chi^2 = 7,51$; P = 0,023); de plus son taux d'infestation augmentait dans le sens proximo-distal (Tableau XXXV). Dans la zone branchiale basale, les taux d'infestation par *M. njoyai* (18,4%) et par *T. sanagaensis* (38,3%) ont été significativement les plus élevés (P < 0,05). Sur les branchies, le taux d'infestation par les kystes de *M. njoyai* diminuait dans le sens proximo-distal (Tableau XXXV). Les prévalences de *T. sanagaensis* dans les zones basale (38,3%) et médiane (34,5%) ont été statistiquement semblables (Tableau XXXV).

Les données contenues dans le tableau XXXVI révèlent que le taux d'infestation par les kystes de *M. kouoptamoensis* a été significativement plus élevé dans la zone distale sur tous les arcs branchiaux, alors que l'infestation de cette zone par les kystes de *M. nanokiensis* et *M. njoyai* n'a pas été significativement différente de celles des autres zones sur les arcs III et IV. Sur tous les arcs chez *L. senegalensis*, les taux d'infestation par les kystes de *T. sanagaensis* ont été statistiquement identiques dans les zones basale et médiane et plus élevés comparés à celui observé dans la zone distale (P < 0,001).

Dans chacune des zones branchiales chez *L. senegalensis*, la différence entre les charges kystiques moyennes des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) a été hautement significative (Tableau XXXVII). D'une zone branchiale à l'autre, la variation de la charge

kystique moyenne de *M. imami, M. kouoptamoensis* et *T. assambai* a été significative ; les charges kystiques moyennes significativement les plus élevées de *M. imami* (87,0 kystes) et *T. assambai* (59,6 kystes) ont été enregistrées dans la zone médiane (P < 0,001 et P = 0,004 respectivement), tandis que celle de *M. kouoptamoensis* a été statistiquement plus élevée dans la zone distale (33,4 kystes) (H = 10,74 ; P = 0,005) (Tableau XXXVII). Par ailleurs, dans le cas d'infestation par *T. assambai*, la différence entre les charges kystiques dans les zones basale et médiane est non significative. La variation des charges kystiques moyennes de *M. nanokiensis*, *M. nchoutnounensis, M. njoyai* et *T. sanagaensis* en fonction des zones branchiales chez les *L. senegalensis* n'a pas été statistiquement significative (Tableau XXXVII).

		Zone	s bran	chiales (N	= 206	<u>(</u>)	Valeur	s du test	
Espèces parasites	ba	asales	m	médianes		istales	statistique		
	n1	%	n2	%	n3	%	χ^2	Р	
M. imami	86	41,7 ^a	105	51,0 ^a	100	48,5 ^a	3,79	0,150	
M. kouoptamoensis	2	1,0 ^{c/C}	13	6,3 ^{c/B}	50	24,3 ^{b/A}	67,84	< 0,001	
M. nanokiensis	17	8,3 ^{b,c/B}	29	14,1 ^{c/A,B}	35	17,0 ^{b,c/A}	7,51	0,023	
M. nchoutnounensis	40	19,4 ^b	57	27,7 ^b	45	21,8 ^b	4,14	0,126	
M. njoyai	38	18,4 ^{b/A}	21	10,2 ^{b,c/B}	18	8,7 ^{c/B}	9,92	0,007	
T. assambai	80	38,8 ª	93	45,1 ^{a,b}	69	33,5 ^b	5,89	0,053	
T. sanagaensis	79	38,3 ^{a/A}	71	34,5 ^{b/A}	4	1,9 ^{c/B}	114,8	< 0,001	
Total	176	85,4	180	87,4	167	81,1	3,26	0,196	
Valeur de χ^2 (P)	2 (<	10,73 0,001)	2	203,84	1	72,01 0.001)			

Tableau XXXV. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des zones branchiales chez *L. senegalensis*

N: effectif d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2 et n3**: effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones branchiales basale, médiane et distale respectivement ; % : pourcentage d'infestation ; M. : Myxobolus ; T. : Thelohanellus ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Les comparaisons par paires des charges kystiques moyennes de Myxosporidies entre les zones branchiales (Tableau XXXVII), a permis de constater que la charge kystique moyenne des Myxosporidies récoltées (toutes les espèces confondues) chez *L. senegalensis* a été statistiquement plus élevée dans la zone médiane (93,6 kystes) ; la différence entre celles des zones branchiales basale et distale est non significative (Tableau XXXVII).

Le plus grand nombre moyen de kystes (55,8 kystes) obtenu dans la zone basale appartenait à *T. assambai*, celui obtenu dans la zone médiane (87,0) appartenait à *M. imami*, tandis que celui enregistré dans la zone distale (102,2) a été produit par *M. nanokiensis* (Tableau XXXVII).

			Z	ones bran	chiales (N = 2	206)		Valeurs du test	
Espèces parasites	Arcs	b	asales	m	édianes	d	istales	sta	atistique
		n1	%	n2	%	n3	%	χ^2	Р
	Ι	1	0,5 ^{a/B}	6	2,9 ^{a/B}	41	19,9 ^{a/A}	64,96	< 0,001
M houghtan operin	II	1	0,5 ^{a/B}	4	1,9 ^{a/B}	41	19,9 ^{a/A}	69,77	< 0,001
M. kouopiamoensis	III	0	//	6	2,9 ^{a/B}	28	13,6 ^{a/A}	16,73	< 0,001
	IV	0	//	6	2,9 ^{a/B}	32	15,5 ^{a/B}	21,34	< 0,001
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	0,0	0 (1,00)	0,6	0 (0,896)	4,4	4 (0,217)		
	I	11	5,3 ^{a/B}	20	9,7 ^{a/B}	29	14,1 ^{a/A}	9,27	0,010
Maranakia	II	11	5,3 ^{a/B}	20	9,7 ^{a/B}	28	13,6 ^{a/A}	8,45	0,015
w. nanokiensis	III	11	5,3 ^a	17	8,3 ^a	21	10,2 ^a	3,48	0,175
	IV	13	6,3 ^a	18	8,7 ^a	21	10,2 ^a	2,11	0,348
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	0,27	' (0,966)	0,3	9 (0,941)	2,6	1 (0,455)		
	I	22	10,7 ^{a/A}	10	4,9 ^{a/A,B}	5	2,4 ^{a/B}	9,89	0,007
NF · · ·	II	21	10,2 ^{a/A}	10	4,9 ^{a/A,B}	7	3,4 ^{a/B}	8,77	0,012
M. njoyal	III	16	7,8 ^a	7	3,4 ^a	8	3,9 ^a	4,69	0,096
	IV	14	6,8 ^a	6	2,9 ^a	9	4,4 ^a	3,53	0,171
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	2,72	2 (0,436)	1,64	4 (0,651)	0,3	6 (0,948)		
	I	43	20,9 ^{a/A}	44	21,4 ^{a/A}	1	0,5 ^{a/B}	68,47	< 0,001
—	II	46	22,3 ^{a/A}	43	20,9 ^{a/A}	2	1,0 ^{a/B}	64,16	< 0,001
T. sanagaensis	III	47	22,8 ^{a/A}	47	22,8 ^{a/A}	2	1,0 ^{a/B}	78.68	< 0.001
	IV	31	15,0 ^{a/A}	33	16,0 ^{a/A}	2	1,0 ^{a/B}	41,65	< 0,001
Valeurs du test statistique	χ^2 (P)	5,10	0 (0,164)	3,4	3 (0,330)	0,4	9 (0,922)	· · · ·	

Tableau XXXVI. Taux d'infestation par les kystes de *M. kouoptamoensis*, *M. nanokiensis*, *M. njoyai* et *T. sanagaensis* en fonction des zones de chaque arc branchial et entre les arcs chez *L. senegalensis*

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2** et **n3** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones branchiales basale, médiane et distale respectivement ; % : pourcentage d'infestation ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus* ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité. Comparaison par paire des taux d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différences = différence significative.

			Zones	branchiales (N = 20	6)		Valeur	s du test	
Espèces parasites		basales		médianes		distales	- statistique		
	n2	Cm	n2	Cm	n3	Cm	Н	Р	
M. imami	86	43,8 ± 11,6 ^{a/B}	105	87,0 ± 12,7 ^{a/A}	100	44,6 \pm 6,7 ^{b/B}	15,26	< 0,001	
M. kouoptamoensis	2	$1,5 \pm 0,5^{c/C}$	13	$9,0 \pm 6,7^{c/B}$	50	$33,4 \pm 8,9^{b/A}$	108,74	0,005	
M. nanokiensis	17	$25,9 \pm 8,7^{a,b}$	29	$20,8 \pm 6,2^{\circ}$	35	$102,2 \pm 34,5^{a}$	3,84	0,147	
M. nchoutnounensis	40	$7,7 \pm 2,5^{b}$	57	$12,5 \pm 2,6^{c}$	45	$14,8 \pm 3,4^{b,c}$	5,10	0,078	
M. njoyai	38	$5,8 \pm 1,4^{b}$	21	$3,3 \pm 0,9^{\circ}$	18	$7,9 \pm 4,0^{c}$	1,34	0,511	
T. assambai	80	$55,8 \pm 11,5^{a/A}$	93	59,6 \pm 12,3 ^{b/A}	69	$\textbf{30,3} \pm 8,3^{\text{b/B}}$	10,79	0,004	
T. sanagaensis	79	$6,0 \pm 0,9^{b}$	71	9,4 \pm 2,6 ^c	4	$4,5 \pm 1,8^{c}$	0,61	0,737	
Total	176	$55,0 \pm 8,0^{\mathrm{B}}$	180	180 93,6 \pm 10,8 ^A		75,6 \pm 10,5 ^B	16,16	< 0,001	
Valeur de H (P)	72	2 ,16 (< 0,001)		106,61 (< 0,001)	- 40),19 (< 0,001)			

Tableau XXXVII. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des zones branchiales chez L. senegalensis

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2 et n3** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones branchiales basale, médiane et distale respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; H : valeur du test de Kruskal-Wallis ; **p** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

Les résultats consignés dans le tableau XXXVIII révèlent que la charge kystique moyenne de *M. imami* a été significativement plus élevée dans la zone médiane sur tous les arcs branchiaux. Entre les zones branchiales médiane et distale de l'arc I, la charge kystique de *M. kouoptamoensis* a présenté une différence significative avec une infestation de la zone basale presque nule. A l'échelle des arcs branchiaux, la variation de la charge kystique de *T. assambai* a été non significative (Tableau XXXVIII).

III.1.3.3.2. Structure spatiale des espèces de Myxosporidies parasites des nageoires de *L. senegalensis*

Dans cette partie du travail, 197 spécimens de *L. senegalensis* présentant des nageoires intactes ont été considérés. Trois espèces de Myxosporidies ont été recensées sur les différents types de nageoires ; il s'agit de *M. nchoutnounensis*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis*.

III.1.3.3.2.1. Associations des espèces de Myxosporidies parasites des nageoires de L. senegalensis

Sur les 197 poissons hôtes considérés dans cette étude, 148 individus ont des nageoires infestées par les Myxosporidies. Un spécimen parasité pouvait héberger à la fois 1 à 3 espèces de Myxosporidies sur les nageoires. Les différentes combinaisons des espèces parasites pour chaque cas d'infestation sont consignées dans le tableau (Tableau XXXIX). Chez les Myxosporidies qui parasitaient les nageoires chez *L. senegalensis* du lac de retenue de Maga, l'infestation mono-spécifique (50,0% des cas) a été la plus observée et le parasitisme par trois espèces a présenté la plus faible fréquence (9,5% des cas) (Tableau XXXIX).

Chez *L. senegalensis*, chacune des 3 espèces de Myxosporidies recensées sur les nageiores, pouvait infester seule l'individu hôte mais *T. sanagaensis* est l'espèce qui présente le pourcentage d'infestation monospécifique le plus élévé. Dans le cas du parasitisme par deux espèces, on a noté 3 combinaisons d'espèces parasites ; et le couple d'espèces le plus renontré a été *T. bicornei* et *T. sanagaensis* (33,1%).

Les taux de participation des trois espèces de Myxosporidies dans chaque type de parasitisme sur les nageoires de *L. senegalensis* ont été identiques (Tableau XL).

					Valeurs	s du test			
Espèces parasites M. imami Valeurs du test statistique M. kouoptamoensis Valeurs du test statistique T. assambai Valeurs du test statistique	Arcs		basales		médianes		distales	statis	tique
		n1	Cm	n2	Cm	n3	Cm	H ou W	Р
	Ι	63	$16,1 \pm 4,8^{a/B}$	89	30, $8 \pm 4,3^{a/A}$	85	$15,7 \pm 2,6^{a/B}$	19,07	< 0,001
M imani	II	61	$\textbf{17,1} \pm 4, 2^{a/A,B}$	92	$25,6 \pm 3,8^{a/A}$	86	$12,6 \pm 1,9^{a/B}$	7,37	0,025
M. Imami	III	64	$15,3 \pm 3,8^{a/B}$	82	$25,6 \pm 3,7^{a/A}$	82	$11,0 \pm 1,5^{a/B}$	13,72	0,001
	IV	56	$13,1 \pm 3,4^{a/B}$	81	$24,0 \pm 3,4^{a/A}$	78	$14,6 \pm 2,2^{a/B}$	13,26	0,001
Valeurs du test statistique	H (P)		1,56 (0,668)		2,07 (0,557)		2,77 (0,428)		
M kouontamoonsis	Ι	1	1 ± 0,0	6	$3,8 \pm 2,1^{a/B}$	41	11,3 \pm 2,1 ^{a/A}	58,5	< 0,001
	II	1	$2 \pm 0,0$	4	$2,8 \pm 1,4^{a/B}$	41	$10,8 \pm 2,8^{a/A}$	45,5	< 0,001
M. kouoptamoensis	III	0	//	6	$7,0 \pm 5,2^{a/B}$	28	$12,7 \pm 4,1^{a/A}$	49,0	< 0,001
	IV	0	//	6	$6,8 \pm 5,6^{a/B}$	32	$\textbf{12,8} \pm 4,0^{a/A}$	72,5	< 0,001
Valeurs du test statistique	H (P)		1,00 (0,317)		1,07 (0,784)		1,80 (0,614)		
	Ι	61	21,3 ± 4,0	72	23,1 ± 3,7	48	12,6 ± 3,0	4,22	0,121
T accombai	II	60	$17,9 \pm 4,3$	80	$19,3 \pm 4,5$	51	11,6 ± 3,2	6,09	0,050
1. assambai	III	65	$19,7 \pm 4,1$	76	$18,2 \pm 4,1$	47	11,9 ± 3,4	5,27	0,072
	IV	61	$13,4 \pm 3,3$	66	$14,4 \pm 3,4$	37	9,0 ± 2,6	4,21	0,122
Valeurs du test statistique	H (P)		3,08 (0,379)		3,56 (0,313)		2,75 (0,431)		

Tableau XXXVIII. Charges kystiques moyennes de *M. imami*, *M. kouoptamoensis* et *T. assambai* en fonction des zones de chaque arc branchial chez *L. senegalensis*

N: effectif d'individus hôtes examinés ; n1, n2 et n3: effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones branchiales basale, médiane et distale respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; H: valeur du test de Kruskal-Wallis ; W: valeur du test de Wilcoxon ; P: valeur de la probabilité ; M. : Myxobolus ; T. : Thelohanellus. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Tableau XXXIX. Différents types d'associations des espèces de Myxosporidies parasites des nageoires de *L. senegalensis*

Parasitisme	Combinaisons	n	%
	M. nchoutnounensis	14	9,4
Mono-	T. bicornei	21	14,2
spécifique	T. sanagaensis	39	26,4
	Sous-total	74	50
	M. nchoutnounensis, T. bicornei	4	2,7
par deux	M. nchoutnounensis, T. sanagaensis	7	4,7
(2) espèces	T. bicornei, T. sanagaensis	49	33,1
	Sous-total	60	40,5
par trois (3)	M. nchoutnounensis, T. bicornei, T. sanagaensis	14	9,5
espèces	Sous-total	14	9,5
	Total	148	100

n : nombre d'individus hôtes parasités ; % : pourcentage.

Tableau XL. Taux de participation des espèces de Myxosporidies dans les types de parasitisme sur les nageoires de *L. senegalensis*

Types de	es de Espèces parasites											
parasitisme	M. nchoutnounensis	T. bicornei	T. sanagaensis	combinaisons								
Mono-parasitisme	1 (14,3%)	1 (14,3%)	1 (14,3%)	3 (42,8%)								
Parasitisme par deux (2) espèces	2 (28,6%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)	3 (42,8%)								
Parasitisme par trois (3) espèces	1 (14,3%)	1 (14,3%)	1 (14,3%)	1 (14,3%)								

III.1.3.3.2.2. Variation des taux d'infestation et des charges kystiques des espèces de Myxosporidies en fonction des types de nageoires chez *L. senegalensis*

Les données du tableau XLI indiquent une variation hautement significative des pourcentages d'infestation par les kystes des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) en fonction du type de nageoires chez *L. senegalensis* ($\chi^2 = 97,32$; P < 0,001). Les trois espèces de Myxosporidies qui infestaient les nageoires de *L. senegalensis*, ont présenté des taux d'infestation significativement plus élevés sur la nageoire caudale (P < 0,001). *Myxobolus nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* ont présenté des taux d'infestation plus faibles sur la nageoire anale tandis que *T. bicornei* infeste moins la nageoire pectorale (Tableau XLI).

Une différence significative (P < 0,01) a été enregistrée entre les taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies sur chaque type de nageoire. Sur tous les types de nageoires, la prévalence de *M. nchoutnounensis* a été significativement la plus faible. Exception faite pour la nageoire pectorale, la différence entre les taux d'infestation par *T. bicornei* et *T. sanagaensis* a été non significative (P > 0,05) sur tous les types de nageoires (Tableau XLI).

En comparant les infestations par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction

du type de nageoire chez *L. senegalensis*, on a remarqué qu'à l'exception de la nageoire caudale, *M. nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* infestaient indifféremment tous les types de nageoires ; tandis que *T. bicornei* qui a présenté un taux d'infestation significativement plus élevé sur la nageoire caudale, a exprimé aussi une différence significative entre d'une part la nageoire pectorale et d'autre part les nageoires dorsale et pelvienne (Tableau XLI).

Les charges kystiques des Myxosporidies (toutes les espèces confondues) ont varié de manière hautement significative en fonction du type de nageoires (H = 78,82; P < 0,001). Le nombre moyen de kystes à myxospores (toutes espèces confondues) enregistré sur la nageoire caudale a été significativement différent de celui obtenu sur chacune des autres nageoires (Tableau XLII). Par ailleurs, les charges kystiques moyennes des espèces parasites recensées sur les nageoires ont été significativement plus élevées sur la nageoire caudale. *Myxobolus nchoutnounensis* et *T. sanagaensis* ont développé moins de kystes sur la nageoire anale alors que la charge kystique moyenne de *T. bicornei* a été plus faible sur la nageoire pectorale (Tableau XLII).

La charge kystique moyenne de *M. nchoutnounensis* recensé sur la nageoire anale est statistiquement différente de celle enregistrée sur les autres nageoires à l'exception de la nageoire pelvienne (Tableau XLII). Les charges kystiques moyennes de *T. bicornei* et *T. sanagaensis* sur les nageoires caudale et pelvienne sont statistiquement différentes de celles des autres nageoires (P < 0.05).

Il est à noter que la différence entre les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies a été significative sur les nageoires caudale et pectorale (Tableau XLII). Sur la nageoire caudale, les charges kystiques moyennes de *M. nchoutnounensis* et *T. bicornei* ont été comparables et statistiquement plus faibles (H = 16,82; P < 0,001). Sur la nageoire pectorale, la charge kystique moyenne de *M. nchoutnounensis* a été significativement la plus élevée (H = 7,58; P = 0,022).

III.1.3.3.2.3. Variation des taux d'infestation et charges kystiques des espèces de Myxosporidies suivant les zones des nageoires chez *L. senegalensis*

Le taux d'infestation des Myxosporidies recensées (toutes espèces confondues) a varié de manière hautement significative (P < 0,001) suivant les zones de chacun des types de nageoire, à l'exception de la nageoire pelvienne. Sur les nageoires anale, dorsale, et pelvienne, le taux d'infestation par les kystes des Myxosporidies a été significativement plus élevé dans la zone médiane ; tandis que sur les nageoires caudale et pectorale, c'est la zone basale qui a été statistiquement la plus infestée (P < 0,001) (Tableau XLIII).

			Espè	ces parasites		- Espèce	s confondues	Valeurs du test			
Types de nageoires (N = 197)	ncho	M. nchoutnounensis		T. bicornei		T. sanagaensis		des Myxosporidies		statistique	
	n1	%	n2	%	n3	%	n	%	χ^2	Р	
Anale	8	4,1 ^{b/B}	25	12,7 ^{b,c/A}	25	12,7 ^{b/A}	46	23,6°	12,66	0,002	
Caudale	27	13,7 ^{a/B}	70	35,5 ^{a/A}	93	47,2 ^{a/A}	132	67,0 ^a	55,59	< 0,001	
Dorsale	11	5,6 ^{b/B}	38	19,3 ^{b/A}	29	14,7 ^{b/A}	66	33,5 ^{b,c}	18,44	< 0,001	
Pectorale	13	6,6 ^{b/B}	17	8,6 ^{c/B}	38	19,3 ^{b/A}	56	28,4 ^{b,c}	17,13	< 0,001	
Pelvienne	12	6,1 ^{b/B}	37	18,8 ^{b/A}	32	16,2 ^{b/A}	69	35,0 ^b	16,76	< 0,001	
Valeurs du test γ	2	14,78		51,83	8	83,73		97,32			
statistique I		0,005	<	0,001	<	0,001	<	< 0,001			

Tableau XLI. Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des types de nageoires chez L. senegalensis

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1, n2 et n3** : effectif d'individus hôtes parasités par *M. nchoutnounensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis* respectivement ; **n** : effectif d'individus hôtes infestés par les trois espèces de Myxosporidies ; **%** : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; *M. : Myxobolus* ; *T. : Thelohanellus*. Comparaison entre les taux d'infestation des espèces de Myxosporidies de chaque type de nageoire (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Tahleau XLII	Charges kystiques mov	vennes des espèces de l	Avxosporidies en fonction	des types de nageoires	chez I senegalensis
Labicau ALII.	Charges Kystiques mo	yennes des espèces de l	viyrospondies en fonction	ues types de nageones	CIICL L. Serieguiensis

Types de pageoires		Espèces parasites					Esp	èces confondues	Valeurs du test	
(N - 197)	M. nc	houtnounensis		T. bicornei	1	F. sanagaensis	des	s Myxosporidies	sta	tistique
(11 - 177)	n2	Cm	n2	Cm	n3	Cm	n	Cm	Н	Р
Anale	8	$1,5 \pm 0,4^{b/A}$	25	$2,1 \pm 0,3^{b/A}$	25	$2,4 \pm 0,5^{b/A}$	46	$2,7 \pm 0,4^{c}$	1,58	0,453
Caudale	27	$6,9 \pm 1,6^{a/B}$	70	$5,2 \pm 0,7^{a/B}$	93	$16,8 \pm 2,7^{a/A}$	132	$16,0 \pm 2,0^{a}$	16,82	< 0,001
Dorsale	11	$4,3 \pm 1,2^{a,b/A}$	38	$3,5 \pm 0,6^{b/A}$	29	$2,9 \pm 0,4^{b/A}$	66	$4,0 \pm 0,4^{b}$	1,23	0,540
Pectorale	13	5,1 \pm 1,4 ^{a/A}	17	$2,0 \pm 0,4^{b/A,B}$	38	2,6 ±0,4 ^{b/A}	56	$3,5 \pm 0,5^{ m b,c}$	7,58	0,022
Pelvienne	12	$2,5 \pm 0,7^{b/B}$	37	$5,0\pm0,8^{\mathrm{a/A}}$	32	$3,4 \pm 0,4^{b/A}$	69	$4,7 \pm 0,6^{b}$	5,09	0,078
Valeurs du test H		12,00		20,95		55,69		78,82		
statistique P		0,017		< 0,001	< 0,000			< 0,001		

N : effectif d'individus hôtes examinés ; n1, n2 et n3 : effectif d'individus hôtes parasités par *M. nchoutnounensis*, *T. bicornei* et *T. sanagaensis* respectivement ; n : effectif d'individus hôtes infestés par les trois espèces de Myxosporidies ; C_m : charge kystique moyenne. H : test de Kruskal-Wallis ; P : valeur de la probabilité ; *M. : Myxobolus* ; *T. : Thelohanellus*. Comparaison entre les charges kystiques moyennes des espèces de myxosporidies de chaque type de nageoire (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

À l'échelle des espèces parasites, *M. nchoutnounensis* a infesté plus la zone basale de chaque type de nageoire de manière significative (P < 0,05), à l'exception de la nageoire anale (P = 0,083). *Thelohanellus bicornei* a présenté un taux d'infestation significativement plus élevé dans la zone médiane de tous les types de nageoires. Le taux d'infestation de *T. sanagaensis* a été moins élevé dans la zone distale de chaque type de nageoire (Tableau XLIII).

La différence entre les taux d'infestation par les espèces de Myxosporidies recensées dans les zones basale et distale des nageoires anale, dorsale et pelvienne, a été non significative (Tableau XLIII). Dans la zone médiane de ces types de nageoires, *T. bicornei* a exprimé un taux d'infestation statistiquement plus élevé que celui des autres espèces (P < 0,001). Sur les nageoires caudale et pectorale, le taux d'infestation statistiquement le plus élevé a été observé chez *T. sanagaensis* dans la zone basale ; dans la zone médiane de ces types de nageoires, on a enregistré une différence non significative entre les taux d'infestation par *T. sanagaensis* et *T. bicornei* (Tableau XLIII).

En comparant l'infestation des espèces de Myxosporidies suivant les zones de la nageoire chez *L. senegalensis*, on a noté une différence significative (P < 0,05) entre les taux d'infestation de *M. nchoutnounensis* sur tous les types de nageoires (Tableau XLIII). Dans le cas d'infestation des zones de la nageoire par *T. bicornei*, une différence non significative a été observée uniquement sur la nageoire pectorale entre d'une part la zone basale et d'autre part les zones médiane et distale (Tableau XLIV). Chez *L. senegalensis*, *T. sanagaensis* a infesté de manière identique les zones basale et médiane des types nageoires, exceptée la nageoire pectorale (Tableau XLIII).

La variation de la charge kystique moyenne des Myxosporidies (toutes espèces confondues) a été significative uniquement sur les nageoires caudale et pelvienne (P = 010 et P = 023 respectivement) (Tableau XLIV). Toutefois, à l'échelle spécifique, aucune espèce parasite n'a présenté une variation de la charge kystique significative sur la nageoire pelvienne. Par contre sur la caudale, *T. bicornei* et *T. sanagaensis* ont exprimé des charges kystiques moyennes significativement plus importantes dans la zone médiane (P < 0,05) (Tableau XLIV).

En comparant les charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies dans chaque zone de la nageoire, on a noté une différence significative entre la charge kystique moyenne des espèces parasites dans chacune des trois zones de la caudale et dans la zone médiane de la nageoire pectorale (Tableau XLIV). Dans chacune des zones de la nageoire caudale, la charge kystique moyenne significativement la plus élevée a été celle de *T. sanagaensis* (Tableau XLIV). Dans la zone médiane de la pectorale, *M. nchoutnounensis* a présenté une intensité kystique moyenne statistiquement plus élevée (H= 9,31 ; P = 0,009).

				Zones de	la nageoire			Valeurs	s du test
Types de nageoire	Espèces parasites	b	asales	m	édianes		distales	statis	stique
		n1	%	n2	%	n3	%	χ^2	Р
	M. nchoutnounensis	7	3,6 ^{a/A}	2	1,0 ^{b/A}	00	//	3,01	0,083
	T. bicornei	8	4,1 ^{a/B}	20	10,2 ^{a/A}	1	0,5 ^{a/C}	22,51	< 0,001
Anale	T. sanagaensis	10	5,1 ^{a/A}	15	7,6 ^{a/A}	1	0,5 ^{a/B}	15,53	< 0,001
	Total	21	10,7 ^A	31	15,7 ^A	2	1,0^B	33,80	< 0,001
	Valeur du test de χ^2 (P)	0,58	8 (0,749)	360,	3 (< 0,001)	(),00 (1,0)		
	M. nchoutnounensis	25	12,7 ^{b/A}	12	6,1 ^{b/B}	00	//	5,14	0,023
	T. bicornei	31	15,7 ^{b/B}	60	30,5 ^{a/A}	13	6,6 ^{b/C}	40,43	< 0,001
Caudale	T. sanagaensis	76	38,6 ^{a/A}	65	33,0 ^{a/A}	26	13,2 ^{a/C}	37,43	< 0,001
	Total	107	54,3 ^A	106	53,8 ^A	35	17,8 ^B	76,05	< 0,001
	Valeur du test de χ^2 (P)	43,65	5 (< 0,001)	23,4	6 (< 0,001)	4,	89 (0,027)		
	M. nchoutnounensis	11	5,6 ^{a/A}	3	1,5 ^{c/B}	00	//	5,03	0,025
	T. bicornei	15	7,6 ^{a/B}	30	15,2 ^{a/A}	2	1,0 ^{a/C}	31,61	< 0,001
Dorsale	T. sanagaensis	16	8,1 ^{a/A}	15	7,6 ^{b/A}	1	0,5 ^{a/B}	19,22	< 0,001
	Total	39	19,8 ^A	42	21,3 ^A	3	1,5 ^B	51,96	< 0,001
	Valeur du test de χ^2 (P)	1,1	1 (0,573)	27,77 (< 0,001)		0,34 (0,558)			
	M. nchoutnounensis	13	6,6 ^{b/A}	3	1,5 ^{b/B}	00	//	7,00	0,008
	T. bicornei	6	3,1 ^{b/A,B}	12	6,1 ^{a/A}	2	1,0 ^{a/B}	8,29	0,016
Pectorale	T. sanagaensis	32	16,2 ^{a/A}	10	5,1 ^{a/B}	1	0,5 ^{a/C}	41,70	< 0,001
	Total	44	22,3 ^A	22	11,2 ^B	3	1,5 [°]	47,77	< 0,001
	Valeur du test de χ^2 (P)	23,04	l (< 0,001)	6,5	0 (0,039)	0,	34 (0,558)		
	M. nchoutnounensis	12	6,1 ^{a/A}	3	1,5 ^{b/B}	00	//	6,00	0,014
	T. bicornei	13	6,6 ^{a/B}	32	16,2 ^{a/A}	4	2,0 ^{a/C}	10,44	0,005
Pelvienne	T. sanagaensis	20	10,2 ^{a/A}	19	9,6 ^{a/A}	2	1,0 ^a	0,25	0,881
	Total	40	20,3 ^A	47	23,9 ^A	6	3,1 ^B	0,84	0,656
	Valeur du test de χ^2 (P)	2,64	4 (0,267)	30,48 (< 0,001)			0,69 (0,406)		

Tableau XLIII.Taux d'infestation par les kystes des espèces de Myxosporidies en fonction des zones de chaque type de nageoire chez L.senegalensis

N : effectif d'individus hôtes examinés ; **n1**, **n2 et n3** : effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones basale, médiane et distale respectivement ; % : pourcentage d'infestation ; χ^2 : khi-deux ; **P** : valeur de la probabilité ; *M*. : *Myxobolus* ; *T*. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des taux d'infestation (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différence significative.

Types de nageoire	Espèces parasites	Zones de la nageoire (N = 197)							
		basales		médianes		distales		valeurs du test statistique	
		n2	Cm	n2	Cm	n3	Cm	H (W)	Р
Anale	M. nchoutnounensis	7	$1,3 \pm 0,2^{a}$	2	$1,5 \pm 0,5^{a}$	00	//	(8,5)	0,722
	T. bicornei	8	${f 1,0}\pm 0,\!0^{{ m a}/{ m B}}$	20	$2,2 \pm 0,3^{a/A}$	1	1,0 ^{a/B}	7,19	0,027
	T. sanagaensis	10	$1,9 \pm 0,5^{a}$	15	$2,3 \pm 0,5^{a}$	1	5,0 ^a	2,65	0,266
	Total	21	$1,7 \pm 0,3$	31	$2,7 \pm 0,4$	2	3,0 ± 2,0	3,49	0,175
	Valeur de H ou W(P)	4,00 (0,135)		0,37 (0,830)		0,0 (1,0)			
Caudale	M. nchoutnounensis	25	$5,2 \pm 1,0^{b}$	12	$4,6 \pm 1,1^{b}$	00	//	(142,5)	0,818
	T. bicornei	31	$\textbf{2,8} \pm 0, 5^{\text{b/A,B}}$	60	$4,2\pm0,5^{\mathrm{a/A}}$	13	$2,0 \pm 0,3^{b/B}$	6,25	0,044
	T. sanagaensis	76	$6,1 \pm \pm 0,8^{\mathrm{a/B}}$	65	$14,7 \pm 3,0^{a/A}$	26	$5,6 \pm 1,0^{a/B}$	8,64	0,013
	Total	107	$6,3 \pm 0,7^{B}$	106	$11,9 \pm 2,0^{A}$	35	${\bf 4,9} \pm 0,8^{ m B}$	9,17	0,010
	Valeur de H ou W(P)	11,38 (0,003)		15,83 (< 0,001)		82,5 (0,007)			
Dorsale	M. nchoutnounensis	11	$3,5 \pm 0,8^{a}$	3	$3,0 \pm 0,6^{a}$	00	//	(17,5)	0,937
	T. bicornei	15	$2,1 \pm 0,4^{a}$	30	$3,1 \pm 0,6^{a}$	2	$2,5 \pm 0,5^{a}$	0,05	0,815
	T. sanagaensis	16	$2,9 \pm 0,6^{a}$	15	$2,5 \pm 0,4^{a}$	1	$1,0 \pm 0,0^{a}$	0,04	0,837
	Total	39	3,0 ± 0,4	42	3,3 ± 0,4	3	2,0 ± 0,5	0,08	0,782
	Valeur de H ou W(P)]	1,76 (0,414)		0,94 (0,624)		2,0 (0,667)		
Pectorale	M. nchoutnounensis	13	4,1 ± 1,0 ^a	3	$4,3 \pm 0,3^{a}$	00	//	(27)	0,336
	T. bicornei	6	$2,2 \pm 1,2^{a}$	12	$1,5 \pm 0,2^{b}$	2	$1,0 \pm 0,0^{a}$	1,50	0,473
	T. sanagaensis	32	$2,5 \pm 0,4^{a}$	10	$1,9 \pm 0,3^{b}$	1	$1,0 \pm 0,0^{a}$	0,91	0,634
	Total	44	3,3 ± 0,5	22	2,3 ± 0,3	3	$1,0 \pm 0,0$	3,27	0,195
	Valeur de H ou W(P)	4,96 (0,084)		9,31 (0,009)		0,0 (1,0)			
Pelvienne	M. nchoutnounensis	12	$1,9 \pm 0,4^{a}$	3	$2,3 \pm 0,3^{a}$	00	//	(26)	0,247
	T. bicornei	13	$2,9 \pm 0,9^{a}$	32	$4,3 \pm 0,7^{a}$	4	$1,8 \pm 0,3^{a}$	3,53	0,171
	T. sanagaensis	20	$2,3 \pm 0,4^{a}$	19	$3,1 \pm 0,5^{a}$	2	$2,0 \pm 1,0^{a}$	1,46	0,482
	Total	40	$2,7 \pm 0,4^{A}$	47	$4,3 \pm 0,6^{A}$	6	$1,8 \pm 0,3^{B}$	7,54	0,023
	Valeur de H ou W(P)	(0,97 (0,615)		1,01 (0,604)		3,5 (1,0)		

Tableau XLIV. Charges kystiques moyennes des espèces de Myxosporidies en fonction des zones des types de nageoire

N: effectif d'individus hôtes examinés ; n1, n2 et n3: effectif d'individus hôtes parasités au niveau des zones basale, médiane et distale respectivement ; C_m : charge kystique moyenne ; H: test de Kruskal-Wallis ; W: test de Wilcoxon ; P: valeur de la probabilité ; M. : *Myxobolus* ; T. : *Thelohanellus*. Comparaison par paire des charges kystiques moyennes (lettres majuscules sur les lignes et lettres minuscules dans les colonnes) : lettres identiques = différence non significative ; lettres différentes = différence significative.

Sur la nageoire caudale de *L. senegalensis*, la différence entre les charges kystiques moyennes de *T. bicornei* est significative uniquement entre les zones médiane et distale. La différence est non significative entre les charges kystiques moyennes de *T. sanagaensis* dans les zones basale et distale (Tableau XLIV).

III.2. Discussion

III.2.1. Faune des Myxosporidies récoltées

L'examen des poissons capturés dans le lac de retenue de Maga a révélé la présence d'une faune myxosporidienne abondante et diversifiée. Au total, trente six (36) espèces parasites ont été recensées. Ces parasites appartiennent aux genres *Myxidium* Bütschli, 1882 (04 espèces), *Myxobolus* Bütschli, 1882 (24), *Henneguya* Thélohan, 1892 (04) et *Thelohanellus* Kudo, 1933 (04).

Toutes les espèces de *Myxidium* recensées au cours du présent travail se développaient dans les cavités des organes creux. Dans la vessie urinaire, les trophozoïtes de *Myxidium tetraodoni* flottaient librement dans l'urine tandis que ceux de *Myxidium nyongensis* et *Myxidium latesi* dans la vésicule biliaire flottaient librement dans la bile des hôtes respectifs. Pour *Myxidium anisocapsularis*, les trophontes n'ont pas été observés, les spores flottent librement dans la bile. Ces observations sont en accord avec les conclusions de nombreux auteurs qui affirment que les espèces de *Myxidium* sont typiquement cœlozoïques (Jayasri & Hoffman, 1982 ; Lom & Dyková, 2006 ; Fomena *et al.*, 2010 ; Fiala *et al.*, 2015). Trois (03) des quatres (04) espèces de *Myxidium* trouvées chez les poissons du lac de retenue de Maga parasitent la vésicule biliaire. Ceci est en accord avec Jayasri & Hoffman (1982), Lom & Dyková (2006) et Fiala *et al.* (2015) qui affirment que la vésicule biliaire est un site privilégié pour le développement des espèces du genre *Myxidium*. Les pansporoblastes au sein des trophontes sont disporés. Nos observations rejoignent celles de Jayasri & Hoffman (1982) et Lom & Dyková (2006) qui indiquent que les *Myxidium* cœlozoïques forment des plasmodes mono-, di- ou polysporés, avec des spores groupées par paires dans des pansporoblastes.

Après le genre *Myxobolus*, le genre *Myxidium* est le second groupe de Myxosporidies le plus abondant, avec plus de 232 espèces décrites dans le monde, parmi lesquelles 20 sont connues chez les téléostéens d'eau douce d'Afrique (Fomena *et al.*, 2010 ; Eiras *et al.*, 2011 ; Lekeufack Folefack *et al.*, 2020). Les poissons parasités par les *Myxidium* en Afrique appartiennent aux familles des Mormyridae (4 espèces), Distichodontidae (2), Cyprinidae (2), Channidae (2), Mochokidae (2), Claroteidae (2), Clariidae (1), Latidae (1), Schilbeidae (1) et Nothobranchiidae (1) (Fomena *et al.*, 2010 ; Lekeufack Folefack *et al.*, 2020).

Onze (11) espèces de *Myxidium* ont été décrites chez les poissons d'eau douce du Cameroun : il s'agit de *M. birgii* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Aphyosemion bivittatum*) ; *M. brienomyri* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Brienomyrus brachyistus*) ; *M. nyongensis* Fomena & Bouix, 1986 (hôtes : plusieurs espèces de genre *Enteromius*) ; *M. petrocephali* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Petrocephalus simus*) ; *M. camerounensis* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Petrocephalus simus*) ; *M. camerounensis* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Petrocephalus simus*) ; *M. camerounensis* Fomena & Bouix, 1986 (hôte : *Neolebias ansorgei*) ; *M. mendehei* Fomena & Bouix, 1994 (hôtes : *Enteromius guirali* et *B. martorelli*) ; *M. nkamensis* Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2010 (hôte : *Clarias pachynema*) ; *M. sangei* Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2010 (hôte : *Parachanna obscura*) ; *M. distichodi* Kostoïngué, Faye & Toguebaye, 1998 (hôte : *Parachanna obscura*) ; *Myxidium binguelai* Lekeufack Folefack, Fongang Tsekeng & Fomena, 2020 (hôte : *Paramormyrops kingsleyae*) et *Myxidium djolonensis* Lekeufack Folefack, Fongang Tsekeng & Fomena, 2020 (hôte : *Paramormyrops kingsleyae*). La description de *M. tetraodoni* chez *Tetraodon lineatus* (présent travail) ajoute la famille des Tetraodontidae sur la liste des familles de poissons jusqu'à présent parasitées par les Myxosporidies du genre *Myxidium* en Afrique.

Au cours de la présente étude, *Myxidium nyongensis* a été retrouvée chez *Labeo senegalensis* (Cyprinidae). Ce *Myxidium*, antérieurement décrit chez les poissons du genre *Enteromius*, avait été également trouvé chez l'Amphilidae *Amphilus longirostris* au Cameroun (Fomena, 1995) puis chez le Cyprinidae *Labeo parvus* au Tchad (Abakar-Ousman, 2006) et au Cameroun (Nchoutpouen, 2015). Cette espèce parasite infeste des poissons appartenant aux familles des Cyprinidae et Amphilidae, et est largement distribuée en Afrique centrale. *Myxidium latesi* est retrouvée ici chez son hôte d'origine. Lors de sa première description, les auteurs n'ont pas signalé la présence des trophontes. L'observation des trophontes polysporés et très développés au cours du présent travail a permis de compléter la diagnose de cette Myxosporidie.

La faune des Myxosporidies parasites des poissons du lac de retenue de Maga a été largement dominée par le genre *Myxobolus* qui a totalisé 24 espèces sur les 36 récoltées (soit 66,66%). Ce résultat s'accorde avec ceux de Fomena (1995), Lekeufack Folefack (2010) et Nchoutpouen (2015) sur les Myxosporidies parasites des poissons d'eau douce du Cameroun, Sakiti (1997) sur la faune des Myxosporidies des téléostéens du Bénin, Kabré (1997) sur les parasites des poissons du Burkina-Faso, Kostoïngué (1997) et Abakar-Ousman (2006) sur les Myxosporidies parasites des poissons du Tchad. En effet parmi les Myxosporidies, le genre *Myxobolus* est le groupe numériquement le plus important, avec plus de 1027 espèces (soit

42,79% de l'ensemble des Myxosporidies connues dans le monde) (Eiras *et al.*, 2005 ; 2014 et 2021).

Myxobolus nokoueensis, initialement décrite chez *Sarotherodon melanotheron* au Bénin (Sakiti *et al.*, 1991) a été retrouvée chez *Labeo coubie* au Burkina-Faso (Kabré, 1997) et chez *Labeo parvus* au Tchad (Kostoïngué, 1997). Cette Myxosporidie, retrouvée chez *Labeo senegalensis* dans le lac de retenue de Maga, serait largement distribuée chez les poissons Cichlidae et Cyprinidae d'Afrique.

Myxobolus sarigi a développé des kystes dans les nageoires, le muscle abducteur des filaments branchiaux et le cartilage de l'arc branchial. Par ailleurs, ce parasite a formé des spores diffuses dans les reins, la rate et le foie chez *Oreochromis niloticus* et *Tilapia* sp. de la retenue de Maga. Cette espèce parasite, qui avait été récoltée dans les centres mélanomacrophages des reins et de la rate chez les Cichlidae au Nigeria (Obiekezie & Okaeme, 1990), dans le foie et les reins de *O. niloticus* au Burkina-Faso (Kabré, 1997), dans les ovaires de *Tilapia guineensis* au Sénégal (Fall *et al.*, 2000), serait largement distribuée chez les Cichlidae d'Afrique et présenterait un large spectre d'organes.

Myxobolus cuttacki, initialement décrite en Inde chez *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) (Haldar *et al.*, 1996), a été retrouvée chez *Distichodus engycephalus* (Distichodontidae). Ceci laisse penser que cette espèce parasite infesterait des hôtes appartenant à différentes familles et aurait une large distribution géographique. De même, *M. terengganuensis* décrite dans le muscle d'*Osteochilus hasselti* (Cyprinidae) en Malaysie (Székely *et al.*, 2009) et retrouvée chez *L. senegalensis* dans la retenue de Maga au Cameroun serait inféodée aux Cyprinidae.

Initialement observée dans les ovaires des Cichlidae en Ouganda (Paperna, 1973), *M. kainjiae* a été retrouvée dans les ovaires d'*Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* successivement au Nigeria (Obiekezie & Okaeme, 1990) et au Tchad (Abakar-Ousman *et al.*, 2007), de *Tilapia nyongana* et *Oreochromis niloticus* au Cameroun (Fomena & Bouix, 1997; Nchoutpouen *et al.*, 2011). Ce parasite serait spécifique des Cichlidae, hôtes chez lesquels elle infeste exclusivement les ovaires.

Initialement observé chez *Tilapia esculenta* et *Tilapia variabilis* en Ouganda (Baker, 1963), la description de *M. brachysporus* a été complétée par Obiekezie & Okaeme (1990) chez les poissons Cichlidae au Nigéria. Fomena *et al.* (1993) l'ont retrouvé dans les reins et la rate de quelques Cichlidae au Cameroun. Kabré (1997) l'a identifié dans le foie et les reins de *O. niloticus* au Burkina-Faso. Abakar-Ousman (2006) l'a retrouvé chez *O. niloticus* et *S. galilaeus* au Tchad. Ce *Myxobolus* serait donc largement distribué chez les Cichlidae d'Afrique.

Les autres espèces antérieurement décrites (*M. njoyai*; *M. distichodi*; *M. kouoptamoensis*; *M. bilongi*; *M. labeoi*; *M. nchoutnounensis*; *M. imami*; *M. nanokiensis*; *M. nyongana*; *M. fomenai*; *M. camerounensis*; *M. nounensis*; *M. homeosporus*) ont été observées au cours du présent travail chez leurs hôtes d'origine.

Ce travail a permis de décrire quatre (04) espèces nouvelles de *Myxobolus* : *M. dzeufieti* (parasite d'*Oreochromis niloticus* et *Tilapia* sp.) ; *M. magai* (trouvée chez *Labeo batesii*) ; *M. kodjii* et *M. hemibranchialis* (parasites de *Labeo senegalensis*). La faune des Myxosporidies des poissons du Cameroun et d'Afrique se trouve ainsi enrichie.

Les *Myxobolus* sont essentiellement histozoïques (Lom & Dyková, 2006) ; c'est le cas de toutes les espèces appartenant à ce genre, recensées chez les poissons examinés dans le présent travail. Elles infestent divers organes chez les poissons hôtes (peau, nageoires, opercules, yeux, branchies, tube digestif, foie, rate, ovaires, reins et muscles). Dans les organes parasités, certaines espèces trouvées forment des spores diffuses et/ou des kystes à myxospores (*M. brachysporus ; M. fomenai ; M. imami ; M. kainjiae ; M. nounensis ; M. sarigi et M. terengganuensis*). D'autres développent uniquement des kystes polysporés (*M. bilongi ; M. camerounensis ; M. cuttacki ; M. distichodi ; M. dzeufieti* n. sp. *; M. hemibranchialis* n. sp. *; M. homeosporus ; M. kodjii* n. sp. *; M. kouoptamoensis, M. labeoi ; M. magai ; M. nanokiensis ; M. nokoueensis ; M. nchoutnounensis ; M. njoyai ; M. nyongana ; Myxobolus* sp.). Nos observations rejoignent celles de Lom & Dyková (2006) et Molnár & Eszterbauer (2015) qui rapportent que les espèces de *Myxobolus* développent soit des spores matures diffuses, soit des formes végétatives sous forme de kystes dans les organes affectés.

Wagner (2016) liste environ 219 espèces d'*Henneguya* connues dans le monde. Sur les quatre (04) espèces du genre *Henneguya* récoltées au cours du présent travail, deux (02) sont apparues nouvelles pour la Science : il s'agit d'*Henneguya distichodi* (parasite des branchies de *Distichodus engycephalus*) et *Henneguya magai* (parasite des branchies d'*Auchenoglanis occidentalis*). Avec la description de ces deux espèces nouvelles, environ 30 espèces de *Henneguya* sont connues chez les poissons d'eau douce d'Afrique (Fomena *et al.*, 2008 ; Lekeufack Folefack *et al.*, 2020). Par ordre d'importance décroissante, les familles d'hôtes infestés par ces *Henneguya* sont : Clariidae (6 espèces d'*Henneguya* recensées), Mormyridae (5), Claroteidae (4), Centropomidae (4), Anabantidae (3), Schilbeidae (2), Cichlidae (2), Citharinidae (1), Malapteruridae (1), Mochokidae (1), Osteoglossidae (1), Hepsetidae (1) et Distichodontidae (1). Parmi ces *Henneguya*, quinze (16) sont recensées chez les poissons d'eau douce du Cameroun. Il s'agit de : *H. bopeleti* Fomena & Bouix, 1987 (hôte : *Chrysichthys*

nigrodigitatus) ; H. camerounensis Fomena & Bouix, 1987 (hôte : Synodontis batesii) ; H. ctenopomae Fomena & Bouix, 1997b (hôte : Ctenopoma nanum) ; H. distichodi n. sp. (hôte : Distichodus engycephalus) ; H. fusiformis Kostoïngué, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 (hôte : Clarias gariepinus) (Fomena et al., 2008) ; H. malapteruri Fomena & Bouix, 1997 (hôte : Malapterurus electricus) ; H. magai n. sp. (hôte : Auchenoglanis occidentalis) ; H. mbakaouensis Fomena & Bouix, 2000 (hôte : Lates niloticus) ; H. nkamensis Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (hôte : Hepsetus odoe) ; H. ntemensis Fomena & Bouix, 1996 (hôte : Schilbe mystus) ; H. nyongensis Fomena & Bouix, 1996 (Marcusenius moorii) ; H. odzai Fomena & Bouix, 1996 (hôte : Marcusenius moorii) ; H. paramormyropsi Lekeufack Folefack, Fongang Tsekeng & Fomena, 2020 (hôte : Paramormyrops kingsleyae) ; H. pethericii Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 (hôte : Ctenopoma et al., 2008).

Les espèces parasites appartenant au genre *Henneguya* sont histozoïques et développent des kystes principalement dans les branchies chez leurs hôtes (Eiras & Adriano, 2012 ; Wagner, 2016). *Henneguya odzai*, décrite initialement chez *Marcusenius moorii* (Mormyridae), a été retrouvée chez *Mormyrus cyprinoides* et *Hyperopisus bebe chariensis* au cours du présent travail. Cette espèce parasite serait répandue chez les poissons de la famille des Mormyridae. *Henneguya mbakaouensis* était jusqu'à présent considérée comme parasite exclusif des branchies chez *Lates niloticus* (Fomena & Bouix, 2000). Sa présence dans le caecum pylorique (présent travail) constitue un caractère nouveau apporté à la diagnose de ce parasite.

Sur plus de 108 espèces du genre *Thelohanellus* décrites dans le monde, environ 12 espèces parasitent les poissons d'eau douce d'Afrique (Zhang *et al.*, 2013). Ces espèces africaines ont été décrites chez les téléostéens appartenant à 05 genres : genre *Labeo* (06 espèces de *Thelohanellus*), genre *Citharinus* (03), genre *Enteromius* (01), genre *Rhabdalestes* (01) et genre *Schilbe* (01) (Zhang *et al.*, 2013). Parmi ces espèces africaines, sept (07) parasitent les poissons d'eau douce du Cameroun : *T. valeti* Fomena & Bouix, 1987 (hôte : *Enteromius jae*) ; *T. assambai* Fomena Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (hôte : *Labeo* sp.) ; *T. sanagaensis* Fomena Marquès, Bouix & Njiné, 1994 (hôte : *Labeo* sp.) ; *T. sanagaensis* Fomena Marquès, Bouix, 2007 (hôte : *Citharinus citharus*) ; *T. njinei* Fomena, Farikou-Oumarou, Tang II & Bouix, 2007 (hôte : *Schilbe mystus*) ; *T. citharini* Kostoïngue, Fall, Faye & Toguebaye, 1999 (hôte : *Citharinus citharus*) (Fomena *et al.*, 2007) et *T. bicornei* Kabré, Sakiti, Marquès & Sawadogo, 2002 (chez *Labeo parvus*) (Nchoutpouen & Fomena, 2011). La description de *Thelohanellus* sp., chez *Labeo senegalensis* (présent travail) porte à 13 le nombre d'espèces du

genre *Thelohanellus* connues chez les poissons d'eau douce d'Afrique. À ce jour, la majorité de ces espèces parasites infestent les poissons du genre *Labeo* (07). Au cours du présent travail, les quatre (04) espèces de *Thelohanellus* recensées (*T. assambai*, *T. bicornei*, *T. sanaganensis* et *Thelohanellus* sp.) ont été observées chez les spécimens du genre *Labeo*, ce qui confirme la conclusion de nombreux auteurs selon laquelle les poissons du genre *Labeo* seraient très favorables au développement des *Thelohanellus*.

III.2.2. Effets pathologiques de certaines espèces de Myxosporidies récoltées

En cas d'infestation sévère, les trophontes à *M. nyongensis* et *M. latesi*, pourraient perturber le stockage et la sécrétion de la bile chez leurs hôtes. De même, la forte concentration des trophontes de *M. tedraodoni* dans la vessie urinaire pourrait perturber le stockage et l'élimination des urines chez le poisson hôte.

Les effets histopathologiques de certaines espèces de Myxosporidies histozoïques observés chez les poissons hôtes examinés corroborent les observations d'autres auteurs. Chez les spécimens de Labeo senegalensis présentant une infestation oculaire due à la présence des kystes de M. kodjii n. sp., la coupe frontale du globe oculaire a révélé l'implantation de ces kystes dans la sclérotique. Le boursouflement provoqué par les kystes de M. kodjii au niveau de la sclérotique traduit la déformation de la structure de ce tissu. Vu que la sclérotique joue un rôle capital dans la vue, sa déformation chez un poisson peut engendrer entre autres, la myopie et l'hypermétropie (Flitcroft, 2012). Adriano et al. (2009) ont rapporté que, l'extension de l'épithélium de la cornée, suite au développement des kystes de M. cordeiroi chez Zungaro jahu au Brésil, affectait le pouvoir de réfraction de la cornée. Selon Cavin et al. (2012), la libération des spores, suite à la rupture des kystes de *Myxobolus ali* (parasite de la sclère chez Cyclopterus lumpus aux Etats-Unis) a engendré localement des réactions inflammatoires. Par ailleurs, la présence des kystes de M. ali dans la sclérotique de C. lumpus au Canada induisait une réaction immunitaire spécifique (Gendron et al., 2020). Ainsi, l'afflux des monocytes vers le site d'implantation des nodules de M. kodjii chez L. senegalensis, traduirait la réaction de phagocytose déclenchée par la présence de ces kystes parasitaires.

La peau du poisson, en secrétant un mucus qui favorise le glissement de ce dernier dans l'eau, joue un rôle important dans la régulation aqueuse de l'organisme et protège celui-ci contre les infections. Les infections cutanées causées par les Myxosporidies chez le poisson sont facilement observables (Lekeufack Folefack *et al.*, 2021). Ainsi, de volumineux kystes de *M. dzeufieti* n. sp. visibles à l'œil nu, disposés anarchiquement dans la peau de *O. niloticus* et *Tilapia* sp. ont été observés. Il est important de noter qu'une forte infestation par les kystes de

Myxosporidies peut entraîner le rejet du poisson parasité par de potentiels consommateurs. Le développement sub-épidermique des kystes de *Myxobolus turpisrotundus* donne une apparence inesthétique chez *Carassius auratus gibelio* en Chine (Zhang *et al.*, 2010). La coupe histologique réalisée dans la peau des deux Cichlidae parasités par *M. dzeufieti* a montré d'une part l'implantation des kystes dans le tissu conjonctif du derme et d'autre part l'absence de réponse immunitaire due à la présence de ces nodules. L'absence de réponse inflammatoire chez les poissons affectés par *M. dzeufieti* corrobore les observations de Zhang *et al.* (2010) et Lekeufack Folefack *et al.* (2021) qui pensent que l'absence de réponse inflammatoire aurait pour conséquence directe la prolifération du parasite.

Henneguya magai, Myxobolus kouoptamoensis, M. magai, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, T. assambai et T. sanagaensis développaient des kystes sur les branchies de leurs hôtes respectifs. La forte infestation des filaments branchiaux par H. magai et T. assambai aurait un impact sur la fonction respiratoire du poisson hôte. La destruction des lamelles branchiales secondaires et la déformation de celles adjacentes ont pour conséquence, la diminution du nombre de lamelles branchiales secondaires fonctionnelles. Par ailleurs, la rupture de ces kystes peut également provoquer des hémorragies au niveau des filaments branchiaux secondaires. Kaur et al. (2015) en décrivant M. nanokiensis sur les branchies de Labeo rohita rapportent que les kystes de cette espèce occupent entièrement les lamelles secondaires et leur rupture provoque des hémorragies. Ahmad & Kaur (2018), en confirmant les observations faites par Kaur et al. (2015) ont pensé que le développement des kystes de M. nanokiensis dans les capillaires des lamelles branchiales secondaires chez Cirrhinus mrigala provoquait une hyperplasie de la lamelle infectée, une nécrose de la paroi des capillaires entraînant des hémorragies et une distorsion des lamelles adjacentes. Au Cameroun, les kystes de Myxobolus nyongana entraînaient la distorsion des lamelles branchiales adjacentes (Fomena & Bouix, 1997) et la destruction des lamelles branchiales secondaires complètement couvertes chez Enteromius martorelli (Lekeufack Folefack et al., 2019a).

Les kystes de *M. fomenai*, implantés dans les muscles de *Tilapia* sp. du lac de retenue de Maga, causaient une myolyse des tissus environnants. Les kystes de cette même espèce parasite causaient une dégénérescence hyaline et une nécrose des cellules musculaires chez *Oreochromis niloticus* en Egypte (Mahgoub *et al.*, 2017). De plus, nos observations corroborent celles de certains auteurs qui ont montré la lyse des fibres musculaires situées au voisinage des kystes de *Myxobolus artus* chez *Cyprinus carpio* au Japon (Ogaw *et al.*, 1992), une dégénérescence, une nécrose et une atrophie musculaire suites au développement des kystes de *Thelohanellus muscularis* chez *Labeo rohita* en Inde (Kaur & Gupta, 2017). Selon Yokoyama

et al. (1996), l'éclatement des kystes dans les muscles pouvait occasionner une anémie hémorragique chez les individus hôtes.

À ce jour, six (6) espèces de *Myxobolus* ont été décrites dans les ovaires des poissons ; il s'agit de : *M. dahomeyensis* (Siau, 1971) chez *Synodontis ansorgii* au Bénin ; *M. kainjiae* Obiekezie & Okaeme, 1990 chez *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* au Nigeria ; *M. algonquinensis* Xiao & Desser, 1997 chez *Note migonus crysoleucas* au Canada ; *M. gariepinus* Reed *et al.*, 2003 chez *Clarias gariepinus* au Botswana ; *M. batalhensis* Vieira, Alama-Bermejo, Bartholomew, Abdallah & Azevedo, 2017 chez *Salminus hilarii* au Brésil ; *M. ovarium* Naldoni, Pereira, Milanin, Adriano, Silva & Maia, 2020 chez *Brycon orthotaenia*. Des coupes histologiques dans les ovaires des spécimens parasités par *M. kainjiae* nous ont permis de noter que le développement des spores de ce parasite induisait la destruction des ovocytes, causant ainsi une baisse de la fécondité ou un risque d'infertilité chez le poisson hôte. En 1990, Obiekezie & Okaeme avaient déjà observé la destruction à 20% des ovocytes suite au développement de *M. kainjiae*. Selon Sakiti *et al.* (1991), la liquéfaction des ovocytes suite au développement des spores de *M. dahomeyensis* dans les ovaires de *Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia zillii, Tilapia* hybride et *Synodontis ansorgii* au Bénin pourrait entraîner la castration des individus infestés.

Dans la faune des poissons capturés dans le lac de retenue de Maga, ceux infestées par les Myxosporidies étaient Labeo senegalensis (Cyprinidae) (16 espèces), Tilapia sp. (9 espèces), Labeo coubie (Cyprinidae) (7), Distichodus engycephalus (Distichodontidae) (4), Oreochromis niloticus (Cichlidae) (3), Lates niloticus (Latidae) (2), Labeo batesii (Cyprinidae) (2), Sarotherodon galilaeus (2), Auchenoglanis occidentalis (Claroteidae) (2), Oreochromis aureus (Cichlidae) (1), Mormyrus cyprinoides (Mormyridae) (1), Hyperopisus bebe chariensis (Mormyridae) (1) et Tetraodon lineatus (Tetraodontidae) (1). Ainsi, les Cyprinidae ont hébergé le plus grand nombre d'espèces parasites (18 espèces), suivis des Cichlidae (9). Cette observation est contraire à celle de Obiekezie & Okaeme (1990), Fomena et al. (1993), Fall et al. (2000) et Abdel-Ghaffar et al. (2008) qui ont rapporté que les Cichlidae d'Afrique regorgeaint plus d'espèces de Myxosporidies que toute autre famille de poisson. Lors de l'étude de la structure et de la dynamique des populations des Myxosporidies parasites de Enteromius callipterus (Cyprinidae) dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun, Fonkwa et al. (2017b) ont recensé 13 espèces parasites appartenant aux genres Myxobolus, Myxidium, Henneguya, Thelohanellus. Selon Kaur (2014), les poissons les plus susceptibles d'être infestés par les Myxosporidies appartiennent au genre Labeo.

III.2.3. Structure et dynamique des populations de Myxosporidies parasites de *L. senegalensis*

III.2.2.1. Structure de la population de L. senegalensis

En Afrique, les travaux effectués au cours de ces deux dernières décennies et portant sur la structure et la dynamique des Myxosporidies parasites des poissons, sont ceux de Tombi & Bilong Bilong (2004) sur *Enteromius martorelli* (Cyprinidae) au Cameroun, Abakar-Ousman *et al.* (2007) sur *Oreochromis niloticus et Sarotherodon galilaeus* (Cichlidae) au Tchad, Nchoutpouen *et al.* (2011) sur *O. niloticus* (Cichlidae) au Cameroun, Lekeufack Folefack & Fomena (2013) sur *Ctenopoma pethericii* (Anabantidae), *Clarias pachynema* (Clariidae) et *Hepsetus odoe* (Hepsetidae) au Cameroun, Fonkwa *et al.* (2017b) sur *Enteromius callipterus* (Cyprinidae) au Cameroun, Fonkwa *et al.* (2018a ; 2018b) sur *O. niloticus* (Cichlidae) au Cameroun, Lekeufack Folefack *et al.* (2019c) sur *O. niloticus* (Cichlidae) au Cameroun et Lekeufack Folefack *et al.* (2019d) sur *Schilbe mystus* (Schilbeidae) au Cameroun.

Labeo senegalensis est une espèce de téléostéen de grande importance alimentaire et d'un intérêt économique indéniable (Omoreigie, 2001). Les résultats de quelques aspects de la biologie en relation avec l'alimentation et la reproduction de *L. senegalensis* sont disponibles (Montchowui *et al.*, 2010) et militent en faveur de son utilisation en aquaculture dans la région tropicale. Cependant, la réussite de la production de *L. senegalensis* en élevage passe également par la maîtrise des problèmes d'ordre pathologique.

Les spécimens de *L. senegalensis* récoltés à Maga avaient une longueur standard moyenne de 141,28 mm et pouvaient atteindre une longueur standard maximale de 225 mm. Ces données diffèrent de celles des autres auteurs. En effet, les travaux de Lévêque & Daget (1984) et Lévêque (1990), effectués dans la majorité des bassins sahelo-soudaniens, ont rapporté que les spécimens de *L. senegalensis* avaient à maturité, une longueur standard moyenne de 175 mm et atteingnaient parfois 650 mm. Dans le bassin Ouémé au Bénin, la longueur standard, à maturité sexuelle, de *L. senegalensis* a été estimée à 290 mm pour les femelles et 257 mm pour les mâles (Montchowui *et al.*, 2010). Par ailleurs, Olufeagba *et al.* (2016) ont indiqué que, dans la rivière Benue au Nigeria, les spécimens de 222,5 mm pour les femelles et 235,3 mm pour les mâles. Ainsi, nous considérons que notre population de poissons hôtes, majoritairement constituée de spécimens de taille (longueur standard) moyenne 107,9 mm, était jeune. Ce constat peut se justifier par la technique de capture de nos spécimens hôtes, qui était l'utilisation du filet maillant dormant ; en effet ce dernier permet de capture

généralement une gamme de tailles de poissons. Par ailleurs, plusieurs facteurs peuvent causer une réduction de la taille des poissons matures, à savoir les conditions nutritionnelles, l'élévation de la température des couches superficielles de l'eau, une pêche excessive (Heino *et al.*, 1999 ; De Roos *et al.*, 2006 ; Arula *et al.*, 2017 ; Chattopadhyay & Chattoraj, 2017).

La sex-ratio de notre échantillon de *L. senegalensis* a été biaisée en faveur des femelles. Ce constat est similaire à celui de Tiogué *et al.* (2013) dans la polpulation de *Labeobarbus batesii* (Cyprinidae) de la plaine inondable de Mbô à l'Ouest du Cameroun. Nos observations sont également en accord avec les conclusions de Dadebo *et al.* (2003) sur *Labeo horie* en Ethiopie, Ikpi & Okey (2010) sur *Labeo coubie* au Nigeria, et Joadder (2013) sur *Labeo bata* au Bangladesh. Selon Ikpi & Okey (2010), une sex-ratio biaisée en faveur des femelles peut être due au fait que ces dernières peuvent être plus vulnérables à la capture après une éventuelle ségrégation partielle des individus à la maturité. Montchowui *et al.* (2010) ont justifié également une sex-ratio en faveur des femelles chez *L. senegalensis* par le fait que les femelles seraient les plus exposées aux captures, car leur croissance étant plus rapide que celle des mâles, celles-ci nécessiteront de plus grands besoins nutritionnels, d'où leurs déplacements plus fréquents vers les zones d'alimentation qui augmenteront ainsi le risque de leur capture.

III.2.2.2. Structure et dynamique des espèces de Myxosporidies recensées chez *L*. *senegalensis*

Dans le présent travail, sur 229 spécimens de *L. senegalensis* examinés, 224 (97,8%) étaient parasités par une ou plusieurs espèces de Myxosporidies ; seulement cinq (5) individus étaient indemnes des Myxosporidies. Au total, 16 espèces de Myxosporidies ont été recensées chez cette espèce hôte. Dans cette faune parasitaire, le genre *Myxobolus* a été le plus représenté avec 11 espèces (68,7%), suivi des genres *Thelohanellus* (4 espèces) et *Myxidium* (une seule espèce). La prépondérance des *Myxobolus* n'est pas un fait nouveau. En effet, sur plus de 2400 espèces de Myxosporidies connues dans le monde, 1027 (42,8%) appartiennent au genre *Myxobolus* (Eiras *et al.*, 2014 ; Fiala *et al.*, 2015 ; Eiras *et al.*, 2021). Lors de l'étude de la structure et de la dynamique des Myxosporidies chez *Enteromius callipterus* (Cyprinidae) au Cameroun, Fonkwa *et al.* (2017b) ont rapporté que sur 13 espèces appartenant à 4 genres (*Myxobolus, Myxidium, Henneguya* et *Thelohanellus*), le genre *Myxobolus* était le plus représenté (45,9%). Une étude similaire menée chez les Cichlidae *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* du fleuve Chari au Tchad a permis de recenser 11 espèces de Myxosporidies, toutes appartenant au genre *Myxobolus* (Abakar-Ousman *et al.*, 2007). Dix (10)

espèces de *Myxobolus* ont aussi été trouvées chez *Oreochromis niloticus* capturé dans le Noun au Cameroun (Nchoutpouen *et al.*, 2011).

Chez nos hôtes parasités, l'infestation parasitaire mono-spécifique a été la moins observée et les cas de parasitisme par 5 et 6 espèces sont les plus rencontrés. Le polyparasitisme est un fait courant chez les Myxosporidies ; au Tchad, Abakar-Ousman *et al.* (2007) ont noté une polyinfestation par 4 à 9 espèces de *Myxobolus* au sein des infracommunautés des Myxosporidies parasites de *S. galilaeus* et *O. niloticus*, avec une plus forte occurrence d'infestation à 7 espèces parasites. Nchoutpouen *et al.* (2011) et Lekeufack Folefack & Fomena (2013) ont également observé des cas de polyparasitisme par les Myxosporidies chez des poissons d'eau douce du Cameroun. En effet, la rareté de la compétition interspécifique entre les Myxosporidies à l'échelle de l'hôte favorise le polyparasitisme (Lom & Dyková, 1992). Par ailleurs, l'hétérogénéité des biotopes chez l'individu hôte offre différentes options de sites d'infestation pour les espèces parasites (Ibrahim & Soliman, 2010).

La diminution de la fréquence des polyparasitismes avec l'augmentation du nombre d'espèces parasites associées chez *L. senegalensis* avait déjà été observée par Abakar-Ousman *et al.* (2007), Nchoutpouen *et al.* (2011), Fonkwa *et al.* (2017b).

Sur la base des critères de classification du statut écologique proposés par Valtonen *et al.* (1997), la plupart des espèces de Myxosporidies récoltées chez *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga étaient peu fréquentes (secondaires ou intermédiaires). Deux (02) espèces sont apparues satellites (*M. nyongana* et *M. nyongensis*) tandis que 04 ont été considérées fréquentes (*Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, M. terengganuensis* et *T. bicornei*). Le statut écologique d'une espèce parasite peut varier non seulement en fonction des espèces hôtes exploitées par le parasite, mais aussi en fonction de la répartition géographique des espèces hôtes (Brummer-Korvenkontio *et al.*, 1991) et de la saison (Mbondo *et al.*, 2022). Ainsi, bien que parasitant une même espèce hôte et dans un même biotope, le statut écologique d'une espèce de Myxosporidies diffère. Les quatre (04) espèces fréquentes chez *L. senegalensis* exploitaient à la fois les branchies, la peau ou les nageoires, organes qui sont facilement en contact avec les actinospores libérées dans l'eau par l'oligochète. Ceci pourrait justifier leur statut écologique.

Au cours de ce travail, la plupart des associations statistiquement significatives entre les prévalences des espèces parasites recensées chez *L. senegalensis* ont été positives. Les associations déviées négativement et de manière significative ont été celles enregistrées essentiellement entre les prévalences des espèces qui parasitent les branchies. Une association négative entre les prévalences ou une corrélation négative entre les charges kystiques moyennes

des espèces de Myxosporidies, parasites des branchies, serait due au fait que ces espèces parasites, qui exploitent le même organe, limiteraient l'implantation des unes et des autres afin de maintenir un équilibre dynamique avec l'hôte. Certains auteurs ont déjà fait le même constat chez certaines espèces parasites congénériques de Monogènes qui infestent les branchies chez les poissons (Gobbin *et al.*, 2021). En effet, les interactions négatives entre les espèces parasites qui infestent un même organe chez l'hôte sont récurrentes à cause de l'espace et des ressources limités (Vaumourin *et al.*, 2015 ; Bouah *et al.*, 2021 ; Gobbin *et al.*, 2021).

Le sexe de l'hôte n'a pas eu d'influence sur les indices épidémiologiques (prévalence et charge kystique moyenne) des espèces de Myxosporidies recensées. Des observations similaires avaient déjà été faites par Fomena (1995), Abakar-Ousman (2006), Nchoutpouen *et al.* (2011), Lekeufack Folefack & Fomena (2013) et Fonkwa *et al.* (2017b).

Myxobolus kouoptamoensis et M. nanokiensis, parasites des branchies chez L. senegalensis, ont infesté plus souvent les spécimens d'une taille plus petite ([84 - 128] mm). Le fait que les plus jeunes poissons soient plus susceptibles à ces espèces de Myxosporidies pourrait s'expliquer par leur site d'implantation chez l'hôte (essentiellement les filaments branchiaux secondaires). En effet, plusieurs auteurs ont rapporté une diminution du nombre des filaments branchiaux secondaires avec la masse (ou la taille) chez les téléostéens (Hughes & Gray, 1972; Hughes & Morgan, 1973; Roy & Munshi, 1986). Nous pensons que cette diminution de lamelles branchiales avec la taille de l'hôte pourrait également induire celle de la prévalence et de la charge parasitaires dans ces sites. Comme McCraren et al. (1975) et Lekeufack Folefack & Fomena (2013) nous pensons aussi que la croissance rapide de l'épithélium des filaments branchiaux secondaires chez les jeunes poissons favoriserait le développement des kystes à myxospores chez ces derniers. En outre, Longshaw et al. (2005) pensent que les plus jeunes poissons sont plus susceptibles aux Myxosporidies car leur système immunitaire est relativement immature. Brummer-Korvenkontio et al. (1991) ont affirmé que l'augmentation de la réponse immunitaire avec l'âge (ou la taille) des poissons hôtes expliquerait la tendance à la diminution de la prévalence parasitaire. La diminution des taux d'infestation par les kystes de ces deux espèces parasites et de leurs charges kystiques moyennes avec l'âge du poisson pourrait aussi se justifier par la rupture des vieux kystes (Tombi & Bilong Bilong, 2004).

Dans le lac de retenue de Maga, *Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis* et *T. sanagaensis* ont présenté des taux d'infestation plus élevés chez les poissons de grande taille. Nos résultats corroborent ceux de Sitja-Bobadilla & Alvarez-Pellitero (1993), Abakar-Ousman *et al.* (2007) et Lekeufack Folefack & Fomena (2013) qui ont observé une

corrélation positive et significative entre la prévalence de certaines espèces de Myxosporidies et la taille de leurs hôtes. Il est important de noter que le risque pour un poisson d'être infesté par les Myxosporidies augmente avec l'âge de ce dernier, du fait de la longue durée d'exposition aux actinospores (Viozzi & Flores, 2003). Les taux d'infestation par les Myxosporidies sont plus élevés chez les poissons les plus âgés du fait d'une part de la grande surface branchiale offerte par ces individus pour héberger les parasites (Šimková *et al.*, 2005 ; El-Madhi & Belghyti, 2006 ; Nchoutpouen *et al.*, 2011) et, d'autre part, par l'effet de cumul des parasites chez les spécimens de poissons avec l'âge (Pampoulie *et al.*, 2000).

Chez les spécimens de *L. senegalensis* examinés dans le présent travail, les taux d'infestation par *M. bilongi, M. hemibranchialis, M. kodjii, M. terengganuensis, T. assambai, T. bicornei* et *Thelohanellus* sp. sont apparus significativement identiques entre toutes les classes de tailles. Ces espèces de Myxosporidies n'auraient donc pas de préférence pour une classe de taille chez les poissons hôtes. Cette observation n'est pas inédite car Lekeufack Folefack *et al.* (2019d) ont constaté que toutes les classes de tailles de *Schilbe mystus* sont susceptibles à l'infestation par *Henneguya camerounensis* et *Henneguya ntondei*. Des résultats similaires ont également été obtenus par Obiekezie & Okaeme (1990) sur les Myxosporidies de *O. niloticus* et *S. galilaeus* au Nigeria, Abakar-Ousman *et al.* (2007) sur les Myxosporidies de *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* au Tchad et Fonkwa *et al.* (2017b) sur les Myxosporidies de Myxosporidies de *Enteromius callipterus* au Cameroun.

Exception faite pour *M. kouoptamoensis* et *T. bicornei*, la taille de *L. senegalensis* n'a pas influencé la charge kystique des Myxosporidies recensées. L'influence de la taille (ou de l'âge) des individus hôtes sur les prévalences de certaines espèces de Myxosporidies n'est pas forcément le cas sur leurs charges kystiques moyennes. Lekeufack Folefack *et al.* (2019c) n'ont pas obtenu une différence significative entre les intensités moyennes des spores de *Myxobolus agolus*, parasite des reins et de la rate et *Myxobolus cichlidarum* parasite des reins chez *Oreochromis niloticus* au Cameroun, alors que ces espèces parasites présentaient une variation significative des taux d'infestation en fonction des classes de tailles des poissons hôtes. Cependant, *H. camerounensis*, en parasitant indiféremment les différentes classes de tailles de *Schilbe mystus*, a présenté une variation significative de sa charge kystique chez cette espèce hôte (Lekeufack Folefack *et al.* (2019d).

Chez *L. senegalensis* du lac de retenue de Maga, *M. bilongi* et *M. kodjii* ont été plus prévalents en saison sèche tandis que *M. nchoutnounensis* et *M. nokoueensis* ont été plus fréquents en saison pluvieuse. Par ailleurs, la saison a une influence significative sur la formation des kystes de *M. hemibranchialis, M. imami, M. nanokiensis* et *T. bicornei*. Ainsi,

M. hemibranchialis et *T. bicornei* ont produit plus de kystes en saison sèche contre *M. imami* et *M. nanokiensis* en saison pluvieuse. Nous pensons que la saison jouerait un rôle important dans le développement de certaines espèces de Myxosporidies chez *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga. L'afflux des eaux dans le lac en saison pluvieuse favoriserait la dissémination des actinospores (stades infestants de Myxosporidies) susceptibles de rencontrer les poissons hôtes. Abakar-Ousman *et al.* (2007) ont également observé que *M. agolus, M. brachysporus, M. cichlidarum, M. clarii, M. heterosporus* et *M. tilapiae*, qui infestent *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon galilaeus* du fleuve Chari au Tchad, présentaient les prévalences les plus élevées en saison pluvieuse. Ces auteurs ont justifié ces résultats par l'abondance des oligochètes qui produisent un grand nombre d'actinospores dans l'eau en saison pluvieuse. Kaboré *et al.* (2016) ont pensé que la forte prévalence des espèces de Myxosporidies (hôtes définitifs des Myxosporidies) suite à l'arrivée de grandes quantités d'eau dans le milieu.

Toutefois, nous pensons qu'en saison sèche, la stabilité de l'eau dans le lac de retenue de Maga favoriserait le dépôt de la boue et le développement des oligochètes et que l'augmentation de la température de l'eau pendant cette saison favoriserait la multiplication de certaines espèces de Myxosporidies chez L. senegalensis. Les taux d'infestation et les charges kystiques des Myxosporidies apparus plus élevés en saison sèche ne constituent pas des faits nouveaux. En effet, divers travaux ont révélé que la saison sèche peut être très favorable au parasitisme des poissons d'eau douce d'Afrique par les Myxosporidies (Pampoulie et al., 2000 ; Gbankoto et al., 2001). En outre au Nigeria, Obiekezie & Okaeme (1990) ont observé, des taux d'infestation myxosporidienne plus élevés chez des tilapias en saison sèche. Au Tchad, Abakar-Ousman et al. (2007) ont rapporté chez des spécimens de Oreochromis niloticus, des taux d'infestation par Myxobolus brachysporus et M. camerounensis plus élevés en saison sèche. Au Bénin, Gbankoto et al. (2001) ont aussi révélé que Myxobolus sp. et Myxobolus zillii, parasites des branchies chez Tilapia zillii et Sarotherodon melanotheron melanotheron, ont été plus fréquents en saison sèche. Etant donné l'implication des oligochètes dans le cycle de développement des Myxosporidies (Markiw & Wolf, 1983), la variation saisonnière des indices épidémiologiques serait due aux taux de libération des actinospores par les annélides, taux qui varient en fonction des saisons (Özer et al., 2002).

Une absence de variation des indices épidémiologiques de six (06) espèces parasites (*M. kouoptamoensis, M. njoyai, M. terengganuensis, T. assambai, Thelohanellus* sp. et *T.*

sanagaensis) en fonction des saisons, chez les spécimens de L. senegalensis examinés, a été enregistrée. Nchoutpouen et al. (2011) et Sitjà-Bobadilla & Alvarez-Pellitero (1993) ont affirmé que la saison n'a aucune influence sur les taux d'infestation des Myxosporidies. Fonkwa et al. (2017b) ont rapporté également que le facteur saison n'a pas influencé les taux d'infestation de diverses espèces de Myxosporidies parasites de Enteromius callipterus de la zone soudano-guinéenne du Cameroun. Au Tchad, Abakar-Ousman et al. (2007) ont remarqué que les taux d'infestation par M. cichlidarum et M. heterosporus chez Sarotherodon galilaeus et M. agolus chez O. niloticus n'ont pas varié en fonction des saisons. De même au Bénin, les taux d'infestation par Myxobolus sarotherodoni, M. dossoui, M. beninensis et M. microcapsularis parasites de Sarotherodon melanotheron melanotheron et Tilapia zillii du lac Nokoué, n'ont pas laissé transparaître une quelconque variation significative en fonction des saisons (Gbankoto et al., 2001). Donc nous pensons que le mode de nutrition (détritivore) dans le milieu naturel pourrait occasionner une variation non significative des prévalences ou des charges kystiques des espèces de Myxosporidies chez les Cichlidae et les Cyprinidae. En effet, aussi bien en saison pluvieuse qu'en saison sèche, les poissons appartenant à ces familles étant détritivores (Lauzanne, 1972), seraient toujours à proximité des oligochètes susceptibles de libérer les actinospores. En Finlande, Brummer-Korvenkontio et al. (1991) n'ont pas aussi observé l'influence des saisons dans sune zone tempérée sur les taux d'infestation par les Myxosporidies chez Rutilus rutilus dans quatre lacs.

Chez un poisson hôte, tous les organes sont susceptibles d'être parasités par les Myxosporidies (Lom & Dyková, 1992 ; Martins *et al.*, 1997). Chez *L. senegalensis*, les organes affectés étaient : les branchies, la peau, les nageoires, les yeux, les reins, l'intestin, le foie et la rate. Parmi les espèces parasites recensées chez *L. senegalensis*, *Myxobolus imami* a parasité quatre organes (branchies, reins, peau et intestin) et a présenté ainsi le plus large spectre d'organes cibles. Quatre espèces (*M. bilongi*, *M. nchoutnounensis*, *M. terengganuensis* et *T. sanagaensis*) ont parasité trois (03) organes cibles. *Myxobolus kodjii*, *Thelohanellus bicornei et Thelohanellus* sp. ont infesté seulement deux organes. Par ailleurs, *M. kouptamoensis*, *M. nchoutnounensis* et *M. njoyai* avaient réduit leur spectre d'organes infestés (uniquement les branchies) comparé à celui observé lors de leur description originelle par Nchoutpouen & Fomena (2011) ; selon ces auteurs le nombre d'organes infestés par ces parasites était 3 pour *M. kouptamoensis* (branchies, rate, reins), 7 pour *M. nchoutnounensis* (branchies, écailles, foie, nageoires, rate, reins et yeux) et 5 pour *M. njoyai* (branchies, écailles, nageoires, rate, et reins). La spécificité de ces espèces parasites vis-à-vis d'un organe particulier ou la réduction de leur spectre d'organes pourrait se justifier par le fait que le biotope exploité leur offre des conditions

optimales de vie. Les charges kystiques moyennes spécifiques ont aussi varié en fonction des organes. Ibrahim & Soliman (2010) ont pensé que l'hétérogénéité des organes chez l'hôte crée une série de microenvironnements distincts qui sont autant d'options d'habitat pour les espèces parasites.

Chez L. senegalensis, les branchies ont enregistré le taux d'infestation le plus élevé (96,6%) par les Myxosporidies toutes espèces confondues. Cet organe a hébergé en effet 12 espèces (*M. bilongi, M. hemibranchialis, M. imami, M. kodjii, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. nchoutnounensis, M. njoyai, M. nokoueensis, T. assambai, T. bicornei et T. sanagaensis*) sur les 13 espèces recensées. Par ailleurs, les branchies ont également enregistré la charge kystique moyenne la plus élevée (184,9 kystes). Ce résultat corrobore l'observation de Molnár (2002a) que la majorité des espèces de Myxosporidies connues infestent les branchies. En effet, les branchies représentent aussi un important site favorable au développement des parasites chez les poissons, car elles ont une structure hétérogène (Molnár, 2002) favorisant ainsi l'installation de plusieurs espèces parasites sur cet organe (Ibrahim & Sliman, 2010).

Les nageoires et la peau ont occupé le second rang parmi les organes portant le plus grand nombre d'espèces parasites (05 espèces). En effet, on a trouvé *M. bilongi, M. nchoutnounensis, T. bicornei, T. sanagaensis* et *Thelohanellus* sp. sur les nageoires, *M. bilongi, M. imami, M. nchoutnounensis, T. sanagaensis* et *Thelohanellus* sp. sur la peau. Les taux d'infestation par ces espèces parasites ont été élevés au niveau de ces organes (76,0% pour les nageoires et 59,0% pour la peau). Selon Lekeufack Folefack & Fomena (2013), les branchies, les nageoires et la peau sont des organes facilement accessibles aux actinospores libérées par les Annélides.

III.2.4. Distribution spatiale des espèces de Myxosporidies sur les filaments branchiaux et les nageoires chez *L. senegalensis*

Sept (07) espèces de Myxosporidies ont devéloppé des kystes sur les filaments branchiaux de *L. senegalensis* dans le lac de retenue de Maga. À l'echelle des branchies, le parasitisme par trois espèces de Myxosporidies a été le plus fréquemment observé. L'hétérogénéité de la structure des branchies (Molnár, 2002) favoriserait l'installation de plusieurs espèces parasites sur cet organe (Ibrahim & Sliman, 2010).

Il a été noté une diminution de la fréquence des polyinfestations par des associations de plus de 3 espèces de Myxosporidies sur les filaments branchiaux. Des observations similaires ont été faites à l'échelle de l'individu hôte par Abakar-Ousman *et al.* (2007), Nchoutpouen *et*

al. (2011) et Fonkwa *et al.* (2017b). Cette diminution de la fréquence des polyinfestations avec l'augmentation du nombre d'espèces parasites associées, s'expliquerait par la diminution de l'espace et des ressources disponibles sur les filaments branchiaux (Koskivaara & Valtonmen, 1992 ; Fonkwa *et al.*, 2017b).

Le côté de l'hôte n'a pas eu une influence tant sur la prévalence que sur la charge kystique moyenne des espèces parasites. Une distribution symétrique des Myxosporidies sur le corps du poisson hôte est un phénomène bien connu (Tombi *et al.*, 2010 ; Saha *et al.*, 2013 ; Lekeufack Folefack & Fomena, 2017). Ce phénomène n'est pas l'apanage des Myxosporidies car il est également observé chez d'autres groupes de parasites à l'instar des monogènes (Nack *et al.*, 2010 ; Soylu *et al.*, 2013 ; Yang *et al.*, 2016 ; Nack *et al.*, 2018). Des différences statistiquement signifiatives des indices épidémiologiques des monogènes entre les deux côtés des branchies du poisson ont cependant été observées par El Hafidi *et al.* (1998), El Madhi & Belghyti (2006) et Tombi *et al.* (2016a).

Le taux d'infestation et la charge kystique moyenne des espèces de Myxosporidies recensées sur les branchies chez *L. senegalensis* n'ont pas varié de manière significative en fonction des arcs branchiaux. Au Cameroun, Lekeufack Folefack & Fomena (2017) avaient fait le même constat pour la charge kystique moyenne de *Myxobolus pethericii* chez *Ctenopoma petherici*. De nombreux travaux sur la distribution spatiale des parasites sur les branchies chez les poissons ont montré plutôt que les taux d'infestation et les charges kystiques moyennes peuvent décroître de l'arc I à l'arc IV. Nack *et al.* (2018), Tombi *et al.* (2016a et 2016b), Yang *et al.* (2016), El Hafidi *et al.* (1998) ont expliqué que la décroissance des taux d'infestation ou des intensités moyennes des monogènes en fonction des acrs branchiaux dans le sens antéropostérieur se justifient par le nombre décroissant des filaments de l'arc I à l'arc IV. L'arc IV qui porte moins de filaments aura la plus faible charge kystique. Dans d'autres cas, ce sont plutôt les arcs II et III qui enregistrent les taux d'infestation ou les charges parasitaires les plus élevés (Tombi *et al.*, 2010 ; Wootten, 1974).

C'est au niveau de l'arc III de *L. senegalensis*, qu'on a enregistré le taux d'infestation par deux espèces de Myxosporidies le plus élevé et le taux d'infestation par trois espèces parasites statistiquement le plus faible. D'après Paling (1968), les arcs branchiaux ne reçoivent pas uniformément le même flux d'eau respiratoire. La grande partie du courant respiratoire s'écoule sur les arcs II et III. Ceci pourrait alors défavoriser l'installation de certaines espèces de Myxosporidies dans des zones ou les portions branchiales les plus affectées par les courants d'eau.

Dans le présent travail et chez *L. senegalensis*, toutes les espèces de Myxosporidies ont infesté de manière équitable les deux hémibranchies. En effet, les battements des filaments branchiaux grâce aux muscles abducteurs permettent l'exposition uniforme des hémibranchies au courant de la ventilation (Shelton, 1970). L'observation faite chez *L. senegalensis* corrobore les résultats obtenus par divers auteurs chez plusieurs espèces de poissons. En effet, Lekeufack Folefack & Fomena (2017) ont rapporté que *Myxobolus pethericii* a infesté indifféremment les deux hémibranchies des arcs I, II et III chez *Ctenopoma petherici*. Chez *E. martorelli* au Cameroun, Tombi *et al.* (2010) ont observé que *Myxobolus nyongana* au niveau de tous les arcs et *Myxbolus njinei* sur des arcs I, III et IV, infestaient indifféremment les deux hémibranchies.

Chez L. senegalensis du lac de retenue de Maga, les Myxosporidies (toutes les espèces confondues) ont infesté plus le secteur moyen des holobranchies. Au niveau spécifique, M. nchoutnounensis et T. sanagaensis préféraient de manière significative ce secteur de la branchie. De plus, les charges kystiques moyennes de M. imami, M. nchoutnounensis, T. assambai et T. sanagaensis ont été significativement plus élevées dans le secteur branchial moyen. Les travaux menés sur la distribution des espèces parasites (principalement les Monogènes) suivant les secteurs ventro-dorsaux et les zones baso-distales des branchies chez les poissons ont fait ressortir que le choix de sites par ces parasites dépendait de certains facteurs abiotiques tels que le volume et la force du courant d'eau ventilatoire des branchies (Turgut et al., 2006; Yang et al., 2006; Gerasev & Staravoitov, 1988; Wootten, 1974). Au niveau des branchies des Téléostéens, la force de courant de ventilation est plus faible au niveau de la zone basale et plus forte dans celle distale (Hughes, 1966). Par ailleurs, le secteur ventral des branchies est la plus exposé au courant respiratoire et celle qui possède la plus petite surface (Wootten, 1974; Lo & Morand, 2001). Le secteur moyen serait à la fois plus oxygéné et celui ayant la plus grande surface (Tombi et al., 2010; Yang et al., 2016). Tombi et al. (2016a) avaient déjà observé une forte accumulation des monogènes Dactylogyrus amieti et Dogielius njinei sur le secteur médian (moyen) des branchies chez E. camptacanthus de la rivière Koukoum au Cameroun. Sur les arcs branchiaux II à IV chez E. martorelli au Cameroun, Myxobolus barbi a formé des kystes qui ont été plus abondants sur les secteurs moyen et médioventral et a présenté des charges kystiques moyennes progressivement décroissantes vers les extrémités ventrale et distale (Tombi et al., 2010).

Chez *L. senegalensis*, *M. kouoptamoensis* et *M. nanokiensis* se sont installés dans la zone branchiale distale ; *M. njoyai* se développe dans la zone basale et *T. sanagaensis* exploite plus les zones basale et médiane. *Myxobolus imami*, *M. nchoutnounensis* et *T. assambai* ont co-infesté toutes les zones branchiales avec une différence non significative. Au niveau de toutes

les zones branchiales, *M. imami* s'est installé sur la face interne du filament branchial tandis que *M. nchoutnounensis* s'est implanté sur sa face externe ; *T. assambai* exploitait les lamelles branchiales secondaires alors que les kystes de *T. sanagaensis* étaient localisés sur le septum situé entre les hémibranchies. L'infestation de la même portion branchiale ou de la même zone branchiale par plusieurs espècces parasites chez le poisson n'est pas un phénomène inédit (El Hafidi *et al.*, 1998 ; Bilong Bilong *et al.*, 1999 ; Tombi *et al.*, 2010 ; Tombi *et al.*, 2016a ; Lekeufack Folefack & Fomena, 2017 ; Nack *et al.*, 2018). L'hétérogénéité de l'appareil branchial et les différents dégrés d'exposition aux courants d'eau peuvent justifier la polyinfestation et la distribution des espèces de Myxosporidies sur les branchies (El Hafidi *et al.*, 1998). De même, Tombi *et al.* (2016a) ont affirmé que la polyinfestation et la distribution des espèces parasites cur le poisson s'expliquent par la présence permanente des microniches vacantes sur ces organes.

Bien que les nageoires des téléostéens soient couramment infestées par les Myxosporidies (Molnár, 2002), la distribution spatiale de ces espèces parasites sur ces organes n'a pas encore été abordée. Selon Molnár (2002) cette lacune serait probablement due au fait que l'infection de cet organe n'engage pas directement le pronostic vital de l'individu hôte. Cet auteur a présenté les sites préférentiels d'implantation des espèces de Myxosporidies sur les nageoires. D'autres travaux sur le parasitisme des nageoires des téléostéens sont ceux de Cone & Cusack (1989) et Chen *et al.* (2020) sur les Monogènes. Le taux d'infestation monospécifique par les Myxosporidies a été le plus élevé au niveau des nageoires chez *L. senegalensis* de Maga. Les ressources limitées au niveau des nageoires limiteraient l'implantation des espèces parasites (Paperna, 1964).

Bien que toutes les nageoires de *L. senegalensis* ont hébergé *Myxobolus nchoutnounensis, Thelohanellus bicornei* et *Thelohanellus sanagaensis,* les taux d'infestation et les charges kystiques moyennes de ces espèces parasites ont été statistiquement différents suivant le type de nageoire et plus élevés sur la nageoire caudale. Ceci se justifie par la plus grande surface de la nageoire caudale comparée aux autres nageoires. En effet, la nageoire caudale est plus étendue, et l'anale la moins large chez L. senegalensis. Par ailleurs, la nageoire caudale effectuerait de puissants mouvements ondulatoires pour la locomotion et pour déplacer les particules au fond de l'eau pour la recherche de la nourriture (Bridge *et al.*, 2016) ; ceci favoriserait aussi son contact avec les actinospores. Chez les Monogènes par exemple, Chen *et al.* (2020) ont observé en Chine que le taux d'infestation par *Paragyrodactylus variegatus* est plus élévé sur la nageoire caudale chez *Homatula variegata.* Nous nous joignons à Cone &

Cusack (1989) pour dire que la taille et l'activité de la nageoire constituent des facteurs qui influencent la distribution des parasites sur cet organe.

Au niveau des nageoires des poissons hôtes examinés au cours de ce travail, *M. nchoutnounensis* a été spécifique au derme interlépidotrichal et colonisait principalement la zone basale ; *T. sanagaensis* s'était installée dans les zones basale et médiane et a été spécifique au tissu sous-épidermique, au contact du rayon osseux ; tandis que *T. bicornei* se développait dans la région intrasegmentale avec des indices épidémiologiques plus élevés dans la zone médiane. La répartition de ces espèces de Myxosporidies sur la nageoire chez *L. senegalensis* est facilitée par une organisation structurale de cet organe qui fait de lui un microbiotope hétérogène. En effet, les lépidotriches des nageoires sont surmontés aux extrémités par des fibres d'actinotriches jouant un important rôle dans la croissance et la régénération du tissu osseux de la nageoire (Durán *et al.*, 2016 ; König *et al.*, 2018). Les actinotriches sont bien alignés sous l'épiderme dans la partie distale de la zone de régénérescence alors que dans la zone basale, ils sont interrompus et non alignés à l'intérieur du mésenchyme entre les hémisegments (König *et al.*, 2018).

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

L'étude des Myxosporidies parasites des poissons du lac de retenue de Maga, a porté sur six cent soixante-quatorze (674) individus appartenant aux familles suivantes : Cichlidae, Claroteidae, Cyprinidae, Distichodontidae, Latidae, Mormyridae et Tetraodontidae. La faune des Myxosporidies recensées est abondante et diversifiée. Au total, trente six (36) espèces ont été récoltées. Elles appartiennent aux genres suivants : *Myxobolus* Bütschli, 1882 (24 espèces) ; *Myxidium* Bütschli, 1882 (04 espèces) ; *Henneguya* Thélohan, 1892 (04 espèces) et *Thelohanellus* Kudo, 1933 (04 espèces). Avec 66,66% d'espèces récoltées, le genre *Myxobolus* est le plus représenté.

Parmi les espèces parasites recensées, dix (10) sont nouvelles pour la Science : *Myxobolus dzeufieti* n. sp. (trouvée chez *Oreochromis niloticus* et *Tilapia* sp.), *Myxobolus magai* n. sp. (parasite de *Labeo batesii* et *Labeo coubie*), *Myxobolus kodjii* n. sp. (hôte : *Labeo senegalensis*), *Myxobolus hemibranchialis* n. sp. (hôte : *Labeo senegalensis*), *Myxobolus* sp. (chez *Tilapia* sp.), *Myxidium tetraodoni* n. sp. (parasite de *Tetraodon lineatus*), *Myxidium anisocapsularis* n. sp. (trouvée chez *Distichodus engycephalus*), *Henneguya distichodi* (hôte : *Distichodus engycephalus*), *Henneguya magai* n. sp. (parasite d'*Auchenoglanis occidentalis*) et *Thelohanellus* sp. (hôte : *Labeo senegalensis*).

Douze (12) espèces de Myxosporidies antérieurement décrites au Cameroun, ont été retrouvées chez les poissons du lac de retenue de Maga. *Myxidium nyongensis*, connu comme parasite de la vésicule biliaire des poissons Cyprinidés du genre *Enteromius* a été retrouvé chez *Labeo senegalensis* (hôte nouveau). *Myxobolus kouoptamoensis*, *Myxobolus nchoutnounensis* et *Myxobolus njoyai*, toutes initialement décrites chez *Labeo parvus*, ont été retrouvées chez *L. senegalensis*. *Myxobolus bilongi* (connue comme parasite des *Labeo* sp.) et *Myxobolus nyongana* (antérieurement décrite chez les poissons du genre *Enteromius*) ont été retrouvées chez *L. senegalensis*. *Myxobolus camerounensis* (parasite d'*Oreochromis niloticus*) et *Myxobolus nounensis* (antérieurement décrite chez les Cichlidae des genres *Sarotherodon* et *Tilapia*) ont été retrouvées chez *Tilapia* sp.. *Henneguya odzai*, antérieurement décrite chez *Marcusenius moorii* (Mormyridae), a été retrouvée chez *Mormyrus cyprinoides* et *Hyperopisus bebe chariensis*. *Henneguya mbakaouensis* a été retrouvée chez son hôte d'origine (*Lates niloticus*). *Thelohanellus assambai* et *T. sanagaensis* (toutes parasites de *Labeo* sp.) ont été retrouvées chez les poissons de genre *Labeo*.

Quatorze (14) espèces de Myxosporidies, antérieurement décrites hors du Cameroun, ont été retrouvées chez les poissons examinés. *Myxidium latesi* (parasite de *Lates niloticus* au Tchad), *Myxobolus distichodi* (parasite de *Distichodus engycephalus* au Tchad), *Myxobolus labeoi* (parasite de *Labeo coubie* au Burkina-Faso) et *Thelohanellus bicornei* (parasite de *Labeo*
coubie au Burkina-Faso), ont été retrouvées chez leurs hôtes d'origine. *Myxobolus cuttacki* (parasite de *Cyprinus carpio* en Inde) a été retrouvée ici chez le Distichodontidae *Distichodus* engycephalus. *Myxobolus imami* (hôte : *Labeo niloticus* en Egypte), *Myxobolus nanokiensis* (hôte : *Labeo rohita* en Inde), *Myxobolus nokoueensis* (connue chez les Cichlidae et Cyprinidae d'Afrique) et *Myxobolus terengganuensis* (connue chez *Osteochilus hasselti* en Malaysie) ont été retrouvées chez *Labeo senegalensis* (hôte nouveau). *Myxobolus fomenai* (initialement décrite chez *Oreochromis niloticus* en Egypte) et *Myxobolus brachysporus* et *Myxobolus kainjiae*, connues comme parasites des poissons Cichlidae, ont été retrouvées chez les Cichlidés examinés. *Myxobolus sarigi*, connue comme parasite des centres mélano-macrophages des reins et de la rate chez les Cichlidés, développe des kystes dans les nageoires et les branchies chez les Cichlidés examinés.

Chez les poissons hôtes, les parasites récoltés infestaient divers organes : peau ; nageoires ; yeux ; opercules ; branchies ; vésicule biliaire ; vessie urinaire ; reins ; ovaires ; foie ; rate ; muscles. Les coupes histologiques réalisées dans certains organes fortement parasités par les kystes à myxospores ont permis d'observer les effets pathologiques. Vingt trois (23) des espèces histozoïques sur 32 recensées (71,8%) infestaient les branchies chez les poissons hôtes. Ces derniers pourraient perturber la respiration chez les hôtes en cas d'infestation sévère. Chez les poissons examinés, *Myxbolus brachysporus* et *Myxbolus fomenai* pourraient être à l'origine de la mauvaise qualité de muscles, *Myxbolus kainjiae* pourrait entraîner une baisse de la fécondité et *Myxbolus kodjii* pourrait affecter la vue.

Les familles d'hôtes qui ont hébergé le plus d'espèces parasites sont les Cyprinidae (18 espèces) et les Cichlidae (9 espèces). Avec 16 espèces parasites, *Labeo senegalensis* a été l'hôte qui portait le plus grand nombre d'espèces de Myxosporidies.

L'étude de la dynamique des espèces de Myxosporidies parasites de *Labeo* senegalensis, menée sur un échantillon d'individus majoritairement de taille moyenne, a permis de noter que les parasitismes par à 5 et 6 espèces ont été les plus fréquents. Sur les 16 espèces parasites étudiées chez l'espèce hôte, cinq (05) (*M. nchoutnounensis, M. imami, M. terengganuensis, T. bicornei* et *T. sanagaensis*) ont été fréquentes, neuf (09) (*M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. nanokiensis, M. njoyai, M. nokoueensis, T. assambai* et *Thelohanellus* sp.) ont présenté chacune un statut intermédiaire et deux (02) (*Myxobolus nyongana* et *Myxidium nyongensis*) ont été rares. Pour les espèces qui développaient les kystes, la charge kystique moyenne a été élevée pour *M. imami, M. nanokiensis*, *M. kouoptamoensis, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis, M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis*, *M. hemibranchialis, M. kouoptamoensis*) ont été rares. Pour les espèces qui

nchoutnounensis, M. nokoueensis, T. bicornei et T. sanagaensis et très faible pour M. bilongi, M. njoyai, M. nyongana et Thelohanellus sp..

Le sexe de l'hôte n'avait pas d'influence sur le parasitisme par les espèces de Myxosporidies chez *L. senegalensis* du lac de retenue de Maga. *Myxobolus kouoptamoensis* et *M. nanokiensis* ont préféré plus les individus hôtes d'une petite taille alors que *Myxobolus imami, M. nokoueensis* et *M. nchoutnounensis* ont infesté plus les spécimens d'une grande taille. Pour le reste des espèces parasites étudiées (*M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis, M. njoyai, T. bicornei, T. assambai, T. sanagaensis* et *Thelohanellus* sp.) la taille ou l'âge n'avait pas d'influence sur le parasitisme.

Les taux d'infestation et les charges kystiques moyennes de *M. imami* et *M. nanokiensis* ont été plus élevés pendant la saison pluvieuse. Les valeurs de ces paramètres ont été plus élevées chez *M. bilongi, M. kodjii, M. hemibranchialis* et *T. bicornei* pendant la saison sèche. *Myxobolus nchoutnounensis, M. noukoueensis* et *T. sanagaensis* ont été plus fréquentes en saison pluvieuse. Concernant *M. kouoptamoensis, M. njoyai, T. assambai* et *Thelohanellus* sp., les saisons n'avaient pas d'influence sur les indices épidémiologiques.

Chez L. senegalensis, M. njoyai, M. kouoptamoensis, M. hemibranchialis, M. nanokiensis, M. noukoueensis et T. assambai ont été spécifiques aux branchies. Les branchies et les nageoires ont été les organes les plus infestés par les Myxosporidies. Les espèces parasites qui se développaient sur les branchies, ont présenté une spécificité tissulaire et avaient tendance à séparer leurs microniches. Myxobolus imami, M. nchoutnounensis, T. assambai et T. sanagaensis infestaient plus fréquemment le secteur branchial moyen. Toutefois M. imami qui s'implantait dans les veines, occuppait plus fréquemment la zone 2/3 distale des filaments ; M. nchoutnounensis s'implantait dans les artères en occupant plus fréquemment la zone 2/3 distale des filaments is ne exploitant des tissus différents. Myxobolus kouoptamoensis, M. nanokiensis et M. njoyai ont occupé indifféremment les différents secteurs branchiaux. Myxobolus kouoptamoensis et M. njoyai dans la zone basale.

Au niveau de la nageoire, *M. nchoutnounensis* a colonisé principalement la zone basale et a été spécifique du derme interlépidotrichal. *Thelohanellus sanagaensis* exploitait le tissu sousépidermique dans les zones basale et médiane de la nageoire. *Thelohanellus bicornei* était inféodée à la région intrasegmentale de la zone médiane.

Recommandations

Après l'analyse des résultats de ce travail, nous formulons les quelques recommandations suivantes.

Aux populations et pêcheurs locaux, nous conseillons :

- ✓ de continuer à consommer les poissons du lac de retenue de Maga sans aucune crainte majeure, mais en les faisant bien cuire afin de prévenir un quelconque trouble digestif ;
- d'éviter de continuer à polluer le lac de retenue avec des déchets ménagers (lessive) et d'importantes quantités de débris végétaux versés dans le lac, comme ressources nutritives, afin d'éviter la pullulation dans le lac des annelides (hôtes dénitifs des Myxosporidies).

Aux éventuels pisciculteurs à proximité du lac de retenue de Maga, nous préconisons :
✓ l'utilisation des eaux de puits ou de source pour l'alimentation les étangs ;

 ✓ l'épuration régulière de leurs étangs pscicoles afin d'éviter la formation de la vase susceptible de favoriser le développement des hôtes définitifs des Myxosporidies.

Aux pouvoirs publics, nous recommandons de procéder au dragage planifié du lac de retenue de Maga afin de restaurer les meilleures conditions de santé pour la faune ichtyologique.

Perspectives

Dans des travaux ultérieurs, nous nous proposons de :

- achever la description des espèces non nommées dans ce travail ;
- compléter la description des nouvelles espèces décrites au cours de ce travail avec les données moléculaires ;
- étudier la structure et la dynamique des espèces de Myxosporidies chez L. senegalensis sur plusieurs années ;
- étudier la structure et la dynamique des espèces de Myxosporidies chez d'autres espèces hôtes du lac de retenue de Maga.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abakar-Ousman. (2006). Les Myxosporidies (Myxozoa : Myxosporea) parasites des poissons d'eau douce du Tchad : faunistique et biologie des espèces inféodées à *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758) et *Sarotherodon galilaeus* (LINNE, 1758) Cichlidae. *Thèse de Doctorat/Ph.D*, Université de Yaoundé I : 163 p.
- Abakar-Ousman, Bilong Bilong C.F., Njiné T. & Fomena A. (2007). Structure and Dynamics of Myxosporean parasites component communities in two fresh water Cichlids in the Chari River (Republic of Chad). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **10** (5): 692-700.
- Abakar-Ousman, Fomena A., Ngassam P. & Bouix G. (2006). Myxosporidies (Myxozoa), parasites des Téléostéens d'eau douce du Tchad : Espèces nouvelles ou peu connues. Annales de l'Université de Ndjamena, 1 (C) : 111-131.
- Abdel-Baki AA.S., Abdel-Haleem H.M., Al-Quraishy S., Azevedo C. & Mansour L. (2018).
 Ultrastructural and molecular characteristics of *Kudoa crenimugilis* n. sp. infecting intestinal smooth muscle of fringelip mullet *Crenimugil crenilabis* in the Red Sea. *Diseases of Aquatic Organisms*, **129** (1): 53-62.
- Abdel-Ghaffar F., Abdel-Aziz M.A., Ezz El-Din N. & Naas S. (1995). Light and electron microscopic studies on *Henneguya branchialis* Ashmawy *et al.*, 1989 (Myxosporea: Myxozoa) infecting the catfish *Clarias lazera* in the River Nile, Egypt. *Journal of Union of Arab Biologists*, 3 (A): 113-133.
- Abdel-Ghaffar F., El-Toukhy A., Al-Quraishy S., Al-Rasheid K., Abdel-Baki A.S., Hegazy A.
 & Bashtar A.R. (2008). Five new myxosporean species (Myxozoa: Myxosporea) infecting the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* in Bahr Shebin, Nile Tributary, Nile Delta, Egypt. *Parasitology Research*, **103** (5): 1197-1205.
- Abdel-Ghaffar F., Ibrahim E.A., Bashtar A. & Ali M.A. (1998). Myxosporidia infecting saline and freshwater fishes of Qarun and Wadi El-Raiyan Lakes, Egypt (Genus: *Myxobolus*). *Journal of the Egyptian German Society of Zoolology, Histology and Histochemistry*, 26 (D): 209-229.
- Abdel-Ghaffar F., Morsy K., Bashtar A.R., El-Ganainy S. & Gamal S. (2012). *Thelohanellus niloticus* sp. nov. (Myxozoa: Myxosporea) a parasite of the Nile carp *Labeo niloticus* from the River Nile, Egypt. *Parasitology Research*, **112** (1): 379-383.
- Abdoullahi H.O., Tapsoba F., Guira F., Zongo C., Abakar L.I., Tidjani A. & Savadogo A. (2018). Technologies, qualité et importance socio-économique du poisson séché en Afrique. *Revue des Sciences et de la Technologie, Synthèse*, 37 : 49-63.

Abdullahi S.A., Abolude D.S. & Andega R.A. (2001). Nutrient quality of four oven dried fresh

water catfish in Northern Nigeria. Journal of Tropical Bioscience, 1 (1): 70-76.

- Abidi R., Fariya N. & Chauhan U. K. (2015). Development and standardization of PCR technique to detect myxozoan parasites and its use in identification of two exotic *Myxobolus* species from Indian catfish *Clarias batrachus* (linn.). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2 (4): 374-377.
- Abolarin M.O. (1971). A new species of *Henneguya* (Myxosporida, Protozoa) from West African catfish, *Clarias lazera* Val., with a review of the genus *Henneguya* Thelohan, 1892. African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries, 1 (2): 93-105.
- Abolarin M.O. (1974). Myxobolus tilapiae sp. nov. (Protozoa: Myxosporida) from three species of fresh-water Tilapia in Nigeria. Journal of the West African Science Association, 19: 109-114.
- Abrunhosa J., Sindeaux-Neto J.L., Kely dos Santos Â., Hamoy I. & Matos E. (2017). Myxobolus marajoensis sp. n. (Myxosporea: Myxobolidae), parasite of the freshwater catfish Rhamdia quelen from the Brazilian Amazon region. Brazilian Journal of Veterinary Parasitology, Jaboticabal, 26 (4): 465-471.
- Abu-El-Wafa S.A.D. (1988). Protozoa parasites of some fresh water fish in Behera governorate, Egypt. *Master of Veterinary Science Thesis*, Faculty of Veterinary Medecine, Alexandria University, 146 p.
- Abumhara A.A., Yadem S.M. & Sovjak R. (2011). Epizootiology the control of gill parasite infestations in Egyptian fish hatcheries. *International Journal of Agriscience*, **1** (3): 164-169.
- Ahmad I. & Kaur H. (2018). Redescription and histopathology of *Myxobolus nanokiensis* and *M. slendrii* infecting gills of fingerlings of Indian major carps. *International Journal of Current Research in Life Sciences*, 7 (2): 915-922
- Akhmerov A.K. (1960). Myxosporidia of fishes of the Amur River Basin. *Rybnoe Khozyaistvo Vnutrikh Vodoemov Latviiskoi SSR*, **5**: 239-308.
- Albaret J.J. (1982). Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, **15** (4): 347-371.
- Ali M.A. (1999). Henneguya ghaffari sp. n. (Myxozoa: Myxosporea), infecting the Nile perch Lates niloticus (Teleostei: Centropomidae). Diseases of Aquatic Organisms, 38 (3): 225-230.
- Ali M.A., Abdel-Baki A.S., Sakran T., Entzeroth R. & Abdel-Ghaffar F. (2006). *Myxobolus lubati* n. sp. (Myxosporea: Myxobolidae), a new parasite of haffara seabream *Rhabdosargus haffara* (Forsskal, 1775), Red Sea, Egypt: a light and transmission electron

microscopy. Parasitology Research, 100 (4): 819-827.

- Ali M.A., Al-Rasheid A.S., Sakran T., Abdel-Baki A.S. & Abdel-Ghaffar F.A. (2002). Some species of the genus *Myxobolus* (Myxozoa: Myxosporea) infecting freshwater fishes of the River Nile, Egypt. *Parasitology Research*, 88 (1): 9-15.
- Ali M.A., Sakran T. & Abdel-Baki A.S. (1999). Species of the genus *Myxidium* Butschli, 1882 (Myxosporea, Myxozoa) parasitizing some Nile fishes, Egypt. *Journal of Union of Arab Biologists*, 54: 24-29.
- Amiengheme P. (2005). The importance of fish in human nutrition. A paper delivered at a fish culture forum. *Federal Department of Fish Farmers, Abuja*. 21 p.
- Arsan E.L. & Bartholomew J.L. (2008). Potential for the dissemination of the non-native salmonid parasite *Myxobolus cerebralis* in Alaska. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20 (3): 136-149.
- Arula T., Shpilev H., Raid T., Vetemaa M. & Albert A. (2017). Maturation at a young age and small size of European smelt (*Osmerus eperlanus*): A consequence of population overexploitation or climate change? *Helgoland Marine Research*, **71** (7): 1-9.
- Athanassopoulou F., Karagouni E., Dotsika E., Ragias J., Taula J., Christofilloyanis P. & Vatsos T. (2004). Efficacy and toxicity of orally administrated anti-coccidial drugs for innovative treatments of *Myxobolus* sp. infection in *Puntazzo puntazzo. Disease of Aquatic organism*, 62 (3): 217-226.
- Awakura T. & Kimura T. (1977). On the milky condition in smoked coho salmon (*Oncrhynchus kisutch*) caused by myxosporidian parasite. *Fish Pathology*, **12** (3): 179-184.
- Bahri S. & Marquès A. (1996). Myxosporean parasites of the genus *Myxobolus* from *Mugil* cephalus in Ichkeul lagoon, Tunisia: description of two new species. Diseases of Aquatic Organisms, 27 (2): 115-122.
- Baker J.R. (1963). Three new species of *Myxosoma* (Protozoa: Myxosporidia) from East African freshwater fish. *Parasitology*, **53** (1-2): 285-292.
- Banerjee S., Patra A., Adikesavalu H., Mondal A. & Abraham T.J. (2015). The phylogenetic position of *Myxobolus carnaticus* (Myxozoa, Myxosporea, Bivalvulida) infecting gill lamellae of *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822) based on 18S rRNA sequence analysis. *Molecular Biology Research Communications*, **4** (3): 125-132.
- Bartholomew J.L., Atkinsons D., Halletts L., Lowenstine L.J., Garner M.M., Gardiner C.H., Rideout B.A., Keel M.K. & Brown J.D. (2008). Myxozoan parasitism in water fowl. *International Journal of Parasitology*, **38** (10): 1199-1207.

- Bartholomew J.L., Whipple M.J., Stevens D.G. & Fryer J.L. (1997). The life cycle of *Ceratomyxa shasta*, a myxosporean parasite of salmonids, requires a freshwater polychaete as an alternate host. *Journal of Parasitology*, 83 (5): 859-868.
- Bénech V. & Quensière J. (1982). Migration de poissons vers le lac Tchad à la décrue de la plaine inondée du NordCameroun. 1. Méthodologie d'échantillonnage et résultats généraux. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, **15** (3): 253-270.
- Bénech V. & Quensière J. (1983). Migration de poissons vers le lac Tchad à la décrue de la plaine inondée du Nord Cameroun. 2. Comportement et rythme d'activité des principales espèces. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, **16** (3): 79-101.
- Bilong Bilong C.F., Lepommelet E. & Silan P. (1999). The gill of *Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 (Teleostei; Cichlidae), a biotope for ectoparasites: structure, heterogeneity and growth models. *Ecologie*, **30** (2): 125-130.
- Bilong Bilong C.F. & Njiné T. (1998). Dynamique des populations de trois monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* Peters, 1858 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 Naturelles et Vie, 34: 295-303.
- Bilong Bilong C.F., Nack J. & Euzet L. (2007). Monogènes parasites de *Clarias* (Siluriformes, Clariidae) au Cameroun : II. Description de trois nouvelles espèces du genre *Birgiellus* n. gen. (Dactylogyridae, Ancyrocephalidae) dans le Bassin du Nyong. *Parasite*, **14** (2): 121-130.
- Bilong Bilong C.F., Oyono M.G., Fosso S. & Lehman L.G. (2021). Ecological characterization of interspecific relationships between human parasites: conflict, cooperation or independence? *Cameroon Journal of Experimental Biology*, **15** (1): 9-15.
- Boreham R.E., Hendrick S., O'donoghue P.J. & Stenzel D.J. (1998). Incidental finding of *Myxobolus* spores (Protozoa: Myxozoa) in stool samples from patients with gastrointestinal symptoms. *Journal of Clinical Microbiology*, **36** (12): 3728-3730.
- Bouah E.F., Gogbé Z.M. & N'Douba V. (2021). Distribution of two monogeneans gill parasites from *Clarotes laticeps* (Ruppell, 1829) in Bagoué river, Côte d'Ivoire. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9 (3): 117-125.
- Boungou M., Kabré G.B., Sakiti N.G., Marquès A. & Sawaldogo L. (2006). Description of four new Myxosporean species (Myxozoan: Myxosporea) from genus *Myxobolus*, fish parasites of Burkina-Faso, West Africa. *Journal of Biological Sciences*, 6 (5): 861-867.

- Bourgeois C.F. (2003). Répartition des vitamines dans la nature. In *Les vitamines dans les industries agroalimentaires*. (Collection Sciences et Technique Agroalimentaires).
 Edition Lavoisier, Technique et Documentation, p 25-52.
- Bridge T.C.L., Luiz O.J., Coleman R.R., Kane C.N. & Kosaki R.K. (2016). Ecological and morphological traits predict depth-generalist fishes on coral reefs. *Proceedings of the Royal Society B*, 283 (1823): 1-9.
- Brummer-Korvenkontio H., Valtonen E.T & Pugachev O.N. (1991). Myxosporea parasites in roach, *Rutilus rutilus* (Linnaeus) from four lakes in central Finland. *Journal of Fish Biology*, **38** (4): 573-586.
- Bütschli O. (1882). Myxosporidia. In Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs. 1. Protozoa, Second Edition. C.F. Winter, Leipzig, p 590-603.
- Canning E.U. & Okamura B. (2004). Biodiversity and evolution of the Myxozoa. *Advances in Parasitology*, **56**: 43-131.
- Cellere E.F., Cordeiro N.S. & Adriano E.A. (2002). *Myxobolus absonus* sp. n. (Myxozoa: Myxosporea) parasitizing *Pimelodus maculatus* (Siluriformes: Pimelodidae), a South American freshwater fish. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **97** (1): 79-80.
- Chattopadhyay N.R. & Chattoraj S. (2017). A Review on the reproduction and development in fish. *Biomedcal Journal of Scientific and Technicacl Research*, **1** (6): 1747-1751.
- Chen X., Wang B., Nie J. & You P. (2020). A survey of Gyrodactylid parasites on the fins of *Homatula variegata* in central China. *PLoS ONE*, **15** (3): e0230320.
- Chung H.Y. & Kou G.H. (1977). A preliminary report on a *Myxosoma* disease of the scale carp (*Cyprinus carpio* L.). Joint Commissionon Rural Reconstruction, Fisheries Series N°29. *Reports on Fish Disease Research*, (I): 34-39.
- Collins A.G. (2009). Recent Insights into Cnidarian Phylogeny. *Smithsonian Contributions to the marine Sciences*, **38**: 139-149.
- Combes C. (1983). Application à l'écologie parasitaire des indices d'association fondés sur le caractère présence-absence. *Vie et Milieu*, **33** (3/4): 203-212.
- Cone D. K. & Cusack R. (1989). Infrapopulation dispersal of *Gyrodactylus colemanensis* (Monogenea) on fry of *Salmo gairdneri*. *Journal of Parasitology*, **75** (5): 702-706.
- Copland J.W. (1983). The pathology of *Myxidium giardi* Cépède, 1906 infections in wild and cultured eels, *Anguilla anguilla* L.. *Journal of Fish Diseases*, **6** (5): 451-460.
- Dadebo E., Ahlgren G. & Ahlgren I. (2003). Aspects of the reproductive biology of *Labeo horie*Heckel (Pisces: Cyprinidae) in Lake Chamo, Ethiopia. *African Journal of Ecology* 41 (1): 31-38.

- De Weirdt D., Getahun A., Tshibwabwa S. & Teugels G.G. (2007). Cyprinidae. In Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D. (2007), *Poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique centrale, Volume 1*. Collection Faune et Flore tropicales, IRD (Ed), Paris, p 466- 469.
- Diamanka A., Faye N., Fall M. & Toguebaye B.S. (2007). Myxosporidian parasites of the genus *Myxobolus* Bütschli, 1882 found for the first time in Cichlid fishes from Senegal River (West Africa). *Acta Protozool*ogica, 46 (3): 257-262.
- Dohle A., Schmahl G., Raether W., Schmidt H. & Ritter G. (2002). Effects of orally administered chemotherapeutics (quinine, salinomycin) against *Henneguya* sp. Thelohan, 1892 (Myxozoa: Myxobolidae), a gill parasite in the tapir fish *Gnathonemus petersii* Günther, 1862 (Teleostei). *Parasitology Research*, 88 (9): 861-867.
- Dyková I., Lom J. & Cirkovic M. (1986). Brain myxobolosis of common carp (*Cyprinus carpio*) due to *Myxobolus encephalicus*. Bulletin of European Association of Fish Pathologists, **6** (1):10-11.
- Eiras J.C., Cruz C.F., Saraiva A. & Adriano E.A. (2021). Synopsis of the species of *Myxobolus* (Cnidaria, Myxozoa, Myxosporea) described between 2014 and 2020. *Folia Parasitologica*, **68** (12): 1-19.
- Eiras J.C., Molnár K. & Lu Y.S. (2005). Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae). *Systematic Parasitology*, **61** (1):1-46.
- Eiras J.C., Saraiva A., Cruz C.F., Santos M.J. & Fiala I. (2011). Synopsis of the species of *Myxidium* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). *Systematic Parasitology*, 80 (2): 81-116.
- Eiras J.C., Zhang J. & Molnar K. (2014). Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea, Myxobolidae) described between 2005 and 2013. *Systematic Parasitology*, 88 (1): 11-36.
- Eissa A.E., Abu Mourad I.M.K. & Borhan T. (2006). A contribution on *Myxosoma* infection in cultured *Oreochromis niloticus* in Lower Egypt. *Nature and Science*, **4** (4): 40-46.
- El Hafdi F., Berrada-Rkhami O., Benazzou T. & Gabrion C. (1998). Microhabitat distribution and coexistence of Microcotylidae (Monogenea) on the gills of the stripped mullet *Mugil cephalus*: chance or competition? *Parasitology Research*, **84** (4): 315-320.
- El-Madhi Y. & Belghyti D. (2006). Distribution de deux monogènes dans les individus hôtes de *Trachinotus ovatus* de la côte de Medhia. *Biologie et Santé*, **6** (2): 65-76.

- El-Matbouli M. & Hoffmann R.W. (1991). Prevention of experimentally induced whirling disease in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* by fumagillin. *Diseases of Aquatic Organisms*, **10** (2): 109-113.
- Eszterbauer E., Atkinson S., Diamant A., Morris D., El-Matbouli M. & Hartikainen H. (2015).
 Myxozoan life cycles: practical approaches and insights. In Okamura B., Gruhl A.,
 Bartholomew J.L. (Eds.), *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer International Publishing Switzerland, p 175-198.
- Faisal M. & Shalaby S.I. (1987). *Myxosoma tilapiae* as a new species (*Myxosoma*: Myxosporea) in wild Oreochromis niloticus in Lower Egypt. Egyptian Journal of Veterinary Sciences, 24: 73-86.
- Fall M., Fomena A., Kostoïngué B., Diebakate C., Faye N. & Toguebaye B.S. (2000).
 Myxosporidies (Myxozoa, Myxosporea) parasites des poissons Cichlidae du Cameroun, du Sénégal et du Tchad avec la description de deux nouvelles espèces. *Annales des Sciences Naturelles*, 21 (3):81-92.
- Fantham H.B. (1930). Some parasitic protozoa found in South Africa. 13. *South African Journal of Science*, **27**: 376-390.
- Feist S.W. (1997). Pathogenicity of renal myxosporeans of fish. *Bulletin of European* Association of Fish Pathologists, **17** (6): 209-2014.
- Ferguson H.W. & Ball H.J. (1979). Epidemiological aspects of proliferative kidney disease amongst rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson in Northern Ireland. *Journal of Fish Diseases*, 2 (3): 219-225.
- Ferguson J.A., Atkinson S.D., Whipps C.M. & Kent M.L. (2008). Molecular and morphological analysis of *Myxobolus* spp. of salmonid fishes with the description of a new *Myxobolus* species. *Journal of Parasitology*, **94** (6): 1322-1334.
- Fiala I., Bartosova-Sojkova P. & Whipps C.M. (2015). Classification and Phylogenetics of Myxozoa. In Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L. (Eds.), *Myxozoan Evolution*, *Ecology and Development*. Springer International Publishing Switzerland, p 85-110.
- Fomena A. (1986). Contribution à l'étude des Myxosporidies (Protozoa : Myxozoa) parasites des poissons d'eau douce du Sud-Cameroun : Systématique, Ultrastructure, Relations hôles-parasites. *Thèse de Doctorat 3^e cycle*, Université de Yaoundé, Cameroun : 276 p.
- Fomena A. (1995). Les Myxosporidioses et Microsporidioses des poissons d'eau douce du Sud-Cameroun : Faunistique, Ultrastructure et Biologie. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Yaoundé I : 397 p.

- Fomena A., Abakar-Ousman, Ngassam P. & Bouix G. (2004). Description de trois espèces nouvelles de Myxosporidies (Myxozoa : Myxosporea) parasites de *Citharinus citharus* (Geoffroysaint-Hilaire, 1809) (Citharinidae) au Tchad (Afrique Centrale). *Parasite*, 11 (1): 83-88.
- Fomena A. & Bouix G. (1986). Contribution à l'étude des Myxosporidies des poissons d'eau douce du Cameroun. I. Espèces nouvelles du genre *Myxidium* Bütschli, 1882. Acta Tropica, 43 (4) : 319-333.
- Fomena A. & Bouix G. (1987). Contribution à l'étude des Myxosporidies des poissons d'eau douce du Cameroun. III. Espèces nouvelles des genres *Henneguya* et *Thelohanellus*. *Revue de Zoologie Africaine*, **101** (1) : 43-53.
- Fomena A. & Bouix G. (1994). New Myxosoridea species (Myxozoa) from freshwater Telosts in Southern Cameroon (Central Africa). *Journal of African Zoology*, **108** (5): 481-791.
- Fomena A. & Bouix G. (1996). New species of *Henneguya* Thélohan, 1892 (Myxozoa: Myxosporea) parasites of freshwater fishes in Cameroon. *Journal of African Zoology*, 110 (6): 413-423.
- Fomena A. & Bouix G. (1997). Myxosporea (Protozoa: Myxozoa) of the freshwater fishes in Africa: keys to the genera and species. *Systematic Parasitology*, **37**: 161-178.
- Fomena A. & Bouix G. (2000). Henneguya mbakouensis sp. nov., Myxobolus nounensis sp. nov. and M. hydrocini Kostoïngué and Toguebaye, 1994, Myxosporea (Myxozoa) parasites of Centropomidae, Cichlidae and Characidae (Teleosts) of the Sanaga basin in Cameroon (Central Africa). Parasite, 7 (3): 209-214.
- Fomena A., Bouix G. & Birgi E. (1985). Contribution à l'étude des Myxosporidies des Poissons d'eau douce du Cameroun. Espèces nouvelles du genre *Myxobolus* Bütschli, 1882. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*, 46 (1-2) : 167-192.
- Fomena A., Farikou-Oumarou, Tang II C. & Bouix G. (2007b). *Thelohanellus njinei* n. sp. et *T. lagdoensis* n. sp., Myxosporidies (Myxozoa: Myxosporea) parasites des Schilbeidae et Citharinidae (poissons téléostéens) au Cameroun (Afrique Centrale). *Parasite*, **14** (2) : 113-119.
- Fomena A., Lekeufack Folefack G.B. & Bouix G. (2008). Three new species of *Henneguya* (Myxozoa: Myxosporea), parasites of fresh water fishes in Cameroon (Central Africa) *Journal of Afrotropical Zoology*, **4**: 93-103.
- Fomena A., Lekeufack Folefack G.B. & Bouix G. (2010). Deux espèces nouvelles de *Myxidium* (Myxosporea : Myxidiidae) parasites de poissons d'eau douce du Cameroun. *Parasite*, 17 (1) : 9-16.

- Fomena A., Lekeufack Folefack G.B. & Tang II C. (2007a). New species of *Myxobolus* (Myxosporea: Myxobolidae) parasites of fresh water fishes in Cameroon (CentralAfrica). *Journal of Biological Sciences*, 7 (7): 1171-1178.
- Fomena A., Marquès A. & Bouix G. (1993). Myxosporidea (Myxozoa) of Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1757) (Teleost: Cichlidae) in fish farming pools at Melen (Yaoundé, Cameroon, Central Africa). Journal of Afrotropical Zoology, 107: 43-56.
- Fomena A., Marquès A., Bouix G. & Njiné T. (1994). *Myxobolus bilongi* sp. n., *Thelohanellus assambai* sp. n. et *Thelohanellus sanagaensis* sp. n., Myxosporidies parasites de *Labeo* sp. (Teleostei : Cyprinidae) dans le bassin de la Sanaga au Cameroun (Afrique centrale). *Annales de la Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I*, **3** : 131-142.
- Fonkwa G., Lekeufack Folefack G.B., Tchuinkam T., Ishtiyaq A. & Tchoumboue J. (2018b).
 Effect of season on myxosporean infections in *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Cichlidae) at MAPE Dam in Adamawa, Cameroon. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 9 (5): 1-6.
- Fonkwa G., Tchuinkam T., Ishtiyaq A., Nana Towa A. & Tchoumboue J. (2018a). Prévalences des myxosporidioses chez *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 (Cichlidae) au barrage réservoir de la Mapé (Adamaoua-Cameroun). *Journal of Applied Biosciences*, **123** (1): 12332-12345.
- Fonkwa G., Tchuinkam T., Nchoutpouen E. & Tchoumboue J. (2017b). Structure and population dynamics of Myxosporeans (Myxozoa: Myxosporea), parasites of *Barbus callipterus* Boulenger, 1907(Cyprinidae) in the Soudano-guinean zone of Cameroon. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 5: 1416-1425.
- Fonkwa G., Tchuinkam T., Tomedi Eyango M. & Tchoumboue J. (2017a). Two new species of *Myxobolus* (Myxozoa: Myxosporea) parasites of *Barbus callipterus* Boulenger, 1907 (Cyprinidae) and *Oreochromis nilotcus* Linnaeus, 1758 (Cichlidae) in Cameroon. *Journal* of Research in Biology, 7 (7): 2355-2360.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (1991). Programme de coopération technique, Cameroun, Contribution au plan directeur des pêches et de l'aquaculture. Partie I : revue sectorielle. *FAO*, *Rome* : 77 p.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. La durabilité en action. *FAO*, *Rome* : 247 p.
- Freeman M.A. & Kristmundsson Á. (2018). Studies of *Myxidium giardi* Cépède, 1906 infections in Icelandic eels identifies a genetically diverse clade of myxosporeans that

represents the *Paramyxidium* n. g. (Myxosporea: Myxidiidae). *Parasites and Vectors*, **11** (551): 1-13.

- Friedrich C., Ingolic E., Freitag B., Kastberger G., Hohmann V., Skofitsch G., Neumeister U.
 & Kepka O. (2000). A myxozoan-like parasite causing xenomas in the brain of the mole *Talpa europrea*. *Parasitology*, **121** (5): 483-492.
- Frontier S., Davoult D., Gentilhomme V. & Lagadeuc Y. (2007). Tests d'hypothèses sur les moyennes. In *Statistique pour les sciences de la vie et de l'environnement*. Editions Dunod, p 303-384.
- Galliot B. & Schmid V. (2002). Cnidarians as a model system for understanding evolution and regeneration. *International Journal of Developmental Biology*, **46** (1): 39-48.
- Gbankoto A., Pampoulie C., Marquès A. & Sakiti G.N. (2001). Occurrence of myxosporean parasites in the gills of two tilapia species from Lake Nokoué (Benin, West Africa): effect of host size and sex, and seasonal patterns of infection. *Diseases of Aquatic Organism*, 44 (3): 217-222.
- Gerasev P.I. & Staravoitov V.K. (1988). Distribution of Ancyrocephalus paradoxus (Monogenea) on gills of adult pike perch Stizostedion lucioperca in the courish Bay. Proceeding of The Zoological Institut. Leningrad, 177: 89-98.
- Gobbin T.P, Vanhove M.P.M., Seehausen O. & Maan M.E. (2021). Microhabitat distributions and species interactions of ectoparasites on the gills of cichlid fish in Lake Victoria, Tanzania. *International Journal for Parasitology*, **51** (2-3): 201-214.
- Grassé P.P. (1960). Les myxosporidies sont des organismes pluricellulaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **251**: 2638-2640.
- Grassé P.P. (1970). Embranchement des Myxozoaires. In Grassé P.P., Poisson R.A. & Tuzet
 O. (Eds.), *Précis de Zoologie Volume 1, Invertébrés*. Second Edition. Mason & Cie, Paris, p 107-112.
- Gurley M.D. (1893). On the classification of the Myxosporidia, a group of protozoa parasites infecting fishes. *The American Naturalist*, **28** (329): 404-406.
- Haldar D.P., Das M.K., & Sharma B.K. (1983). Studies on protozoan parasites from fishes.
 Four new species of the genera *Henneguya* Thélohan, 1892, *Thelohanellus* Kudo, 1933 and *Myxobolus* Bütschli, 1892. *Archiv für Protistenkunde*, **127** (3): 283-296.
- Haldar D.P., Samal K.K., & Mukhopadhyaya D. (1996). Studies on protozoan parasites of fishes in Orissa: eight species of *Myxobolus* Bütschli (Myxozoa: Bivalvulida). *Journal of the Bengal Natural History Society*, 16: 3-24.

- Hallett S.L., Hartigan A. & Atkinson S.D. (2015). Myxozoans on the Move: Dispersal Modes,
 Exotic Species and Emerging Diseases. In Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L.
 (Eds.), *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer International
 Publishing Switzerland, p 343-362.
- Hedrick R.P., McDowell T.S., Adkison M.A., Myklebust K.A., Mardones F.O. & Petri B. (2012). Invasion and initial replication of ultraviolet irradiated waterborne infective stages of *Myxobolus cerebralis* results in immunity to whirling disease in rainbow trout. *International Journal of Parasitology*, **42** (7): 657-666.
- Hughes G.M. (1966). The dimensions of fish gills in relation to their function. *Journal of Experimental Biology*, **45** (1):177-195.
- Hughes G.M. & Gray I.E. (1972). Dimensions and ultrastructure of toadfish gills. *Biological Bulletin*, **143** (1): 150-161.
- Hughes G.M. & Morgan M. (1973). The structure of fish gills in relation to their respiratory function. *Biological Reviews*, **45** (3): 419-475.
- Ibrahim M.M. & Soliman F.M.M. (2010). Prevalence and site preferences of heterophyid Metacercariae in *Tilapia zillii* from Ismalia fresh water canal, Egypt. *Parasite*, **17** (3): 233-239.
- Ikpi U. & Okey B.I. (2010). Estimation of dietary composition and fecundity of African carp, Labeo coubie, Cross River, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 14 (4): 19-24.
- Institut National de la Statistique (INS) (2017). Chapitre 4 : Habitat et conditions de vie. In *Annuaire statistique du Cameroun*. Edition 2017, p 35-45.
- Institut National de la Statistique (INS) (2019). Chapitre 14 : Elevage et Pêche. In *Annuaire statistique du Cameroun*. Edition 2019, p 209-219.
- Joadder M.A.R. (2013). On the Fecundity and Sex-ratio of *Labeo bata* (Hamilton) (Cypriniformes: Cyprinidae). *Journal of Science Foundation*, **11** (2): 43-48.
- Kaboré I., Ouédraogo I., Tampo L., Ouéda A., Moog O., Guenda W. & Melcher A.H. (2016).
 Composition and dynamic of benthic macroinvertebrates community in semi-arid area rivers of Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **10** (4): 1542-1561.
- Kabré G.B. (1997). Parasites des poissons du Burkina-Faso : Faunistique, ultrastructure, biologie. *Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles*, Université de Ouagadougou : 268 p.
- Kabré G.B., Sakiti N.G., Marquès A. & Sawadogo L. (1995). *Myxobolus comoei* n. sp. et *Myxobolus burkinei* n. sp., nouvelles Myxosporidies histozoïques chez deux téléostéens,

Clarias anguillaris et *Labeo coubie*, capturés dans les pêcheries du Burkina-Faso (Afrique de l'Ouest). *Bulletin de l'Institut Fondamentale de l'Afrique Noire*, **48** (A): 49-55.

- Kabré G.B., Sakiti N.G., Marquès A. & Sawadogo L. (2002). *Thelohanellus bicornei* n. sp. Myxosporidie (Myxosporea, Bivalvulida) parasite des branchies de *Labeo coubie* Rüppel, 1832 (Osteichthyen, Cyprinidae) au Burkina-Faso, Afrique de l'Ouest. *Parasite*, 9 (3): 219-223.
- Karlsbakk E., Saether P.A., Hostlund C., Fjellsoy K.R. & Nylund A. (2002). Parvicapsula pseudobranchicola n. sp. (Myxozoa), a Myxosporidian infecting the pseudobranch of cultured Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway. Bulltin of European Association for Fish Pathology, 22 (6): 381-387.
- Kaur H. (2014). Myxozoan infestation in freshwater fishes in wetlands and aquaculture in Punjab, India. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2 (9): 488-502.
- Kaur H., Dar S.A. & Katoch A. (2014). *Thelohanellus dykovi* sp. nov. (Myxozoa: Bivalvulidae), a pathogenic gill parasite in cultured Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton 1822) in Punjab (India). *Species*, **10** (23): 24-30.
- Kaur H., Dar S.A. & Singh R. (2013a). One new and three already known myxosporean parasites of Indian major carps in Punjab (India). *Species*, **4** (11): 17-24.
- Kaur H. & Gupta A. (2017). Morphological, histopathological and molecular characterization of *Thelohanellus muscularis* n. sp. (Cnidaria: Myxosporea) infecting head muscles of *Labeo rohita* from Ranjit sagar wetland, Punjab (India). *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 5 (1): 021-028.
- Kaur H., Katoch A., Dar S.A. & Singh R. (2013b). *Myxobolus nanokiensis* sp. nov. (Myxozoa: Bivalvulidae), a new pathogenic myxosporean parasite causing haemorrhagic gill disease in cultured Indian major carp fish, *Labeo rohita* (Hamilton 1822) in Punjab, India. *Journal of Parasites Diseases*, **39** (3): 405-413.
- Kaur H., Katoch A., Dar S.A., & Singh R. (2015). *Myxobolus nanokiensis* sp. nov. (Myxozoa: Bivalvulidae), a new pathogenic myxosporean parasite causing haemorrhagic gill disease in cultured Indian major carp fish, *Labeo rohita* (Hamilton 1822) in Punjab, India. *Journal of Parasitic Diseases*, **39** (3): 405-413.
- Kaur H. & Singh R. (2009). A new myxosporean species, *Myxobolus eirasi* sp. nov., a known species *M. venkateshi* Seenappa and Manohar (1981) from the Indian major carp fish *Cirrhina mrigala* (Ham). *Protistology*, **6** (2): 126-130.

- Kaur H. & Singh R. (2010). One new myxosporidian species, *Myxobolus slendrii* sp. nov., one known species, *M. punjabensis* Gupta, Khera (1989) infecting freshwater fishes in wetlands of Punjab, India. *Parasitology Research*, **106** (5): 1043-1047.
- Kent M.L., Andree K.B., Bartholomew J.L., El-Matbouli M., Desser S.S., Devlin R.H., Feist S.W., Hedrick R.P., Hoffman R.W., Khattra J., Hallet S.L., Lester J.G., Longshaw M., Palenzeula O., Siddal M.E. & Xiao C. (2001). Recent advances in our knowledge of the Myxozoa. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **48** (4): 395-413.
- König D., Page L., Chassot B. & Jaźwińska A. (2018). Dynamics of actinotrichia regeneration in the adult zebrafish fin. *Developmental Biology*, **433** (2): 416-432.
- Korczynski R. (1998). Myxosporidian parasite in the isopod *Mesidotea entomon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, **5** (2): 107-110.
- Kovács-Gayer E., Csaba G., Békési L., Bucsek M., Szakolczai J. & Molnár K. (1982). Studies on the protozoan etiology of swim bladder inflammation in common carp fry. *Bulletin of European Association of Fish Pathologists*, 2 (2):22–24
- Koskivaara M. & Valtonmen E.T. (1992). *Dactylogyrus* (Monogena) communities on the gills of roach in three lakes in central Finland. *Parasitology*, **104** (2): 263-272.
- Kostoïngué B. (1997). Contribution à l'étude des Myxosporidies (Myxozoa) parasites des poissons d'eau douce du Tchad : taxonomie, ultrastructure et biologie. Thèse *de Doctorat de Troisième Cycle*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar : 158 p.
- Kostoïngué B., Diebakate C., Faye N. & Toguebaye B.S. (2001). Presence of Myxosporidea (Myxosporea) of the Genus *Henneguya* Thelohan, 1892 in freshwater fishes from Chad (Central Africa). *Acta Protozoologica*, **40** (2): 117-123.
- Kostoïngué B., Fall M., Faye, N. & Toguebaye B.S. (1999). Three new species of Myxosporidian (Myxozoa: Myxosporea) parasites of freshwater fishes from Chad (Central Africa). Acta Protozoologica, 38 (3): 323-326.
- Kostoïngué B., Faye N. & Toguebaye B.N. (1998). Nouvelles espèces de Myxosporidies des genres *Myxidium* Bütschli, 1882 et *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa : Myxosporea) chez les poissons d'eau douce du Tchad (Afrique Centrale). *Journal of African Zoology*, 112 (2) : 249-259.
- Kostoïngué B. & Toguebaye B.N. (1994). Le genre *Myxobolus* (Myxozoa, Myxosporea) chez les poissons d'eau douce du Tchad avec la description de trois nouvelles espèces. *Bulletin de l'Institut Fondamentale de l'Afrique Noire*, **47**(A) : 63-71.

- Kristmundsson Á. & Freeman M.A. (2014). Negative effects of Kudoa islandica n. sp. (Myxosporea: Kudoidae) on aquaculture and wild fisheries in Iceland. International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife, 3 (2): 135-146.
- Kruskall, W.H. and Wallis W.A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, **47** (260): 583-612.
- Landsberg J.H. (1985). Myxosporean infections in cultured tilapias in Israel. *Journal of Protozoology*, **32** (1): 194-201.
- Landsberg J.H. (1987). Myxosporean parasites of the catfish, *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840). *Systematic Parasitology*, **9**: 73-81.
- Landsberg J.H. & Lom J. (1991). Taxonomy of the genera of the *Myxobolus/Myxosoma* group (Myxobolidae: Myxosporea), current listing of species and revision of synonyms. *Systematic Parasitology*, **18**: 165-186.
- Laurencelle L. (2009). Le tau et le tau-b de Kendall pour la corrélation de variables ordinales simples ou catégorielles. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, **5** (2) : 51-58.
- Laurencelle L. (2022). Le tau de Kendall et deux variantes pour mesurer la cohérence de variation entre deux séries ordinales, leurs propriétés et leurs valeurs critiques "honnêtes". *The Quantitative Methods for Psychology*, 18 (2) : 196-206.
- Lauzanne L. (1972). Régimes alimentaires des principales espèces de poissons de l'archipel oriental du lac Tchad. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie : Verhandlungen*, **18** (2): 636-646.
- Lee D.K., In J & Lee S. (2015). Standard deviation and standard error of the mean. *Korean Journal of Anesthesiology*, **68** (3): 220-223.
- Lekeufack Folefack G.B. (2010). Faunistique et biologie des Myxosporidies (Myxozoa : Myxosporea) parasites de quelques poissons Télostéens dans la rivière Sangé (sousaffluent du Wouri) au Cameroun. *Thèse de Doctorat/Ph.D*, Université de Yaoundé I : 181 p.
- Lekeufack Folefack G.B., Abdel-Baki A.A.S., Onana Ateba N.O., Fomena A. & Mansour L. (2019b). Morphological and molecular characterization of *Myxobolus dibombensis* sp. n. (Myxozoa: Myxobolidae), a parasite of the African carp *Labeobarbus batesii* (Teleostei: Cyprinidae) from Dibombe River, Cameroon. *Parasitology Research*, **118** (3): 763-771.
- Lekeufack Folefack G.B., Defoueng Nza A.S. & Fomena A. (2017). Three new species of *Myxobolus* (Myxosporea: Myxobolidae), parasites of *Barbus callipterus* Boulenger, 1907 in Cameroon. *Asian Journal of Biological Sciences*, **10** (3): 110-120.

- Lekeufack Folefack G.B., Djotcha F.L., Feudjio Dongmo & Fomena A. (2019d). Structure et distribution spatiale de *Henneguya camerounensis* Fomena & Bouix, 1987 et *Henneguya ntondei* Fomena, Lekeufack Folefack & Bouix, 2008 parasites branchiaux chez Schilbe mystus (Linné, 1758) dans le fleuve Mbam au Cameroun. *European Journal of Scientific Research*, **154** (1): 6-20.
- Lekeufack-Folefack G.B., Feudjio-Dongmo B., Fomena A., Tene-Fossog B. & Wondji M.J. (2020b). An optimized protocol for Myxosporidia (Cnidaria: Myxosporea) DNA extraction for molecular studies. *Open Journal of Animal Sciences*, **10** (3): 378-386.
- Lekeufack Folefack G.B. & Fomena A. (2013). Structure et dynamique des infracommunautés de Myxosporidies parasites de *Ctenopoma petherici* Günther, 1864 (Anabantidae), *Clarias pachynema* Boulenger, 1903 (Clariidae) et *Hepsetus odoe* (Bloch, 1794) (Hepsetidae) dans la rivière Sangé au Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (6): 2301-2316.
- Lekeufack Folefack G.B. & Fomena A. (2017). Spatial distribution of *Myxobolus pethericii* and *Henneguya pethericii* on the gills of an African Anabantid *Ctenopoma petherici* from the Sange River, Cameroon. *Fisheries and Aquaculture Journal*, **8** (2): 1-6.
- Lekeufack Folefack G.B., Fongang Tsekeng C.V. & Fomena A. (2020a). Description of three new species of Myxosporidia (Cnidaria: Myxobolidae) parasites of *Paramormyrops kingsleyae* Günther, 1896 (Mormyridae) in the Nyong basin in Cameroon. *Fisheries and Aquaculture Journal*, **11** (2): 1-8.
- Lekeufack Folefack G.B., Mala Kengne C., Feudjio Dongmo & Fomena A. (2019c). Prevalence and mean intensity of *Myxobolus* spp. parasitizing *Oreochromis niloticus* in Cameroon. *International Journal of Biology*, **11** (2): 35-45.
- Lekeufack-Folefack G.B., Tchoutezo-Tiwa A.E., Al-Tamimi J., Fomena A., Al-Omar S. & Mansour L. (2021). *Myxobolus opsaridiumi* sp. nov. (Cnidaria: Myxosporea) infecting different tissues of an ornamental fsh, *Opsaridium ubangiensis* (Pellegrin, 1901), in Cameroon: morphological and molecular characterization. *European Journal of Taxonomy*, **733**: 56–71.
- Lekeufack Folefack G.B., Tchoutezo Tiwa A.E., Feudjio Dongmo, Mbolang Nguegang L. & Fomena A. (2019a). Morphotaxonomy and histopathology of three species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 parasites of *Enteromius martorelli* Roman, 1971 from the Anga River in Cameroon. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13** (3): 1705-1719.

- Leumbe Leumbe O., Bitom D., Mamdem L., Tiki D. & Ibrahim A. (2015). Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne : cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême-nord Cameroun. *Afrique Science*, **11** (3): 45-61.
- Lévêque C. (1990). Cyprinidae. In Lévêque C., Paugy D. & Teuguels G.G. (1990), Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest -Tome 1. Paris : ORSTOM (Eds), Collection Faune tropicale n° XXVIII, p 270-361.
- Lévêque C. & Daget J. (1984). Cyprinidae. In: Daget J, Gosse JP, Thys van den Audenaerde DFE (eds), *Check-list of the freshwater fishes of Africa (CLOFFA)*. Vol. 1. Paris: ORSTOM, Tervuren: Musée Royal de l'Afrique Centrale, p 217-342.
- Lévêque C. & Paugy D. (1999a). La reproduction. In Lévêque C. & Paugy D., Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD (Ed), Paris, p 129-152.
- Lévêque C. & Paugy D. (1999b). Régimes alimentaires et réseaux trophiques. In Lévêque C. & Paugy D., *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homm*e. IRD (Ed), Paris, p 167-190.
- Lévêque C. & Paugy D. (1999c). Réponses aux conditions extrêmes. Impacts des activités humaines. In Lévêque C. & Paugy D., *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme.* IRD (Ed), Paris, p 191-198 ; p 365-384.
- Lévêque C., Paugy D. & Teuguels G.G. (1990). *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest Tome 1*. Paris, ORSTOM (Eds), Collection Faune tropicale n° XXVIII, p 122-301.
- Lévêque C., Paugy D. & Teuguels G.G. (1992). *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest Tome 2*. Paris, ORSTOM (Eds), Collection Faune tropicale n° XXVIII, p 432-467 ; p 714-868.
- Liénou G., Sighomnou D., Sigha-Nkamdjou L., Mahe G., Ekodeck G. E. & Tchoua F. (2003). Système hydrologique du Yaéré (Extrême-Nord Cameroun), Changements climatiques et actions anthropiques : conséquences sur le bilan des transferts superficiels. In: *Hydrology* of Mediterranean and Semiarid Regions, IAHS plubl, **278**: 403-409.
- Liu X., Hua C., Zhang Q., Zhao Y., Zhang D. & Zhang J. (2017). *Myxobolus taibaiensis* sp. n.
 (Myxozoa: Myxosporea) infecting the intestinal wall of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus in China. *Folia Parasitologica*, 64 (1): 1-7.
- Lo C.M. & Morand S. (2001). Gills parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serrainidae) from Moorea (French Polynesia): site selection and coexistence. *Folia Parasitologica*, **48** (1): 30-36.

- Lom J. (1969). Notes on the ultrastructure and sporoblast development in fish parasitizing myxosopridian of the genus *Sphaeromyxa*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*, **97** (3): 416-437.
- Lom J. & Arthur J.R. (1989). A guideline of the preparation in Myxosporea. *Journal of fish Diseases*, **12** (2): 151-156.
- Lom J. & Dyková I. (1992). Protozoan parasites of fishes. *Development in aquaculture and fisheries science*, vol. **26**, Elsevier, Amsterdam, 315 p.
- Lom J. & Dyková I. (1995). Myxosporea (Phylum Myxozoa). In: P. T. K. Woo (Ed.) Fish diseases and disorders. Wallingford: CAB International, (I): 97-148.
- Lom J. & Dyková I. (1997). Ultrastructural features of the actinosporean phase of Myxosporea (phylum Myxozoa): A comparative study. *Acta of Protozoology*, **36** (2): 83-103.
- Lom J. & Dyková I. (2006). Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*, **53** (1): 1-36.
- Lom J. & Vavrà J. (1963). Mucous envelopes of spores of the subphylum Cnidospora (Doflein, 1901). Věstník Československé Společnosti Zoologické, 27:4-6.
- Longshaw M., Frear P.A. & Feist S.W. (2003) *Myxobolus buckei* sp. n. (Myxozoa), a new pathogenic parasite from the spinal column of three cyprinid fish species from the United Kingdom. *Folia Parasitologica*, **50** (4): 251-262.
- Longshaw M., Frear P.A. & Feist S.W. (2005). Descriptions, development and pathogenicity of myxozoan (Myxozoa: Myxosporea) parasites of juvenile cyprinids (Pisces: Cyprinidae). *Journal of Fish Diseases*, **28** (8): 489-508.
- Loucif N., Meddour A. & Samraoui B. (2009). Biodiversité des Parasites chez Anguilla anguilla Linnaeus, 1758 dans le Parc National d'El Kala - Algérie. European Journal of Scientific Research, 25 (2) : 300-309.
- Markiw M.E. & Wolf K. (1983). *Myxosoma cerebralis* (Myxozoa: Myxosporea) etiologic agent of salmonid whirling disease requires tubificid worms (Annelida: Oligochaetea) in its life cycle. *The Journal of Protozoolog*, **30** (3): 561-564.
- Martins M.L., Souza V.N., Moraes F.R., Moraes J.R.E., Costa A.J. & Rocha U.F. (1997).
 Pathology and behavioural effects associated with *Henneguya* sp. (Myxozoa: Myxobolidae) infections of captive pacu *Piaractus mesopotamicus* in Brazil. *Journal of World Aquaculture Society*, 28 (3): 297-300.
- Mandour A.M., Galal A.A. & Abed G.H. (1993). Myxobolus clarii n. sp. In the testis of the Clarias lazera from the river Nile of Assiut. Assiut Veterinary and Medical Journal 29 (68): 109-115.

- Mbondo J.A., Bassock Bayiha E.D., Bahanak D.N.D., Nack J., Etchu K. & Bilong Bilong C.F. (2022). Dynamics of monogenean gill parasites of *Synodontis rebeli* (Siluriformes, Mochokidae) from River Sanaga reveals unusual switching status. *International Journal of Scientific and Research Publications*, **12** (9): 57-61.
- McCraren J.P., Landolt M.L., Hoffman G.L. & Meyer F.P. (1975). Variation in response of channel catfish to *Henneguya* sp. infections (Protozoa: Myxosporidea). *Journal of Wildlife Diseases*, **11** (1): 2-7.
- Ministère de l'Elevage des Pêches et des Industries Animales (MINEPIA) (2014). Description de l'état initial et de l'environnement du projet. In *Projet d'urgence de lutte contre les inondations (PULCI) dans la Région de l'Extreme Nord du Cameroun. Unité de Coordination du Projet (UCP). Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES).*Rainbow environment consult, p 61-90.
- Mohanty B., Mahanty A., Ganguly S., Sankar T.V., Chakraborty K., Rangasamy A., Baidyanath P., Sarma D., Mathew S., Asha K.K., Behera B., Aftabuddin M., Debnath D., Vijayagopal P., Sridhar N., Akhtar M.S., Sahi N., Mitra T., Banerjee S., Paria P., Das D., Das P., Vijayan K.K., Laxmanan P.T. & Sharma A.P. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of Amino Acids*, Article ID 269797: 1-7.
- Molnár K. (1994). Comments on the host, organ and tissue specificity of fish myxosporeans and on the types of their intrapiscine development. *Parasitologia Hungarica*, **27**: 5-20.
- Molnár K. (2002a). Site preference of fish myxosporeans in the gill. *Diseases of Aquatic Organisms*, **48** (3): 187-207.
- Molnár K. (2002b). Site preference of myxosporean spp. on the fins of some Hungarian fish species. *Diseases of Aquatic Organisms*, **52** (2): 123-128.
- Molnár K., Baska F. & Szekely C. (1987). Fumagilin, an efficacious drug against renal sphaerosporosis of the common carp *Cyprinus carpio*. *Diseases of AquaticOrganisms*, 2 (3): 187-190.
- Molnár K. & Eszterbauer E. (2015). Specificity of infection sites in Vertebrate hosts. In Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L. (Eds.), Myxozoan Evolution, Ecology and Development. Springer International Publishing Switzerland, 294-313.
- Molnár K. & Kovács-Gayer É. (1985). The pathogenicity and development within the host fish of *Myxobolus cyprini* Doflein, 1998. *Parasitology*, **90** (3): 549-555.

- Molnár K., Székely C., Guti C.F. & Eszterbauer E. (2014). Two new *Myxobolus* spp. (Myxozoa: Myxobolidae) from white bream, *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) developingin basifilamental location of gills. *Acta Protozoologica*, 53 (3): 277-285.
- Moncada L.I., Lópezm C., Murciam I., Nicholls S., León F., GuíooL. & Corredora. (2001). *Myxobolus* sp., another opportunistic parasite in immune-suppressed patients? *Journal of Clinical Microbiology*, **39** (5): 1938-1940.
- Montchowui E., Lalèyè P., Philippart J.C. & Poncin P. (2007). Biologie de la reproduction de Labeo parvus Boulenger 1902 dans le bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). Cahiers d'Ethologie, 22 (2) : 61-80.
- Montchowui1 E., Lalèyè P., Poncin P. & Philippart J.C. (2010). Reproductive strategy of Labeo senegalensis Valenciennes 1842 (Teleostei: Cyprinidae) in the Ouémé basin, Benin. African Journal of Aquatic Science, 35 (1): 81-85.
- Mora-Castro S. & Saborío-Bejarano J. (2012). Evaluation de l'état du barrage, des digues, du réservoir et des structures hydrauliques du système de Maga-Logone-Vrick. *Rapport technique*, 45p.
- Moran J.D.W., Whitaker D.J. & Kent M.L. (1999). A review of the myxosporean genus *Kudoa* Meglitsch, 1947, and its impact on the international aquaculture industry and commercial fisheries. *Aquaculture*, **172** (1-2): 163-196.
- Nabil L., Abderrafik M. & Boudjema S. (2009). Biodiversité des parasites chez Anguilla anguilla Linnaeus, 1758 dans le Parc National d'El Kala-Algérie. European Journal of Scientific Research, 25 (2): 300-309.
- Nack J., Messu Mandeng F.D., Yede M. & Bilong Bilong C.F. (2018). Spatial distribution of monogenean gill parasites of *Parachanna obscura* (Günther, 1861) Channidae in Lake Ossa (Edéa, Cameroon). *Internationnal Journal of Bioloogical and Chemical Sciences*, 12 (2): 749-768.
- Nchoutpouen E. (2015). Myxosporidies (Myxozoa : Myxosporea) parasites de quelques Téléostéens du bassin du Noun (Région de l'Ouest, Cameroun) : taxinomie et biologie des espèces inféodées à *Oreochromis niloticus* Linné, 1758 et *Labeo parvus* Boulenger, 1902. *Thèse de Doctorat/Ph.D*, Université de Yaoundé I : 202 p.
- Nchoutpouen E. & Fomena A. (2011). Description de trois espèces nouvelles de *Myxobolus* (Myxosporea: Myxobolidae) parasites de *Labeo parvus* Boulenger, 1902 (Cyprinidae) au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 38: 2508-2517.
- Nchoutpouen E., Lekeufack Folefack G.B. & Fomena A. (2011). Structure and population dynamics of *Myxobolus* infections in wild and cultured *Oreochromis niloticus* Linnaeus,

1758 in the Noun division (West-Cameroon). *Journal of Cell and Animal Biology*, **5** (12): 254-264.

- Negm-Eldim N.M., Govedich F.R. & Davies R.W. (1999). Gill myxosporeans on some Egyptian freshwater fish. *Deutsche Tierarztliche Wochenschrift*, **106** (11): 459-465.
- Obiekezie A.I. & Okaeme A.N. (1990). Myxosporea (Protozoa) infections of cultured Tilapias in Nigeria. *Journal of African Zoology*, **104** (1): 77-91.
- Obiekezie A.I., Moller H. & Anders K. (1987). Kudoa sp. infection in the musculature of wild tongue sole, Cynoglossus senegalensis (Kaup, 1858) from the coast of West Africa. Bulletin of European Association of Fish Pathologists, 7 (2): 38-41.
- Ogawa K., Delgahapitiya K.P., Furuta T. & Wakabayashi H. (1992). Histological studies on the host response to *Myxobolus artus* Akhmerov, 1960 (Myxozoa: Myxobolidae) infection in the skeletal muscle of carp, *Cyprinus carpio* L.. *Journal of Fish Biology*, **41** (3): 363-371.
- Okamura B., Gruhl A., & Bartholomew J.L. (2015). An Introduction to Myxozoan Evolution, Ecology and Development. In Okamura B., Gruhl A., Bartholomew J.L. (Eds.), *Myxozoan Evolution, Ecology and Development*. Springer International Publishing Switzerland, p 1-20.
- Oladipo I.C. & Bankole S.O. (2013). Nutritional and microbial quality of fresh and dried, *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. *International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, **1** (1): 1-6.
- Olufeagba S.O, Okomoda V.T. & Benny (2016). Some aspects of the Biology of Labeo coubie Ruppell, 1832 and Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 from Lower River Benue. Fisheriessciences.com, 10 (2): 049-054.
- Omoreigie E. (2001). Utilization and nutrient digestibility of mango seeds and palm kernel meal by juvenile *Labeo senegalensis* (Antheriniformes: Cyprinidae). *Aquaculture Research*, 32 (9): 681-687.
- Özer A., Wootten R. & Shinn A.P. (2002). Infection prevalence, seasonality and host specificity of actinosporean types (Myxozoa) in an Atlantic salmon fish farm located in Northern Scotland. *Folia Parasitologica*, **49** (4): 263-268.
- Pampoulie C., Lambert A., Rosecchi E., Bouchereau J.L., Crivelli A.J. & Morand S. (2000).
 Host death: a necessary condition for the transmission of *Aphalloïdes coelomicola* Dollfus, Chabaud, Golvan, 1957. *Journal of Parasitology*, 86 (2): 416-417.

- Paperna I. (1964). Competitive exclusion of *Dactylogyrus extensus* by *Dactylogyrus vastator* (Trematoda, Monogenea) on the gills of reared carp. *The Journal of Parasitology*, **50** (1): 94-98.
- Paperna I. (1973). Occurrence of Cnidospora infections in freshwater fishes in Africa. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 33 (A): 509-527.
- Piaton E., Fabre M., Goubin-Versini I., Bretz-Grenier M.F., Courtade-Saïdi M., Vincent S., Belleannée G., Thivolet F., Boutonnat J., Debaque H., Fleury-Feith J., Vielh P., Cochand-Priollet B., Egelé C., Bellocq J.P., Michiels J.F., pour la Société Française de Cytologie Clinique (SFCC) pour l'Association Française d'Assurance Qualité en Anatomie et Cytologie Pathologiques (AFAQAP) (2015). Recommandations techniques et règles de bonne pratique pour la coloration de May-Grünwald-Giemsa : revue de la littérature et apport de l'assurance qualité. *Annales de pathologie*, **35** (4) : 294-305.
- Pote L.M., Hanson L.A. & Shivaji R. (2000). Small subunit ribosomal RNA sequences link the cause of proliferative gill disease in channel catfish to *Henneguya* n. sp. (Myxozoa: Myxosporea). *Journal of Aquatic Animal Health*, **12** (3): 230-240.
- Poulin R. (2007). Parasite aggregation: causes and consequences. In *Evolutionary ecology of parasites*. 2nde edition, p 126-149.
- Prunescu C.C., Prunescup, Pucekz & Lom J. (2007). The first finding of myxosporean development from plasmodia to spores in terrestrial mammals: *Soricimyxum fegati* gen. et sp n. (Myxozoa) from *Sorex araneus* (Soricomorpha). *Folia Parasitologica*, **54** (3): 159-164.
- Rabie S.A., Mohammed N.I., Hussein A.-N. & Hussein N.M. (2009). The infection of freshwater fishes with three species of *Henneguya* in Qena, Upper Egypt. *Egyptian Academy Journal of Biological Sciences*, 1 (1): 11-19.
- Ramasamy P., Ramalingam K., Hanna R.E.B. & Halton D.W. (1985). Microhabitats of gill parasites (Monogenea and Copepoda) of teleosts (*Scomberoides* spp.). *International Journal of Parasitology*, **15** (4): 385-397.
- Reed C.C., Basson L. & Van As L.L. (2002). *Myxobolus* species (Myxozoa), parasites of fishes in the Okavango River and Delta, Botswana, including descriptions of two new species. *Folia Parasitologica*, **49** (2): 81-88.
- Reed C.C., Basson L. & Van As L.L. (2003). Myxozoan infecting the sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* in the Okavango river and Delta, Botswana, including descriptions of two new species, *Henneguya samochimensis* sp. n. and *Myxobolus gariepinus* sp. n. *Folia Parasitologica*, **50** (3): 183-189.

- Rohde K. (1977). A non competitive mechanism responsible for restricting niches. Zoologischer Enzeiger, **199** (3-4): 164-172.
- Roy P.K. & Munshi J.S.D. (1986). Morphometrics of the respiratory organs of a freshwater major carp, *Cirrhinus mrigala* in relation to body weight. *Japanese Journal of Ichthyology*, **33** (3): 269-279.
- Rukyani A. (1990) Histopathological changes in gills of common carp (*Cyprinus carpio* L.) infected with the myxosporean parasite *Myxobolus koi* Kudo, 1920. Asian Fisheries Science, 3 (3): 337-341.
- Saha F., Tchindjang M., Eloundou M.P.B., Tchuenga Seutchueng T.G., Manfo D.A., Voundi E. & Mbevo Fendoung P. (2017). Déficits hydro pluviométriques et implications sur l'activité agricole en zone soudano-sahélienne au Cameroun : cas de Maroua et Yagoua (1948-2013). Dans Abessolo S.A., Amougou J.A. et Tchindjang M. (Eds.), In *Perturbations climatiques et pratiques agricoles dans les zones agroécologiques du Cameroun Changements socio-économiques et problématique d'adaptation aux bouleversements climatiques*. Connaissance et Savoirs, p 91-104.
- Sakiti N. (1997). Myxosporidies et Microsporidies de poissons du sud Bénin. Faunistique, ultrastructure, biologie. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université Nationale du Bénin : 296 p.
- Sakiti N., Blanc E., Marquès A. & Bouix G. (1991). Myxosporidies (Myxozoa, Myxosporea) du genre *Myxobolus* Bütschli, 1882 parasites de poissons Cichlidae du lac Nokoué au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Journal of African Zoology*, **105**: 173-186.
- Schisler G.J., Myklebust K.A. & Hedrick R.P. (2006). Inheritance of *Myxobolus cerebralis* resistance among F₁-generation crosses of whirling disease resistant and susceptible rainbow trout strains. *Journal of Aquatic Animal Health*, **18** (2): 109-115.
- Schlegel M., Lom J., Stechmann A., Bernhard D., Leipe D., Dyková I. & Sogin M.L. (1996).
 Phylogenetic analysis of complete small unit ribosomal RNA coding region of *Myxidium lieberkuehni*: evidence that Myxozoa are Metazoa and related to the Bilateria. *Arch Protistenk*, **147** (1): 1-9.
- Schmahl G., Mehlhorn H. & Taraschewski H. (1989). Treatment of fish parasites. 7 Effects of sym. triazinone (toltrazuril) on developmental stages of *Myxobolus* sp. Bütschli, 1882 (Myxosporea, Myxozoa): A light and electron microscopic study. *European Journal of Protistology*, 25 (1): 26-32.
- Seenappa D. & Manohar L. (1981). Five new species of *Myxobolus* (Myxosporea: Protozoa), parasitic in *Cirrhina mrigala* (Hamilton) and *Labeo rohita* (Hamilton), with a note on a

new host record for *M. curmucae* Seenappa and Manohar, 1980. *Journal of Protozoology*, **28** (3): 358-360.

- Seignobos C. & Raugel B. (2000). La pêche dans le lac de Maga : localisation, effectifs et techniques. In Atlas de la Région de l'Extrême-nord du Cameroun, planche 24. IRD Éditions, MINREST/INC. ISBN 2-7099-1444-1, 124-127.
- Shelton G. (1970). The regulation of breathing. In: Hoar W.S. & Randall D.J., *Fish physiology volume 2*. New York, Academy press, p 293-359.
- Siau Y. (1971). Myxosporidies de Synodontis ansorgii Bouleng. Ann. et N.H. 1911 et de Eleotris (Kribia) kribensis Boulenger 1964, poissons des eaux saumâtres de la lagune de Porto-Novo (Dahomey). Bulletin de la Société Zoologique de France, 96 (4): 563-570.
- Siau Y., Gasc C. & Maillard C. (1981). Premières observations ultrastructurales d'une Myxosporidie appartenant au genre *Fabespora*, parasite de Trématode. *Parasitologica*, 17 (1): 131-137.
- Siddall M.E., Martin D.S., Bridge D., Desser S.S. & Cone D.K. (1995). The demise of a phylum of protists: phylogeny of Myxozoa and other parasitic Cnidaria. *Journal of Parasitology*, **81** (6): 961-967.
- Siddall M.E. & Whiting M.F. (1999). Long-branch abstractions. Cladistics, 15 (1): 9-24.
- Sighomnou D. & Naah E. (1997). Gestion des ressources en eau et développement durable. Un exemple dans la Province de l'Extrême-nord du Cameroun. FRIEND'97 - Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management, IAHS Publ., 246: 335-363.
- Šimková A., Jarkovský J., Koubková B., Baruš V. & Prokeš M. (2005). Association between fish reproductive cycle and the dynamics of metazoan parasite infection. *Parasitology Research*, **95** (1): 65-72.
- Sitja-Bobadilla A. & Alvarez-Pellitero P. (1993). Population dynamics of Sphaerospora dicentrarchi Sitja-Bobadilla & Alvarez-Pellitero, 1992 and Sphaerospora testicularis Sitja-Bobadilla & Alvarez-Pellitero, 1990 (Myxosporea: Bivalvulida) infections in wild and cultured Mediterranean Sea bass (Dicentrarchus labrax L.). Parasitology, 106 (1): 39-45.
- Sitjà-Bobadilla A., Estensoro I. & Pérez-Sánchez J. (2016). Immunity to gastrointestinal microparasites of fish. *Developmental and Comparative Immunology*, **64**: 187–201.
- Smothers J.F., Van Dohlen C.D., Smith Jr. L.H. & Spall R.D. (1994). Molecular evidence that the myxozoan protists are metazoans. *Science*, **265** (5179): 1719-1721.

- Somatkar J.R. & Dabhade D.S. (2017). Histopathological effect of *Myxobolus* on Indian major carp, *Catla catla* collected from Washim, Maharashtra. *International Journal of Applied Research*, ISSN 2394-5869, 97-99.
- Soylu E., Çolak S.O., Erdogan F., Erdogan M. & Tektus N. (2013). Microhabitat distribution of *Pseudodactylogyrus anguillae* (Monogenea) *Ergasilus gibbus* and *Ergasilus lizae* (Copepoda) on the gills European eel (*Anguilla anguilla*). *Acta Zoologica Bulgarica*, 65 (2): 251-257.
- Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D. (2007a). Familles, genres et espèces des poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée. In Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D., *Poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique centrale, Volume 1*. Collection Faune et Flore tropicales, IRD (Ed), Paris, p 143- 699.
- Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D. (2007b). Familles, genres et espèces des poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée. In Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D., *Poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique centrale, Volume 2*. Collection Faune et Flore tropicales, IRD (Ed), Paris, p 47-571.
- Stiassny M.L., Lamboj A., De Weirdt D. & Teugels G.G. (2007c). Cichlidae. In Stiassny M.L.G., Teugels G.G. & Hopkins C.D., *Poisons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique centrale, Volume 2*. Collection Faune et Flore tropicales, IRD (Ed), Paris, p 270-269.
- Štolc A. (1899). Actinomyxidies, nouveau groupe de Mesozoaires parent des Myxosporidies. Bulletin International de l'Académie des Sciencesde Boheme, 22 : 1-12.
- Székely C., Molnár K. & Baska F. (1988). Efficacy of fumagillin against *Myxidium giardi* Cepede, 1906 infection of the european eel (*Anguilla anguilla*): New observations of myxidiosis of imported glass eels. *Acta Veterinaria Hungarica*, **36** (4): 239-246.
- Székely C., Shaharom-Harrison F., Cech G., Ostoros G. & Molnár K. (2009). Myxozoan infections in fishes of the Tasik Kenyir Water Reservoir, Terengganu, Malaysia. *Diseases of aquatic organisms*, **83** (1): 37-48.
- Tiogué C.T., Tomedi-Tabi E.M. & Tchoumboué J. (2013). Reproductive strategy of Labeobarbus batesii (Boulenger, 1903) (Teleostei: Cyprinidae) in the Mbô Floodplain Rivers of Cameroon. International Journal of Zoology, 1-8.
- 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'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays tropicaux, 57 (1/2): 71-76.

- Tombi J., Nack J. & Bilong Bilong C.F. (2010). Spatial distribution of Monogenean and Myxosporidian gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Teleostei: Cyprinid): The role of intrinsic factors. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (13): 1662-1669.
- Tombi J., 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*, **101**: 9661-9668.
- 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.
- Tripathi Y.R. (1952). Studies on parasites of Indian fishes I. Protozoa Myxosporidia together with a check list of parasitic protozoa described from Indian fishes. *Records of the Indian Museum* (Calcutta), **50** (1): 63-89.
- Turgut E., Shinn A. & Wootten R. (2006). Spatial distribution of *Dactylogyrus* (Monogenean) on the gills of the host fish. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6 (2): 93-98.
- Turhan N.S. (2020). Karl Pearson's chi-square tests. *Educational Research and Reviews*, 15 (9): 575-580.
- Valtomen E.T., Holmes J.C. & Koskivaara M. (1997). Eutrophisation, 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 (3): 572-585.
- Vaumourin E., Vourc'h G., Gasqui P. & Vayssier-Taussat M. (2015). The importance of multiparasitism: examining the consequences of co-infections for human and animal health. *Parasites & Vectors*, 8 (545): 1-13.
- Ventura M.T. & Paperna I. (1984). Histopathology of *Myxidium giardi* Cépède, 1906 infection in European eels, *Anguilla anguilla* L., in Portugal. *Aquaculture*, **43** (4): 357-368.
- Viozzi G. & Flores V. (2003). *Myxidium biliare* sp.n. (Myxozoa) from gall bladder of *Galaxias* maculatus (Osmeriformes: Galaxidae) in Patagonia (Argentina). *Folia Parasitologica*, **50** (3): 190-194.
- Wafo-Tabopda G. (2008). Les aires protégées de l'Extrême-Nord Cameroun entre politique de conservation et pratiques locales. *Thèse de Doctorat en Géographie-Aménagement-Environnement*, Université d'Orléans : 335 p.

- Wagner E.J. (2016). A guide to the identification of tailed Myxobolidae of the World: Dicauda, Hennegoides, Henneguya, Laterocauda, Neohenneguya, Phlogospora, Tetrauromena, Trigonosporus and Unicauda. Fish Creek Records, Logan, Utah: p 161.
- Weill R. (1938). L'interpretation des Cnidosporidies et la valeur taxonomique de leur cnidome. Leur cycle comparé à la phase larvaire des Narcomeduses Cuninides. *Travaux de la Station Zoologique de Wimereaux*, 13 :727–744.
- Weyl O.L.F. & Booth A.J. (1999). On the life-history of a cyprinid fish, *Labeo cylindricus*. *Environmental Biology of Fishes*, **55** (3): 215-225.
- Wolf D. (2019). Chapter 6: Tissue processing. In Suvarna S.K., Layton C. & Bancroft J.D. (2019). *Bancroft's theory and practice of histological techniques*, 8th Ed. Elsevier, p 73-83.
- Wolf K. & Markiw M. (1984). Biology contravenes taxonomy in the Myxozoa: new discoveries show alternation of invertebrate and vertebrate hosts. *Science*, **225** (4669): 1449-1452.
- Wootten R. (1974). The spatial distribution of *Dactylogyrus amphibothrium* on the gills of ruffe *Gymnocephalus cernua* and its relation to the relative amounts of water passing over the parts of the gills. *Journal of Helmintology*, **48** (3): 167-174.
- Wu Z., Wu J. & Hua D. (1994). A study on Myxosporidia of fishes from South China Sea II.
 The description of *Myxidium siganum* sp. nov. and *Henneguya latesa* sp. nov.
 (Myxosporea) from South China Sea. *Tropic Oceanology* (Redai Haiyang), 13(3): 67-71.
- Yang T., Liu J., Gibson D.I. & Dong A. (2006). Spatial distributions of two species of monogeneans on the gills of *Siganus fuscescens* (Houttuyn) and their seasonal dynamics in caged versus wild-caught hosts. *Journal of Parasitology*, **92** (5): 933-940.
- Yang B.J, Zou H., Zhou S., Wu S.G., Wang G.T. & Li W.L. (2016). Seasonal dynamics and spatial distribution of the *Dactylogyrus* species on the gills of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) from a fish pond in Wuhan, China. *Journal of Parasitology*, 102 (5): 507-513.
- Yemmen C., Ktari M.H. & Bahri S. (2012). Parasitofauna of some mugilid and soleid fish species from Tunisian lagoons. *Acta Adriatica*, **52** (1): 173-182.
- Yokoyama H., Danjo T., Ogawa K., Arima T. & Wakabayashi H. (1996). Hemorrhagic anemia of carp associated with spore discharge of *Myxobolus artus* (Myxozoa: Myxosporea). *Fish Pathology*, **31** (1): 19-23
- Yokoyama H., Freeman M.A., Itoh N. & Fukuda Y. (2005). Spinal curvature of cultured Japanese mackerel Scomber japonicus associated with a brain myxosporean, Myxobolus acanthogobii. Diseases of Aquatic Organisms, 66 (1): 1-7.

- Yokoyama H., Grabner D. & Shirakashi S. (2012). Transmission biology of the Myxozoa. In Edmir C., Gianmarco S.G. & Reinaldo J.S. (Eds.), *Health and Environment in Aquaculture*. IntechOpen, p 1- 41.
- Yokoyama H. & Itoh N. (2005). Two multivalvulid myxozoans causing post-mortem myoliquefaction: *Kudoa megacapsula* n. sp. from red barracuda (*Sphyraena pinguis*) and *Kudoa thyrsites* from splendid alfonso (*Beryx splendens*). *Journal of Parasitology*, **91** (5): 1132-1137.
- Yokoyama H., Kawakami H., Yasuda H. & Tanaka S. (2003). *Henneguya lateolabracis* sp. n. (Myxozoa: Myxosporea), the causative agent of cardiac henneguyosis in Chinese sea bass *Lateolabrax* sp.. *Fisheries Science*, **69** (6): 1116-1120.
- Yokoyama H., Liyanage Y.S., Sugai A. & Wakabayashi H. (1998). Hemorrhagic thelohanellosis of color carp caused by *Thelohanellus hovorkai* (Myxozoa: Myxosporea). *Fish Pathology*, **33** (2): 85-89.
- Yokoyama H., Liyanage Y.S., Sugai A. & Wakabayashi H. (1999). Efficacy of fumagillin against haemorrhagic thelohanellosis caused by *Thelohallenus hovorkai* (Myxosporea: Myxozoa) in coloured carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Fish Disease*, **22** (3): 243-245.
- Yokoyama H., Ogawa K. & Wakabayashi H. (1990). Light and electron microscopic studies on the development of *Hoferellus carassii* (Myxosporea), the causative organism of kidney enlargement disease of goldfish. *Fish Pathology*, **25** (3): 149-156.
- Yokoyama H. & Shirakashi S. (2007). Evaluation of hyposalinity treatment on infection with *Enteromyxum leei* (Myxozoa) using anemonefish *Amphiprion* spp. as experimental host. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 27 (2): 74-78.
- Zhang J.Y., Gu Z.M., Kalavati C., Eiras J.C., Liu Y., Guo Q.Y. & Molnár K. (2013). Synopsis of the species of *Thelohanellus* Kudo, 1933 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). *Systematic Parasitology*, 86 (3): 235-256.
- Zrzavý J., Mihulka S., Kepka P., Bezděk A. & Tietz D. (1998). Phylogeny of the Metazoa based on morphological and 18S ribosomal DNA evidence. *Cladistics*, **14** (3): 249-285.

ANNEXES

Annexe 1. Protocole de coloration de May-Grünwald-Giemsa (MGG) (Piaton et al., 2015)

Étapes pré-analytiques : séchage rapide et fixation au méthanol absolu
Les frottis ou les appositions en couche mince doivent être séchés immédiatement après leur réalisation par agitation
à l'air, sèche-cheveux sur position froid ou ventilation sous hotte chimique
Les frottis ou les appositions doivent être fixés après séchage pendant 3 à 10 min dans le méthanol absolu ou le
May-Grünwald pur en solution alcoolique
Exemple de procédé opératoire en méthode manuelle (le bac à coloration est recommandé)
Premier temps : May-Grünwald pur (fixation)
On verse le nombre de gouttes (ou de mL) de May-Grünwald nécessaire pour que les frottis/appositions soient
entièrement couverts : 3 à 10 min
Deuxième temps : coloration de May-Grünwald
On ajoute autant d'eau tamponnée à pH 6,8 (v/v) que de May-Grünwald : 3 à 5 min
Troisième temps : coloration de Giemsa
On élimine le May-Grünwald dilué et, sans laver, on passe les lames dans la solution de Giemsa
Durée de la coloration : 10 à 30 min
Les frottis sont ensuite lavés sous un fort courant d'eau (1 à 2 minutes), puis séchés
Il est recommandé d'utiliser une eau tamponnée : tampon de pH optimal 6,8 ou PBS
Préparation extemporanée de la coloration de Giemsa
30 mL d'eau tamponnée + 15 gouttes de Giemsa (ou Giemsa à 10 % dans le tampon)
Frottis si possible à la face inférieure pour éviter des précipités sur les lames
Exemple de protocole MGG en automate (avec le VWR Automatic stainer Mirastainer® II)
May-Grünwald pur (ou fixation par le méthanol absolu) : 3 min
May-Grünwald dilué (v/v) dans l'eau tamponnée pH 6,8 : 3 min
Giemsa au 10 ^e dans l'eau tamponnée pH 6,8 : 2 × 10 min
Rinçage (tampon pH 6,8 ou eau distillée) : 5 min
Séchage et montage des lames

N°	Espèce de Myxosporidies	Hôtes types	Localités types	Autres hôtes
1	<i>M. bilongi</i> Fomena <i>et al.</i> , 1994	Labeo sp. (Cyprinidae)	Rivière Assamba, affluent de la Sanaga	Labeo senegalensis (Cyprinidae)
2	M. camerounensis Fomena et al., 1993	Oreochromis niloticus (Cichlidae)	Etangs de Melen	<i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)
3	<i>M. kouoptamoensis</i> Nchoutpouen & Fomena, 2011	Labeo parvus (Cyprinidae)	Kouoptamo dans la rivière Noun	Labeo coubie L. senegalensis (Cyprinidae)
4	<i>M. nchoutnounensis</i> Nchoutpouen & Fomena, 2011	Labeo parvus (Cyprinidae)	Kouoptamo dans la rivière Noun	L. senegalensis (Cyprinidae)
5	<i>M. njoyai</i> Nchoutpouen & Fomena, 2011	Labeo parvus (Cyprinidae)	Kouoptamo dans la rivière Noun	L. senegalensis (Cyprinidae)
6	<i>M. nounensis</i> Fomena & Bouix, 2000	Sarotherodon galilaeus et Tilapia mariae (Cichlidae)	Barrage de Bamendjing sur la rivière Noun	<i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)
7	<i>M. nyongana</i> (Fomena <i>et al.</i> , 1985) Fomena & Bouix, 1997	Genre Enteromius (E. aspilus ; E. camptacanthus ; E. guirali ; E. jae ; E. martorelli (Cyprinidae)	Nkolya dans la rivière Mbembe	L. senegalensis (Cyprinidae)
8	<i>Henneguya odzai</i> Fomena & Bouix, 1996	Marcusenius moorii (Mormyridae)	Rivière Anga'a à Odza II	Mormyrus cyprinoides (Mormyridae) Hyperopisus bebe
9	<i>H. mbakaouensis</i> Fomena & Bouix, 2000	Lates niloticus (Latidae)	Barrage de Mbakaou sur le fleuve Djérem	Lates niloticus (Latidae)
10	My. nyongensis Fomena & Bouix, 1986	Enteromius aspilus ; Enteromius guirali ; Enteromius jae ; Enteromius martorelli (Cyprinidae)	Nkolya, Ebogo, Essazok et Awout (Cameroun)	L. senegalensis (Cyprinidae)
11	T. assambai Fomena et al., 1994	Labeo sp. (Cyprinidae)	Rivière Assamba, affluent de la Sanaga	L. senegalensis (Cyprinidae)
12	T. sanagaensis Fomena et al., 1994	Labeo sp. (Cyprinidae)	Rivière Assamba, affluent de la Sanaga	L. senegalensis (Cyprinidae)

Annexe 2. Synthèse des espèces antérieurement décrites au Cameroun et observées chez les hôtes examinés

L. Labeo ; *H.* : Hyperopisus ; *M.* : Myxobolus ; *My.* : Myxidium ; **Pr** : prévalence ; *T.* : Thelohanellus.

N°	Espèce de Myxosporidies	Hôtes types	Pays	Localités types	Autres hôtes		
1	<i>M. brachysporus</i> (Baker, 1963) Landsberg & Lom, 1991	<i>Tilapia esculenta</i> et <i>Tilapia</i> <i>variabilis</i> (Cichlidae)	Ouganda	Nord du lac Victoria	O. aureus S. galilaeus (Cichlidae) Tilapia sp.		
3	<i>M. cuttacki</i> Haldar <i>et al.</i> , 1996	Cyprinus carpio (Cyprinidae)	Inde	Orissa	D. engycephalus (Distichodontidae)		
2	<i>M. distichodi</i> Kostoïngué & Toguebaye, 1994	Distichodus engycephalus (Distichodontidae)	Tchad	Maïlao dans le Chari	D. engycephalus (Distichodontidae)		
4	<i>M. fomenai</i> Abdel-Ghaffar <i>et al.</i> , 2008	Oreochromis niloticus (Cichlidae)	Egypte	Bahr Shebin, Delta du Nile	<i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)		
5	<i>M. homeosporus</i> (Baker, 1963) Landsberg & Lom, 1991	<i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)	Ouganda	Nord du lac Victoria	<i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)		
6	<i>M. imami</i> Ali <i>et al.</i> , 2002	Labeo niloticus (Cyprinidae)	Egypte	Beni-Suef dans le fleuve Nile	L. senegalensis L. coubi (Cyprinidae)		
7	<i>M. kainjiae</i> Obiekezie & Okaeme, 1990 (synonyme = <i>Myxobolus ovariae</i> Paperna, 1973)	Haplochromis angustifrons (Cichlidae)	Ouganda	Lac George	S. galilaeus O. niloticus (Cichlidae) Tilapia sp.		
8	M. labeoi Boungou et al., 2006	Labeo coubie (Cyprinidae)	Bénin	Diarbakoko (Comoé)	L. coubie (Cyprinidae)		
9	M. nanokiensis Kaur et al., 2013	Labeo rohita (Cyprinidae)	Inde	Nanoki, Punjab	L. senegalensis (Cyprinidae)		
10	<i>M. nokoueensis</i> Sakiti <i>et al.</i> , 1991	Sarotherodon melanotheron (Cichlidae)	Benin	Lac Nokoué	L. senegalensis L. coubie (Cyprinidae)		
11	<i>M. sarigi</i> (Landsberg, 1985) Landsberg & Lom, 1991	<i>Oreochromis aureus</i> et <i>O.</i> <i>niloticus</i> (Cichlidae)	Israël Hulata, Sdeh Eliyauh et Nir-David		<i>O. niloticus</i> <i>Tilapia</i> sp. (Cichlidae)		
12	M. terengganuensis Székely et al., 2009	Osteochilus hasselti (Cyprinidae)	Malaysie	Lac Tasik Kenyir	L. senegalensis (Cyprinidae)		
13	My. latesi Kostoïngué et al., 1998	Lates niloticus (Latidae)	Tchad	Maïlao dans le Chari	Lates niloticus (Latidae)		
14	<i>T. bicornei</i> Kabré <i>et al.</i> , 2002	Labeo coubie (Cyprinidae)	Bénin	Diarbakoko (Comoé)	L. senegalensis L. coubie (Cyprinidae)		

Annexe 3. Synthèse des espèces antérieurement décrites hors du Cameroun et observées chez les hôtes examinés

D. : Distichodus ; L. Labeo ; M. : Myxobolus ; O. : Oreochromis ; Pr : prévalence ; S. : Sarotherodon ; T. : Thelohanellus.

		SAISONS											
		SÈCHE						PLUVIEUSE					
Mois		oct-18	nov-18	déc-18	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	Total	juin-19	juil-19	août-19	Total
Effectif d'hôtes	Ν	23	20	21	13	20	15	30	142	29	30	28	87
M 1.1	n	7	2	6	6	10	6	9	46	5	1	6	12
M. bilongi	Pr	30,43	10,00	28,57	46,15	50,00	40,00	30,00	32,39	17,24	03,33	21,42	12,66
M 1 '1 1' 1'	n	9	4	2	0	5	2	5	27	5			5
M. nemibranchialis	Pr	39,13	20,00	9,52	0,00	25,00	13,33	16,66	19,01	17,24	0,00	0,00	5,75
M · · ·	n	14	13	16	11	7	3	13	77	27	16	17	60
M. imami	Pr	60,87	65,00	76,19	84,62	35,00	20,00	43,33	54,22	79,41	53,33	60,71	68,96
	n	8	4	12	7	8	0	0	39	1	4	3	8
М. коајн	Pr	34,78	20,00	57,14	53,85	40,00	0,00	0,00	27,46	3,45	13,33	10,71	9,19
M 1	n	11	5	2	1	0	6	4	29	5	10	10	25
M. kouoptamoensis	Pr	47,83	25,00	9,52	7,69	0,00	40,00	13,33	20,42	17,24	33,33	35,71	28,73
M 1:	n	6	1		1		0	8	16	7	9	7	23
M. nanokiensis	Pr	26,09	5,00	0,00	7,69	0,00	0,00	27,59	11,23	24,14	30,00	25,00	29,11
M	n	9	7	7	6	13	5	17	64	26	12	13	51
M. ncnoutnounensis	Pr	39,13	35,00	33,33	46,15	65,00	33,33	56,67	45,71	89,65	40,00	46,43	58,62
	n	8	8	8	3	1	3	5	36	11	8	6	25
М. пјоуаі	Pr	34,78	40,00	38,10	23,08	5,00	20,00	16,67	25,35	37,93	26,67	21,43	28,73
	n			3	1	2	0	3	9	16			16
M. nokoueensis	Pr	0,00	0,00	14,29	7,69	10,00	0	10,00	06,43	55,17	0,00	0,00	18,39
	Pr	91,30	80,00	76,19	61,54	85,00	46,67	53,33	71,13	100	80,00	64,29	81,61
Myxobolus spp.	n	23	19	20	13	17	12	26	132	29	29	28	86

Annexe 4. Prévalences des espèces du genre Myxobolus recensées par mois chez Labeo senegalensis

N : effectif d'hôtes examinés ; n : effectif d'hôtes parasités ; Pr : prévalence en pourcentrage.
							SAIS	ONS					
					SÈC	CHE					PLUV	IEUSE	
Mois		oct-18	nov-18	déc-18	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	Total	juin-19	juil-19	août-19	Total
Effectif d'hôtes	Ν	23	20	21	13	20	15	30	142	29	30	28	87
T assambai	n	5	5	2	6	5	3	4	30	8	1	1	10
1. assambai	Pr	21,74	25,00	9,52	46,15	25,00	20,00	13,33	21,13	23,53	4,17	4,76	12,66
T hicornai	n	17	16	14	12	16	6	16	97	18	12	12	42
1. Dicomei	Pr	73,91	80,00	66,67	92,31	80,00	40,00	53,33	68,57	62,07	40,00	42,86	48,27
Thelehanellus	n	20	6	8	4		9	14	62	18	15	13	45
Theionaneilus sp.	Pr	86,96	30,00	38,10	30,77	0,00	60,00	46,67	43,66	62,07	50,00	46,43	51,72
T sanagansis	n	21	16	16	8	17	7	16	101	29	24	18	71
1. sanagaensis	Pr	91,30	80,00	76,19	61,54	85,00	46,67	53,33	71,13	100	80,00	64,29	81,61
Thelehanellus	n	23	18	21	13	18	13	24	131	39	27	26	82
Theionaneilus spp.	Pr	100	90,00	100	100	90,00	86,67	80,00	92,5	100	90,00	92,86	94,25
Managementing	n	23	20	21	13	20	14	29	140	29	29	28	86
wryxosportates	Pr	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96,67	100	98,85

Annexe 5. Prévalences des espèces du genre Thelohanellus recensées par mois chez Labeo senegalensis

N : effectif d'hôtes examinés ; n : effectif d'hôtes parasités ; Pr : prévalence en pourcentrage.

Tableau XLV.	Familles, espèces et effectifs des poissons examinés	
Familles	Espèces de poissons	Effectifs
	Hemichromis elongatus Guichenot, 1861	36
	Oreochromis aureus Steidachner, 1864	24
Cichlidae	Oreochromis niloticus Linneaus, 1758	24
	Sarotherodon galilaeus Linneaus, 1758	10
	<i>Tilapia</i> sp.	34
	Hydrocynus forskalii Cuvier, 1819	13
Alestidae	Alestes sp.	10
	Brycinus sp.	10
Distichodontidae	Distichodus engycephalus Günther, 1864	26
	Labeo batesii Boulenger, 1911	46
Cyprinidae	Labeo coubie Rüppell, 1832	37
	Labeo senegalensis Valenciennes, 1842	258
Latidae	Lates niloticus Linneaus, 1762	20
	Hyperopisus bebe chariensis Günther, 1866	12
Mormyridae	Marcusenius cyprinoïdes Linneaus, 1758	10
	Mormyrus rume Cuvier et Valenciennes, 1846	6
Claroteidae	Auchenoglanis bicustatus Geoffroy Saint-Hilaire, 1808	23
Maahalridaa	Synodontis nigrita Valenciennes, 1840	10
WIOCHOKIdae	Synodontis schall Pellegrin, 1919	14
Schilbeidae	Schilbe mystus Linneaus, 1762	15
Tetraodontidae	Tetraodon lineatus Linnaeus, 1758	36

cc. **.**... • 1 1 1



Research Article

Description of *Myxidium tetraodoni* Sp. Nov., *Myxidium anisocapsularis* Sp. Nov. and *Myxobolus magai* Sp. Nov. (Myxosporea: Bivalvulida) Infecting Some Freshwater Fishes in Cameroon (Central Africa)

Deli Arnaud, Lekeufack Folefack Guy Benoit^{*} and Fomena Abraham

Department of Animal Biology and Physiology, Laboratory of Parasitology and Ecology, University of Yaounde I, Cameroon

*Corresponding author: Lekeufack Folefack Guy Benoit, Department of Animal Biology and Physiology, Laboratory of Parasitology and Ecology, University of Yaounde I, Cameroon, Tel: +00237677887294; E-mail: leguyzo@yahoo.fr

Received date: November 21, 2017; Accepted date: December 06, 2017; Published date: December 13, 2017

Copyright: © 2017 Deli A, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Abstract

Examination of some Teleost fishes captured in the Maga detention lake located in the Far North Region of Cameroon, revealed the presence of three new species of Myxosporidia of the genera *Myxidium* Bütschli, 1882 and *Myxobolus* Bütschli, 1882 of which complete description is given in the present study. These species are: *Myxidium tetraodoni* sp. nov., parasite of the urinary bladder of *Tetraodon lineatus* Linnaeus, 1758 (Tetraodontidae) that form ellipsoidal spores with a turgid middle part and rounded ends. They measured 11.6 (10.5-12.5) µm long × 8.2 (7.2-9.6) µm broad; the spherical polar capsules are of equal size and measure 3.7 (3.0-4.3) µm. *Myxidium anisocapsularis* sp. nov., a parasite of the gall bladder of *Distichodus engycephalus* Günther, 1964 (Distichodontidae) form spindle-shaped and elongated spores, that measure 15.2 (14.0-16.2) µm long × 6.0 (5.0-6.7) µm broad; its polar capsules are quite unequal and respectively measure 6.0 (5.0-6.5) × 3.3 (3.0-3.8) µm for the smaller. *Myxobolus magai* sp. nov., a gill parasite of *Labeo batesii* Boulenger, 1911 (Cyprinidae) form ovoid spores with the anterior end larger with small protuberance, that measure 10.6 (9.0-12.0) × 6.3 (5.5-7.0) µm. Its polar capsules measure 2.8 (2.4-3.4) × 2.3 (2.0-3.0) µm.

Keywords Myxozoa; *Myxidium tetraodoni* sp. nov.; *Myxidium anisocapsularis* sp. nov.; *Myxobolus magai* sp. nov.; Parasite; Freshwater fish; Cameroon

Introduction

Due to the increasing needs for animal protein production worldwide, fish industry is a major activity in human populations today [1]. However, fishes are vulnerable to various parasitic infections, including Myxosporidiosis. Myxosporidia can infect numerous fish organs and cause a wide variety of damages [2]. The extent of damage to host tissues and organs depend on the parasite species, its life cycle, infection intensity, and host response [3]. Many pathogenic species can be responsible of severe epizootics in fish farms and hatcheries. Indeed, in natural and artificial environments, Myxosporidia can cause the loss of production and death of fishes. Some parasitized fishes are unsightly and considered unfit for human consumption. Human health can be affected by Myxosporidia when immunodepressed people are contaminated with infected fish [4].

Knowledge of fish parasites is a prerequisite for a rapid diagnosis of the pathogen responsible for epizootic diseases. Early diagnosis can lead to preventive measures that remain the best way to reduce epidemics [5]. Thus it is necessary to record and report new parasites and pathological conditions when they are discovered because such information may be useful in the future as a baseline data for assessing the ecosystems health in the face of global warming [6]. Based on the morphological and metric characteristics of the spores, the number of Myxosporidia described around the world is estimated at 2200 species belonging to 64 genera and 17 families [7]. Eiras et al. [8,9] provided a synopsis of 905 species of *Myxobolus* Bütschli [10]; this genus has the largest global distribution and the high number of Myxosporidia species. With more than 232 species, the genus *Myxidium* Bütschli [10] is numerically the second genus of Myxosporidia [11]. Species of the genus *Myxidium* are predominantly coelozoic (rarely histozoic) infecting the gall bladder, the urinary bladder and the urinary tubules of the kidneys [2,12,13]. The number of Myxosporidia parasites of African freshwater fish is estimated at about 270 species [14,15]. Those of the freshwater fishes in Cameroon are represented by about 80 species, with forty of them belonging to the genus *Myxobolus* and nine to the genus *Myxidium* [14,16,17]. Taxonomic studies and description of new species of Myxosporidia throughout the world suggested that the diversity of species in this group of parasites is largely underestimated.

During a study of Myxosporidia parasites of teleosts of great importance of food and economic in Cameroon, we found three new species whose complete descriptions are given in the present paper. These species are: *Myxidium tetraodoni* sp. nov. a parasite of *Tetraodon lineatus* Linnaeus, 1758 (Tetraodontidae), *Myxidium anisocapsularis* sp. nov. found in *Distichodus engycephalus* Günther, 1964 (Distichodontidae) and *Myxobolus magai* sp. nov. a gill parasite of *Labeo batesii* Boulenger, 1911 (Cyprinidae).

Page 2 of 10



Figure 1: Microphotograph (optical microscopy) of a Trophozoite of *Myxidium tetraodoni* sp. nov. with a granular endoplasm, the spores are formed in pairs within a pansporoblast. Scale bar: $5 \,\mu$ m.



Figure 3: Microphotograph (optical microscopy) of spores of *Myxidium tetraodoni* sp. nov. stained with May-Grünwald-Giemsa. Scale bar: 5 μm.



Figure 2: Microphotograph (optical microscopy) of fresh spore of *Myxidium tetraodoni* sp. nov. : polar capsules are spherical. Scale bar: $5 \mu m$.



Figure 4: Microphotograph (optical microscopy) of fresh spore of *Myxidium anisocapsularis* sp. nov. : polar capsules are unequal. Scale bar: 5 µm.



Figure 5: Microphotograph (optical microscopy) of fresh spores of *Myxidium anisocapsularis* sp. nov. showing unequal polar capsules. Scale bar: $5 \mu m$.



Figure 6: Microphotograph (optical microscopy) of spore of *Myxidium anisocapsularis* sp. nov. stained with May-Grünwald-Giemsa. Scale bar: $5 \mu m$.

Material and Methods

Fish examined were sampled in the Maga detention lake from March to May 2016. Maga is a small village of the Mayo-Danay Division (situated between latitude 10° and 13° North and longitude 14° and 16° East), in the Far North Region of Cameroon. The Maga reservoir lake is located at 77 km from the city of Maroua and covers an area of 39000 hectares. The climate in this locality is the Sahelo-Sudanian type, which is characterized by a long dry season from October to April and a short rainy season from May to September. The average temperature is 28°C [18]. Maga is located in a floodplain and its vegetation consists of the shrub savannah (weakly wooded) and the herbaceous steppe with grass. Its soil, predominantly clay-sandy, take a clayey-silty shade around the lake [18].

Fish were captured using gill nets. In the field, once the fish were caught, a buttonhole was made on the ventral surface of each host individual. The latter were immediately immersed in a 10% formalin solution contained in a plastic container, before being brought to the laboratory. Systematic position of sampled fishes was taken from Lévêque et al. [19,20]. The species captured are: *Tetraodon lineatus* (Tetraodontidae), *Distichodus engycephalus* (Distichodontidae) and *Labeo batesii* (Cyprinidae).



Figure 7: Microphotograph (optical microscopy) of fresh spores of *Myxobolus magai* sp. nov.; The spores are ovoid with a wider anterior end. Scale bar: $5 \mu m$.



Figure 8: Microphotograph (optical microscopy) of fresh spore of *Myxobolus magai* sp. nov.; The anterior end of the spore is hillock. Scale bar: $5 \mu m$.



Figure 9: Microphotograph (optical microscopy) of spores of *Myxobolus magai* sp. nov. stained with May-Grünwald-Giemsa; polar capsules are equal. Scale bar: $5 \mu m$.

In the laboratory, the fish were firstly examined with naked eye (eyes, fins, operculum, scales, skin) and then with the Olympus BO61 binocular stereoscopic microscope for the presence of cysts. After dissection of the fish hosts, internal organs such as gills, heart, liver, kidneys, spleen, gallbladder, gonads, intestine and urethra were taken individually and examined. The contents of the cysts were identified with the objective 100X of an IVYMEN light microscope. The content of the gall bladder, urinary bladder and swim bladder was also examined between glass and glass cover slide under the microscope. Smears of kidneys, spleen, liver, gonads, heart and urethra were carefully examined at the 40X objective of the microscope. Spore smears were fixed with methanol and stained with May-Grünwald-Giemsa. Drawings of fresh spores were performed using a Wild M-20 microscope equipped with a camera Lucida. Measurements were carried out on 50 spores using an objective micrometer. Variables taken into account are those proposed by Lom et al. [21]. Microphotographs of spores were performed using an Olympus BH-2 microscope equipped with a microphotograph device.





Results

Myxidium tetraodoni sp. nov.

Vegetative form: Circular and polysporous plasmodia are found in the urinary bladder of the host. Ectoplasm is clear and smooth. In the granular endoplasm, spores are formed in pairs within pansporoblasts (Figure 1).

Spores: Of small size (11.6 μ m length on average), spores are ellipsoidal with a bulging middle part and rounded ends (Figures 2-11). Shell valves striated, one can count 9 to 12 fine striations on each (Figure 11). Polar capsules are spherical and equal (Figures 3 and 11). Within each of them, 4 to 5 coils of polar filament can be found (Figure 10). A granular sporoplasm is located between polar capsules.

Measurements of the spore: (Table 1).

Host: Tetraodon lineatus Linnaeus, 1758 (Tetraodontidae).

Page 5 of 10

Location: Maga (in the reservoir lake) in Cameroon (Central Africa).

Location in the host: Urinary bladder

Prevalence: 76.9% (20 individuals fish parasitized out of 26 examined).

Myxidium species	Host	Site of infection	Country	LS	ws	PC	LPC	WPC	FC	StV	Reference
M. tetraodoni	Tetraodon lineatus	urinary bladder	Cameroon	11.6 (10.5– 12.5)	8.2 (7.2– 9.6)	=	3.7 (3– 4.3)	3.7 (3– 4.3)	4–5	9–12	Present study
M.brienomyri	Brienomyrus brachyistus	gall bladder	Cameroon	13.7 (12.2– 16.2)	6.5 (5.5–9)	=	4.2 (3.5–5)	4.2 (3.5–5)	3–5	6–12	Fomena et al. [22]
M. latesi	Lates niloticus	gall bladder	Chad	15.4 (15– 16)	8.3 (8– 9)	=	3.3 (3– 3.5)	3.3 (3– 3.5)	-	±	Kostoïngué et al. [23]
M. macrocapsulare	Scardinius erythrophthalmus Grunnian Aplodinotus	gall bladder	Europe America	10–12	6	=	3–4	3–4	-	±	Auerbach [24]
M. macrocheili	Catostomus macrocheilus	gall bladder	North America	11.7 (10.0– 14.4)	6.6 (5.5– 8.0)	=	4.0 (3.0– 5.5)	3.5 (2– 4.5)	4–6	9–11	Mitchell [26]
M. moxostomatis	Myxostoma sp.	gall bladder	USA	8.5–10.5	5–6	=	3	3	-	10	Kudo [25]
M. nyongensis	Barbus jae, B. aspilus, B. guirali, B. martorelli	gall bladder	Cameroon	12.3 (10.8– 14.4)	6.4 (4.7– 9.4)	=	3.2 (2.0– 4.5)	3.2 (2.0– 4.5)	-	12	Fomena et al. [22]
Averages of the paran	neters measured are followe	ed by minimal and r	maximal values	in brackets.							

LS: length of the spore; WS: width of the spore; PC: relative length of the polar capsules (=: equal); LPC: length of the polar capsules; WPC: width of the polar capsules; FC: number of polar filament coils; StV: Number of striations on shell valves;-: absent or not reported in the species description; ±: shell valves striations are present, but the number was not reported in the species description.

Table 1: Comparative description of Myxidium tetraodoni sp. nov. with morphologically similar species (measurements in micrometre).

Myxidium anisocapsularis sp. nov.

Vegetative form: Not observed; spores, sometimes abundant, were found free in the bile (Figure 12).

Spores: Of medium size (15.2 μ m long on average), they are spindleshaped, elongated (2.5 times longer than wide), with a turgid medial part and acuminate extremities (Figures 4 and 5). Each valve carries 8 to 11 longitudinal striations (Figures 5 and 13). The suture line is straight. The polar capsules are piriform and quite unequal (Figures 6 and 13). The larger polar capsule contains 5 to 6 loops of the filament and the smaller 4 to 5 (Figure 12). A finely granular sporoplasm is located in the extra-capsular space.

Measurements of the spore: (Table 2).

Host: Distichodus engycephalus Günther, 1964 (Distichodontidae).

Location: Maga (in the reservoir lake) in Cameroon (Central Africa).

Location in the host: Gall bladder.

Prevalence: 15.38% (04 parasitized fish out of 26 examined).

Myxidium species	Host	Site of infection	Country	LS	ws	PC	LPC	WPC	FC	StV	Reference
M. anisocapsularis	Distichodus engycephalus	gall bladder	Cameroon	15.2 (14.0– 16.2)	6.0 (5.0–	¥	6 (5.0– 6.5)*	3.3 (3.0– 3.8)*	5–6*	8–11	Present study
				10.2)	0.7)		4.7 (4.0– 5.5)**	3. (2.3– 3.3)**	4–5**		
M. aydai	Caesio suevicus	gall bladder	Egypt	23.0 (22.0– 24.0)	5.6 (5.0– 6.0)	=	7.2 (7.0– 8.0)	3.4 (3.0 – 4.0)	8–9	-	Abdel-Baki [29]

Page 6 of 10

M. birgii	Aphyosemiom bivittatum	gall bladder	Cameroon	20.0 (17.7– 22.5)	8.9 (7– 11)	=	8.1 (7.1– 9.1)	3.7 (2.5– 4.8)	7–9	8–14	Fomena et al. [22]
M. camerounensis	Neolebias ansorgei	gall bladder	Cameroon	22 (19.2– 25.5)	6.4 (5– 8.4)	=	8.9 (7– 10.9)	3.4 (2.8 – 3.9)	7–9	6–10	Fomena et al. [22]
M. distichodi	Distichodus engycephalus	gall bladder	Chad	16.3 (16– 17)	6.5 (6– 7)	=	4.9 (4.5– 5.5)	3.2 (3– 3.5)	-	±	Kostoïngué et al. [23]
M. mendehi	Barbus guirali, B. martorelli	Kidneys	Cameroon	9.9 (7.8– 13.2)	4.1 (3.1– 4.9)	=	3.4 (2.7– 4.5)	2.3 (1.8 – 3.1)	5–7	5	Fomena et al. [28]
M. parachannae	Parachanna obscura	gall bladder	Benin	23.4 (21– 25)	4.3 (3– 5)	=	5.8 (5–7)	2.2 (1.5– 3)	-	-	Sakiti [27]
M. petrocephali	Petrocephalus simus	gall bladder	Cameroon	24.1 (21.5–27)	8 (6.5– 9.8)	=	10.3 (8.5 –11.6)	4.3 (3.8– 5)	13	12	Fomena et al. [22]
Averages of the parameters measured are followed by minimal and maximal values in brackets.											
LS: length of the spore; WS: width of the spore; PC: relative length of the polar capsules (=: equal; ≠: unequal); LPC: length of the polar capsules; WPC: width of the polar capsules; FC: number of polar filament coils; StV: Number of striations on shell valves; -: absent or not reported in the species description; ±: shell valves striations are present, but the number was not reported in the species description;											

*:Referring to the largest polar capsule;

**:Referring to the smallest polar capsules.

Table 2: Comparative description of Myxidium anisocapsularis sp. nov. with morphologically similar species (measurements in micrometre).

Myxobolus magai sp. nov.

Vegetative form: This Myxosporidia forms whitish and ovoid cysts, located between the secondary gill lamellae. These plasmodia are polysporous and measure $172-300 \times 116 \mu$ m-200 μ m. one can find 10 to 132 cysts per individual fish host (Figures 2-11).

Spores: of small size (10.6 μ m long on average), mature spores are ovoid with the anterior end larger and hillocky, the posterior end being narrow (Figures 7, 8, 14 and 15). The wider part of the spore is observed at the mid length of the polar capsules. Polar capsules are ovoid and symmetrical (Figures 7 and 8). They occupy the 1/3 of the spore cavity, converge and open at the anterior end of the spore (Figure

8). Each of them contains 4 to 5 coils of polar filament (Figure 14). The iodinophilous vacuole is found in a developped sporoplasm (Figures 7 and 15).

Measurements of the spore: (Table 3).

Host: Labeo batesii Boulenger, 1911 (Cyprinidae).

Location: Maga (in the reservoir) in Cameroon (Central Africa).

Location in the host: gills.

Prevalence: 28.5% (04 parasitized fish out of 14 examined).

	1	1		1					1		1
species	Host	Site of infection	Country	LS	ws	PC	LPC	WPC	FC	IP	Reference
Myxobolus magai	Labeo batesii	Gills	Cameroon	10.6 (9.0– 12.0)	6.3 (5.5– 7.0)	=	2.8 (2.4– 3.4)	2.3 (2.0– 3.0)	4–5	A	Present study
Myxobolus cichlidarum	Oreochromis niloticus ; Sarotherodon galilaeus	Gills, fins, eye, kidneys, spleen, liver	chad	15.0 (13.5–16)	9.6 (8.5– 10.8)	=	5.8 (5.2– 6.5)	3,2 (2,8– 3,5)	4–5	Р	Abakar- ousman [31]
Myxobolus eirasi	Cirrhina mrigala	caudal fin	India	8.4–8.8 (8.6)	6.5–6.9 (6.7	=	3.1–3.3 (3.2)	1.4–1.7 (1.5)	3–4	A	Kaur et al. [32]
Myxobolus galilaeus	Sarotherodon galilaeus	Kidneys, spleen	Israel	11.9 (10.3– 13.1)	9.1 (7.9– 10.0)	=	3.5 (3.1– 4.0)	2.8 (2.3– 3.1)	4–5	A	Landsberg [30]
Myxobolus gandiolensis	Tilapia guineensis	kidneys	Senegal	11.3 (10– 12)	10.3 (9– 12)	=	3.8 (3-5)	3.8 (3– 5)	-	A	Fall et al. [33]
Myxobolus nounensis	Sarotherodon galilaeus, Tilapia mariae	Spleen, kidneys	Cameroon	14.3 (13– 15)	12.8 (11.5–14)	=	5.8 (5– 6.5)	4.5 (4– 5)	4–5	Р	Fomena et al. [35]

Page 7 of 10

Myxobolus sarigi	Oreochromis aureus x O. niloticus	Spleen	Israel	11.3 (9.9 –13.1)	8.4 (7.9– 9.6)	=	4.5 (4.1– 5.2)	3.2 (2.9– 4.0)	4–5	A	Landsberg [30]
Myxobolus yogendrai	Cirrhina mrigala	under scales	India	9–9.5	7.2	=	2.8–3.6	2.8–3.6	-	A	Landsberg et al. [34]
Averages of the parameters measured are followed by minimal and maximal values in brackets.											
LS: length of the spore; WS: width of the spore; PC: relative length of the polar capsules (=: equal); LPC: length of the polar capsules; WPC: width of the polar capsules; FC, number of polar filament coils (-: not reported in the species description); IP: intercapsular process (A: absent; P: present).											

Table 3: Comparative description of Myxobolus magai sp. nov. with morphologically similar species (measurements in micrometre).

Discussion

Myxidium tetraodoni sp. nov.

By the spore shape, this myxosporidia come close to some species previously described in Africa and other continents. *Myxidium brienomyri* Fomena et al. [22], develops large trophozoites in the gall bladder of *Brienomyrus brachyistus* (Mormyridae) in Cameroon. Spores of this species are longer (13.7 μ m on average) and less wide (6.47 μ m on average); although spherical, the polar capsules are more developed (4.2 μ m diameter on average).

Myxidium nyongensis Fomena et al. [22], develop circular and large trophozoites in the gall bladder of *Barbus jae*, *B. aspilus*, *B. guirali* and *B. martorelli* (Cyprinidae) in Cameroon. Its spores are ellipsoidal with rounded ends but longer (12.38 μ m on average) and less wide (6.47 μ m on average) compared to those of the species in description.

The spores of *Myxidium latesi Kostoïngué*, Faye et al. [23] (host: *Lates niloticus* in Chad) are oval, with pointed ends. They are considerably more developed (15.44 μ m long × 8.33 μ m wide) compared to those of the present species.

Myxidium macrocapsulare Auerbach [24] (host: *Scardinius erythrophthalmus* in Europe and *Grunnian Aplodinotus* in America) forms free spores in the gall bladder with slightly curved ends pointed in the opposite directions. These spores are narrower (5.3 μ m-6.8 μ m) with polar capsules rather ovoid (4.6 μ m × 3.8 μ m on average).

The shape of spores of *Myxidium moxostomatis* Kudo [25], recalls that of the species we are describing; however, this parasite of the gall bladder of *Myxostoma* sp. in America forms much smaller spores (8.5 μ m-10.5 μ m × 5-6 μ m).

The spores of *Myxidium macrocheili* Mitchell [26] (host: *Catostomus macrocheilus* in North America) have comparable length with those of our parasite (11.7 μ m long on average); however, they are less wide (6.6 μ m on average) with ovoid polar capsules which measure $4 \times 3.5 \mu$ m on average.

The parasite of *Tetraodon lineatus*, which differ from other species by numerous characteristics, is probably new. We propose the name *Myxidium tetraodoni* sp. nov. refering to the generic name of the fish host. This is the first time a Myxosporidia is described in *Tetraodon lineatus*.



Fish Aqua J, an open access journal ISSN:2150-3508

Figure 13: Line drawing of a spore of *Myxidium anisocapsularis* sp. nov. showing longitudinally striated shell valves.

Myxidium anisocapsularis sp. nov.

The only *Myxidium* species so far described in African Distichodontidae is *Myxidium distichodi* Kostoïngué, [23], a parasite of the gall bladder of *Distichodus engycephalus* in Chad. The spores dimensions of *M. distichodi* (16.3 (16-17) μ m × 6.5 (6-7) μ m) are comparable to those of the species being described but their polar capsules are equal (constant character).

The general form of spores of the species in description recalls that of *Myxidium parachannae* Sakiti [27], parasite of the gall bladder of *Parachanna obscura* in Benin. However, the spores of *M. parachannae* are much longer ($21 \mu m$ - $25 \mu m$) and less wider ($3 \mu m$ - $5 \mu m$).

Myxidium birgii Fomena et al. [22], found in the gall bladder of *Aphyosemiom bivittatum* (Cyprinodontidae) in Cameroon form fusiform spores, with striated valves and a bulging medial part, but longer (17.7 μ m-22.5 μ m long). The spores shape of *Myxidium mendehi* Fomena et al. [28], recalls that of the species we are describing; however, this parasite of the kidneys of *Barbus guirali* and *B. martorelli* (Cyprinidae) form smaller spores (9.9 μ m × 4.1 μ m in average).

The spores of *Myxidium camerounensis* Fomena et al. [22], although fusiform with a bulging medial part, are longer (22.04 μ m on average), with equal polar capsules containing 7 to 9 loops of polar filament.

The spores of *Myxidium petrocephali* Fomena et al. [22] (host: *Petrocephalus simus* in Cameroon) are slightly arched, more developed (24.14 μ m × 8.05 μ m on average) with symmetrical and larger polar capsules (10.3 μ m × 4.3 μ m on average).

Myxidium aydai Abdel-Baki [29], parasite of *Caesio suevicus* in Egypt produces spores measuring 23 μ m long on average with symmetrical polar capsules measuring 7.2 μ m on average.

Out of all Myxosporidian species of the genus *Myxidium* described so far in the world, no one form spores with unequal polar capsules. We believe that the parasite of *Distichodus engycephalus* is new and propose the name *Myxidium anisocapsularis* sp. nov., refering to the asymmetry observed on its polar capsules.





Myxobolus magai sp. nov.

By the spore's general shape, the present parasite resemble some species of Myxosporidia previously described.

Myxobolus galilaeus Landsberg [30], forms diffuse spores in melano-macrophage centers of the kidneys and spleen of *Sarotherodon galilaeus* in Israel. These spores are ovoid with the anterior end flattened. They are larger (11.9 μ m × 9.1 μ m on average) and 3 to 12 folds are found on the suture line. *Myxobolus sarigi* Landsberg [30], a systemic parasite of Cichlidae in Israel, forms spores with the anterior end wider. These spores are wider (8.4 μ m on average) with larger polar capsules (4.5 μ m × 3.2 μ m on average).

Myxobolus cichlidarum Abakar-ousman [31], parasitizes fins, gills, eyes, spleen, kidneys and liver of Oreochromis niloticus and

Page 9 of 10

Sarotherodon galilaeus in Chad. Although ovoid with a wider anterior end, the spores of this species, differ from those of our species by the following characteristics: larger size (15 μ m × 9.6 μ m on average), more developed polar capsules (5.8 μ m × 3.2 μ m on average), presence of an intercapsular appendix.

The spores of *Myxobolus eirasi* Kaur et al. [32] (parasite of *Cirrhina mrigala* in India), are morphologically comparable to those of our parasite, but shorter ($8.4 \mu m$ - $8.8 \mu m$) with smaller polar capsules ($1.4 \mu m$ - $1.75 \mu m$).

Fall et al. [33] described *Myxobolus gandiolensis* in the kidneys of *Tilapia guineensis* in Senegal. This Myxosporidia differs from the species in description by its wider spores (10.3 (9-12) μ m) and its spherical polar capsules.

In India, *Myxobolus yogendrai* (Triparthi, 1952) Landsberg et al. [34], parasitize *Cirrhina mrigala*; its spore, although ovoid with a wider anterior end, possess an intercapsular triangle and four valvular folds.

Myxobolus nounensis Fomena et al. [35], is a parasite of the spleen and kidneys of *Sarotherodon galilaeus* and *Tilapia mariae* (Cichlidae) in the Noun River in Cameroon. Spores of this species are more developed (14.3 μ m × 12.8 μ m on average), same as its polar capsules (5.8 μ m × 4.5 μ m on average) and a well-developed intercapsular appendix is present.

These differences lead to think that the parasite of *Labeo batesii* is a new species. We propose the name *Myxobolus magai* sp. nov., referring to the locality of Maga where the fish host were captured.

Conclusion

Although Africa has one of the most diverse ichthyological fauna, and the genus Myxidium is the second major group of Myxosporidia, the description of Myxidium tetraodoni sp. nov. and M. anisocapsularis sp. nov. Only brings up to 18 the number of species of the genus Myxidium described in freshwater fishes of this continent, and to 11 the number of species of the genus described in freshwater fishes of Cameroon. M. tetraodoni is the first Myxosporidia described in fishes of the family Tetraodontidae and M. anisocapsularis is the only species of the genus Myxidium hitherto found with unequal polar capsules. Species of the genus Myxidium are generally coelozoic and rarely histozoic in fish host. The two new species of Myxidium described in the present work are coelozoic. These coelozoic Myxosporidia are generally less pathogenic than histozoic species, their pathogenic action seems to be less evident apart from the occlusion of bile and urinary ducts. In Africa, the species of Myxidium that are identified so far affect hosts belonging to 12 families. In decreasing importance order, these host families can be classified as: Cyprinidae (5 species); Claroteidae (2); Distichodontidae (2); Mochokidae (2); Mormyridae (2); Anabantidae (1); Aplocheilidae (1); Channidae (1); Cichlidae (1); Clariidae (1); Latidae (1); Tetraodontidae (1). Myxosporidia of the genus Myxobolus are generally known as histozoic parasites in freshwater fish. They form cysts of varying size in various organs in their host (gills, fins, stomach wall, intestinal wall, skin, heart, liver, operculum, eyes ...). Eiras et al. [8,9] estimated at about 905 species the number of Myxobolus described in fishes around the world. 33.25% of these species affect the gills in their hosts. The description of M. magai sp. nov. in the gills of Labeo batesii confirms the preference of this organ by the Myxosporidia of the genus Myxobolus.

Compliance with Ethical Standards

Animals used followed a protocol approved and authorized by Institutional Animal Care and Use Committee at Animals Biology and Physiology Department, Faculty of Science, University of Yaounde I, Cameroon.

Acknowledgement

The authors are thankful to the Faculty of Science, University of Yaounde I, Cameroon, for providing all the facilities to complete this work.

Conflict of Interest Statement

The authors declared: There is no conflict of interest.

References

- Abdel-Ghaffar F, Bashtar AR, Mehlhorn H, Al-Rasheid K, Al-Olayan E, et al. (2009) Ultrastructure and host parasite relationships of Kudoa pagrusi (Myxozoa) infecting the heart muscles of sea bream Pagrus pagrus (L.) from the Red Sea. Parasitology Research 106: 121-129.
- Lom J, Dykova I (2006) Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life- cycle terminology and pathogenic species. Folia Parasitologica 53: 1-36.
- Lom J, Dykova I (1992) Myxosporidia (Phylum Myxozoa). In: Protozoan parasites of fish, Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo (ed.) pp: 159-235.
- Hessen EM, Zamzame ML (2004) Myxobolus sp. a possible new opportunistic parasite in immunocompromized patients in Ismailia. J Egypt Soc Parasitol 34: 925-930.
- Abdel-Ghaffar F, Morsy K, Bashtar AR, El-Ganainy S, Gamal S (2012) Thelohanellus niloticus sp. nov. (Myxozoa: Myxosporea) a parasite of the Nile carp Labeo niloticus from the River Nile, Egypt. Parasitology Research 112: 379-383.
- Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, Altizer S, Dobson A, et al. (2002) Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. Science, 296, 2158-2162.
- Fiala I, Bartosova-Sojkova P, Whipps CM (2015) Classification and Phylogenetics of Myxozoa. Myxozoan Evolution, Ecology and Development pp: 85-110.
- Eiras JC, Molnar K, Lu YS (2005) Synopsis of the species of Myxobolus Bütschli, 1982 (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae). Systematic Parasitology 61: 1-46.
- Eiras JC, Zhang J, Molnar K (2014) Synopsis of the species of Myxobolus Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea, Myxobolidae) described between 2005 and 2013. Systematic Parasitology 88: 11-36.
- Butschli O (1882) Myxosporidia. Bronn's Klass. Ordn. Protozoa 1: 590-603.
- Eiras JC, Saraiva A, Cruz CF, Santos MJ, Fiala I (2011) Synopsis of the species of Myxidium Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). Systematic Parasitology 80: 81-116.
- 12. Diamant A, Lom J, Dykova I (1994) Myxidium leei n. sp., a pathogenic myxosporean of cultured sea bream Sparus aurata. Diseases of Aquatic Organisms 20: 137-141.
- 13. Jirku M, Bolek MG, Whipps CM, Janovy JJR, Kent ML et al. (2006) A new species of Myxidium (Myxosporea: Myxidiidae), from the western chorus frog, Pseudacris triseriata triseriata, and Blanchard's cricket frog, Acris crepitans blanchardi (Hylidae), from eastern Nebraska: morphology, phylogeny, and critical comments on amphibian Myxidium taxonomy. Journal of Parasitology 92: 611-619.
- 14. Lekeufack Folefack GB (2010) Faunistic and biology of Myxosporidia (Myxozoa: Myxosporea) parasites of some teleosts in the Sange river

(Wouri sub-tributary) in Cameroon. Ph.D. Thesis, Department of Animal Biology and Physiology, University of Yaounde I, Yaounde, Cameroon.

- 15. Nchoutpouen E (2015) Myxosporidia (Myxozoa: Myxosporea) parasites of some teleosts of the Noun Basin (West Region, Cameroon): taxonomy and biology of species parasitizing Oreochromis niloticus Linneaus, 1758 and Labeo parvus Boulenger. Department of Animal Biology and Physiology, University of Yaounde I, Yaounde, Cameroon.
- Fomena A, Lekeufack Folefack GB, Bouix G (2010) Two new species of Myxidium (Myxosporea: Myxidiidae) parasites of fresh water fish in Cameroon. Parasite 17: 9-16.
- Nchoutpouen E, Fomena A (2011) Description of three new species of Myxobolus (Myxosporea: Myxobolidae) parasites of Labeo parvus Boulenger, 1902, Cyprinid fish in Cameroon. Journal of Applied Bioscience 38: 2508-2517.
- Leumbe O, Bitom D, Mamdem L, Tiki D, Ibrahim A (2015) Mapping of flooding risk zones in the Sudano-Sahelian zone: case of Maga and its surroundings in the Far north Cameroon. Afrique Science 11: 45-61.
- 19. Leveque C, Paugy D, Teugels GG (1992) Fauna of freshwater and brackish fish from West Africa. Tome 2. O.R.S.T.O.M. (ed). Paris pp: 389-902.
- 20. Stiassny MLG, Teugels GG, Hopkins CD (2007) Freshwater and Brackish Fish from Lower Guinea, Western Central Africa. Volume 1. In: Tropical Fauna and Flora Collection, IRD (Ed), Paris.
- 21. Lom J, Arthur JR (1989) A guideline for the preparation of species descriptions in Myxosporea. Journal of Fish Diseases 12: 151-156.
- 22. Fomena A, Bouix G (1986) Contribution to the study of Myxosporidia parasites of freshwater fishes of Cameroon. I. New species of the genus Myxidium Bütschli, 1882. Acta Tropica 43: 319-333.
- 23. Kostoingue B, Faye N, Toguebaye BN (1998) New species of Myxosporidia of genus Myxidium Bütschli, 1882 and Myxobolus Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea) of freshwater fishes of Chad (Central Africa). Journal of African Zoology 112: 249-259.
- 24. Auerbach M (1910) Zwei neue Cnidosporidien aus cyprinoiden Fischen. Zoologischer Anzeiger 36: 440-441.
- 25. Kudo RR (1921) On some Protozoa parasitic in freshwater fishes of New York. Journal of Parasitology 7: 166-74.
- Mitchell LG (1967) Myxidium macrocheili n. sp. (Cnidospora: Myxidiidae) from the largescale sucker Catostomus macrocheilus Girard,

and a synopsis of the Myxidium of North American freshwater vertebrates. Journal of Protozoology 14: 415-424.

- 27. Sakiti GN (1997) Myxosporidia and Microsporidia of freshwater fishes of Benin: faunistic, ultrastructure, biology. Ph.D Thesis, National University of Benin.
- Fomena A, Bouix G (1994) New Myxosoridea species (Myxozoa) from freshwater Telosts in Southern Cameroon (Central Africa). Journal of African Zoology 108: 481-491.
- 29. Abdel-Baki AZ (2009) Two new Myxidium species (Myxosporea: Myxidiidae) infecting the gallbladder of African flying fish, Cheilopogon nigricans and Suez fusilier, Caesio suevicus from the Red Sea, Egypt: a morphological and morphometric study. Parasitology Research 105: 513-518.
- Landsberg JH (1985) Myxosporean infections in cultured tilapias in Israel. Journal of Protozoology 32: 194-201.
- 31. Abakar-Ousman (2006) Myxosporidia (Myxozoa: Myxosporea) parasites of Chad freshwater fish: fauna and biology of the parasites species of Oreochromis niloticus (Linne, 1758) and Sarotherodon galilaeus (Linné, 1758) (Cichlidae). Ph.D. Thesis, Department of Animal Biology and Physiology, University of Yaounde I, Yaounde, Cameroon.
- 32. Kaur H, Singh R (2009) A new myxosporean species, Myxobolus eirasi sp. nov., a known species M. venkateshi Seenappa, Manohar, 1981 from the Indian major carp fish Cirrhina mrigala (Ham). Protistology 6: 126-130.
- 33. Fall M, Fomena A, Kostoingue B, Diebakate C, Faye N, et al. (2000) Myxosporidia (Myxozoa, Myxosporea) parasites of Cichlidae fish from Cameroon, Senegal and Chad, with the description of two new species. Annales des Sciences Naturelles 21: 81-92.
- Landsberg JH, Lom J (1991) Taxonomy of the genera of the Myxobolus/ Myxosoma group (Myxobolidae: Myxosporea), current listing of species and revision of synonyms. Systematic Parasitology 18: 165-186.
- 35. Fomena A, Bouix G (2000) Henneguya mbakaouensis sp. nov., Myxobolus nounensis sp. nov. and M. hydrocyni Kostoingue & Toguebaye, 1994 (Myxosporea, Myxozoa) parasites of Contropomidae, Cichlidae and Characidae (Teleosts) of Sanaga basin in Cameroon (Central Africa). Parasite 7: 209-214.

Page 10 of 10

ISSN: 2663-2187



Research Paper

Open Access

Description and histopathology of *Myxobolus kodjii* sp. nov. and *Myxobolus dzeufieti* sp. nov. (Myxozoa: Myxobolidae) parasites of some Teleost fish from Maga Lake in Cameroon

Arnaud DELI1^{*}, Guy Benoit LEKEUFACK-FOLEFACK², Rodrigue FIFEN³ and Abraham FOMENA⁴

¹University of Yaounde 1, Faculty of Science, PO Box 812, Yaounde, Cameroon. E-mail: delanaud87@gmail.com ²University of Yaounde 1, Faculty of Science, PO Box 812, Yaounde, Cameroon. E-mail: leguyzo@yahoo.fr ³University of Yaounde 1, Faculty of Science, PO Box 812, Yaounde, Cameroon. E-mail: fifenrodrigue@gmail.com ⁴University of Yaounde 1, Faculty of Science, PO Box 812, Yaounde, Cameroon. E-mail: abfomena@yahoo.fr

Abstract

Article Info

Volume 4, Issue 3, July 2022 Received : 17 January 2022 Accepted : 08 June 2022 Published : 05 July 2022 doi: 10.33472/AFJBS.4.3.2022.81-91

Examination of some Teleost fish caught in the Maga Lake located in the Far North Region of Cameroon, revealed the presence of two new species of Myxosporidia belonging to the genus Myxobolus, of which morphological and histological description is given in the present study. These species are: Myxobolus kodjii sp. nov., parasite of the eyes of Labeo senegalensis and Myxobolus dzeufieti sp. nov., parasite of the skin of Oreochromis niloticus and Tilapia sp. M. kodjii sp. nov. forms ovoid myxospores, with rounded ends, 8.0 (7.0–9.0) μ m long, 5.9 (5.5–6.6) μ m wide and 3.8 (3.5–4.2) μ m thick. Polar capsules are pyriform, equal in size and measure 3.7 (3.2–4.0) μ m × 1.6 (1.4–2.0) μ m. M. dzeufieti sp. nov. forms ovoid myxospores, with the anterior end slightly narrowed, 12.3 (11.4–13.7) μ m long, 9.8 (9.2–10.6) μ m wide and 5.7 (5.0–6.0) μ m thick. Its polar capsules are pyriform and equal in size and measure 4.8 (4.0–5.5) μ m \times 2.9 (2.5–3.3) μ m. These new species of Myxobolus are histozoic. The cysts of M. kodjii sp. nov. induce a local inflammatory reaction and their implantation in the sclera can affect the sight of the host fish. The presence of the cysts of *M. dzeufieti* sp. nov. on the skin did not cause an inflammatory reaction in host fish.

Keywords: Myxobolus, Morphology, Histopathology, Fish, Freshwater, Maga

© 2022 Arnaud DELI *et al.* This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

1. Introduction

Myxosporidia are microscopic Cnidaria, spores forming parasites and wordwide distributed. Predominantly fish parasites (Lom and Dyková, 2006; and Atkinson *et al.*, 2018), some species have been found in Trematodes (Freeman and Shinn, 2011), Crustaceans (Korczynski, 1998), Amphibians (Mutschmann, 2004), Reptiles (Johnson, 1969), Birds, (Bartholomew *et al.*, 2008), Mammals (Friedrich *et al.*, 2000) and immunodeficient humans (Boreham *et al.*, 1998; and Moncada *et al.*, 2001).

Spores morphology is the major criterion used for the identification and description of new species of Myxosporidia with additional criteria being vegetative stage characteristics, host specificity, organ specificity and geographic location (Lom and Arthur, 1989; Lom and Dyková, 1992; Molnár, 1994; Molnár, 2002 and

2663-2187/© 2022. Arnaud DELI et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

^{*} Corresponding author: Arnaud DELI, University of Yaounde 1, Faculty of Science, PO Box 812, Yaounde, Cameroon. E-mail: delanaud87@gmail.com

Molnár and Eszterbauer, 2015). Eszterbauer (2004) believes that in case of high similarity in the morphology of spores of various species or morphological diversity of spores within a given species, molecular data can be used for further clarification. To date, more than 2,400 species of Myxosporidia belonging to 64 genera are recognized worldwide (Eiras *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2013; Fiala *et al.*, 2015; Wagner, 2016; and Eiras *et al.*, 2021). The numerically larger genus *Myxobolus* is represented by about 1027 species (Eiras *et al.*, 2005, 2014, and 2021).

In freshwater fish, species of the genus *Myxobolus* are generally histozoic. Some are host and/or organ specific, but others are found in several host species and/or organs (Lom and Dyková, 2006). Although it is widely known that many *Myxobolus* species cause asymptomatic infections in fish, there is increasing evidence that some species are highly pathogenic and cause various damages to their hosts (Dyková and Lom, 2007). These damages, able to weaken or kill fish can result in severe epizootics (Okaeme *et al.*, 1988; and Arsan and Bartholomew, 2008).

During a general study of the Myxosporidia parasites of some Teleosts of great nutritional and economic importance from the Maga Lake in Cameroon, two new species belonging to the genus *Myxobolus* were identified. Morphological and histological data were used to describe these species, which are parasites of the eyes in *Labeo senegalensis* Boulenger, 1902 and of the skin in *Oreochromis niloticus* Linneaus, 1758 and *Tilapia* sp..

2. Materials and methods

The fish examined were sampled in the Maga Lake between March 2016 and June 2017. This lake is located 77 km from the town of Maroua, in the Department of Mayo-Danay (Far North Region of Cameroon). Fish specimens were caught in an area of the lake corresponding to the geographical coordinates 10°47′58"–10°48′57" North latitude and 14°54′07"–15°00′39" East longitude. Lake Maga has a water capacity of 600 million m³ at its coastal fill and a total surface of 39,000 ha (Sighomnou *et al.*, 2002). The climate in Maga is of sahelo-sudanian type, characterized by a long dry season from October to April and a short rainy season from May to September. The average temperature is 28°C (Leumbe Leumbe *et al.*, 2015).

The fish examined were caught with a 1 cm × 1 cm mesh gill net and fixed with a 10% formalin solution. In the laboratory, the identification made following the keys proposed by Lévêque *et al.* (1992) and Stiassny *et al.* (2007) revealed that the species sampled are *Labeo senegalensis* Boulenger, 1902 (Cyprinidae), *Oreochromis niloticus* Linneaus, 1758 (Cichlidae) and *Tilapia* sp. (Cichlidae).

The external organs (scales, skin, fins, opercula, eyes) of each fish specimen were inspected, using an Olympus BO61 binocular lens, for any potential Myxosporidia cysts. Subsequently, the gills, digestive tract, heart, gall bladder, spleen, gonads and kidney were removed and examined individually. The contents of the plasmodia were examined under a 100× microscope objective. Smears from the muscle and all internal organs were examined under the microscope. The contents of the gallbladder, urinary bladder and gas bladder were also examined using a microscope. Spores smears were fixed with pure methanol, stained with May-Grünwald-Giemsa and examined under the light microscope. Drawings of fresh spores were performed using a Wild M-20 microscope equipped with a camera Lucida. Measurements were carried out on 50 unstained spores using an objective micrometer.

For histopathological studies, eyes and skin fragments bearing myxosporidia cysts were dehydrated in a series of alcohol baths of increasing concentrations (70%, 95% and 100%). After clearing in xylene baths, the preparations were included in paraffin and finally sliced into sections of 5 to 8 μ m thick with a Reichert-Jung 2030 microtome. The sections were then deparaffinised, stained with haematoxylin and eosin, covered with a cover glass and examined under microscope.

Microphotographs of the parasitized organs, histological sections, fresh and stained spores were taken using an Olympus BH-2 microscope equipped with a microphotograph device.

3. Results

Myxobolus kodjii sp. nov.

Host: Labeo senegalensis Valenciennes, 1842 (Cyprinidae).

Organ infected: eyes.

Prevalence: 19.33% (46 fish parasitized out of 238 examined).

Vegetative stages: ovoid cysts, measuring 180–700 μ m long and 125–550 μ m wide have been observed. They are implanted in the sclera of the eye (Figure 1A). Infections can be unilateral or bilateral. In a parasitized fish, 3 to 93 cysts can be counted per eye and up to 167 per fish specimen.

Histopathology: Frontal section of the fish eyeball revealed implantation of Myxosporidia cysts in the sclera. In contrast to healthy fish (Figure 1B), in parasitized fish, the cyst occupies the entire width of the sclera (Figure 1C), induce hyperplasia and swelling (arrow) of the tissue. High magnification of the section of parasitized tissue shows that in the plasmodia, mature spores are located in the medial area (asterisk) and immature spores are located in the peripheral area (arrows) in a gelatinous substance (Figure D). In addition, monocytes are abundant at the periphery of the cyst (Figure 1E).

Myxospores: Small in size (7.0–9.0 μ m × 5.5–6.6 μ m), mature myxospores are ovoid with both ends rounded (Figure 2A). In lateral view, they are biconvex (Figure 2B) and 3.8 (3.5–4.2) μ m thick. The largest width of the spore is obtained at the base of polar capsules. The valves are thick (Figure 2C). The polar capsules are pyriform and equal in size (Figure 2C); they are 3.7 (3.2–4.0) μ m long and 1.6 (1.4–2.0) μ m wide, and occupy the front half of the spore cavity. Within each polar capsule, the filament form 5–6 coils arranged perpendicularly to the longitudinal axis (Figure 2D). A sporoplasm fill the rest of the spore cavity.



Figure 1: Microphotographs of plasmodia of *Myxobolus kodjii* sp. nov. in the eye of *Labeo senegalensis*. Clustering of plasmodia within the sclera (red arrows) (A). Histological section of the eye of *L. senegalensis* showing a section of a non-parasitized sclera (B). Histological section of a portion of infected eye showing two plasmodia within the sclera: observe the swelling of the sclera (black arrow) (C). Plasmodium revealing the location of mature spores (asterisks) in the medial part and immature spores (black arrows) at the periphery (D). Observe the influx of monocytes (red arrows) at the periphery of the plasmodium (E). (Sc = sclera, Co = conjunctiva, P = plasmodium).



Figure 2: Microphotographs of *Myxobolus kodjii* sp. nov. (A-C): unstained spores in frontal view (A); unstained spore in lateral view (B); stained spores with May-Grünwald-Giemsa (C). Line drawing of the mature spore (D). Scale bar: 5 μ m

Myxobolus dzeufieti sp. nov.

Hosts: Oreochromis niloticus Linneaus, 1758 and Tilapia sp. (Cichlidae).

Organ infected: skin.

Prevalences: 33.3% (08 parasitized fish out of 24 examined) in *O. niloticus* and 8.8% (03 parasitized host individuals out of 34 examined) in *Tilapia* sp.

Vegetative stages: This *Myxobolus* species forms ovoid plasmodia (Figure 3A) observable with naked eyes and arranged anarchically in the fish skin. They measure 1000–1500 μ m × 170–250 μ m. In a parasitized fish specimen, 5 to 17 cysts can be counted.

Histopathology: The plasmodia are implanted in the connective tissue of the dermis (Figure 3B-C). No sign of an immune response due to the presence of these nodules was observed in the host fish.

Myxospores: Medium in size (11.4–13.7 μ m × 9.2–10.6 μ m), the myxospore is regularly ovoid in frontal view. The anterior end is slightly narrowed while the posterior end is broad and rounded (Figure 4A). View laterally, the spore is biconvex (Figure 4B) and 5.7 (5.0–6.0) μ m thick. The largest width is observed at the base of polar capsules. Valves are smooth. Intercapsular appendix is absent. The polar capsules are ovoid and of equal size (Figure 4C). They measure 4.8 × 2.9 μ m on average. In each, the filament forms 5-7 coils (Figure 4D).



Figure 3: Microphotographs of plasmodia of *Myxobolus dzeufieti* sp. nov. developing in the skin of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia* sp. Plasmodia implanted in the skin (red arrows) (A). Histological section of a portion of the skin bearing a plasmodium stained with haematoxylin and eosin (B). High magnifyed section of the skin showing the implantation of a plasmodium within the dermis (C). (d= dermis; p = plasmodium; s = spore).



Figure 4: Microphotographs of *Myxobolus dzeufieti* sp. nov. (A-C): unstained spores in frontal view (A); unstained spore in lateral view (B); stained spores with May-Grünwald-Giemsa (C). Line drawing of the mature spore (D). Scale bar: 5 μ m

4. Discussion

4.1. Myxobolus kodjii sp. nov.

Out of 1027 *Myxobolus* species described worldwide, 22 have been described in the eyes of freshwater fish (Eiras *et al.*, 2005; Eiras *et al.*, 2014; and Eiras *et al.*, 2021). From these species, 04 produce spores with a morphology comparable to that of the parasite being described; these are: *Myxobolus couesii* Fantham *et al.* (1939) (host: *Couesius plumbeus* in Canada); *Myxobolus occularis* Abu-EI-Wafa, 1988 (parasite of *Tilapia* sp. in Egypt); *Myxobolus corneus* Cone *et al.* (1990) (host: *Lepomis macrochirus* in USA) and *Myxobolus cordeiroi* Adriano et al. (2009) (host: *Zungaro jahu* in Brazil). However, the spores of the present parasite are less developed (7.0- $9.0 \times 5.5-6.6 \mu$ m) compared to those of *M. couesii* (10.4-13.2 × 7.7-9.4 μ m). Our parasite differs from *M. occularis* by having narrower spores (5.9 μ m vs. 8.5 μ m on average). Compared to *M. corneus* are wider (2.4 μ m vs. 1.6 μ m on average). The tapered anterior end of the spore and the presence of valvular folds in *M. cordeiroi* distinguish it from our species.

The size and ovoid shape of the spore of the present parasite are similar to those of some parasites species describes on diverse organs of freshwater fish. These are *Myxobolus episquamalis* Egusa *et al.* (1990), a parasite of the scales of *Mugil cephalus* in Japan; *Myxobolus zillii* Sakiti *et al.* (1991), a gills parasite in *Tilapia zillii* in Benin); *Myxobolus testicularis* Tadjari *et al.* (2005), a testicular parasite in *Hemiodopsis microlepis* in Brazil; *Myxobolus dermiscalis* Kaur *et al.* (2016), a parasite of the scale of *Labeo rohita* in India and *Myxobolus nigerae* Dar *et al.* (2016), a gill parasite in *Schizothorax niger* in India (Table 1). Our spores are less wide than those of *M. zillii* (5.9 μ m vs. 7.5 μ m on average). Compared to *M. testicularis*, our species forms spores that are significantly narrower (5.9 μ m vs. 7.2 μ m on average). The presently describe species differs from *M. episquamalis* with the following characters: absence of truncation at the anterior end of spores, absence of valvular folds and less developed polar capsules (3.7 × 1.6 μ m vs. 4.4 × 2.2 μ m on average). *M. dermiscalis* differs from the present species in having less developed spores (5.8-7.8 μ m × 4.0-6.0 μ m). The spores of *M. nigerae* are less developed (6.7 × 5.0 μ m on average) and the suture line is sinuous.

All these differences lead us to think that we are in the presence of a new species of Myxosporidia. We propose the name *Myxobolus kodjii* referring to Mr. KODJI Etienne whose contribution was remarkable in this work during fish sampling.

The sclera plays a crucial role in the eyesight. The swelling of the sclera induced by the cysts of *M. kodjii* materializes the deformation of the structure of this tissue. The deformation of the sclera in a fish can lead to myopia, hyperopia and other types of eye pathologies (Flitcroft, 2012). The direct consequence of these pathologies is impaired vision. Adriano *et al.* (2009) reported that the extension of the corneal epithelium following the development of plasmodia of *Myxobolus cordeiroi* in *Zungaro jahu* in Brazil affects the refractive power of the cornea. According to Cavin *et al.* (2012), the release of spores following the rupture of plasmodia of *Myxobolus ali* in the sclera of *Cyclopterus lumpus* in the USA, causes local inflammatory reactions. Furthermore, the implantation of cysts of *M. ali* in the sclera of *C. lumpus* in Canada induces a specific immune response (Gendron *et al.*, 2020). Thus, the influx of monocytes to the site of implantation of plasmodia of *M. kodjii* in *L. senegalensis* would reflect the phagocytosis reaction triggered by the presence of these parasitic cysts.

4.2. Myxobolus dzeufieti sp. nov.

Based on general spore morphology, the parasite found in the skin of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia* sp. is comparable to some species of the genus *Myxobolus* parasites of freshwater fish. These parasites species are : *M. galilaeus* Landsberg (1985); *M. dahomeyensis* Sakiti *et al.* (1991); *M. sarotherodoni* Sakiti *et al.* (1991); *M. camerounensis* Fomena *et al.* (1993); *M. sourouensis* Boungou *et al.* (2006); *M. gariepinus* Reed *et al.* (2003); *M. opsaridiumi* Lekeufack-Folefack *et al.* (2021) (Table 2).

In Israel, Landsberg (1985) described *M. galilaeus* in the melano-macrophage centres of the kidney and spleen of *Sarotherodon galilaeus*. This species differs from ours by the anterior end of it spore which is as wide as the posterior end and the presence of valvular folds.

In Benin, Sakiti *et al.* (1991) described *M. dahomeyensis* (parasite of the ovaries of *S. melanotheron*, *T. zilli* and Tilapia hybrid) and *M. sarotherodoni* (parasite of the cartilaginous tissue and blood vessels of the gill arches in *S. melanotheron*). Compared to the spores of these two *Myxobolus* species, the spores of the parasite under description are significantly larger with more developed polar capsules. In addition, the polar capsules of *M. dahomeyensis* and *M. sarotherodoni* are pyriform.

(measure	ments in m	nicrometer	r)									
Species	Hosts	Sites of infection	Country	LS	ws	TS	PC	LPC	WPC	FC	IP	Ref.
<i>M. kodjii</i> sp. nov.	L. senegalensis	Eye	Cameroon	8.0(7–9)	5.9(5.5–6.6)	5.9(5.5-6.6)	=	3.7(3.2–4.0)	1.6(1.4–2.0)	5–6	A	Present study
M. cordeiroi	Zungarojahu	Eye	Brazil	10.8 ±0.5	7.2 ±0.2	5.5±0.2	=	5.2 ±0.3	1.5 ±0.2	5–6	A	Adriano et al., 2009
M. corneus	Lepomis macrochirus	Eye	USA	9.4(8.0–10.5)	8.0 (6.5–9)	/	=	5.3 (4.0–5.5)	2.4 (2.5 - 3)	7–8	Р	Cone et al., 1990
M. couesii	Couesius plumbeus	Eye	Canada	10.4–13.2	7.7–9.4	/	=	4.1–5.5	1.4 - 3.2	//	A	Fantham et al., 1939
M. dermiscalis	Labeo rohita	Scales	India	5.8–7.8	3.9–5.9	/	=	3.9–5.9	1.8 - 3.8	5–6	A	Kaur et al., 2016
M. episquamalis	Mugil cephalus	Scales	Japan	8.6(7.5–9.5)	6.8(6.0–7.5)	5.1(4.5–5.5)	=	4.4(3.8–5.0)	2.2(2.0–3.0)	//	A	Egusa et al., 1990
M. nigerae	Schizothorax niger	Gills Iamellae	India	6.6(6.3–6.9)	5 (4.8–5.2)	/	=	3.3(3.1–3.5)	1.6(1.5–1.7)	5	А	Dar et al., 2016
M. occularis	Tilapia sp.	Eye	Egypt	9.6	8.5	/	=	5.6	3.4	11	A	Negm- Eldim et al., 1988
M. testicularis	Hemiodopsis microlepis	Testis	Brazil	8.6(8.2–9.1)	7.2(6.7–7.5)	2.7(2.4–3.0)	=	3.5(3.3–3.8)	1.7(1.3–2.0)	5–6	A	Tadjari et al., 2005
M. zillii	Tilapia zillii	Gills	Benin	9.8(8–11)	7.5(6–8)	/	=	5.1(4–6)	2.5(2–3)	//	Ρ	Sakiti et al., 1991

Table 1: Comparative description of *Myxobolus kodjii* sp. nov.with morphologically similar species (measurements in micrometer)

Note: LS: length of spore; WS: width of spore; TS: thickness of the spore; PC: relative length of the polar capsules (=: equal; '#: unequal); LPC: length of polar capsules; WPC: width of polar capsules; FC: number of polar filament coils; IP: intercapsular process (A: absent; P: present).

Table 2: Comparative description of *Myxobolus dzeufieti* sp. nov.with morphologically similar species (measurements in micrometer)

lineasurer													
Species	Hosts	Sites of infection	Country	LS	WS	тs	PC	LPC	WPC	FC	IP	Ref.	
M. dzeufieti sp. nov.	O. niloticus and Tilapia sp.	Skin	Cameroon	12.3(11.4–13.7)	9.8(9.2–10.6)	5.7(5.0–6.0)	=	4.8(4.0–5.5)	2.9(2.5–3.3)	5–7	A	Present study	
M. camerounensis	O. niloticus	Gills, integument	Cameroon	16.8(14–22)	11.9(10–16)	/	=	6.8 (6–8)	3.9 (2.6–4.5)	6–7	A	Fornena, et al., 1993	
M. dahomeyensis	S. melanotheron, T. zillii and Tilapia hybrid	Ovaries	Benin	9.3(6.5–12)	7.1 (6–8)	/	=	3,6(2–4.5)	2,2 (1–3)	4–5	A	Sakiti <i>et al.</i> , 1991	
M. galilaeus	Sarotherodon galilaeus	Kidneys, spleen	Israel	11.9(10.3–13.1)	9.1(7.9–10.0)	6.5(5.8–7.0)	=	3.5(3.1–4.0)	2.8(2.3–3.1)	4–5	A	Landsberg, 1985	
M. gariepinus	Clarias gariepinus	Ovary	Botswana	13.9(13.7–15.0)	10.8(10–11.2)	/	=	6.2(6.0–6.2)	3.5 (3.0–3.7)	5–6	A	Reed et al., 2003	
M. kainjiae	O. niloticus and S. galilaeus	Ovaries	Nigeria	8.9(8.1–10)	6.6(6.5–6.7)	/	=	2.4(2.2–2.6)	1.4(1.2–1.5)	3–4	A	Obiekezie and Okaeme, 1990	
M. opsaridiumi	Opsaridium ubangiense	Skin, muscles and spleen	Cameroon	10.7(10–11.5)	9.0(8–10)	6.2(5.6–7.2)	=	5.0(4.3–6)	2.7(2.2–3)	5–7	A	Lekeufack- Folefack et al., 2020	
M. sarotherodoni	S. melanotheron	Gills	Benin	11.4(9–13)	8.6(7.5–10)	/	=	3.1(2–4)	2.4(2-3)	//	A	Sakiti etal., 1991	
M. sourouensis	Heterotis niloticus	Gills	Burkina Faso	11.3(11–14)	8.8 (8–10)	/	=	5.7(5–7)	2.3(2–3.5)	7	A	Boungou et al., 2006	
Note: LS: len polar o	Note: LS: length of spore; WS: width of spore; TS: thickness of the spore; PC: relative length of the polar capsules (=: equal; '": unequal); LPC: length of polar capsules; WPC: width of polar capsules; FC: number of polar filament coils; IP: intercapsular process (A: absent; P: present).												

Although *M. camerounensis* develops plasmodia in the skin of *Oreochromis niloticus* in Cameroon, this parasite differs from our species by the more developed size of its spores ($16.8 \times 11.9 \,\mu\text{m} \,\text{vs.} \, 12.3 \times 9.8 \,\mu\text{m}$ on average) and polar capsules ($6.8 \times 3.9 \,\mu\text{m} \,\text{vs.} \, 4.8 \times 2.9 \,\mu\text{m}$ on average).

Myxobolus sourouensis develops large plasmodia in the gills of *Heterotis nilotius* (Arapaimidae) in Burkina Faso. In addition to the host species, this Myxosporidia differs from the species being described by the affected organ and it less developed spores($11.3 \times 8.8 \mu m vs. 12.3 \times 9.8 \mu m$ on average) containing longer polar capsules (5.7 $\mu m vs. 4.8 \mu m on average$).

In Botswana, *M. gariepinus* develops plasmodia in the ovaries of *Clarias gariepinus* (Clariidae). This Myxosporidia differs from the parasite of *O. niloticus* and *Tilapia* sp. captured in the Maga reservoir in that its spores ($13.9 \times 10.8 \mu m$ in average) and polar capsules ($6.2 \times 3.3 \mu m$ in average) are much more developed.

Lekeufack-Folefack *et al.* (2021) described *M. opsaridiumi* in the skin, muscle and spleen of *Opsaridium ubangiense* (Cyprinidae) in Cameroon. The spore of the present parasite described from Cichlidae is significantly larger ($12.3 \times 9.8 \mu m vs. 10.7 \times 9.0 \mu m$ on average) compared to that of *M. opsaridiumi*.

Considering the above differences, we believe that we are in the presence of a new species and propose to name it *Myxobolus dzeufieti* sp. nov. as a sign of sympathy to Professor DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré whose contribution was remarkable in the histopathology part of this work.

The skin of the fish produces mucus that helps it to glide in the water, plays an important role in the water regulation by the organism and protects it from infection. Skin infections caused by Myxosporidia in fish are easy to detect (Lekeufack-Folefack *et al.*, 2021). Heavy infestation with Myxosporidia plasmodia can lead to the rejection of parasitized fish by potential consumers. Zhang *et al.* (2010) revealed that sub-epidermal development of plasmodia of *Myxobolus turpisrotundus* is responsible for the unsightly appearance of *Carassius auratus gibelio* in China. The lack of inflammatory response in fish affected by *M. dzeufieti* corroborates the observations of Zhang *et al.* (2010) and Lekeufack-Folefack *et al.* (2021).Furthermore, these authors believe that the absence of inflammatory response would have as direct consequence, the proliferation of the parasite stages on the fish host.

References

- Adriano, E.A., Arana, S., Alves, A.L., Silva, M.R.M., Ceccarelli, P.S., Henrique-Silva, F. and Maia, A.A.M. (2009). *Myxobolus cordeiroi* n. sp., a parasite of *Zungaro jahu* (Siluriformes: Pimelodiade) from Brazilian Pantanal: Morphology, phylogeny and histopathology. *Veterinary Parasitology*, 162, 221–229. https://doi.org/ 10.1016/j.vetpar.2009.03.030
- Arsan, E.L. and Bartholomew, J.L. (2008). Potential for the dissemination of the non-native salmonid parasite *Myxobolus cerebralis* in Alaska. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20, 136–149.
- Atkinson, S.D., Bartholomew, J.L. and Lotan, T. (2018). Myxozoans: Ancient metazoan parasites find a home in phylum Cnidaria. *Zoology*, 129, 66–68. https://doi.org/10.1016/j.zool.2018.06.005
- Bartholomew, J.L., Atkinson, S.D., Hallett, S.L., Linda, J. Lowenstine, L.J, Garner, M.M., Gardiner, C.H., Rideout, B.A., Keel, M.K. and Brown, J.D. (2008). Myxozoan parasitism in waterfowl. *International Journal for Parasitology*, 38,1199–1207. https://doi.org/0.1016/j.ijpara.2008.01.008
- Boreham, R.E., Hendrick, S., O'donoghue, P.J. and Stenzel, D.J. (1998). Incidental finding of *Myxobolus* spores (Protozoa: Myxozoa) in stool samples from patients with gastrointestinal symptoms. *Journal of Clinical Microbiology*, 36: 3728–3730. https://doi.org/10.1128/JCM.36.12.3728-3730.1998
- Boungou, M., Kabré, G.B., Sakiti, N.G., Marques, A. and Sawaldogo, L. (2006). Description of four new myxosporean species (Myxozoan: Myxosporea) from genus *Myxobolus*, fish parasites of Burkina-Faso, West Africa. *Journal of Biological Sciences*, 6 (5): 861–867. https://doi.org/10.3923/jbs.2006.861.867
- Cavin, J.M., Donahoe, S.L., Frasca, S., Innis, C.J., Kinsel, M.J., Kurobe T., Naples, L.M., Nyaoke, A., Poll, C.P. and Weber III, E.P.S. (2012). *Myxobolus albi* infection in cartilage of captive lumpfish (*Cyclopterus lumpus*). *Journal* of Veterinary Diagnostic Investigation, 24(3): 516–524. https://doi.org/10.1177/1040638712440990
- Cone, D.K., Horner, R.W. and Hoffman, G.L. (1990). Description of *Myxobolus corneus* (Myxosporea): a new species from the eyes of Bluegill from Illinois. *Journal of the Aquatic Animal Health*, 2: 132–134. https://dx.doi.org/10.1577/1548-8667(1990)002<0132:DOCANS>2.3.CO;2

- Dar, S.A., Kaur, H. and Chishti, M.Z. (2016). Morphological and histopathological description of *Myxobolus nigerae* n. sp. infecting gills of a cold water native cyprinid fish, *Schizothorax niger* from Wullar Lake (India). *Species*, 17, 109–118.
- Dyková, I. and Lom, J. (2007). Histopathology of Protistan and Myxozoan Infections in Fishes. An Atlas. *Academia*, Praha, Czech Republic, pp. 219.
- Eiras, J.C., Molnár, K. and Lu, Y.S. (2005). Synopsis of the species of the genus *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa, Myxosporea, Myxobolidae). *Systematic Parasitology*, 61: 146. https://doi.org/10.1007/s11230-004-6343-9
- Eiras, J.C., Zhang J. and Molnár, K. (2014). Synopsis of the species of *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea, Myxobolidae) described between 2005 and 2013. *Systematic Parasitology*,88 (1): 11–36. https://doi.org/11–36. 10.1007/s11230-014-9484-5
- Eiras, J.C., Cruz, C.F., Saraiva, A., and Adriano, E.A. (2021). Synopsis of the species of *Myxobolus* (Cnidaria, Myxozoa, Myxosporea) described between 2014 and 2020. *Folia Parasitologica*, 68(12): 1–19. https://doi.org/ 10.14411/fp.2021.012
- Eiras, J.C., Saraiva, A., Cruz, C.F., Santos, M.J. and Fiala, I. (2011). Synopsis of the species of *Myxidium* Bütschli, 1882 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). *Systematic Parasitology*, 80: 81–116. https://doi.org/10.1007/11230-011-9315x
- Egusa, S., Maeno, Y. and Sorimachi, M. (1990). A new species of Myxozoa, *Myxobolus episquamalis* sp. nov. infecting the scales of the mullet, *Mugil cephalus* L. *Fish Pathology*, 25: 87–91. https://doi.org/10.3147/jsfp.25.87
- Eszterbauer, E. (2004). Genetic relationship among gill infecting *Myxobolus* species (Myxosporea) of cyprinids: molecular evidence of importance of tissue specificity. Diseases Aquatic Organism, 58: 35–40. https://doi.org/10.3354/dao058035
- Fantham, H.B., Porter, A. and Richardson, L.R. (1939). Some new myxosporidia found in certain freshwater fishes in Quebec Province, Canada. *Parasitology*, 31, 1–77.
- Fiala, I., Bartosova-Sojkova, P. and Whipps, C.M. (2015). Classification and Phylogenetics of Myxozoa. In Okamura, B., Gruhl, A. and Bartholomew, J.L. (Eds.), Myxozoan Evolution, Ecology and Development. Springer International Publishing Switzerland, 85–110. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6_8
- Flitcroft, D.I. (2012). The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology. *Progress in Retinal and Eye Research*, 31: 622–660. http://dx.doi.org/10.1016/j.preteyeres.2012.06.004
- Fomena. A., Marquès, A. and Bouix, G. (1993). Myxosporidea (Myxozoa) of Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1757) (Teleost: Cichlidae) in fish farming pools at Melen (Yaoundé, Cameroon, Central Africa). Journal of Afrotropical Zoology, 107, 43–56.
- Freeman, M.A. and Shinn, A.P. (2011). Myxosporean hyperparasites of gill monogeneans are basal to the Multivalvulida. *Parasites & Vectors*, 4(220), 1–11. https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-220
- Friedrich, C., Ingolic, E., Freitag, B., Kastberger, G., Hohnmann, V., Skofitsch, G., Neumaister, U. and Kepka, O. (2000). A myxozoan-like parasite causing xenomas in the brain of the mole *Talpa europaea* L., 1758 (Vertebrata, Mammalia). *Parasitology*, 121, 438–492. https://doi.org/10.1017/S0031182099006769
- Gendron, R.L., Paradis, H., Ahmad, R., Kao, K., Boyce, D., Good, W.V., Kumar, S., Vasquez, I., Cao, T., Hossain, A., Chakraborty, S., Valderrama, K. and Santander, J. (2020). CD10+ Cells and IgM in pathogen response in Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) Eye Tissues. *Frontiersin Immunology*, 11 (576897), 18 pp. https://doi.org/ 10.3389/fimmu.2020.576897
- Johnson, C.A. (1969). A redescription of *Myxidium chelonarum* Johnson, 1969 (Cnidospora: Myxidiidae) from various North American turtles. *Journal of Protozoology*, 16, 701–702. https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1969.tb02330.x
- Kaur, H., Attri, R. and Joshi J. (2016). Molecular identification of a new myxozoan, Myxobolus dermiscalis n. sp. (Myxosporea) infecting scales of Labeo rohita Hamilton in Harike Wetland, Punjab (India). International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife, 5, 139–144. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijppaw.2015.10.003
- Korczynski, R.E. (1988). Myxosporidian parasite in the isopod *Mesidotea entomon*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 5, 107–110.

- Landsberg, J.H. (1985). Myxosporean infections in cultured Tilapias in Israël. *Journal of Protozoology*, 32(1), 194–201. https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1985.tb03038.x
- Lekeufack Folefack, G.B., Tchoutezo Tiwa, A.E., AI-Tamimi, J., Fomena, A., AI-Omar, S. and Mansour, L. (2021). *Myxobolus opsaridiumi* sp. nov. (Cnidaria: Myxosporea) infecting different tissues of an ornamental fish, *Opsaridium ubangiensis* (Pellegrin, 1901), in Cameroon: morphological and molecular characterization. *European Journal of Taxonomy*, 733, 56–71. https://doi.org/10.5852/ejt.2021.733.1221
- Leumbe Leumbe, O., Bitom, D., Mamdem, L., Tiki, D. and Ibrahim, A. (2015). Mapping of ooding risk zones in the Sudano-Sahelian zone: case of Maga and its surroundings in the Far north Cameroon. *Afrique Science*, 11, 45–61.
- Lévêque, C., Paugy, D. and Teugels, G.G. (1992). Fauna of freshwater and brackish fish from West Africa. Tome 2. O.R.S.T.O.M. (ed). Paris, 389–902.
- Lom, J. and Arthur, J.R. (1989). A guideline of the preparation in Myxosporea. *Journal of fish Diseases*, **12**: 151–156. https://doi.org/10.1111/j.1365-2761. 1989.tb00287.x
- Lom, J. and Dyková, I. (1992). Protozoan parasites of fishes. Elsevier, New York, 315 pp.
- Lom, J. and Dyková, I. (2006). Myxozoa genera: Definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitology*, 53, 1–36.
- Molnár, K. (1994). Comments on the host, organ and tissue specificity of fish myxosporeans and on the types of their intrapiscine development. *Parasitologia Hungarica* 27, 5–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6_16
- Molnár, K. (2002). Site preferences of fish myxosporeans in the gill. *Diseases of Aquatic Organisms*, 48, 197–207. https://doi.org/10.3354/dao048197
- Molnár, K. and Eszterbauer, E. (2015). Specificity of infection sites in vertebrate Hosts. In Okamura, B., Gruhl, A. and Bartholomew, J.L. (Eds.), Myxozoan Evolution, Ecology and Development. *Springer International Publishing Switzerland*, 295–313. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14753-6_16
- Moncada, L.I., Lopez, M.C., Murcia, M.I., Nichols, S., Leon, F., Guio, O.L. and Corredor, A. (2001). *Myxobolus* sp., another opportunistic parasite in immunosuppresed patients. *Journal of Clinical Microbiology*, 39, 1938–1940. https://doi.org/10.1128/JCM.39.5.1938-1940.2001
- Mutschmann, F. (2004). Pathologic changes in African hyperoliid frogs due to a myxosporidian infection with a new species of *Hoferellus* (Myxozoa). *Diseases of Aquatic Organisms*, 60, 215–222. https://doi.org/10.3354/dao060215
- Obiekezie, A.I. and Okaeme, N. (1990). Myxosporea (Protozoa) infections of cultured tilapias in Nigeria. *Journal* of African Zoology, 104, 77–91.
- Okaeme, A.N., Obiekezie, A.L. and Lehman, J. (1988) Parasites and diseases of cultured fish of Lake Kainji area Nigeria. *Journal of Fish Biology*, 32, 479–481. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05383.x
- Reed, C.C., Basson, L. and Van As, L.L. (2003). Myxozoans infecting the sharptooth catfsh, *Clarias gariepinus* in the Okavango River and Delta, Botswana, including descriptions of two new species, *Henneguya* samochimensis sp. n. and Myxobolus gariepinus sp. n. Folia Parasitologica, 50 (3), 183–189. https://doi.org/ 10.14411/fp.2003.033
- Sakiti, N., Blanc, E., Marquès, A. and Bouix, G. (1991). Myxosporidia (Myxozoa, Myxosporea) of the genus Myxobolus Bütschli, 1882 parasites of cichlid fish from Lake Nokoué in Benin (West Africa). Journal of African Zoology, 105, 173–186.
- Sighomnou, Sigha-Nkamdjou and Liénou (2002). The Yaéré plain in North Cameroon: an experiment in flood restoration. In: Integrated natural resource management in tropical floodplains. Marseille: IRD Editions, 2002.
- Stiassny, M.L.G., Teugels, G.G. and Hopkins, C.D. (2007). Freshwater and brackish fish from lower guinea, Western Central Africa. Volume 1. In: *Tropical Fauna and Flora Collection*, IRD (Ed), Paris.
- Tajdari, J., Matos, E., Mendonça, I. and Azevedo, C. (2005). Ultrastrutural morphology of *Myxobolus testicularis* sp. n., parasite of the testis of *Hemiodopsis microlepis* (Teleostei: Hemiodontidae) from the NE of Brazil. *Acta Protozoologica*, 44, 377–384.

- Wagner, E.J. (2016). A guide to the identification of tailed Myxobolidae of the World: *Dicauda, Hennegoides, Henneguya, Laterocauda, Neohenneguya, Phlogospora, Tetrauromena, Trigonosporus* and *Unicauda. Fish Creek Records*, Logan, Utah, 1–161.
- Zhang. J.Y., Wang, J.G., Li, A.H. and Gong, X.N. (2010). Infection of *Myxobolus turpisrotundus* sp. n. in allogynogenetic gibel carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), with revision of *Myxobolus rotundus* (s. l.) Nemeczek reported from *C. auratus auratus* (L.). *Journal of Fish Diseases*, 33, 625–638. https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2010.01161.x
- Zhang, J.Y., Gu, Z.M., Kalavati, C., Eiras J.C., Liu, Y., Guo, Q.Y. and Molnár, K. (2013). Synopsis of the species of *Thelohanellus* Kudo, 1933 (Myxozoa: Myxosporea: Bivalvulida). *Systematic Parasitology*,86 (3), 235–256. https://doi.org/10.1007/s11230-013-9449-0

Cite this article as: Arnaud DELI, Guy Benoit LEKEUFACK-FOLEFACK, Rodrigue FIFEN and Abraham FOMENA (2022). Description and histopathology of *Myxobolus kodjii sp. nov.* and *Myxobolus dzeufieti sp. nov.* (Myxozoa: Myxobolidae) parasites of some Teleost fish from Maga Lake in Cameroon. *African Journal of Biological Sciences.* 4(3), 81-91. doi: 10.33472/AFJBS.4.3.2022.81-91.