

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix – Travail – Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET  
PHYSIOLOGIE ANIMALES

\*\*\*\*\*

CENTRE DE RECHERCHE ET DE  
FORMATION DOCTORALE EN  
SCIENCES DE LA VIE, SANTE ET  
ENVIRONNEMENT



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace – Work – Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
FACULTY OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF ANIMAL  
BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

\*\*\*\*\*

POSTGRADUATE SCHOOL OF  
SCIENCE, TECHNOLOGY AND  
GEOSCIENCES

**Caractérisation des associations de  
parasites intestinaux et sanguins chez les  
enfants en âge scolaire dans la Région du  
Centre au Cameroun**

Thèse

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

Par : **OYONO Martin Gaël**  
Master ès-Sciences

Sous la direction de  
**LEHMAN Léopold Gustave**  
Maître de Conférences  
Université de Douala  
**BILONG BILONG Charles Félix**  
Professeur  
Université de Yaoundé I

Année Académique : 2020



REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix-Travail-Patrie*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES



REPUBLIC OF CAMEROON

*Peace-Work-Fatherland*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

*DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY*

**ATTESTATION DE CORRECTION DE LA THESE**

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de la thèse de Doctorat/Ph.D de Biologie des Organismes Animaux de Monsieur **OYONO Martin Gaël**, matricule **06Q706**, soutenance autorisée par la correspondance du Recteur de l'Université de Yaoundé I N° 201496/UWI/VREPDTIC/DAAC/DEPE/SPD/CB-AP du 15 juillet 2020 sur le sujet intitulé : « **Caractérisation des associations de parasites intestinaux et sanguins chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Centre au Cameroun** », attestons que les corrections demandées par les membres du jury ont été effectuées par le candidat. Le document peut donc, sous sa forme actuelle, être déposé pour exploitation ultérieure.

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

Fait à Yaoundé, le

05 AUG 2020

L'Examineur

P.O.   
Dr LEKEUFACK.

Le Président du jury

  
Mimfoung Rémy  
Professeur

Le Chef du Département de BPA



  
Charles Félix  
Bilong Bilong  
Professeur

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

**ANNÉE ACADEMIQUE 2019/2020**  
 (Par Département et par Grade)  
**DATE D'ACTUALISATION 19 Février 2020**

**ADMINISTRATION**

**DOYEN** : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maitre de Conférences*  
**VICE-DOYEN / DPSAA** : DONGO Etienne, *Professeur*  
**VICE-DOYEN / DSSE** : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*  
**VICE-DOYEN / DRC** : ABOSSOLO Monique, *Maitre de Conférences*  
**Chef Division Administrative et Financière** : NDOYE FOE Marie C. F., *Maitre de Conférences*  
**Chef Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche DAASR** : MBAZE MEVA'A Luc Léonard, *Professeur*

**1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (38)**

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BIGOGA DIAGA Jude	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	FOKOU Elie	Professeur	En poste
4	KANSCI Germain	Professeur	En poste
5	MBACHAM FON Wilfried	Professeur	En poste
6	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
7	NINTCHOM PENLAP V. épse BENG	Professeur	En poste
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara Mma	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12	BELINGA née NDOYE FOE M. C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline	Maître de Conférences	En poste
15	EFFA NNOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
16	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
17	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
18	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
19	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
20	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Inspecteur de Service MINESUP
21	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
22	AKINDEH MBUH NJI	Chargée de Cours	En poste

23	BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie	Chargée de Cours	En poste
24	DAKOLE DABOY Charles	Chargée de Cours	En poste
25	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
26	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
27	EWANE Cécile Anne	Chargée de Cours	En poste
28	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
29	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
30	KOTUE KAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
31	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
34	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
35	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste

36	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistante	En poste
37	OWONA AYISSI Vincent Brice	Assistant	En poste
38	WILFRIED ANGIE Abia	Assistante	En poste

## 2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (48)

1	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
2	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UJI</i>
6	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
7	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
8	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
9	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
10	NOLA Moïse	Professeur	En poste
11	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
12	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr./MINSANTE</i>
13	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	<i>En poste</i>

14	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Maître de Conférences	En poste
17	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18	KEKEUNOU Sévilor	Maître de Conférences	En poste
19	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
20	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
21	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
22	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste

23	ALENE Désirée Chantal	Chargée de Cours	En poste
26	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
27	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
28	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
29	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
30	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
31	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
32	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Chargé de Cours	En poste
33	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
34	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
35	MOUNGANG LucianeMarlyse	Chargée de Cours	En poste
36	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
37	NGOULATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
38	NGUEMBOK	Chargé de Cours	En poste
39	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	Chef Div. UBA
40	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
41	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
42	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
43	YEDE	Chargé de Cours	En poste

44	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Assistant	En poste
45	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Assistante	En poste
46	KOGA MANG DOBARA	Assistant	En poste
47	LEME BANOCK Lucie	Assistante	En poste
48	YOUNOUSSA LAME	Assistant	En poste

### 3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (32)

1	AMBANG Zachée	Professeur	Chef Division/UYII
2	BELL Joseph Martin	Professeur	En poste
3	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
6	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste

7	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
10	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
11	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	CT/ MINESUP
12	MBOLO Marie	Maître de Conférences	En poste
13	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	CE / MINRESI
14	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	En poste
15	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste

17	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
18	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste

19	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
21	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
22	NGOOU Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
23	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
24	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
25	ONANA JEAN MICHEL	Chargé de Cours	En poste
26	GODSWILL NTSOMBAH NTSEFONG	Assistant	En poste
27	KABELONG BANAHO Louis-Paul-Roger	Assistant	En poste
28	KONO Léon Dieudonné	Assistant	En poste
29	LIBALAH Moses BAKONCK	Assistant	En poste
30	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Assistant	En poste
31	TAEDOUNG Evariste Hermann	Assistant	En poste
32	TEMEGNE NONO Carine	Assistant	En poste

#### 4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (35)

1	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Vice Recteur Univ ,Bamenda</i>
2	ELIMBI Antoine	Professeur	En poste
3	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
4	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Miss.PR</i>
5	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
6	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI/Chef de Departement</i>
7	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancelor/UB</i>
7	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
8	NENWA Justin	Professeur	En poste
9	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS UDs</i>

10	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	<i>Chargée Mission P.R.</i>
11	DJOUFAC WOUWFO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
12	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
13	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
14	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
15	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	En poste
17	NJIOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
18	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
19	YOUNANG Elie	Maître de Conférences	En poste

20	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
21	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	CS/ ENS Bertoua
22	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
23	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste

24	KENNE DEDZO GUSTAVE	Chargé de Cours	En poste
25	KOUOTOU DAOU DA	Chargé de Cours	En poste
26	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
27	MBEY Jean Aime	Chargé de Cours	En poste
28	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
29	NEBA nee NDOSIRI Bridget NDOYE	Chargée de Cours	CT/ MINFEM
30	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargée de Cours	En poste
31	PABOUDAM GBAMBIE A.	Chargée de Cours	En poste
32	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste
33	NJANKWA NJABONG N. Eric	Assistant	En poste
34	PATOUOSSA ISSOFA	Assistant	En poste
35	SIEWE Jean Mermoz	Assistant	En Poste

#### 5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (35)

1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen / PSAA
2	GHO GOMU TIH Robert Ralph	Professeur	Dir. IBAF/UDA
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	Chef de Département UDS
4	NKENG FACK Augustin Ephrem	Professeur	Chef de Département
5	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
6	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	Directeur/ MINESUP
7	WANDJI Jean	Professeur	En poste

8	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	DEPE/ Rectorat/UYI
9	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	Chef Service Programme & Diplomes
10	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
11	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
15	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
16	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	Chef Service/MINESUP
18	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	Sous/Direct. MINERESI
19	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	En poste
20	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
21	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
22	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	Doyen /FS/ UYI
23	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
24	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste

25	AMBASSA Pantaléon	Chargé de Cours	En poste
26	KAMTO Eutrophe Le Doux	Chargé de Cours	En poste

27	MVOT AKAK CARINE	Chargé de Cours	En poste
28	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
29	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
30	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
31	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
32	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
33	ZONDENDEGOUMBA Ernestine	Chargée de Cours	En poste

34	MESSI Angélique Nicolas	Assistant	En poste
35	TSEMEUGNE Joseph	Assistant	En poste

### 6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (27)

1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div. MINESUP</i>
2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA. MINESUP</i>

3	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
---	---------------	-----------------------	----------

4	AMINOUE Halidou	Chargé de Cours	En poste
5	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
6	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
7	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
8	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
9	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
11	ABESOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	En poste
12	KAMGUEUE Patrick Olivier	Chargé de Cours	En poste
13	MONTHÉ DJIADEUE Valéry M.	Chargé de Cours	En poste
14	OLLE OLLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	C/D Enset. Ebolowa
15	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
16	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
17	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste

18	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
19	DOMGA KOMGUEUE Rodrigue	Assistant	En poste
20	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
22	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
23	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	En poste
24	MESSI NGUEUE Thomas	Assistant	En poste
25	MEYEMDOUE Nadège Sylvianne	Assistante	En poste
26	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

**7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (30)**

1	EMVUDU WONO Yves S.	Professeur	<i>CD Info/ Inspecteur MINESUP</i>
---	---------------------	------------	--

2	AYISSI Raoult Domingo	Maître de Conférences	Chef de Département
3	NKUIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
4	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	En poste
5	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur/AIMS Rwanda

7	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	Chef Cellule MINPLAMAT
8	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
9	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
10	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
11	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
12	KIANPI Maurice	Chargé de Cours	En poste
13	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
14	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
15	MBANG Joseph	Chargé de Cours	En poste
16	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Chargé de Cours	En poste
17	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
18	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
19	NIMPA PEFOUNKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
20	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
21	TAKAM SOH Patrice	Chargé de Cours	En poste
22	TCHANGANG Roger Duclos	Chargé de Cours	En poste
23	TCHOUNDJA Edgar Landry	Chargé de Cours	En poste
24	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargée de Cours	En poste
25	TIAYA TSAGUE N. Anne-Marie	Chargée de Cours	En poste
26	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
27	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
28	MBATAKOU Salomon Joseph	Assistant	En poste
29	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
30	TCHEUTIA Daniel Duviol	Assistant	En poste

**8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (18)**

1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	DRV/IMPM
2	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
3	NWAGA Dieudonné M.	Maître de Conférences	En poste
4	NYEGUE Maximilienne Ascension	Maître de Conférences	En poste
5	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
6	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
7	ASSAM ASSAM Jean Paul	Chargé de Cours	En poste
8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
10	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
11	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
12	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste
13	ESSONO Damien Marie	Assistante	En poste
14	LAMYE Glory MOH	Assistant	En poste
15	MEYIN A EBONG Solange	Assistante	En poste
16	NKOUDOU ZE Nardis	Assistant	En poste
17	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistante	En poste
18	TOBOLBAÏ Richard	Assistant	En poste

**9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (42)**

1	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
3	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	En poste
4	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
5	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
6	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
7	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	<i>Sous Directeur/ MINRESI</i>
8	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
9	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen Univ/Bda
10	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
11	WOAFO Paul	Professeur	En poste

12	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	DG/HYDRO Mekin
13	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Maître de Conférences	En poste
15	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Maître de Conférences	<i>Chef Division. UN</i>
16	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
17	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
18	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
19	MBANE BIOUELE César	Maître de Conférences	En poste
20	NANA NBENDJO Blaise	Maître de Conférences	En poste
21	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
22	SAIDOU	Maître de Conférences	MINERESI
23	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
24	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
25	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
26	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Sous Directeur/ MINESUP</i>
27	ZEKENG Serge Sylvain	Maître de Conférences	En poste

28	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
29	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
30	ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA	Chargée de Cours	En poste
31	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
32	MBINACK Clément	Chargé de Cours	En poste
33	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Chargé de Cours	En poste
34	MELI'I Joelle Larissa	Chargée de Cours	En poste
35	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
38	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	DA/Univ Inter Etat/Sangmalima
39	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	En poste

40	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Assistant	En poste
41	CHAMANI Roméo	Assistant	En poste
42	TEYOU NGOUPOU Ariel	Assistant	En poste

#### 10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (43)

1	BITOM Dieudonné	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3	KAMGANG Pierre	Professeur	En poste
4	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	Chef de Département
5	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
6	NGOS III Simon	Professeur	DAAC/Uma
7	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste

9	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
10	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	CD/Uma
11	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/ MINIMDT</i>
12	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
13	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
14	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	En poste
15	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
16	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	En poste
17	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
18	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
19	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
20	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
21	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
22	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>

23	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
24	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
25	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
26	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
27	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
28	FUH Calistus Gentry	Chargé de Cours	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
29	LAMILEN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
30	MBESSE CECILE OLIVE	Chargée de Cours	En poste
31	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
32	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	<i>CD/Uma</i>
34	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargée de Cours	En poste
36	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38	TCHAKOUNTE J. épse NOUMBEM	Chargée de Cours	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
39	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
40	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
41	TEMGA Jean Pierre	Chargé de Cours	En poste
42	FEUMBA Roger	Assistant	En poste
43	MBANGA NYOBE Jules	Assistant	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	9 (1)	13 (09)	14 (05)	3 (2)	<b>39 (16)</b>
BPA	13 (1)	09 (06)	19 (05)	05 (2)	<b>46 (13)</b>
BPV	06 (0)	10 (02)	9 (04)	07 (01)	<b>31 (9)</b>
CI	10 (1)	09 (02)	13 (02)	02 (0)	<b>35 (5)</b>
CO	7 (0)	17 (04)	09 (03)	03 (0)	<b>35(7)</b>
IN	2 (0)	1 (0)	14 (01)	10 (02)	<b>26 (3)</b>
MAT	1 (0)	5 (0)	19 (01)	05 (01)	<b>30 (2)</b>
MIB	1 (0)	5 (02)	06 (01)	06 (02)	<b>17 (5)</b>
PHY	11 (0)	16 (01)	10 (03)	03 (0)	<b>40 (4)</b>
ST	8 (1)	14 (01)	19 (04)	02 (0)	<b>43(6)</b>
<b>Total</b>	<b>68 (4)</b>	<b>99 (27)</b>	<b>132 (29)</b>	<b>45 (10)</b>	<b>344 (70)</b>

Soit un total de **344 (70)** dont :

- Professeurs **68 (4)**
- Maîtres de Conférences **99 (27)**
- Chargés de Cours **132 (29)**
- Assistants **46 (10)**

( ) = Nombre de Femmes **45**

# DEDICACE

**A mes feus parents M. MVONDO et Mme. NNANG Christine Claire**

## REMERCIEMENTS

Cette thèse est l'aboutissement de plusieurs années de travail acharné. Que tous celles et ceux qui n'ont ménagé aucun effort pour m'encourager et m'accompagner dans cette noble tâche trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

**Seigneur DIEU Tout Puissant**, cette œuvre est l'expression des grâces et des bénédictions que tu déverses chaque jour dans ma vie. Tu as pourvu à tous mes besoins financiers, intellectuels, logistiques et humains, pour parachever cette recherche. Que ton nom seul en soit glorifié.

**Professeur LEHMAN Léopold Gustave**, malgré vos multiples occupations et la distance qui nous sépare, vous avez accepté de codiriger cette thèse. Vous m'avez ouvert les portes de votre laboratoire et m'avez intégré au sein de votre équipe de recherche « Université-Recherche-Enseignement-Développement (URED-Douala) » dès notre première rencontre. Votre investissement dans la recherche en santé humaine et votre amour du travail bien fait, sans oublier votre abnégation et votre rigueur scientifique, ont été le fil conducteur de ces années de dur labeur. Je vous prie de trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

**Professeur BILONG BILONG Charles Félix**, vous avez accepté volontiers de codiriger cette thèse. Vous avez, par la qualité exceptionnelle de vos enseignements tout au long de ma formation académique et la pertinence de vos critiques et suggestions, contribué significativement à l'amélioration de la qualité de toutes les articulations de ce travail. Je vous prie de recevoir mes remerciements les plus sincères.

**Professeur SAME-EKOBO Albert, Docteur FOSSO Samuel** et tout le personnel du laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie Parasitaire du Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé (CHUY), vous avez suivi de bout en bout mes longues journées de travail au sein de votre structure et vous m'y avez assisté. La bonne ambiance qui a régné au sein de ce laboratoire et le sérieux qui vous a caractérisé tous ont été d'un grand soutien pour moi. Je vous dis un grand MERCI.

A tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales (DPBA) et particulièrement feu **Dr ENO Anna ARET**, vos enseignements depuis ma première année en Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I ont été les marches de l'escalier qui m'a conduit à ce niveau. Veuillez trouver en ce travail le fruit de vos efforts et toute ma reconnaissance.

A tous les stagiaires qui sont passés au laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie Parasitaire du CHUY pendant mes travaux et qui m'ont apporté sans condition leur soutien dans mes analyses parasitologiques, je dis merci.

A toute la communauté éducative de l'Arrondissement d'Akonolinga et particulièrement les élèves qui ont accepté volontairement de participer à ce travail de recherche, sans votre consentement ce travail n'aurait pas été réalisé ; je vous suis infiniment reconnaissant.

Que les membres de l'équipe de recherche URED-Douala en général et en particulier **Dr. TONGA Calvin, MM. KOJOM Loïck et WEPNJE Godlove** soient convaincus que notre franche collaboration, les critiques, les suggestions et la bonne ambiance à chacune de nos rencontres ont amélioré substantiellement la qualité de ce travail. Qu'ils reçoivent mes sincères remerciements.

Au personnel de **SANTEC Afrique Centrale** en général et particulièrement à **Dr. NOLA Nicolas, M. NYABEYEU Hervé et Mme. NGANKOLO Ghislaine**, votre soutien logistique, vos conseils et votre franche collaboration ont été d'un très grand apport dans la réalisation de cette thèse ; je vous dis merci.

Ma fiancée **AMANA ELOUNDOU Augustine Carine** et notre fils **BONDI OYONO Mathys Rony**, vous avez été et vous resterez ma principale source d'inspiration et de motivation. Vous avez consenti à beaucoup de privations afin de me permettre de mener cette recherche à son terme. Recevez très affectueusement mes sincères remerciements.

A tous mes amis en général et particulièrement à **MM. NZOKO Armand Richard, NJI MONGOU Issah, ENGAMBA Charles Jerry et Mme. POMEJNI Adélaïde**, vous m'avez soutenu pendant ces longues années de galère que nous avons partagé et vous n'avez jamais cessé de me stimuler et de m'encourager. Sans vous, je n'aurais jamais eu la force d'aller jusqu'au bout. Mon merci en ce jour ne saurait exprimer l'entièreté de ma reconnaissance à votre égard.

Je remercie la famille **OYONO EDOU Martin** et particulièrement **M. OYONO Alain Bertrand** et **M. et Mme. NGBWA** pour tout le soutien que vous m'avez apporté durant mon cursus scolaire et universitaire.

J'espère qu'en ce jour, je fais la fierté des familles **EDJIMBI NGUELE et MINKOULOU Martin** et de ma grand-mère **NDI Micheline**. Vous qui m'avez toujours encouragé durant toutes ces années, je vous dis encore infiniment merci.

**Révérands OBAME KOULOU Virgile et ELLA Shimone et Feu Monseigneur SIMA Thérizio** vous m'avez toujours accompagné dans mon cheminement spirituel et vous avez toujours intercédé pour moi. Aucun mot ne saurait exprimer l'intensité de ma profonde reconnaissance.

# SOMMAIRE

<b>DEDICACE</b> .....	xii
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	xiii
<b>SOMMAIRE</b> .....	xv
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	xviii
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	xx
<b>LISTES DES ANNEXES</b> .....	xxi
<b>LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES</b> .....	xxii
<b>RESUME</b> .....	xxiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xxv
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE</b> .....	5
I.1. Généralités sur le multiparasitisme.....	6
I.1.1. Définition et aperçu général sur le multiparasitisme.....	6
I.1.2. Facteurs liés à l'hôte et favorisant le multiparasitisme .....	7
I.1.3. Facteurs liés au parasite et favorisant le multiparasitisme .....	9
I.1.4. Conséquences du multiparasitisme sur la santé d'un hôte.....	12
I.1.5. Méthodes d'étude du multiparasitisme.....	15
I.2. Généralités sur quelques parasitoses humaines majeures au Cameroun.....	19
I.2.1. Paludisme.....	20
I.2.2. Ascariidose.....	25
I.2.3. Trichocephalose.....	28
I.2.4. Amibiase .....	31
I.2.5. Giardiose.....	35
I.2.6. Loase.....	38
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>43</b>
II.1. Type, zone, période et population d'étude .....	44
II.1.1. Caractéristiques de la zone d'étude .....	44
II.1.2. Sites d'étude.....	45
II.1.3. Période et population d'étude.....	47
II.2. Méthodologie.....	48

II.2.1. Critères de sélection des participants.....	48
II.2.2. Protocole d'échantillonnage.....	48
II.2.3. Collecte et transport des échantillons biologiques.....	49
II.2.4. Analyses parasitologiques des échantillons .....	51
II.2.5. Analyses statistiques des données.....	54
II.2.6. Considération éthique.....	56
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>57</b>
III.1. Résultats.....	58
III.1.1. Caractéristiques de la population d'étude.....	58
III.1.2. Diversité spécifique parasitaire au sein de la population d'étude .....	59
III.1.3. Richesse spécifique parasitaire par milieu de vie et par individu.....	60
III.1.4. Prévalence des espèces parasites retrouvées dans la population d'étude .....	61
III.1.5. Taux d'infestation des espèces parasites retrouvées en milieu rural.....	63
III.1.6. Taux d'infestation des espèces parasites retrouvées en milieu urbain.....	65
III.1.7. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites en fonction des milieux de vie .....	67
III.1.8. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces de parasites en fonction des classes d'âges.....	68
III.1.9. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites en fonction des genres.....	69
III.1.10. Fréquence du multiparasitisme au sein de la population d'étude .....	71
III.1.11. Types de parasitismes rencontrés dans la population d'étude.....	72
III.1.12. Types de parasitismes rencontrés en milieu rural.....	72
III.1.13. Types de parasitismes rencontrés en milieu urbain.....	73
III.1.14. Facteurs associés au monoparasitisme et au multiparasitisme .....	74
III.1.15. Types d'infracommunautés retrouvées au sein de la population d'étude.....	75
III.1.16. Caractéristiques des associations entre les principales espèces de parasites retrouvées...	79
III.2. Discussion.....	87
III.2.1. Diversité des parasites et épidémiologie.....	87
III.2.2. Multiparasitisme et associations parasitaires.....	92
<b>CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>97</b>
Conclusion.....	98

Recommandations.....	100
Perspectives.....	101
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>102</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>117</b>
<b>PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE.....</b>	<b>127</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Formes parasitaires sanguines de <i>Plasmodium falciparum</i> .....	21
<b>Figure 2</b> : Cycle de développement de <i>Plasmodium</i> spp. ....	23
<b>Figure 3</b> : Œuf fécondé d' <i>Ascaris lumbricoides</i> .....	26
<b>Figure 4</b> : Cycle de développement d' <i>Ascaris lumbricoides</i> .....	27
<b>Figure 5</b> : Œuf non embryonné de <i>Trichuris trichiura</i> .....	29
<b>Figure 6</b> : Cycle de développement de <i>Trichuris trichiura</i> .....	30
<b>Figure 7</b> : Formes parasitaires d' <i>Entamoeba histolytica/dispar</i> .....	32
<b>Figure 8</b> : Cycle de développement d' <i>Entamoeba histolytica/dispar</i> .....	34
<b>Figure 9</b> : Formes parasitaires de <i>Giardia intestinalis</i> .....	36
<b>Figure 10</b> : Cycle de développement de <i>Giardia intestinalis</i> .....	37
<b>Figure 11</b> : Adulte femelle de <i>Loa loa</i> dans l'œil d'un patient.....	39
<b>Figure 12</b> : Microfilaire de <i>Loa loa</i> .....	39
<b>Figure 13</b> : Cycle de développement de <i>Loa loa</i> .....	40
<b>Figure 14</b> : Carte géographique du Département du Nyong et Mfoumou, site d'étude.....	44
<b>Figure 15</b> : Sites de prélèvement des échantillons.....	46
<b>Figure 16</b> : Laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie parasitaire du CHUY....	47
<b>Figure 17</b> : Diagramme de recrutement des participants.....	49
<b>Figure 18</b> : Confection des frottis sanguins.....	50
<b>Figure 19</b> : Différentes étapes de la technique de concentration au Formol-Ether.....	52
<b>Figure 20</b> : Microscope à fluorescence Cyscope .....	53
<b>Figure 21</b> : Coloration des frottis sanguins au May-Grünwald-Giemsa .....	54
<b>Figure 22</b> : Richesse spécifique parasitaire par élève infesté par milieu de vie et dans la population générale.....	61
<b>Figure 23</b> : Prévalence des hémoparasites dans la population d'étude .....	62
<b>Figure 24</b> : Prévalence des parasites intestinaux dans la population d'étude .....	63
<b>Figure 25</b> : Taux d'infestation des écoliers par les hémoparasites en milieu rural.....	64
<b>Figure 26</b> : Taux d'infestation des écoliers par les parasites intestinaux en milieu rural.....	65
<b>Figure 27</b> : Taux d'infestation des écoliers par les hémoparasites en milieu urbain.....	66

<b>Figure 28</b> : Taux d'infestation des écoliers par les parasites intestinaux en milieu urbain.....	67
<b>Figure 29</b> : Fréquence du monoparasitisme et du multiparasitisme au sein de la population et dans les différents milieux de vie.....	71
<b>Figure 30</b> : Effectif des écoliers par types de parasitismes dans la population d'étude.....	72
<b>Figure 31</b> : Effectif des écoliers par types de parasitismes en milieu rural.....	73
<b>Figure 32</b> : Effectif des écoliers par types de parasitismes en milieu urbain.....	73
<b>Figure 33</b> : Analyse des correspondances principales des différentes espèces parasites trouvées dans l'étude.....	80

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I :</b> Identification des microfilaires sanguicoles africaines.....	42
<b>Tableau II :</b> Description de la population d'étude.....	59
<b>Tableau III :</b> Systématique des espèces de parasites retrouvées au sein de la population d'étude....	60
<b>Tableau IV :</b> Comparaison des taux d'infestation des espèces de parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction des milieux de vie.....	68
<b>Tableau V :</b> Comparaison des taux d'infestation des espèces de parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction des groupes d'âge.....	69
<b>Tableau VI :</b> Comparaison des taux d'infestation des espèces de parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction des genres.....	70
<b>Tableau VII :</b> Test de régression logistique binaire entre les types de parasitisme et les facteurs associés.....	75
<b>Tableau VIII :</b> Infracommunautés à 02 espèces de parasites recensées au sein de la population d'étude.....	76
<b>Tableau IX :</b> Infracommunautés à 03 espèces de parasites recensées au sein de la population d'étude.....	77
<b>Tableau X :</b> Infracommunautés à 04 espèces de parasites recensées au sein de la population d'étude .....	78
<b>Tableau XI :</b> Infracommunautés à 05 espèces de parasites recensées au sein de la population d'étude .....	79
<b>Tableau XII :</b> Associations parasitaires interspécifiques statistiquement significatives par le test de régression logistique multivariée.....	81
<b>Tableau XIII :</b> Indices d'associations binaires entre les principales espèces de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude.....	83
<b>Tableau XIV :</b> Indices d'associations binaires entre les principales espèces d'helminthes retrouvées au sein de la population d'étude.....	82
<b>Tableau XV :</b> Indices d'associations binaires entre les principales espèces d'helminthes et de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude.....	86

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Notice d'information.....	118
<b>Annexe 2</b> : Consentement parental.....	120
<b>Annexe 3</b> : Assentiment.....	121
<b>Annexe 4</b> : Clairance éthique.....	122
<b>Annexe 5</b> : Autorisation de recherche.....	123
<b>Annexe 6</b> : Photos des formes parasitaires prises au CHUY.....	124

## LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

<b>ACP :</b>	Analyse de composantes principales
<b>CHUY :</b>	Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé
<b>CNERSH :</b>	Comité National d’Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine
<b>DAPI :</b>	Diamidino-2-4-Phénylindole
<b>DBPA :</b>	Département de Biologie et Physiologie Animales
<b>EP :</b>	Ecole Publique
<b>GPS :</b>	Global Positioning System
<b>HSV-2 :</b>	Virus Simplex de type 2
<b>Ig :</b>	Immunoglobuline
<b>IL :</b>	Interleukine
<b>INC :</b>	Institut National de la Cartographie
<b>INS :</b>	Institut National de la Statistique
<b>MGG :</b>	May-Grünwald-Giemsa
<b>OMS :</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>PCR :</b>	Polymerase Chain Reaction
<b>PNLP :</b>	Programme National de Lutte contre le Paludisme
<b>PNLSHI :</b>	Programme National de Lutte contre le Schistosomiase et les Helminthiases Intestinales
<b>QBC :</b>	Quantitative Buffy Coat
<b>SIR :</b>	Susceptible-Infected-Removed
<b>SIRI :</b>	Sensible-Infected-Recovered-Infected
<b>Th1 :</b>	Cellule T helper type 1
<b>Th2 :</b>	Cellule T helper type 2
<b>URED :</b>	Université-Recherche-Enseignement-Développement
<b>UYI :</b>	Université de Yaoundé I
<b>VHB :</b>	Virus de l’hépatite B
<b>VHC :</b>	Virus de l’hépatite C
<b>VIH :</b>	Virus de l’Immunodéficience Humaine
<b>WHO :</b>	World Health Organization

## RESUME

Au Cameroun, depuis plusieurs décennies, des efforts considérables sont consentis par le Ministère de la Santé Publique pour lutter contre le paludisme, les géohelminthiases et d'autres maladies tropicales parasitaires à travers des programmes de lutte contre ces pathologies. Pourtant, les données disponibles montrent que la morbidité et la mortalité dues à ces maladies restent élevées et particulièrement chez les enfants en âge scolaire. Cet état des choses ne serait-il pas dû à la non prise en compte des relations complexes pouvant exister entre les espèces de parasites d'une xénocommunauté qui partagent les mêmes aires géographiques et les mêmes individus hôtes ? De nombreuses questions restent sans réponse au sujet des interactions qui pourraient exister entre différentes espèces de parasites chez un même individu en cas de multiparasitisme ; c'est ainsi que la présente étude a pour objectif principal de contribuer à élucider les relations parasitaires interspécifiques au cours du multiparasitisme chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Centre au Cameroun.

Une étude transversale a été conduite de septembre 2017 à juillet 2018 dans le Département du Nyong et Mfoumou, Région du Centre au Cameroun. Après obtention de la clairance éthique (N°2018/01/968/CE/CNERSH/SP) et de l'autorisation de recherche (N°894/AR/CHUY/DG/DGA/DMT), 10 descentes sur le terrain ont permis de sélectionner de manière aléatoire 5 écoles primaires publiques (3 en milieu rural et 2 en milieu urbain) pour le recrutement des participants ; chaque participant a été invité à fournir un échantillon de selles fraîches et a fait l'objet d'un prélèvement sanguin capillaire. Au laboratoire de Parasitologie, Mycologie et Immunologie parasitaire du Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé, les échantillons de selles ont été analysés par examen direct et par la technique de concentration au formol-éther ; les frottis sanguins, confectionnés à la suite du prélèvement sanguin ont été examinés après coloration au May-Grünwald-Giemsa. Les associations parasitaires interspécifiques ont été caractérisées grâce à un modèle exploratoire et aux indices écologiques d'association : Dice, Forbes et Coefficient tétrachorique.

Au total, 416 participants âgés de 4 à 15 ( $9,17 \pm 0,27$ ) ans ont été recrutés, dont 207 en milieu urbain et 209 en milieu rural. Au sein de cette population d'étude, 13 espèces de parasites ont été identifiées à savoir : *Plasmodium falciparum*, *Mansonella perstans*, *Loa loa*, *Entamoeba histolytica/dispar*, *Entamoeba coli*, *Giardia intestinalis*, *Endolimax nana*, *Blastocystis* sp., *Embadoomonas intestinalis*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichiuris trichiura*, *Hymenolepis nana* et Ankylostomes. Trois cent neuf (74,28 %) participants étaient infestés par au moins une espèce de parasite. Le taux d'infestation par *P. falciparum*, principale espèce d'hétoparasite, a été de 37,26 %. *Entamoeba coli* et *A. lumbricoides* ont été les principales espèces de parasites intestinaux avec des taux d'infestation respectifs de 29,33 % et 21,39 %. Les infestations parasitaires ont été significativement plus élevées chez les enfants vivant en milieu rural et chez

ceux dont l'âge était compris entre 8 et 11 ans. Jusqu'à 185 (44,74 %) élèves ont hébergé concomitamment 2 ou plusieurs espèces de parasites, et la richesse spécifique moyenne a été de  $1,43 \pm 0,01$  espèce parasite par sujet. Le genre féminin ( $OR = 2,12$  ;  $IC95\% : 1,26-3,57$  ;  $P = 0,0046$ ), la tranche d'âge comprise entre 8 et 11 ans ( $OR = 1,70$  ;  $IC95\% : 1,09-3,15$  ;  $P = 0,0089$ ) et le milieu rural ( $OR = 0,16$  ;  $IC95\% : 0,09-0,28$  ;  $P = 0,0001$ ) sont apparus comme les principaux facteurs associés au multiparasitisme. Cinq types de parasitisme ont été identifiés: monoparasitisme (124 cas), biparasitisme (111 cas), triparasitisme (47 cas), quadriparasitisme (24 cas) et pentaparasitisme (03 cas). Au total 54 types d'infracommunautés ont été recensés, avec des fréquences allant de 0,24 % à 4,80 % : 19 types d'infracommunautés à 2 espèces parasites (26,68 %), 18 types d'infracommunautés à 3 espèces parasites (11,29 %), 14 types d'infracommunautés à 4 espèces parasites (5,76 %) et 3 types d'infracommunautés à 5 espèces parasites (0,72 %). L'infracommunauté à *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum*, retrouvée chez 20 (4,80 %) écoliers a été la plus fréquente. Des associations positives et statistiquement significatives ont été retrouvées entre *A. lumbricoides* et *E. coli* ( $P = 0,0011$ ), *E. coli* et *E. histolytica/dispar* ( $P = 0,0012$ ), *E. coli* et *T. trichiura* ( $P = 0,0017$ ), *T. trichiura* et *A. lumbricoides* ( $P = 0,0003$ ) et *A. lumbricoides* et *M. perstans* ( $P = 0,0027$ ). L'indice D de Dice a montré des associations interspécifiques binaires moyennes entre *E. coli* et *E. histolytica/dispar* ( $D = 0,35$ ), *E. coli* et *P. falciparum* ( $D = 0,35$ ), *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum* ( $D = 0,32$ ), *A. lumbricoides* et *T. trichiura* ( $D = 0,42$ ), *A. lumbricoides* et *E. coli* ( $D = 0,39$ ), *A. lumbricoides* et *P. falciparum* ( $D = 0,27$ ), et *E. coli* et *T. trichiura* ( $D = 0,41$ ). Toutes ces combinaisons parasitaires interspécifiques, en dehors de celles impliquant *P. falciparum*, ont été selon l'indice de Forbes plus fortes que prévues par les lois du hasard ( $F > I$ ). Le coefficient tétrachorique  $\phi$  a révélé une corrélation positive entre *A. lumbricoides* et *T. trichiura* ( $\phi = 0,479$ ), *A. lumbricoides* et *M. perstans* ( $\phi = 0,378$ ), *A. lumbricoides* et *E. coli* ( $\phi = 0,404$ ), *E. coli* et *T. trichiura* ( $\phi = 0,450$ ), *E. coli* et *E. histolytica/dispar* ( $\phi = 0,323$ ), *E. coli* et *P. falciparum* ( $\phi = 0,138$ ), et entre *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum* ( $\phi = 0,148$ ). Des corrélations négatives ont été retrouvées entre les espèces *A. lumbricoides* et *G. intestinalis* ( $\phi = -0,318$ ), et *T. trichiura* et *G. intestinalis* ( $\phi = -0,498$ ). Une absence de corrélation ou une indépendance a été retrouvée entre *P. falciparum* et *M. perstans* ( $\phi = 0,030$ ).

Nos résultats constituent une base de données fiable qui devrait servir pour l'élaboration et la mise en œuvre des nouvelles stratégies de prise en charge et d'une lutte plus efficace contre le multiparasitisme, le paludisme, les géohelminthiases et d'autres maladies tropicales parasitaires dans la Région du Centre en particulier et dans tout le Cameroun en général.

**Mots clés :** Associations parasitaires - Multiparasitisme – Maladies tropicales parasitaires - Enfants en âge scolaire - Cameroun.

## ABSTRACT

In Cameroon, since several decades, considerable efforts are made by the Ministry of Public Health to fight against malaria, Soil-transmitted helminthiasis and others parasitic tropical diseases through fighting programs against these diseases. In spite of all this, morbidity and mortality due to these diseases remain high especially in schoolchildren. The latter constitute the segment of the population most exposed to multiparasitism and its potential consequences. Many questions remain unanswered about interactions that could exist between different parasites species in the same host during multiparasitism. Thus, the purpose of this study is to contribute to the study of the parasite interspecific relationships during multiparasitism.

A cross-sectional study was conducted from September 2017 to July 2018 in the Nyong et Mfoumou Division, Centre Region of Cameroon. After obtaining ethical clearance (N°: 2018/01/968/CE/CNERSH/SP) and research authorization (N°: 894/AR/CHUY/DG/DGA/DMT), 10 surveys organized on the field allowed to randomly selected 5 public primary schools (3 in rural area and 2 in urban area) for participants recruitment. Stools samples collected in the field were analysed in the Laboratory of Parasitology, Mycology and Parasitic Immunology of the Yaoundé University Teaching Hospital by direct examination and by Formol-Ether concentration technique. Blood smears made following capillary blood samples collection on each participants, were observed after May-Grünwald-Giemsa staining technique. Parasitics associations were characterised using an exploratory model and ecological association's index: Dice, Forbes and tetrachoric coefficient.

A total of 416 participants aged from 4 to 15 ( $9.17 \pm 0.27$ ) years were recruited, 207 in urban and 209 in rural areas. Within the study population, 13 parasite species were identified: *Plasmodium falciparum*, *Mansonella perstans*, *Loa loa*, *Entamoeba histolytica/dispar*, *Entamoeba coli*, *Giardia intestinalis*, *Endolimax nana*, *Blastocystis* sp., *Embadomonas intestinalis*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichiuris trichiura*, *Hymenolepis nana* and hookworms. Three hundred and nine (74.28 %) participants were infected by at least one parasite species. The infection rate by *P. falciparum*, main hemoparasites found, was 37.26 %. *Entamoeba coli* and *A. lumbricoides* were the mains intestinal parasite with infestation rate of 29.33 % and 21.39 % respectively. Parasitic infections rates were significantly higher in children living in rural areas and those aged between 8 to 11 years. Up to 185 (44.47 %) schoolchildren were infected by two or more parasites species, and the mean parasite richness per individual was  $1.43 \pm 0.01$  specie per subject. The female gender ( $OR = 2.12$ , 95% CI: 1.26-3.57,  $P = 0.0046$ ), age group between 8 and 11 years ( $OR = 1.70$ , 95% CI: 1.09-3.15,  $P = 0.0089$ ) and rural area ( $OR = 0.16$ ; 95% CI: 0.09-0.28,  $P = 0.0001$ ) appeared as the main risks factors of multiparasitism of multiparasitism. Five types of parasitism were identified: monoparasitism (124 cases), biparasitism (111 cases), triparasitism (47 cases), quadriparasitism (24 cases) and

pentaparasitism (03 cases). A total of 54 types of infracommunities were found with frequencies range from 0.24 % and 4.80 %: 19 types of infracommunities of 2 parasites species (26.68 %), 18 types of infracommunities of 3 parasites species ( 11.29 %), 14 types of infracommunities of 4 parasites species (5.76 %) and 3 infracommunities of 5 parasites species (0.72 %). The infracommunity with *E. histolytica/dispar* and *P. falciparum* was the most common, found in 20 (4.80 %) schoolchildren. Positive and statistically significant associations were found between species: *A. lumbricoides* and *E. coli* ( $P = 0.0011$ ), *E. coli* and *E. histolytica/dispar* ( $P = 0.0012$ ), *E. coli* and *T. trichiura* ( $P = 0.0017$ ), *T. trichiura* and *A. lumbricoides* ( $P = 0.0003$ ) and *A. lumbricoides* and *M. perstans* ( $P = 0.0027$ ). D index of Dice shown middle interspecific associations between: *E. coli* and *E. histolytica/dispar* ( $D = 0.35$ ), *E. coli* and *P. falciparum* ( $D = 0.35$ ), *E. histolytica/dispar* and *P. falciparum* ( $D = 0.32$ ), *A. lumbricoides* and *T. trichiura* ( $D = 0.42$ ), *A. lumbricoides* and *E. coli* ( $D = 0.39$ ), *A. lumbricoides* and *P. falciparum* ( $D = 0.27$ ), and *E. coli* and *T. trichiura* ( $D = 0.41$ ). Of all these interspecific combination, apart from those involving *P. falciparum*, were stronger than expected only by the chance ( $F > I$ ). According to the tetrachoric coefficient  $\phi$ , there is positive correlation between: *A. lumbricoides* and *T. trichiura* ( $\phi = 0.479$ ), *A. lumbricoides* and *M. perstans* ( $\phi = 0.378$ ), *A. lumbricoides* and *E. coli* ( $\phi = 0.404$ ), *E. coli* and *T. trichiura* ( $\phi = 0.450$ ), *E. coli* and *E. histolytica/dispar* ( $\phi = 0.323$ ), *E. coli* and *P. falciparum* ( $\phi = 0.138$ ), and between *E. histolytica/dispar* and *P. falciparum* ( $\phi = 0.148$ ). On the other hand, there were negative correlation between: *A. lumbricoides* and *G. intestinalis* ( $\phi = -0.318$ ), and *T. trichiura* and *G. intestinalis* ( $\phi = -0.498$ ). An absence of correlation or independence found between *P. falciparum* and *M. perstans* ( $\phi = 0.030$ ).

Our results provide a reliable database that should be used for the development and implementation of more effective health care and control strategies against multiparasitism, malaria, soil transmitted helminth and others parasitic tropical diseases in the Centre Region of Cameroon in particular and all over the country in general.

**Key words:** Parasitic associations – Multiparasitism – Parasitic tropical diseases - Schoolchildren - Cameroon.

# INTRODUCTION

Le terme « **parasite** » dans son sens large désigne tout être vivant animal, végétal ou microbien qui, pendant une partie ou la totalité de son existence, vit sur ou dans un autre être vivant appelé « **hôte** », dont il dépend du point de vue alimentaire et du biotope (Windsor, 2000). A ce jour, plus de 80% de l'ensemble des espèces vivantes décrites, appartenant à divers taxa allant des virus aux arthropodes en passant par les bactéries, les protozoaires, les helminthes et les champignons, répondent à cette définition (Petney et Andrews, 1998). D'une manière générale, les parasites ne sont nécessairement pas pathogènes pour les hôtes qu'ils infestent et seule une minorité a un pouvoir pathogène dont l'expression dépend des conditions liées à l'hôte et à l'espèce de parasite (Vaumourin *et al.*, 2015) ; chez l'homme, plus de 1400 espèces pathogènes ont été identifiées (Taylor *et al.*, 2001). Cette grande diversité biologique et le caractère ubiquiste de ces espèces pathogènes font que la plupart se retrouvent concomitamment chez les mêmes individus hôtes ; de ce fait, plutôt que le monoparasitisme, c'est le multiparasitisme ou la co-occurrence des parasites, la présence concomitante de deux ou de plusieurs espèces parasites chez le même individu hôte, qui est la règle et non pas l'exception dans la plupart des modèles biologiques, y compris chez l'homme (Thumbi *et al.*, 2014). En général, la fréquence du multiparasitisme est évaluée à 30%, mais elle peut atteindre 80% dans certaines populations humaines (Petney et Andrews, 1998).

La co-occurrence des espèces parasites peut être le reflet d'une présence, au hasard, de deux ou plusieurs taxa indépendants au sein d'un même individu hôte ; elle peut aussi résulter d'une communauté de facteurs de risque, entre deux ou plusieurs espèces parasites, créant ainsi des associations statistiquement significatives entre celles-ci. En d'autres termes, certaines espèces parasites peuvent apparaître ensemble plus fréquemment que cela est attendu, simplement parce que les mêmes facteurs favorisent leur présence ; ces facteurs peuvent être environnementaux, climatiques, liés à la densité, aux comportements et aux conditions physiologiques des hôtes (Ezenwa et Jolles, 2011 ; Lello *et al.*, 2013 ; Vaumourin *et al.*, 2015). Le multiparasitisme peut aussi résulter des interactions biologiques entre différentes espèces parasites ; dans certains cas, la présence d'une espèce parasite crée au sein de l'hôte des conditions qui favorisent l'arrivée et l'installation d'une ou de plusieurs autres espèces parasites. Dans d'autres cas, la présence d'un taxon espèce parasite entraîne des modifications chez l'hôte qui empêchent l'arrivée et l'installation ultérieure d'une ou de plusieurs autres espèces parasites. Ces interactions ont de potentielles répercussions sur la santé de l'hôte en modifiant la susceptibilité de ce dernier vis-à-vis de certaines espèces parasites, la durée de l'infestation, le risque de contamination, l'expression clinique des maladies causées par les parasites, les succès thérapeutiques et des stratégies de lutte (Vaumourin *et al.*, 2015).

Ce sont les interactions entre les espèces parasites, plutôt que les associations statistiquement significatives entre-elles, qui jouent un rôle majeur dans la structuration des populations d'hôtes et de parasites au niveau inter- et intra-hôtes (Petney et Andrews, 1998 ; Wood *et al.*, 2007). Le nouveau challenge pour les chercheurs est désormais de passer d'un système « un parasite - un hôte » à un nouveau paradigme écosystémique « plusieurs parasites- plusieurs hôtes » pour avoir une vision plus claire de la complexité des systèmes naturels (Rigaud *et al.*, 2010). La compréhension des mécanismes interactifs entre les espèces parasites chez leurs hôtes est cruciale pour maîtriser leur dynamique de transmission, la pathogenèse des maladies parasitaires, ainsi que l'élaboration et l'adoption des stratégies de lutte plus efficaces contre ces pathologies (Lymbery et Thompson, 2012).

Les maladies parasitaires sont régies par des facteurs biologiques, environnementaux, socio-économiques et les systèmes de santé. Les conditions locales, y compris l'accès aux soins de santé de base, la qualité des infrastructures domestiques, les facteurs économiques tels que le revenu disponible, l'emploi, la profession et les facteurs sociaux tels que l'éducation, influent sur le risque d'infestation, la transmission des maladies, la morbidité et la mortalité associées (Coulibaly *et al.*, 2012). En Afrique sub-saharienne en général et au Cameroun en particulier, les conditions environnementales, climatiques et la pauvreté ambiante sont favorables au développement et à la persistance de plusieurs taxa parasites. Dans ces pays, les enfants en âge scolaire représentent la tranche de la population la plus vulnérable aux infestations parasitaires telles que le paludisme, les géohelminthiases et d'autres maladies tropicales parasitaires, à cause du non-respect des règles d'hygiène élémentaires et de la prédisposition immunologique à plusieurs parasitoses ; en outre, les helminthiases sont responsables d'une immunomodulation qui rend l'enfant vulnérable à d'autres infections parasitaires (Hamit *et al.*, 2013). Selon Brooker *et al.* (2006), les enfants en âge scolaire sont particulièrement exposés au multiparasitisme et aux potentielles conséquences de celui-ci.

Au Cameroun, depuis plusieurs décennies, des efforts considérables sont mobilisés par le Ministère de la Santé Publique à travers plusieurs programmes de lutte, pour venir à bout de certaines infections parasitaires. Les enfants en âge scolaire constituent une cible privilégiée pour certains de ces programmes tels que le Programme National de Lutte contre la Schistosomiase et les Helminthiases Intestinales (PNLSHI) et le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP). Cependant des études récentes, à l'instar de celle menée par Ngo Ngué *et al.* (2017) et Kimbi *et al.* (2012a) chez les enfants en âge scolaire dans les Régions du Sud et du Sud-Ouest respectivement, indiquent que les prévalences des géohelminthiases et du paludisme restent très élevées. On est alors en droit de se demander si la faible efficacité de ces

programmes de lutte n'est pas due au fait ceux-ci sont souvent dirigés contre des espèces parasites précises (une maladie en particulier), et ne tiennent pas compte des relations complexes qui peuvent exister entre l'espèce parasite ciblée et les autres espèces de la xénocommunauté qui partagent les mêmes aires géographiques et les mêmes individus hôtes. La présente étude a été entreprise avec pour objectif principal de contribuer à élucider les relations parasitaires interspécifiques au cours du multiparasitisme chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Centre au Cameroun. Cette approche permettrait d'élaborer et de mettre sur pied des stratégies de lutte combinée et mieux adaptées contre les infections parasitaires telles que le paludisme, les géohelminthes et d'autres maladies tropicales parasitaires.

Ce travail de recherche définit les trois objectifs spécifiques suivants :

- l'identification des espèces parasites et la détermination des types d'infracommunautés présentes dans la population d'étude ;
- la détermination des caractéristiques épidémiologiques des espèces parasites présentes dans la population d'étude ;
- la caractérisation des relations entre les espèces parasites dans les différentes associations parasitaires mises en évidence.

Après cette introduction, le présent document est structuré en trois chapitres. Le chapitre I fait une revue de la littérature sur le multiparasitisme et quelques parasitoses humaines au Cameroun. Le deuxième chapitre décrit la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs fixés. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus à l'issue de cette recherche et les discute. A ces trois chapitres font suite les sections bibliographie et annexes.

# **CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE**

## **I.1. Généralités sur le multiparasitisme**

### **I.1.1. Définition et aperçu général du multiparasitisme**

Le multiparasitisme est la présence concomitante de deux ou plusieurs espèces de parasites chez le même individu hôte ; Il constitue la règle plutôt que l'exception dans la plupart des modèles biologiques, y compris chez l'homme (Thumbi *et al.*, 2014). Cette situation fait naître, entre les taxa parasites en présence, des interactions intra et interspécifiques positives ou négatives à l'origine de la structuration des infracommunautés observées (Petney et Andrews, 1998 ; Wood *et al.*, 2007).

La dynamique de transmission des infections parasitaires est hétérogène et influencée par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques (Anderson et May, 1985; Woolhouse *et al.*, 1997; Smith *et al.*, 2005) ; ces facteurs sont à la fois liés aux parasites (similitude des modes de transmission et niveau d'endémicité des espèces parasites présentes dans le milieu), à l'hôte (prédisposition génétique et immunologique de certains individus de la population d'hôte à certaines infections parasitaires et partage des mêmes facteurs de risques entre tous ces individus), à l'environnement et au climat (Brooker et Clements, 2008). Cependant, si la distribution géographique, les facteurs associés aux infections, la morbidité et les conséquences des monoinfections parasitaires sont assez bien connus (Riley, 2007), peu de données sont disponibles dans la littérature sur le multiparasitisme, bien qu'il soit de plus en plus admis que celui-ci a des conséquences écologiques, épidémiologiques et cliniques importantes (Drake *et al.*, 2000 ; Rosa *et al.*, 2004).

Les parasites régulent de diverses manières les populations d'hôtes dans divers écosystèmes et contribuent significativement à la structuration de la biodiversité (Hudson *et al.*, 2006). Toutefois, jusqu'à récemment, on a semblé ignorer que la plupart des parasites apparaissent en co-infestation. Chez l'homme, plus de 1400 espèces pathogènes ont à ce jour été identifiées ; elles appartiennent aux groupes des virus, des bactéries, des protozoaires, des helminthes et des champignons (Taylor *et al.*, 2001). Près de 30% des infestations observées sont des multiparasitismes ; ce taux peut s'élever jusqu'à 80% dans certaines populations humaines (Petney et Andrews, 1998). Par conséquent, l'organisme humain peut être considéré comme un écosystème abritant plusieurs infracommunautés d'êtres vivants.

Le multiparasitisme survient lorsqu'un individu hôte est indépendamment infesté par différentes espèces parasites au même moment, dans le cas d'une infestation séquentielle, ou lorsque l'interaction entre des espèces parasites facilite leur co-occurrence ; c'est par exemple le cas lorsqu'un parasite induit des modifications immunologiques qui permettent des infestations subséquentes par d'autres espèces. Les interactions entre les parasites peuvent avoir

d'importantes répercussions sur la santé humaine parce qu'elles affectent la susceptibilité de l'individu hôte face à d'autres espèces parasites, la durée de l'infestation, les risques de transmission, les signes cliniques et par conséquent le traitement et les stratégies de lutte (Vaumourin *et al.*, 2015) ; ces interactions peuvent être synergiques si la présence d'une espèce facilite les infestations subséquentes par d'autres espèces, ou antagonistes lorsque la présence d'une espèce parasite empêche toute possibilité d'infestation secondaire par une autre espèce de parasite. Le multiparasitisme peut aussi résulter d'une communauté de facteurs de risques entre deux ou plusieurs espèces de parasites, ce qui crée des associations statistiques significatives entre ces dernières. En d'autres termes, certains taxons parasites apparaissent en co-infestation plus fréquemment que ce qui est attendu, simplement parce que les mêmes facteurs favorisent leur présence, et non pas parce qu'ils interagissent synergiquement ; ces facteurs favorisants sont environnementaux, climatiques, liés à la densité, aux comportements et aux conditions physiologiques des hôtes (Ezenwa et Jolles, 2011 ; Lello *et al.*, 2013 ; Vaumourin *et al.*, 2015).

Ce sont en réalité les interactions, plus que les associations, entre les parasites qui jouent un rôle majeur dans la structuration des populations d'hôtes et de parasites (Wood *et al.*, 2007). Cependant, le challenge réside dans la méthodologie d'étude de ces interactions, en particulier dans leur identification parmi les associations d'une part, et d'autre part dans leur compréhension au sein des systèmes naturels complexes (Vaumourin *et al.*, 2015).

### **I.1.2. Facteurs liés à l'hôte et favorisant le multiparasitisme**

Deux ensembles de facteurs écologiques favorisent particulièrement le multiparasitisme : a) ceux qui influencent l'exposition de l'hôte aux parasites et qui sont liés à sa répartition spatiale et b) la susceptibilité de l'hôte liée à ses traits de vie.

#### **I.1.2.1. Distribution spatiale des hôtes et utilisation de l'espace**

L'écologie de l'environnement dans lequel se retrouvent les hôtes et les parasites joue un rôle crucial dans l'exposition des premiers aux seconds (Cox, 2001). En zone tropicale, par exemple, la combinaison d'une plus grande diversité d'espèces vivantes avec des facteurs abiotiques tels que la pluie, l'hygrométrie et l'humidité du sol semble favoriser une plus grande diversité parasitaire chez l'homme et chez certains mammifères sauvages (Guernier *et al.*, 2004 ; Bordes et Morand, 2011). En outre, les espèces d'hôtes ayant une large distribution spatiale sont susceptibles d'être plus co-infestées tout comme celles occupant des niches écologiques dans lesquelles plusieurs taxons de parasites sont présents. Par conséquent, les espèces d'hôtes généralistes qui tolèrent un large éventail de conditions environnementales et qui exploitent un grand nombre de ressources sont exposées à une plus grande diversité

parasitaire (Rosenzweig, 1995). A l'opposé, les hôtes spécialistes sont moins exposés étant donné qu'ils vivent et utilisent une gamme étroite de conditions environnementales et d'alimentation.

### **I.1.2.2. Traits de vie de l'hôte**

Les facteurs de risque communs liés aux traits d'histoire de vie des hôtes leur sont intrinsèques. Les traits de vie d'un individu sont l'ensemble de ses caractéristiques ; ils peuvent améliorer sa productivité et la survie de sa progéniture (Guégan *et al.*, 2007 ; Thomas *et al.*, 2012) et sont constamment façonnés par des effets de sélection naturelle. Les principaux traits de vie sont : le taux de croissance, la durée de vie, la fécondité, l'investissement parental et l'investissement dans la défense immunitaire. Les conditions environnementales ont une influence majeure sur les traits de vie : a) principalement en imposant des compromis entre la croissance et la reproduction par exemple et b) en impactant sur la physiologie de l'hôte et sa susceptibilité aux parasites. Par exemple, les individus hôtes stressés ou mal nourris sont plus susceptibles d'être plus infestés (Pedersen et Greives, 2008).

L'investissement parental des hôtes peut influencer le multiparasitisme, par exemple en réduisant les prévalences des parasites chez les mésanges (Richner *et al.*, 1995). La durée de vie a également un effet sur le multiparasitisme ; un hôte avec une grande longévité accumulera plus de parasites qu'un hôte ayant une espérance de vie courte (Dobson et Roberts, 1994). Le comportement social des hôtes a également une grande influence sur le multiparasitisme. Ainsi des hôtes vivant en groupe, comme par exemple les chauves-souris, les humains ou les manchots, favorisent les échanges de parasites étant donné que les individus hôtes ont plus de chances d'être fréquemment en contact, contrairement aux individus solitaires comme les martinets qui, lors de leur migration, sont peu exposés à des infestations multiples.

La proportion de l'investissement immunitaire de l'hôte mène à une variation de leurs caractéristiques comme la résistance ou la tolérance face aux parasites. Par exemple, certaines espèces d'hôtes maintiennent un haut niveau de défenses immunitaires pour contrôler ou limiter les infestations multiples ; ils mettent ainsi en place des phénomènes de résistance (Råberg *et al.*, 2009). Acquérir une résistance contre les vecteurs (tiques, puces, moustiques) peut permettre de limiter les infections multiples par les agents pathogènes qu'ils transportent, ainsi que leurs conséquences sur la fitness de l'hôte (Brossard et Wikel, 2004). Inversement, d'autres espèces d'hôtes sont plutôt enclines à tolérer les infections multiples. La tolérance est la capacité de maintenir sa fitness en présence d'une charge parasitaires donnée sans la réduire (Råberg *et al.*, 2009). Des études ont mis évidence que plus les individus hôtes étaient infestés par des espèces de parasites différentes, plus l'investissement immunitaire était important

(Moller *et al.*, 2001 ; Bordes et Morand, 2011). Toutefois, dans certains cas, un compromis entre reproduction et immunité s'installe ; par exemple, les espèces introduites, comme le tamia, allouent en général plus de ressources à la survie et à la reproduction afin de coloniser rapidement, aux dépens de la protection immunitaire (Prenter *et al.*, 2004), compromis entre reproduction et immunité également observé chez les mâles. Afin d'augmenter leur pouvoir séducteur, certains mâles ont de forts taux de testostérone ; or cette hormone est immunodéprimante. Par exemple, chez les compagnols (*Myodes glareoles*), Hughes et Randolph (2009) ont montré que la testostérone affecte la résistance acquise contre la tique *Ixodes ricinus* et les agents pathogènes associés ; l'immunodépression, induite par la testostérone, est alors une caractéristique qui favorise les infections multiples.

### **I.1.3. Facteurs liés au parasite et favorisant le multiparasitisme**

Les caractéristiques des parasites qui facilitent le multiparasitisme des hôtes peuvent être d'ordre général ou spécifiquement liées à différents mécanismes qui sous-tendent les interactions hôtes-parasites.

#### **I.1.3.1. Caractéristiques générales**

Comme leurs hôtes, différentes espèces parasites cohabitent avec une gamme plus ou moins large d'autres espèces parasites selon leur distribution. Le nématode *Ascaris lumbricoides* constitue un exemple parfait dans ce cas parce qu'il infeste plus de 25% de la population humaine (Booth *et al.*, 1996) ; Il n'est pas surprenant de le découvrir en co-infestation avec un peu plus de 47 autres espèces d'helminthes ou de protozoaires (Crompton et Tulley, 1987). Plus la distribution des parasites est large, plus le risque de co-occurrence des parasites, au sein d'un même hôte, est élevé. Les parasites ont également plus de risques d'être en contact s'ils utilisent des niches écologiques chevauchantes ; ainsi, les parasites généralistes, qui sont en mesure d'exploiter un grand nombre d'hôtes, ont plus de chances d'être en co-occurrence avec une grande diversité parasitaire. A l'opposé, les parasites spécialistes, en exploitant une gamme étroite d'hôtes, ont moins de chances d'être en co-occurrence avec une grande diversité de parasites. Les relations phylogénétiques entre les parasites peuvent influencer sur le partage de caractéristiques communes permettant ou limitant le multiparasitisme. Les parasites phylogénétiquement proches ont plus de chances d'être adaptés et d'infecter les mêmes hôtes (Snounou et White, 2004).

#### **I.1.3.2. Caractéristiques spécifiques**

##### **I.1.3.2.1. Entrée du parasite chez l'hôte**

Les mécanismes d'infestation associés à l'entrée du parasite chez l'hôte correspondent à une facilitation mécanique ; Il s'agit de l'ouverture mécanique d'une voie chez l'hôte, le

franchissement d'une barrière physique de l'hôte. Des ectoparasites, *Argulus coregoni* par exemple, qui infectent la truite *Oncorhynchus mykiss*, détruisent le mucus et l'épiderme des poissons provoquant des ulcères et des nécroses qui pourront servir de portes d'entrée pour de potentielles invasions secondaires (Bandilla *et al.*, 2006). Certains endoparasites, quant à eux, entraînent des lésions de la muqueuse qui facilitent l'entrée d'autres parasites, comme c'est le cas pour le virus de l'herpès simplex type 2 (VHS-2) et le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) (Celum, 2004).

#### **I.1.3.2.2. Exploitation de l'hôte**

Les mécanismes d'infestation liés à l'exploitation de l'hôte par les parasites sont essentiellement du type compétition directe ou indirecte.

La compétition peut survenir entre deux espèces parasites parce qu'elles occupent le même espace physique au sein d'un individu hôte (Stancampiano *et al.*, 2010). Cependant, si celles-ci modifient respectivement leurs niches écologiques du fait de cette compétition, elles peuvent finalement coexister. Dans le cas des helminthes, par exemple, les sites de fixation varient avec les espèces (Ellis *et al.*, 1999).

Les interactions compétitives peuvent également affecter les abondances, les densités parasitaires, la transmission et la virulence des espèces parasites (Mousson *et al.*, 2012) et se produire au niveau moléculaire ; c'est l'exemple de certaines espèces parasites qui produisent des toxines capables de réduire ou d'améliorer la croissance et la virulence des autres composants des infracommunautés. Les bactéries du genre *Enterobacter*, qui font partie de la flore bactérienne intestinale de l'anophèle, rendent ces moustiques résistants à l'infestation par *Plasmodium falciparum* (Cirimotich *et al.*, 2011). La compétition entre deux espèces parasites peut conduire un parasite à « saboter », si cela n'est pas dans son intérêt, le comportement de l'hôte par un autre parasite, qui aboutit par exemple à l'augmentation de la prédation (Haine *et al.*, 2005).

La compétition peut aussi avoir un effet inhibiteur sur la croissance des parasites ; ce phénomène a été baptisé « effet Jameson » (Jameson, 1962). Dans ce cas, les espèces parasites en concurrence sont affectées négativement par une diminution de la disponibilité de la ressource ; par exemple, lorsque les hôtes deviennent anémiques en raison de l'infection par des helminthes, ces derniers entrent en compétition avec les microparasites intraérythrocytaires. La compétition peut également être un moteur d'évolution. En effet, la proximité d'une grande diversité parasitaire au sein d'un individu hôte peut affecter la probabilité d'échange de gènes par le biais d'un transfert de plasmide ou d'une recombinaison ; elle peut donc être un pilote puissant de l'évolution des pathogènes. Ces échanges peuvent entraîner des modifications

fonctionnels qui rendent les parasites plus virulents ou résistants ; c'est le cas dans les phénomènes de résistance aux antibiotiques et celui du transfert d'îlots de pathogénicité (Forsberg *et al.*, 2012 ; Perry et Wright, 2013).

#### **I.1.3.2.3. Réponse de l'hôte à l'infestation**

Chaque espèce parasite doit être capable de faire face aux défenses immunitaires de son hôte, particulièrement à sa mémoire immunitaire. Plus précisément, les espèces parasites interagissent avec les molécules produites par le système immunitaire de l'hôte, notamment les anticorps, les cytokines et les protéines du complément (Supali *et al.*, 2010) ; certains de ces taxons suppriment ainsi la réponse immune de l'hôte en réduisant les niveaux des lymphocytes et de certaines interleukines ; ces effets rendant facile l'infestation de l'hôte par d'autres espèces parasites. Cependant, lorsque certaines espèces parasites interfèrent avec le système immunitaire d'un hôte, ceci peut induire une augmentation de la production de certaines molécules, telles que les interleukines et les anticorps, production qui améliore finalement l'immunité (Supali *et al.*, 2010). En outre, il est connu que l'immunité acquise contre un type de parasite peut être efficace contre des espèces antigéniquement similaires. Le terme « immunité croisée » est utilisé pour décrire ce phénomène qui établit que deux antigènes similaires sont ciblés par les mêmes anticorps et les lymphocytes T. Les avantages de l'immunité croisée ont été observés chez les lapins infestés par différentes espèces d'helminthes, par exemple *Trichostrongylus retortaeformis* (nématode de la classe des Secernentae) affecte négativement *Graphidium strigosum* (nématode de la classe des Haemonchidae) via le système immunitaire de l'hôte (Lello *et al.*, 2004). L'influence du phénomène d'auto-immunité, c'est-à-dire les réponses immunitaires d'un organisme contre ses propres cellules et tissus, sur les infestations multiples peut être également mentionnée. En effet, en perturbant la réponse immunitaire de l'hôte aux infections, cela peut avoir un impact sur la fréquence du multiparasitisme (Chiuri *et al.*, 2013 ; Nyati et Nyati, 2013).

Un autre mécanisme lié au système immunitaire de l'hôte implique une polarisation de la réponse immunitaire ; dans ce cas, il existe un compromis entre les deux types de réponses immunitaires à médiation cellulaire de l'hôte, le type Th1 et le type Th2, qui conduit à une dynamique différente, selon que l'infestation est causée par une seule espèce parasite ou des espèces différentes. Ces mécanismes pourraient conduire à des interactions dynamiques entre les parasites (Pedersen et Fenton, 2007). La polarisation immunitaire peut bénéficier à certaines espèces parasites tout en affectant négativement l'hôte ; elle est observable chez les hôtes co-infectés par *Trypanosoma cruzi* et diverses espèces d'helminthes ; *T. cruzi* active la voie Th1 tandis que les helminthes activent la voie Th2 (Perez *et al.*, 2014). Le résultat est un compromis

qui est finalement en faveur de *T. cruzi* qui améliore sa transmission. Cependant, il existe également des cas où l'hôte bénéficie et les parasites sont affectés négativement ; par exemple, chez les individus souffrant de paludisme et co-infestés par des helminthes, le système immunitaire fonctionne le long d'un compromis où les deux types de parasites sont suffisamment sous contrôle, entraînant une diminution de la réponse immunitaire (Th1) dirigée contre *Plasmodium*. Ainsi le risque de neuro-paludisme diminue car cette complication serait due à une réponse Th1 excessive (Nacher, 2004 ; Maizels *et al.*, 2004).

#### **I.1.4. Conséquences du multiparasitisme sur la santé d'un hôte**

Les effets du multiparasitisme proviennent des interactions entre les parasites constituant l'infra-communauté ; ils ne sont pas simplement la somme des effets causés individuellement par chaque parasite mais plutôt la combinaison d'effets connus et nouveaux sur des paramètres épidémiologiques clés (Courchamp *et al.*, 1997 ; Hermann *et al.*, 2013). Une analyse qui ne prend pas en compte ces interactions fausse la représentation de la réalité, notamment en ce qui concerne les individus parasites ; cet écueil aura des conséquences d'un point de vue épidémiologique, notamment l'incidence des maladies infectieuses et, d'un point de vue médical, en ce qui concerne le traitement et la prévention des maladies parasitaires.

Différents exemples concrets peuvent illustrer ce point: 1) les co-infestations influencent les symptômes, la durée de l'infestation et le traitement des maladies parasitaires ; 2) il est essentiel de tenir compte de la manière dont les co-infestations influencent la transmission des parasites pour comprendre les variations de l'incidence des maladies infectieuses et pour obtenir les diagnostics appropriés ; 3) il est nécessaire de comptabiliser les conséquences de l'exposition d'un hôte à plusieurs parasites pour développer des mesures efficaces de prévention des maladies parasitaires (Vaumourin *et al.*, 2015).

##### **I.1.4.1. Effets du multiparasitisme sur les symptômes, la durée et le traitement des maladies parasitaires**

Une co-infestation peut avoir des effets négatifs sur l'hôte allant d'une présentation des symptômes atypiques à une mortalité accélérée. Des études chez l'homme ont lié les co-infestations d'helminthes à une morbidité accrue pour d'autres maladies infectieuses comme la tuberculose et le VIH. Les co-infestations, en plus de modifier la probabilité d'établissement des espèces de parasites, la croissance et l'élimination des parasites impliqués, peuvent conduire à des individus qui, pour une période donnée, produisent beaucoup plus de stades infestants que la plupart des autres personnes infestées de la même population d'hôtes (Chase-Topping *et al.*, 2008). Pendant une co-infestation, une espèce parasite peut être conducteur des épidémies déterminées par d'autres espèces. Par exemple, il est connu que chez le zèbre les

helminthes gastro-intestinaux modifient la dynamique de l'anthrax due à *Bacillus anthracis*, en rendant les hôtes incapables de produire des anticorps efficaces contre cette bactériose pendant la saison humide (Cizauskas *et al.*, 2014). Alternativement, une co-infestation qui conduit à une variation de la virulence d'un parasite peut avoir des effets positifs sur l'hôte, allant de l'inhibition de la croissance de certaines espèces parasites à la réduction de la mortalité des hôtes ; le résultat dépend des conditions environnementales et de l'ordre dans lequel l'hôte est infesté par les différents parasites (Ayres, 2013). Par exemple, lorsque le virus de l'hépatite B (VHB) et celui de l'hépatite C (VHC) co-existent chez un même hôte, ils inhibent réciproquement leur réplication. L'existence d'un multiparasitisme devrait aussi conduire à développer des stratégies multithérapeutiques qui impliquent simultanément le traitement de toutes les espèces parasites présentes ; certains médicaments multi-cibles peuvent ainsi être plus efficaces contre des souches multiparasites (Biot et Chibale, 2006). Il est aussi possible de profiter des interactions antagonistes entre certains taxons parasites pour lutter contre d'autres d'importance médicale ; cette approche est utilisée dans la phagothérapie où des virus bactériophages permettent de traiter certaines maladies infectieuses causées par des bactéries (Inal, 2003 ; Efrony *et al.*, 2009). Il est aussi possible de développer des thérapies qui se serviront des virophages pour traiter les maladies d'origine virale.

#### **I.1.4.2. Effets du multiparasitisme sur la transmission et le diagnostic des maladies parasitaires**

Les différents mécanismes qui sous-tendent les interactions entre espèces parasites peuvent entraîner une forte corrélation entre l'incidence de deux maladies différentes ; ce phénomène est en grande partie dû au fait que la présence d'une ou de plusieurs espèces parasites peut affecter, positivement ou négativement, la probabilité d'infestation par d'autres espèces parasites, les taux de transmission et la susceptibilité à l'hôte (Beldomenico et Begon, 2010). Dans ce cas, les interactions positives sont mieux décrites et peuvent contribuer à l'émergence ou à la réémergence d'une maladie. Un exemple classique est celui de l'augmentation de l'incidence de deux maladies rares, la pneumonie (induite par *Pneumocystis carinii*) et le sarcome de Kaposi, un type de cancer de la peau causé par exemple par l'infection par le VIH. Le VIH supprime le système immunitaire de l'hôte et permet à d'autres maladies de s'installer ; ce système est un exemple de syndémie, c'est-à-dire une aggravation (épidémies synchronisées) de deux ou plusieurs maladies qui agissent en synergie (Herring et Sattenspiel, 2007). A ce jour, on a découvert que le sarcome de Kaposi est associé à un autre virus en plus du VIH, le virus de l'herpès. D'autres cas de syndémies ont été décrits, tels que les associations de maladies vectorielles à tiques comme la Borréliose, la Babésiose et l'Ehrlichiose ; Il résulte

de cette synergie particulière une variabilité des symptômes cliniques souvent graves, mal diagnostiqués et mal traités avec des médicaments antimicrobiens inappropriés. La synergie produite par la paire « grippe et tuberculose » cause un niveau élevé de mortalité dans les populations affectées (Mitchell *et al.*, 1996 ; Thompson *et al.*, 2001 ; Brogden *et al.*, 2005).

Adopter une perspective qui prend en compte le multiparasitisme peut donc aider, dans certains cas, à identifier les causes des épidémies ou des déclin et permettre le développement des outils et des méthodes de surveillance (Gandhi *et al.*, 2010). Les animaux domestiques peuvent parfois servir de sentinelles pour les humains (Breitschwerdt *et al.*, 2014).

#### **I.1.4.3. Implications du multiparasitisme dans les mesures de prévention contre les maladies parasitaires**

Parce que le multiparasitisme peut avoir une influence majeure sur la circulation des espèces parasites, il est essentiel de tenir compte de ses effets lors de l'instauration des mesures de prévention des maladies (Keesing *et al.*, 2010) ; un traitement inapproprié peut aggraver la situation. Par exemple, il a été souligné dans certains cas que la thérapie antihelminthique peut améliorer la propagation des agents microbiens pathogènes co-infestants (Ezenwa et Jolles, 2011). Même si leur efficacité est modifiée par les interactions entre les espèces parasites, les programmes de vaccination sont néanmoins des mesures préventives utiles pour limiter le nombre de taxons parasites auxquels un hôte est exposé ; ils jouent un rôle encore plus important dans la limitation des rencontres entre les pathogènes qui interagissent de manière synergique (Hotez *et al.*, 2010).

En plus des méthodes classiques, telles que l'utilisation des insecticides ou des acaricides, ou de nouvelles méthodes telles que les vaccins, il est possible d'éviter les maladies à transmission vectorielle en exploitant les interactions antagonistes entre certains parasites pour contrôler leur dispersion. Par exemple, on sait désormais que chez le moustique *Aedes aegypti*, la bactérie symbiotique *Wolbachia* sp. limite la réplication des virus de la dengue et du chikungunya et celle du plasmodium (Mousson *et al.*, 2010 ; Mousson *et al.*, 2012) ; il devient ainsi possible de contrôler la propagation de ces trois pathogènes d'importance médicale en introduisant *Wolbachia* sp. dans certaines populations de moustiques.

Les effets inhibiteurs du multiparasitisme peuvent également être exploités pour bénéficier aux hôtes ; par exemple, la compétition entre espèces parasites peut limiter le nombre de celles pouvant infester un hôte donné. Dans l'industrie agroalimentaire, les probiotiques sont ajoutés à certains aliments afin a) de limiter le nombre d'agents infectieux intestinaux et b) de stimuler le système immunitaire de l'hôte (Sleator, 2010). Ces effets inhibiteurs sont d'une importance primordiale car ils contribuent à empêcher la contamination des aliments par des

parasites représentant des menaces majeures pour la santé humaine ; c'est le cas des biofilms produits par la bactérie *Staphylococcus sciuri* ; qui limitent la croissance de la bactérie *Listeria monocytogenes*, agent pathogène responsable de la listériose, ainsi que son adhésion aux surfaces en acier inoxydable. Dans les industries agro-alimentaires, cette interaction permet de mieux contrôler la contamination des appareils par *L. monocytogenes* (Leriche et Carpentier, 2000).

### **I.1.5. Méthodes d'étude du multiparasitisme**

Le multiparasitisme est principalement étudié grâce aux données obtenues des systèmes naturels ou des conditions contrôlées de laboratoire ; ces données peuvent être analysées par des modèles exploratoires ou par des modèles mécaniques. De plus, il est possible d'investiguer sur les propriétés de ces modèles en utilisant des simulations.

#### **I.1.5.1. Origine des données du multiparasitisme**

##### **I.1.5.1.1. Systèmes naturels**

Les études longitudinales sont l'une des principales méthodes d'étude du multiparasitisme dans les systèmes naturels ; cette approche comporte de nombreuses contraintes et elle exige un long suivi des sujets. Les individus peuvent être marqués avec des balises simples et uniques, comme dans les études de capture-marquage-recapture ou grâce à une technologie avancée utilisant des émetteurs et le GPS (*Global Positioning System*). Cependant, de tels systèmes ne sont pas adaptés pour le suivi de petits animaux tels que les arthropodes, qui peuvent être de vecteurs et donc d'une grande importance épidémiologique. Dans ces études longitudinales, les techniques d'échantillonnage ne doivent jamais affecter la forme physique de l'hôte ; par conséquent, seules des méthodes non invasives doivent être utilisées (par exemple l'échantillonnage du sang, des matières fécales, de la peau) de sorte que le spectre général des parasites puisse être étudié. Grâce à l'information temporelle fournie par ces analyses, il est possible de tester si la présence d'une espèce parasite affecte la probabilité d'infestation, de persistance et de transmission d'autres espèces parasites (Kosoy *et al.*, 2004 ; Mahiane *et al.*, 2010; Sherlock *et al.*, 2013) ; de telles études nécessitent beaucoup de ressources en termes d'argent, de personnel et de temps.

Les études transversales examinent des groupes d'individus sur de courtes périodes et produisent des résultats à l'échelle de la population. Les techniques d'échantillonnage peuvent dans ce cas être plus ou moins invasives ; il est néanmoins possible d'adapter les études transversales pour obtenir des données longitudinales (Nolan et Smith, 1995 ; Mahiane *et al.*, 2010). Par exemple, un sous-groupe d'individus au sein d'une population d'étude peut être échantillonné à différents moments pour suivre la population entière au fil du temps ; si cette

conception est utilisée, l'échantillonnage ne doit pas affecter la forme physique de l'hôte. Les études transversales prennent moins de temps et d'argent que les études longitudinales ; elles peuvent examiner un grand nombre d'hôtes et sont particulièrement utiles dans l'analyse des systèmes « hôtes – parasites » qui impliquent des maladies émergentes pour lesquelles les données sont souvent limitées (Wilkinson *et al.*, 2014).

#### **I.1.5.1.2. Expériences de laboratoire**

Les données obtenues à partir d'expériences de laboratoire, c'est-à-dire sous conditions contrôlées, peuvent servir à tester les hypothèses générées à partir des données sur les interactions dans les systèmes naturels ; elles peuvent également permettre de distinguer les mécanismes sous-jacents à ces interactions : immunité croisée, production des macrophages, résistance et tropisme, qui sont difficiles à mettre en évidence dans les systèmes naturels (Kishida *et al.*, 2004 ; Gaunt *et al.*, 2010). Les expériences de laboratoire ont donc un rôle important à jouer dans l'analyse des effets du multiparasitisme en soulignant les interactions synergiques et antagonistes qui se déroulent parmi les divers groupes de parasites (helminthes, protozoaires, champignons, virus, acariens) infestant différents taxons hôtes, y compris les mammifères, les insectes et les plantes (Christensen *et al.*, 1987 ; Bonsall et Benmayor, 2005 ; Ferrari *et al.*, 2009 ; Buono *et al.*, 2014). L'expérimentation permet de contrôler les facteurs d'intérêt et d'étudier une variation de paramètres pertinents comme la croissance des parasites, l'établissement parasitaire, ... Toutefois, les résultats obtenus en laboratoire sont parfois difficiles à interpréter car ils peuvent différer de ceux produits par des infestations naturelles (Roosink, 2011). Une autre limitation est le fait que les expériences sont exécutées avec des modèles biologiques (souris, rat) qui peuvent ne pas être réceptifs aux parasites de l'homme, des espèces domestiques et sauvages.

#### **I.1.5.2. Approches analytiques**

Deux approches majeures sont envisageables pour analyser les données obtenues sur le multiparasitisme à partir d'études sur le terrain et en laboratoire : les modèles exploratoires et les modèles mécaniques.

##### **I.1.5.2.1. Modèles exploratoires**

Les modèles exploratoires, qu'ils soient de nature empirique ou descriptive, servent principalement à analyser la co-occurrence des parasites ; ils ne conduisent pas à des conclusions fermes concernant les interactions parasitaires. Les paramètres sur lesquels ils sont basés ne reflètent pas explicitement la biologie de l'organisme étudié. Ces modèles présentent les deux avantages suivants : a) ils sont rapides et simples d'emploi et b) ils sont utilisables sur des données provenant d'études transversales.

Les analyses multivariées sont l'une des principales approches exploratoires de l'examen du multiparasitisme ; il s'agit surtout de l'analyse des facteurs, de l'analyse discriminante, de l'analyse de correspondances et de l'analyse de composantes principales ou ACP (Gauch, 1982) et, elles évaluent si les parasites d'une infracommunauté ont tendance à former des grappes. Leur inconvénient est qu'elles n'ont généralement pas de tests statistiques associés (Salvador *et al.*, 2011), ce qui signifie qu'il n'existe aucun moyen statistique de déterminer si la co-occurrence des parasites s'écarte de ce qui serait attendu par le hasard.

Le test chi-carré est le plus populaire et le plus facile à mettre en œuvre ; Il est surtout utilisé pour tester des motifs impliquant deux parasites mais certaines adaptations ont été proposées pour étudier plusieurs parasites (Janovy *et al.*, 1995) ou pour prendre en compte des facteurs de risque communs potentiellement associés aux parasites étudiés (Hellard *et al.*, 2012). Le principal inconvénient de cette approche statistique est qu'elle nécessite au moins cinq individus dans chaque catégorie d'infection. Les modèles linéaires généraux sont aussi couramment utilisés ; plus précisément, la régression logistique multinomiale est la mieux adaptée aux données sur le multiparasitisme (McCullagh et Nelder, 1989 ; Agresti, 2002). Ces modèles linéaires peuvent explicitement tenir compte des facteurs de risque potentiels identifiés préalablement.

Récemment, des méthodes dérivées des réseaux théoriques sont devenues plus populaires en écologie et offrent une approche intéressante pour représenter les relations entre plusieurs parasites (Griffiths *et al.*, 2011; Poisot *et al.*, 2013) ; elles calculent les indices d'association comme la connexion, la nidité et la périphérie. Leur inconvénient est que les réseaux composés de moins de 10 espèces parasites produisent des résultats difficiles à interpréter (Csardi et Nepusz, 2006). Cependant, au-delà de cette richesse spécifique parasitaire les résultats acquièrent un sens biologique ; malheureusement pour l'instant, les tests statistiques pour les indices d'association sont peu développés.

Le dépistage d'une association est une méthode qui consiste à identifier les combinaisons de parasites (Vaumourin *et al.*, 2014) ; par rapport à d'autres méthodes, il a l'avantage de déterminer statistiquement si ces parasites sont associés. Cependant, cette approche ne peut comprendre qu'un nombre limité de parasites selon la taille de l'échantillon et la prévalence parce que le nombre de combinaisons de parasites augmente exponentiellement avec le nombre de parasites.

#### **I.1.5.2.2. Modèles mécaniques**

Les modèles mécaniques déterministes ou probabilistes sont utilisés pour étudier, plus en détail, les mécanismes sous-jacents aux associations de parasites ; ils permettent donc aux

chercheurs de se concentrer sur les interactions potentielles, d'étudier plusieurs problèmes liés au multiparasitisme, y compris les conséquences de la co-infestation microparasites-macroparasites, l'évolution de la virulence, la dynamique de transmission, le rôle joué par les traits de vie de l'hôte et l'effet immunité croisée sur les parasites co-présents (Gokaydin *et al.*, 2007 ; Zhang *et al.*, 2007 ; Fenton, 2008 ; Alizon et Van Baalen, 2008 ; Merler *et al.*, 2008) ; ils sont généralement plus complexes que les modèles exploratoires et leur structure dépend fortement du problème spécifique de l'étude et, ils sont également plus puissants et par conséquent fournissent plus d'informations sur les processus en cours d'étude.

Les modèles déterministes tels que ceux dits SIR (*Susceptible-Infected-Removed*) utilisent des compartiments pour modéliser les systèmes biologiques ; ils sont fréquemment utilisés dans la modélisation épidémiologique et sont construits, pour la plupart, en se servant des données obtenues des études longitudinales (Griffin et Nunn, 2011) et, ils sont plus généralement appelés modèles multi-états parce qu'ils intègrent explicitement le temps. Ces modèles peuvent révéler des changements dans le flux d'individus entre différents compartiments, indépendamment qu'il s'agisse d'un processus transitoire ou stable ; il est donc possible de tester, par exemple, si la présence d'une espèce parasite affecte la probabilité d'infestation, la persistance ou la transmission d'une autre espèce (Tanaka et Feldman, 1999). En outre, les modèles déterministes peuvent être structurés de différentes façons selon les différentes hypothèses à tester, par exemple pour examiner comment les interactions parasitaires ont un impact sur la résistance de l'hôte ou, à l'inverse comment l'âge ou le nombre d'hôtes influe sur les co-infestations. Cependant, ces modèles peuvent être complexes car ils nécessitent un paramétrage étendu ; les estimations de paramètres peuvent être obtenues à partir de la littérature, les modèles peuvent aussi être accompagnés de simulations. Si les paramètres d'un modèle sont au moins partiellement caractérisés à l'avance, les méthodes bayésiennes permettent d'estimer les valeurs des paramètres. Différents types de modèles déterministes ont été développés pour explorer des questions liées au multiparasitisme ; par exemple Zhang *et al.* (2007) ont construit un modèle SIR, pour tester spécifiquement certaines hypothèses concernant l'influence des interactions parasitaires sur l'établissement et la persistance des différentes espèces parasites présentes. Un autre type de modèle a été développé ; il prend en compte la mémoire immunitaire à long terme qu'un parasite peut induire. Gökaydin *et al.* (2007) ont modélisé la dynamique de transmission des sous-types viraux de la grippe, en utilisant un modèle SIRI (*Sensible-Infected-Recovered-Infected*) dans lequel le taux de réinfection a été réduit, parce que l'infection par un sous-type différent a conféré une immunité partielle ; ces

auteurs ont souligné que le seuil de réinfection joue un rôle important dans la régulation de la diversité parasitaire.

Comme les modèles déterministes, les modèles probabilistes représentent explicitement la biologie d'un système et servent à estimer les paramètres et à tester différents ensembles d'hypothèses. Cependant, contrairement aux modèles déterministes, les modèles probabilistes n'intègrent pas la dynamique temporelle des associations parasitaires ; ils sont mieux adaptés aux processus qui ont atteint un état stable et ils sont principalement axés sur les états des individus au sein d'une population et la probabilité qu'ils se transforment entre les états. Les paramètres qu'ils utilisent peuvent être estimés sur le terrain, c'est-à-dire les probabilités d'infections associées à chaque type de parasite trouvé dans une population étudiée (Vaumourin *et al.*, 2013) ; il existe autant de types de modèles probabilistes que de modèles déterministes étant donné qu'ils sont tous structurés de manière à répondre aux hypothèses spécifiques.

Pour mieux comprendre le phénomène de multiparasitisme, il convient de développer des approches d'analyse qui sortent du paradigme « un hôte-un parasite » pour adopter une perspective « multihôtes-multiparasites ». Quatre grandes orientations de recherche visent à clarifier les interactions prenant place pendant le multiparasitisme. D'abord, la méthodologie de détection des interactions communautaires est un défi à relever. Deuxièmement, afin de mieux comprendre les interactions entre les espèces parasites, il est nécessaire de progresser dans l'identification et la comptabilisation des facteurs de risque communs ; actuellement, il est difficile d'intégrer les facteurs de risque dans les modèles théoriques. Des voies de recherche existent déjà, à savoir celles qui exploitent la théorie des réseaux et le dépistage des associations. Cependant, il reste crucial de développer des tests statistiques utilisables avec les analyses de réseaux. Troisièmement, des progrès doivent être réalisés dans l'incorporation de la non-indépendance entre les hôtes dans les modèles analytiques ; en effet, le multiparasitisme affecte la dynamique de transmission de tous les parasites. Quatrièmement, il est important d'actualiser les données biologiques servant dans l'amélioration des études de laboratoire sur le multiparasitisme. L'objectif est de mieux imiter les systèmes naturels afin d'identifier et de comprendre les mécanismes sous-jacents aux interactions réelles entre les espèces parasites (Vaumourin *et al.*, 2015) ; il convient de promouvoir des approches multidisciplinaires et des collaborations en vue d'améliorer la compréhension du multiparasitisme et ses conséquences.

## **I.2. Généralités sur quelques parasitoses humaines majeures au Cameroun**

En plus d'autres références citées, cette section est une synthèse des articles d'Assafa *et al.* (2004), Anofel (2010), Ridley (2012) et Valeix (2016).

## **I.2.1. Paludisme**

### **I.2.1.1. Définition**

Le paludisme est une érythrocytopathie due à un protozoaire du genre *Plasmodium* Marchiafava et Celli, 1895 ; il est transmis par la piqûre d'un vecteur, l'anophèle femelle. Le paludisme reste la parasitose la plus répandue dans le monde (OMS, 2018) ; il sévit actuellement dans la ceinture de pauvreté du globe. Selon l'OMS (2018) approximativement 219 millions de cas cliniques de paludisme sont survenus en 2017 avec 435 000 cas de décès dans le monde ; 92% des cas et 93 % des décès liés au paludisme ont été enregistrés dans la région Afrique.

### **I.2.1.2. Agents pathogènes**

D'une façon générale, quatre espèces plasmodiales parasitent l'homme. Ce sont :

- *Plasmodium falciparum* Welch, 1897 : c'est la principale espèce pathogène du genre ; elle a été à l'origine de 99,7 % des cas estimés de paludisme en Afrique (OMS, 2018) ;
- *Plasmodium vivax* Grassi et Feletti, 1890 ;
- *Plasmodium ovale* Stephens, 1922 ;
- *Plasmodium malariae* Feletti et Grassi, 1889.

Toutefois, en Asie du Sud-Est et dans les îles du Pacifique, l'infestation naturelle de l'homme par une cinquième espèce plasmodiale d'origine simienne a été récemment signalée (White, 2008) ; il s'agit de *Plasmodium knowlesi* Knowles et Das Gupta, 1930.

Les plasmodies sont des protozoaires polymorphes. Au cours de leur développement chez l'homme au sein des globules rouges, elles se présentent sous plusieurs formes : trophozoïte, schizonte et gamétocyte.

Après coloration au Giemsa, les trophozoïtes de *Plasmodium* présentent un aspect annulaire avec un noyau rouge, un cytoplasme bleu et une vacuole nutritive incolore (figure 1.a) ; les schizontes, quant à eux, sont constitués de plusieurs noyaux présents dans une masse cytoplasmique et dont le nombre varie selon l'espèce. On note aussi la présence du pigment malarique ou hémozoïne de couleur jaune-brun. A maturité, les schizontes sont appelés corps en rosace ; ils renferment plusieurs mérozoïtes en plus de l'hémozoïne. Les gamétocytes sont arrondis pour toutes les espèces sauf pour *P. falciparum* dont le gamétocyte présente un aspect en forme de banane, aspect falciforme (figure 1.b). Il faut noter que *P. knowlesi* prend les mêmes caractéristiques morphologiques que *P. malariae* après coloration au Giemsa, mais il en est différent au plan génétique, d'où la nécessité de tests moléculaires pour le diagnostic différentiel.

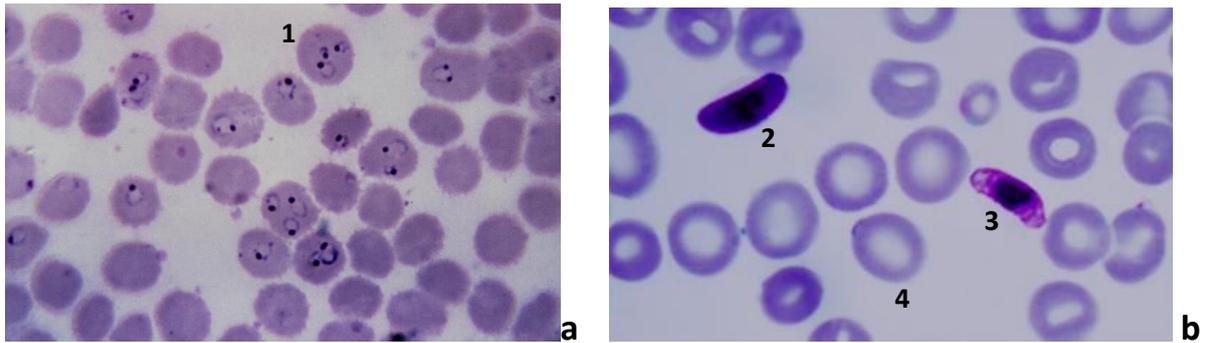


Figure 1 : Formes parasitaires sanguines de *Plasmodium falciparum* : Trophozoïtes (a) et gamétocytes (b) de sur frottis mince ([www.parasitesinhumans.org](http://www.parasitesinhumans.org)).

Légende : 1 = hématie parasitée, 2= gamétocyte mâle, 3 = gamétocytes femelle, 4= hématie non-parasitée.

### I.2.1.3. Diagnostic parasitologique

La goutte épaisse et le frottis mince colorés au Giemsa sont les techniques de référence. La goutte épaisse permet de faire le diagnostic du genre et la détermination de la densité parasitaire ; le frottis mince précise l'espèce plasmodiale. Avec le QBC (*Quantitative Buffy Coat*), les trophozoïtes de *Plasmodium* spp. apparaissent avec un noyau vert fluorescent intense et un halo cytoplasmique vert pâle. Les autres méthodes de diagnostic sont la PCR (*Polymerase Chain Reaction*), l'apposition placentaire colorée au Giemsa ou à l'hématoxyline-éosine.

### I.2.1.4. Vecteurs

Les vecteurs de *Plasmodium* spp. sont ses hôtes définitifs car ils hébergent les stades sexués ; ce sont des moustiques femelles qui appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, à la classe des Insectes, à l'ordre des Diptères, au sous-ordre des Nématocères, à la famille des Culicidae, à la sous-famille des Anophelinae et au genre *Anopheles* Meigen, 1818.

Sur les 465 espèces d'anophèles recensées dans le monde dont une soixantaine sont vecteurs du paludisme et une vingtaine, à elles seules, sont à l'origine de la plupart des cas de transmission de la maladie. En Afrique, les deux principaux complexes d'espèces vectrices sont *A. funestus*, et *A. gambiae* (Sinka *et al.*, 2012).

Seule la femelle d'anophèle est hématophage. L'apport de sang est indispensable à la maturation des ovules chez l'anophèle femelle qui se gorge tous les 3 à 4 jours. Le comportement du vecteur joue un rôle important dans la transmission du paludisme ; ainsi, les espèces d'anophèles les plus dangereuses pour l'homme sont anthropophiles, endophiles (qui affectionnent l'intérieur des maisons) et endophages, c'est-à-dire se nourrissent à l'intérieur des maisons et y restent après leur repas sanguin.

### I.2.1.5. Modes de transmission et cycle biologique

Le mode de transmission du paludisme le plus fréquent est la piqûre d'un anophèle femelle infesté. Deux autres modes sont connus : la transmission par transfusion de sang infesté et la transmission transplacentaire *in utero* de la mère à l'enfant.

Le cycle évolutif de *Plasmodium* spp. (figure 2) se déroule en deux phases : une phase asexuée ou schizogonique chez l'homme et une phase sexuée ou sporogonique chez le moustique.

#### ➤ Cycle asexué ou schizogonique

Au cours de son repas sanguin, le moustique infesté inocule à l'homme des sporozoïtes infestants contenus dans sa salive ; ce sont des éléments filiformes de quelques micromètres ( $\mu\text{m}$ ) de long qui gagnent rapidement le foie où s'effectue le cycle exo-érythrocytaire. Après sa pénétration dans l'hépatocyte, le sporozoïte s'arrondit, se transforme en un élément uni-nucléé de quelques microns de diamètre. Après plusieurs divisions, il se forme au bout d'une à trois semaines un schizonte mature ou « corps bleu » contenant quelques milliers de noyaux déformant l'hépatocyte hôte. L'éclatement du « corps bleu » libère de nombreux mérozoïtes qui gagnent le sang circulant pour initier la phase érythrocytaire du cycle schizogonique. Chaque mérozoïte libéré pénètre par endocytose dans une hématie puis il se transforme en un trophozoïte. Son noyau se divise pour donner naissance à un schizonte chargé de pigment malarique ou hémozoïne ; chaque noyau s'entoure d'une plage cytoplasmique donnant ainsi naissance à un schizonte mûr ou « corps en rosace ». A ce stade, l'hématie fragilisée éclate et libère les mérozoïtes et l'hémozoïne. Ces mérozoïtes vont parasiter des hématies saines et effectuer de nouveaux cycles schizogoniques endo-érythrocytaires. La durée du cycle varie selon l'espèce plasmodiale de 48 h pour *P. falciparum*, *P. ovale* et *P. vivax*, à 72 h pour *P. malariae* ; *Plasmodium knowlesi* a une durée de cycle plus courte de 24 h. Après plusieurs cycles schizogoniques, certains mérozoïtes se différencient en éléments à potentiel sexué, les **gamétocytes** mâles et femelles, qui sont les seules formes plasmodiales intra-érythrocytaires capables de poursuivre leur développement chez le moustique vecteur.

#### ➤ Cycle sexué sporogonique

En prenant son repas sanguin sur un hôte impaludé, l'anophèle femelle absorbe des trophozoïtes, des schizontes et des gamétocytes. Les éléments asexués sont digérés et seuls les gamétocytes ingérés assurent la poursuite du cycle. Le gamétocyte mâle, par un phénomène d'ex-flagellation, produit 8 microgamètes ou gamètes mâles. Le gamétocyte femelle mûrit et, par expulsion de corpuscules chromatiniens, donne un gamète femelle volumineux ou macrogamète immobile. La fécondation du gamète femelle par le gamète mâle donne naissance

à un zygote immobile qui devient un œuf mobile : l'ookinète ; ce dernier traverse la paroi gastrique de l'insecte et se fixe sur la surface externe de l'estomac. Dans les heures qui suivent sa formation, l'ookinète devient un oocyste immobile et arrondi ; à l'intérieur de l'oocyste surviennent des divisions successives qui aboutissent à la formation de milliers de sporozoïtes. L'oocyste mature est appelé sporocyste ; ce dernier éclate et libère les sporozoïtes qui gagnent activement les glandes salivaires, deviennent matures et infectants donc prêts à être injectés à l'homme au prochain repas sanguin de l'anophèle.

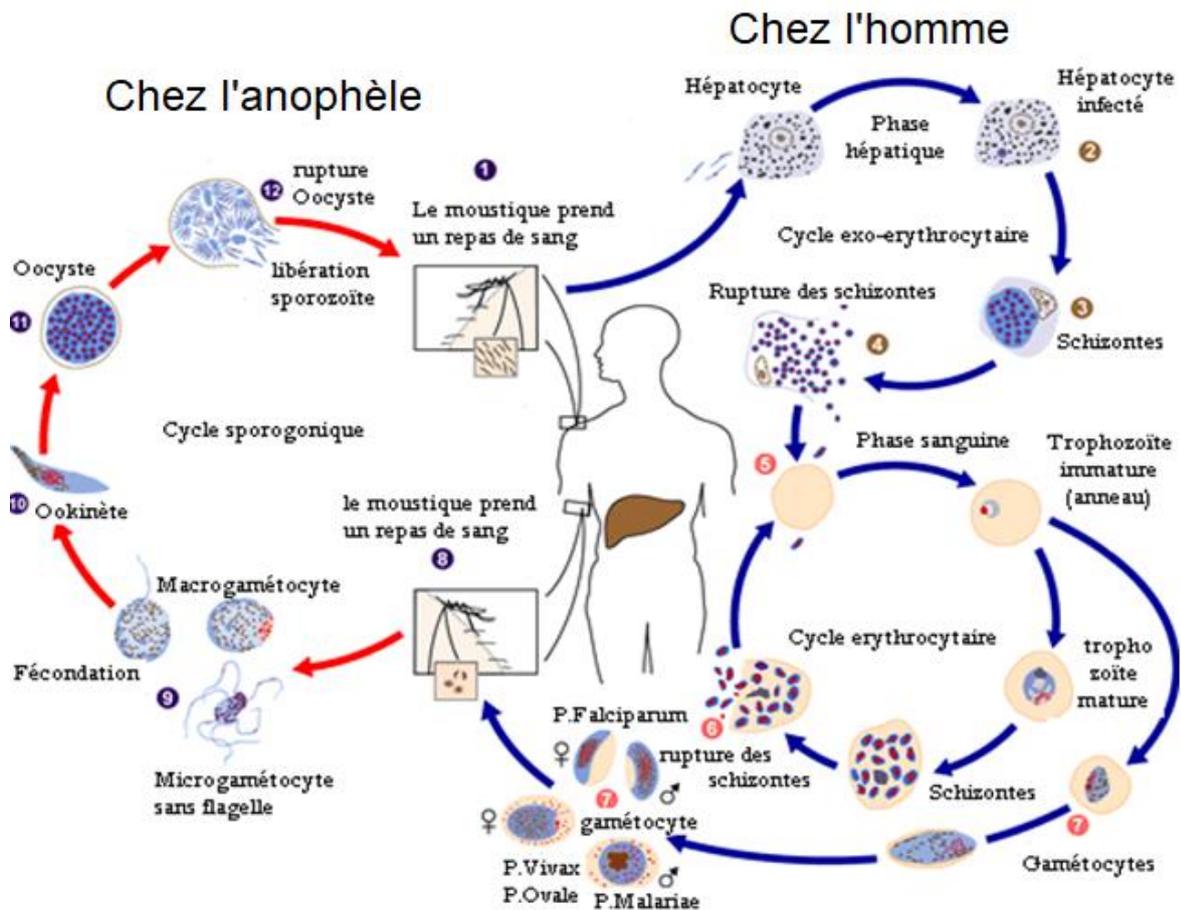


Figure 2: Cycle de développement de *Plasmodium* spp. (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

### I.2.1.6. Physiopathologie et signes cliniques

L'hémolyse entraînée par l'éclatement des schizontes mûres est à l'origine de l'anémie observée au cours des accès palustres ; par ailleurs, l'hémozine libérée est responsable de fièvre. Une autre cause de l'anémie est la séquestration et la destruction par la rate des hématies parasitées ; aussi, l'hyperactivité de la rate explique-t-elle la splénomégalie palustre. L'infestation des globules rouges par *P. falciparum* entraîne la présence de protubérances ou

knobs à la surface des hématies parasitées, c'est-à-dire des schizontes ou rosaces surtout ; ces knobs sont à l'origine d'une agrégation érythrocytaire au niveau de la paroi des capillaires profonds. Ce phénomène de cytoadhérence associé à l'anémie hémolytique a pour conséquence une anoxie tissulaire, notamment au niveau cérébral, déterminant ainsi un neuropaludisme ou paludisme cérébral.

Dans le paludisme, il n'y a pas d'immunité acquise vraie ; l'on a par contre une semi-immunité qu'on appelle prémunition ; elle n'empêche pas la maladie mais permet de réduire le risque de survenue des formes graves. Elle est acquise lentement, au prix d'infestations répétées ; elle est précaire et instable et se perd au bout de 1 à 2 ans lorsque le sujet quitte la zone d'endémie palustre. Les mères prémunies transmettent *in utero* des IgG antiplasmodiales à leurs enfants qui sont ainsi protégés pendant les 3 à 4 premiers mois de la vie. Entre 4 mois et 4 ans voire 5 ans, l'enfant vivant en zone d'endémie acquiert progressivement sa propre prémunition à la suite de piqûres répétées d'anophèles femelles infestées.

Les signes cliniques du paludisme sont divers dans leur expression et leur gravité. Classiquement, ils se répartissent en accès palustres non compliqués et en accès palustres compliqués ou graves. Dans les accès non compliqués, il y a l'accès de primo-invasion et l'accès intermittent.

L'accès de primo-invasion, qui a lieu chez des sujets non immuns ou à immunité antiplasmodiale faible, se caractérise par un tableau clinique évoquant un embarras gastrique fébrile. Ainsi, l'on peut observer une fièvre pouvant atteindre 39°C à 40°C, des myalgies et céphalées accompagnées de troubles digestifs à type de douleurs abdominales, nausées ou vomissements, diarrhées avec parfois constipation.

Au cours de l'accès palustre intermittent ou accès palustre à fièvre périodique, on observe une succession de trois stades : le stade des frissons, le stade de chaleur et celui de sueurs ; ces trois stades se répètent chez le malade selon un rythme tierce ou quarte en fonction de l'espèce plasmodiale mise en cause. En effet, ils surviennent toutes les 48 heures pour *P. vivax*, *P. ovale* et parfois *P. falciparum*, toutes les 72 heures pour *P. malariae*. Les accès palustres simples présentent une évolution favorable en cas de prise en charge rapide et efficace. A l'opposé, ils peuvent évoluer vers le paludisme viscéral évolutif ou paludisme compliqué, notamment avec *P. falciparum*.

L'accès palustre grave ou compliqué est décrit par l'OMS (2013) par un ensemble de critères cliniques et biologiques. Au plan clinique, il y a la prostration, les troubles de la conscience (coma de stade II), une détresse respiratoire (acidose respiratoire), des crises

convulsives, un collapsus circulatoire, un syndrome de coagulation intravasculaire disséminée, un œdème pulmonaire, un ictère et une hémoglobinurie.

#### **I.2.1.7. Prévention**

La lutte contre les piqûres de moustiques consiste à porter des vêtements longs le soir, mettre des répulsifs sur les parties découvertes du corps, utiliser des tortillons fumigènes ou des bombes insecticides, installer des moustiquaires (si possible imprégnées d'insecticides) aux portes et aux fenêtres et dormir sous moustiquaires imprégnées d'insecticides.

La chimioprophylaxie chez la femme enceinte est un traitement préventif intermittent (TPI) à la sulfadoxine-pyriméthamine : 3 comprimés en prises uniques au 2<sup>ème</sup> et au 3<sup>ème</sup> trimestres de la grossesse. La première dose est administrée à partir de la 16<sup>ème</sup> semaine de grossesse ; la deuxième dose est prise 4 semaines au moins après la première. Chez la femme séropositive au VIH ne prenant pas de Cotrimoxazole en régime de prophylaxie primaire des infections opportunistes, une 3<sup>ème</sup> dose est donnée 1 mois après la 2<sup>ème</sup> dose. Avant la 16<sup>ème</sup> semaine de grossesse, la femme est encouragée à dormir sous moustiquaire et ce pendant toute la durée de la grossesse et après l'accouchement.

### **I.2.2. Ascariidose**

#### **I.2.2.1. Définition**

L'ascaridose est une maladie parasitaire due à un nématode, *Ascaris lumbricoides* Linnaeus, 1758, qui infeste spécifiquement l'intestin grêle humain ; elle est cosmopolite mais plus fréquente dans les zones tropicales et subtropicales, ainsi que dans les zones caractérisées par une hygiène inadéquate. L'ascaridose est surtout fréquente chez les enfants à cause de leur pratique de géophagie.

#### **I.2.2.2. Agent pathogène**

*Ascaris lumbricoides* est un nématode de grande taille, blanc ivoire ou blanc rosé, de consistance ferme ; il est gonochorique et caractérisé par un dimorphisme sexuel marqué. Le mâle mesure 15 à 17 cm de long avec une extrémité postérieure recourbée en crosse, tandis que la femelle, plus grande, mesure 20 à 35 cm et son extrémité postérieure est cylindrique ; elle est ovipare.

Les œufs pondus par la femelle sont ovalaires, cylindriques et mesurent 60 µm sur 45 µm ; ils ont une coque double avec une paroi interne très épaisse et lisse, une paroi externe mamelonnée. A la ponte, l'œuf fécondé est non-embryonné et renferme une masse arrondie finement granuleuse (figure 3) ; au stade embryonné, il contient une petite larve.



Figure 3 : Œuf fécondé d'*Ascaris lumbricoides* (www.parasitesinhumans.org).

### **I.2.2.3. Transmission et cycle de développement**

L'homme s'infeste en ingérant des œufs embryonnés, soit directement en mettant les mains sales souillées dans la bouche, soit indirectement en ingérant des aliments ou de l'eau de boisson souillés d'œufs embryonnés d'*A. lumbricoides*.

L'œuf avalé s'ouvre dans le tube digestif de l'homme sous l'action du suc gastrique et d'une substance sécrétée par l'embryon ; il libère une larve L1 qui traverse la paroi intestinale et gagne le foie par la veine porte ou en rampant sur le péritoine où elle séjourne dans le parenchyme hépatique 3 à 4 jours et subit une mue et se transforme en larve L2. Du parenchyme hépatique, cette larve L2 gagne le cœur droit par la veine sus-hépatique puis l'artère pulmonaire et les capillaires pulmonaires ; à ce niveau, elle subit 2 mues et passe du stade L2 au stade L4, passage pulmonaire qui dure environ 8 jours. La larve L4 passe par effraction dans les bronches, quittant ainsi la voie sanguine pour la voie aérienne, elle remonte la trachée et parvient au niveau du carrefour aéro-digestif, au niveau du pharynx où sa présence détermine une toux réflexe et, à la faveur d'un mouvement de déglutition, elle bascule dans le tube digestif : œsophage, estomac puis intestin grêle où, après une dernière mue, elle devient adulte par maturation sexuelle (figure 4).

Les individus mâles et femelles vivent dans l'intestin grêle de l'homme. Deux à 3 mois après l'infestation, la ponte débute et un ascaris femelle peut libérer 2000 à 3000 œufs non embryonnés par jour qui sont éliminés dans le milieu extérieur dans les selles, ces œufs sont extrêmement résistants au froid, à la chaleur et même aux antiseptiques ; ils s'embryonnent dans le milieu extérieur en 3 à 6 semaines selon les conditions de température et d'humidité ; un climat chaud et humide permet un embryonnement plus rapide (figure 4).

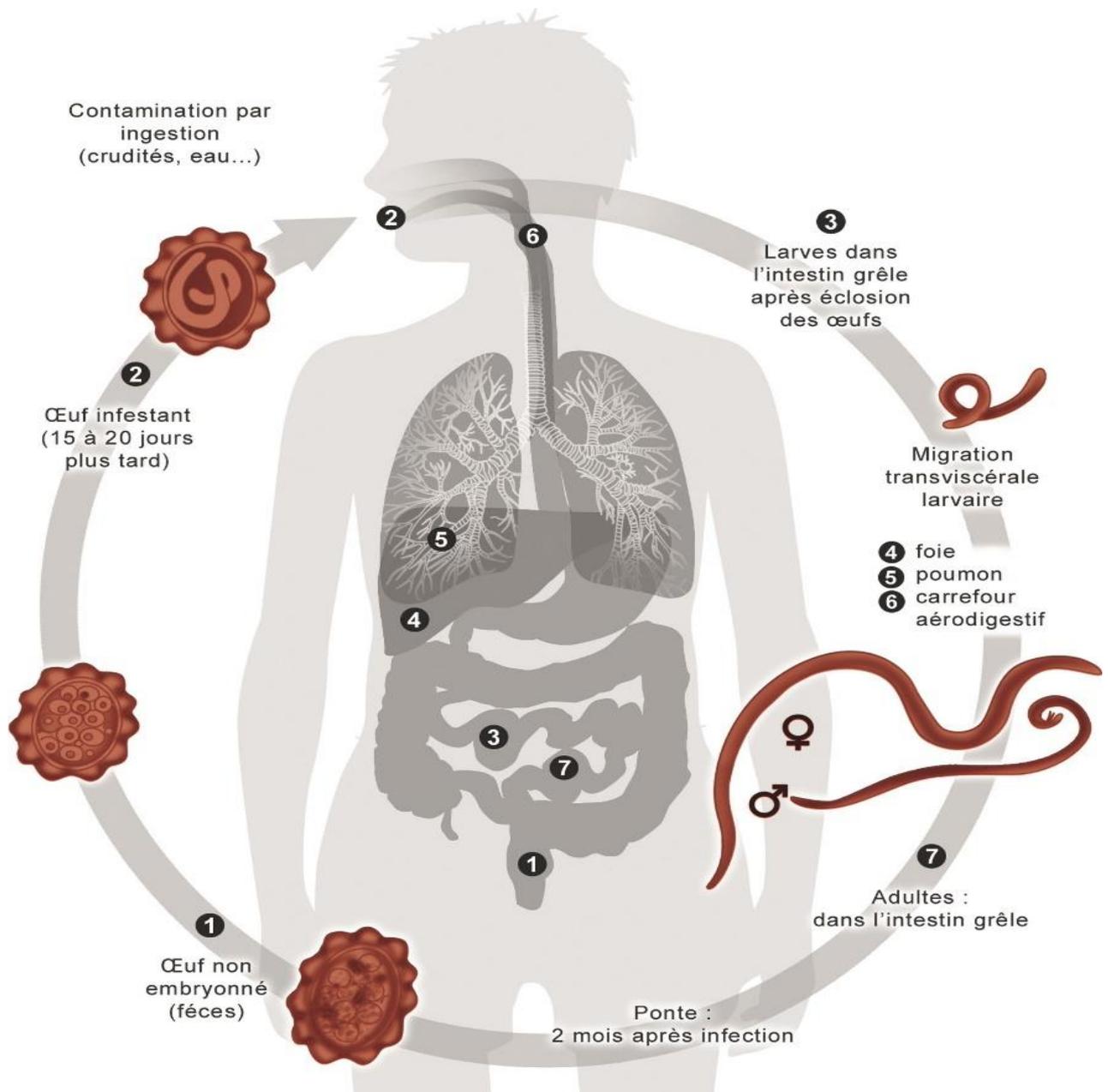


Figure 4: Cycle de développement d'*Ascaris lumbricoides* (campus.cerimes.fr).

#### I.2.2.4. Signes cliniques

L'ascaridiose est caractérisée par deux phases : une phase d'invasion et une phase d'état.

##### I.2.2.4.1. Phase d'invasion

La phase d'invasion correspond à la migration larvaire ; elle peut durer 15 jours et on peut alors observer le classique syndrome de Löeffler qui associe une fièvre autour de 38°C et une toux sèche, éventuellement associée à une dyspnée et des expectorations. Alors que l'auscultation pulmonaire est normale, la radiographie thoracique montre des opacités infiltratives labiles.

#### **I.2.2.4.2. Phase d'état**

La phase d'état correspond à la présence des vers adultes dans l'intestin grêle ; elle est caractérisée par des troubles intestinaux : douleurs abdominales diffuses, des diarrhées, des nausées et des vomissements. Les complications chirurgicales (occlusion, perforation intestinale, angiocholite pancréatite aiguë) et les dénutritions par malabsorption s'observent rarement. L'expulsion par voie orale, nasale ou anale des vers adultes en cas d'infestation massive est possible.

#### **I.2.2.5. Diagnostic biologique**

Le diagnostic d'orientation repose sur une hyperéosinophilie sanguine qui apparaît 3 à 8 jours après l'infestation ; elle peut atteindre la 3<sup>ème</sup> semaine.

Le diagnostic de certitude est basé sur l'examen parasitologique des selles du malade où on recherche les œufs d'*A. lumbricoides*. L'examen direct donne de bons résultats mais doit être complété par une technique standard de concentration telle que la technique de concentration au formol-éther (Ritchie). La technique de Kato-Katz est de loin la meilleure technique de concentration bien qu'onéreuse mais d'exécution facile ; elle permet une très bonne concentration des œufs et leur numération avec ceux d'autres helminthes en général.

#### **I.2.2.6. Prophylaxie**

On doit filtrer l'eau de boisson et veiller à ce que les fruits et les légumes, consommés crus, soient méticuleusement lavés à l'eau bouillie ou filtrée et javellisée, à condition que l'ébullition ait été prolongée pendant un certain temps. L'utilisation d'engrais humains sur les sols des cultures maraîchères doit être interdite.

### **I.2.3. Trichocéphalose**

#### **I.2.3.1. Définition**

La trichocéphalose est une parasitose due à un nématode intestinal : *Trichiuris trichiura* Linnaeus, 1771 ; ce ver hématophage vit implanté dans la muqueuse colique au niveau du caecum et, il a une biologie semblable à celle d'*A. lumbricoides* avec lequel il est souvent associé chez le même individu. La trichocéphalose est une parasitose cosmopolite mais avec une prédominance dans les régions tropicales où environ 90 % des cas sont recensés, touchant surtout les enfants.

#### **I.2.3.2. Agent pathogène**

*Trichiuris trichiura* est un ver rond blanc rougeâtre de 3,5 à 5 cm de long ; il présente deux portions très différentes quel que soit le sexe : une portion antérieure longue et filiforme comme un cheveu (trico=cheveu en latin) occupant les 2/3 du corps et une portion postérieure

renflée, beaucoup plus épaisse occupant le tiers restant et contenant les organes génitaux ; il a un diamètre de 1mm ; il est arqué chez la femelle et enroulé dorsalement chez le mâle.

L'œuf pondu par une femelle fécondée mesure 55 µm sur 25 µm ; il est en forme de citron allongé à paroi épaisse, lisse, brunâtre avec un bouchon muqueux clair à chaque extrémité. Il n'est pas embryonné à la ponte mais le devient dans le milieu extérieur au bout de 6 à 8 semaines (figure 5).

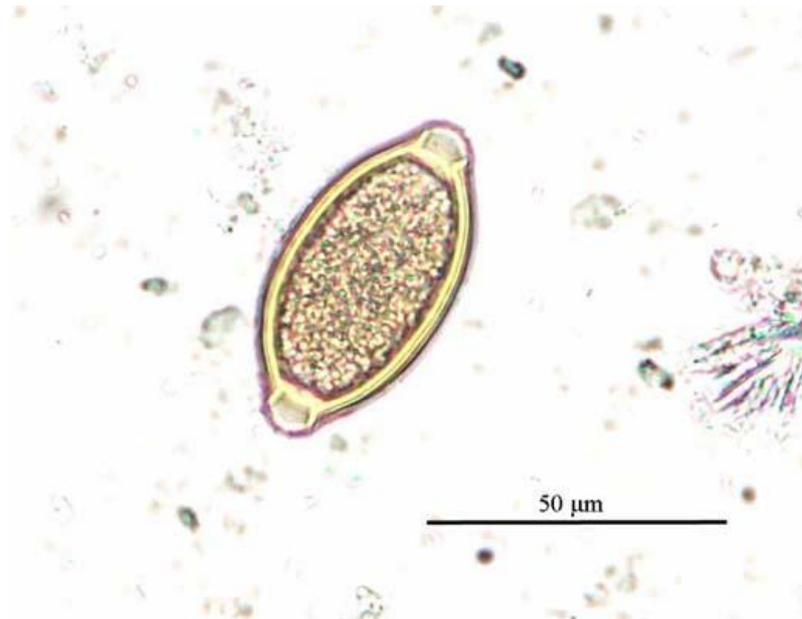


Figure 5 : œuf non embryonné de trichocéphale (*Trichuris trichiura*) (<http://umvf.omsk-osma.ru>).

### I.2.3.3. Transmission et cycle biologique

L'homme se contamine en ingérant les œufs embryonnés de *T. trichiura* avec les aliments ou l'eau de boisson souillés ou encore par la terre contaminée restée sur les mains.

Au niveau de l'estomac, la coque de l'œuf est digérée libérant ainsi une larve qui s'enfouit dans la muqueuse intestinale et mûrit *in situ*. Les nématodes mâles et femelles, qui vivent la tête enfoncée dans la muqueuse caecale et dans l'appendice, se nourrissent de sang. Un mois après l'infestation, les femelles commencent à pondre environ 30 000 œufs/jour ; ces œufs sont expulsés dans le milieu extérieur avec les excréments de l'hôte ; embryonnés, ils demeurent viables et infestants pendant plus de 5 ans (figure 6).

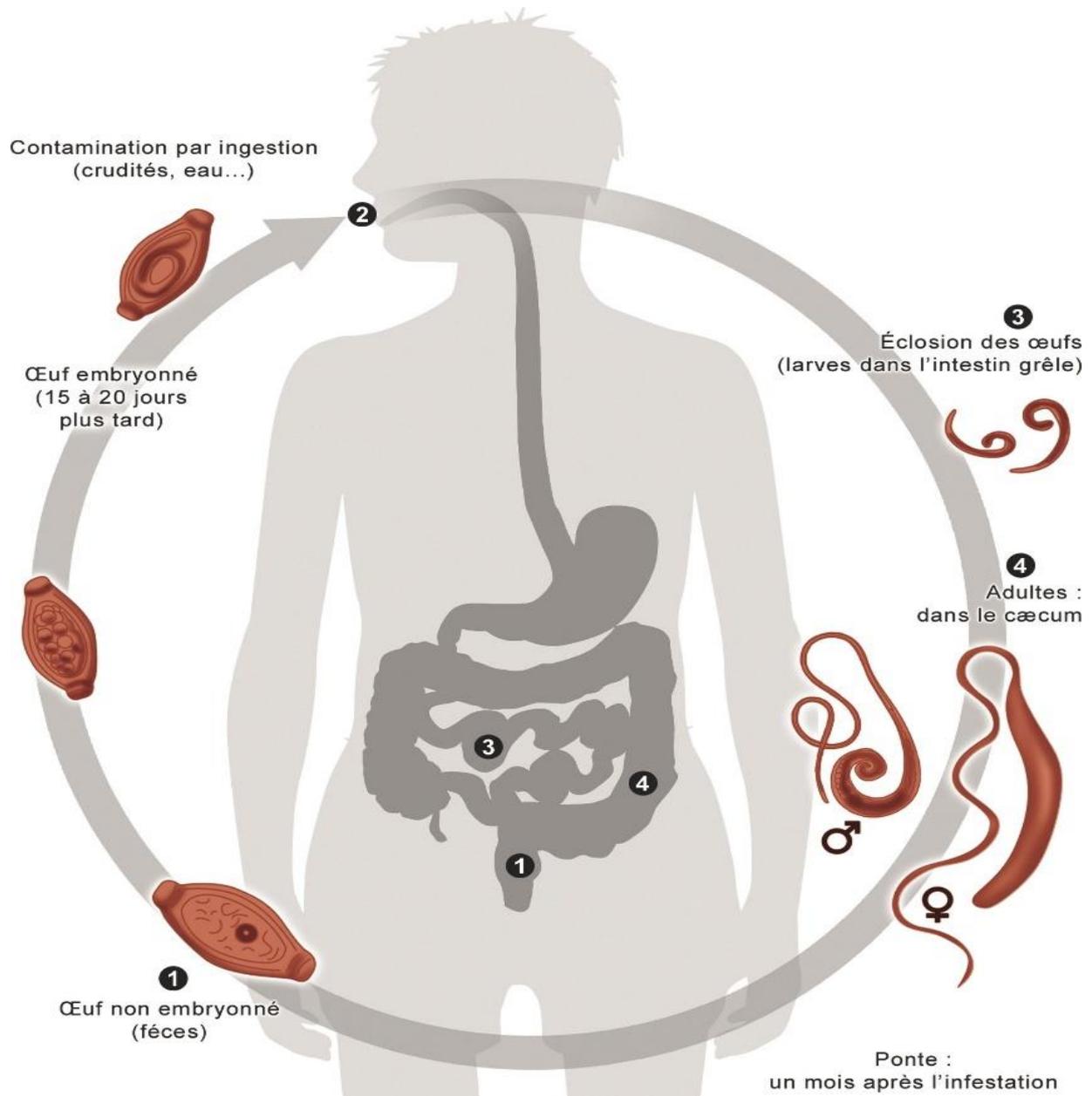


Figure 6 : Cycle de développement de *Trichiuris trichiura* (campus.cerimes.fr).

#### I.2.3.4. Signes cliniques

La trichocéphalose est une affection souvent asymptomatique ; toutefois, en cas de très forte infestation par plusieurs centaines ou milliers de vers chez le même individu, on note des douleurs abdominales, une diarrhée chronique glairo-sanguinolente, des ténésmes, un prolapsus rectal souvent tapissé de vers, une anémie hypochrome et une altération de l'état général.

#### I.2.3.5. Diagnostic biologique

Le diagnostic de certitude n'est basé que sur l'examen parasitologique des selles où on recherche les œufs de trichocéphales facilement reconnaissables ; cette recherche est faite par

un examen direct des selles complété par une technique standard de concentration (Ritchie) ou par la technique du Kato-Katz.

### **I.2.3.6. Prophylaxie**

La prophylaxie contre la trichocéphalose consiste en :

- la lutte contre le péril fécal ; il s'agit d'aménager les latrines pour éviter la dissémination des œufs, de traiter les eaux usées afin de protéger les cultures et d'interdire ou de réglementer l'usage de l'engrais humain en agriculture ;

- l'hygiène alimentaire et fécale ; il est recommandé de se laver les mains avant les repas ou toute manipulation d'aliments et après un passage aux toilettes, de laver soigneusement les légumes et les fruits consommés crus avec une eau propre. Si l'eau est de qualité douteuse, la javellisation ou l'ébullition sont recommandées ;

- un dépistage et un traitement systématique des personnes surtout dans les collectivités et parmi les personnes manipulant les aliments ;

- l'éducation sanitaire ; il est question d'informer la population sur les dangers du péril fécal et d'enseigner les règles essentielles d'hygiène en soulignant le danger des mains sales.

### **I.2.4. Amibiase**

#### **I.2.4.1. Définition**

L'amibiase est une affection parasitaire due à un protozoaire parasite strict de l'homme : *Entamoeba histolytica* Schaudinn, 1903. Très répandues, les infections latentes sont plus nombreuses que les formes patentes. La manifestation clinique classique est la dysenterie amibienne ; toutefois on ne doit pas méconnaître les formes mineures ou atténuées qui peuvent aussi évoluer vers une amibiase viscérale surtout hépatique.

#### **I.2.4.2. Agent pathogène**

L'agent pathogène *E. histolytica* est morphologiquement non distinguable d'*E. dispar* Brumpt, 1925 qui est une espèce non pathogène. Ainsi, ces deux espèces ont longtemps été confondues en une seule ayant une forme pathogène et une forme non pathogène.

*Entamoeba histolytica* existe sous deux formes différentes : une forme végétative ou trophozoïte et une forme kystique.

#### **➤ Forme végétative ou trophozoïte**

C'est la forme végétative qui est à l'origine de la dysenterie amibienne ; ce trophozoïte mesure 20 à 40 µm de diamètre. Très mobile, il se déplace en émettant des pseudopodes fins, grêles et toujours dans le même sens ; on dit qu'il a un mouvement unidirectionnel. Le trophozoïte présente un ectoplasme externe et un endoplasme interne. Le cytoplasme est

finement granuleux ; on y retrouve des hématies plus ou moins digérées. Il contient un noyau arrondi avec une chromatine régulièrement perlée ; au centre de ce noyau se trouve un élément ponctiforme : le caryosome (figure 7.a).

La forme végétative vit chez l'homme, dans les tissus (épaisseur de la paroi colique, tissu hépatique) où elle pénètre grâce à ses enzymes protéolytiques provoquant des micro-abcès qui peuvent confluer entre eux.

#### ➤ **Forme kystique**

Le kyste est la forme de résistance et de dissémination du parasite ; il est un élément arrondi mesurant 10-15  $\mu\text{m}$  de diamètre, avec une paroi épaisse réfringente et résistante. On distingue des kystes à 1, 2 et 4 noyaux ; le kyste à 4 noyaux est mûr et représente la forme infestante de l'amibe (figure 7.b).

Le noyau du kyste mûr est arrondi, avec une chromatine perlée et un caryosome central et punctiforme ; quelque fois à l'intérieur de ce kyste, on peut noter la présence d'un ou de plusieurs bâtonnets à bouts arrondis en forme de cigare appelé corps sidérophiles ou chromodiums.



Figure 7 : Formes parasitaires d'*Entamoeba histolytica/dispar* : Trophozoïte (a) et kystes (b)

([www.parasitesinhumans.org](http://www.parasitesinhumans.org)).

Légende : 1= caryosome central, 2= membrane nucléaire, 3= hématie ingérée, 4 = pseudopode.

### **I.2.4.3 Transmission et cycle évolutif**

L'homme se contamine en consommant une eau de boisson ou des aliments crus contenant des kystes mûrs à 4 noyaux d'*E. histolytica/dispar*. Le cycle de développement est direct ou monoxène avec pour principal hôte l'homme (figure 8). Le kyste ingéré par l'homme parvient dans l'estomac, perd sa coque par lyse sous l'action des sucs gastriques et libère une amibe à 4 noyaux ; cette amibe divise une fois ses noyaux puis son cytoplasme et donne 8 amœbules qui deviendront chacun un trophozoïte. Le trophozoïte vit fixé à la paroi intestinale et se multiplie par scissiparité. Suite à un changement des conditions du milieu ou l'état de l'hôte, le trophozoïte s'arrondit, s'entoure d'une coque et divise son noyau pour donner des kystes à 1, 2 ou 4 noyaux. Les kystes sont éliminés passivement avec les selles du malade 6 à 8 jours après la contamination.

Dans certains cas, on retrouve des personnes bien portantes (porteurs sains) qui disséminent dans le milieu extérieur des kystes qui contaminent l'entourage. Chez d'autres personnes, l'amibe sécrète des enzymes qui lui confèrent le pouvoir de nécroser les tissus de l'hôte ; elle va lyser les muqueuses intestinales et pénétrer dans la sous-muqueuse, s'y multiplie activement et y détermine des lésions caractéristiques : abcès en « boutons de chemises » qui sont plus étendus en profondeur qu'en surface. La muqueuse qui recouvre l'abcès est à contours nécrosés avec une ulcération. Les ulcérations se surinfectent rapidement et lèsent les vaisseaux ; on a une hémorragie et une accélération du péristaltisme d'où l'émission de selles sanguinolentes.

La forme végétative n'est pas infestante. Seuls les kystes mûrs à 4 noyaux permettent la transmission de la maladie. L'épidémiologie de l'amibiase est dominée par le péril fécal ; la transmission se fait par les mains sales, par l'intermédiaire des aliments et des eaux de boisson souillés.

Les facteurs favorisant de l'amibiase sont l'absence d'hygiène fécale, l'absence d'hygiène individuelle, l'abondance des mouches capables de transporter les kystes des matières fécales aux aliments, le climat chaud et humide qui favorise la survie des kystes dans le milieu extérieur.

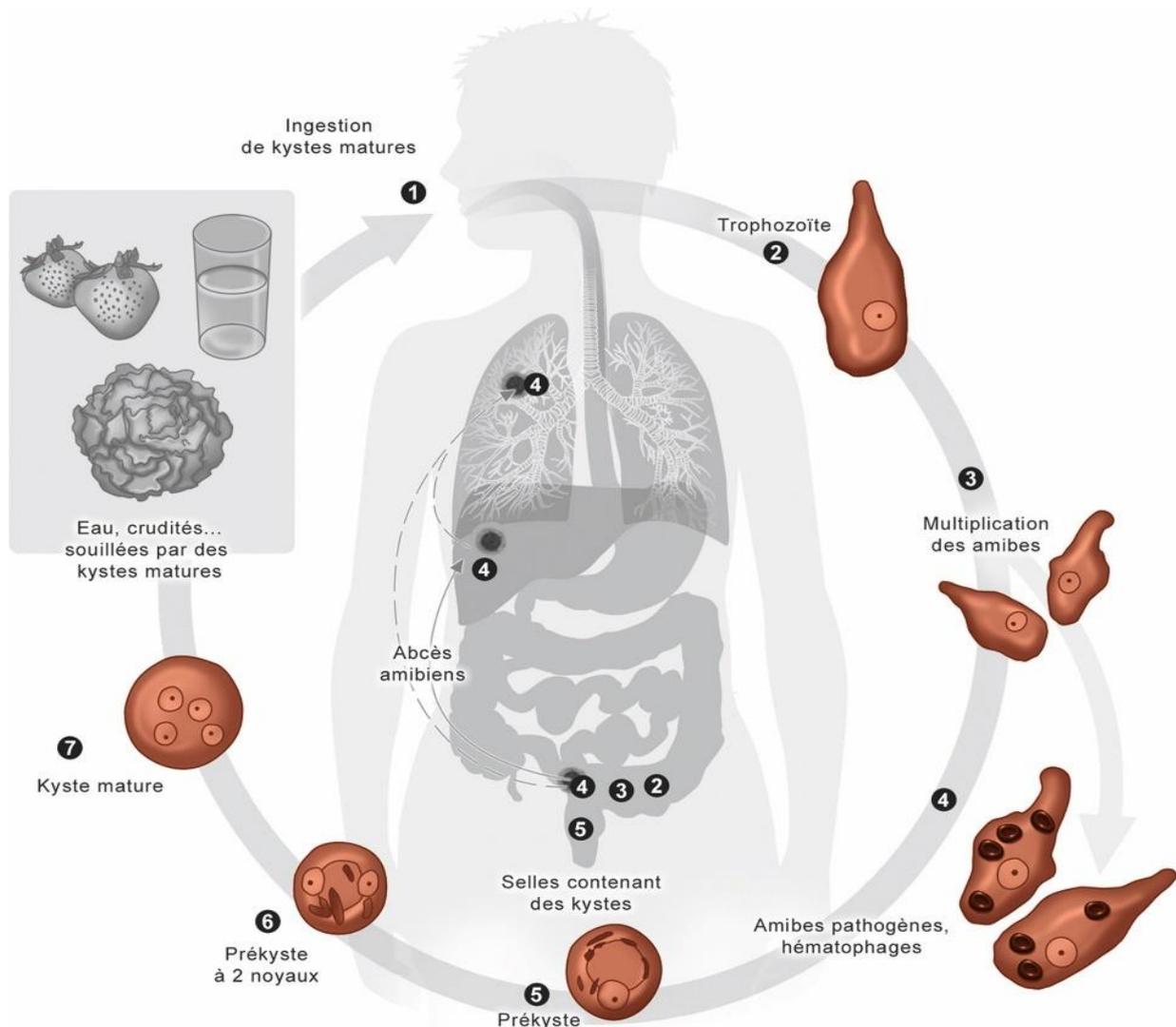


Figure 8 : Cycle de développement d'*Entamoeba histolytica/dispar* (campus.cerimes.fr).

#### I.2.4.4. Signes cliniques

Les signes cliniques varient avec le stade évolutif de la maladie. L'amibiase reste parfois longtemps asymptomatique avant de se manifester ultérieurement ; cette maladie se présente sous plusieurs aspects :

- l'amibiase intestinale en forme aiguë (douleurs abdominales, diarrhée avec des glaires et du sang, épreintes, ténésmes) et en forme chronique (douleurs abdominales sourdes, selles pâteuses) ;
- l'amibiase hépatique avec douleur à l'hypocondre droit, douleur à l'ébranlement témoignant de l'abcès du foie, hyperleucocytose à polynucléaires neutrophiles et une forte élévation de la vitesse de sédimentation ;
- l'amibiase pulmonaire caractérisée par des troubles thoraciques (dyspnées, douleurs thoraciques, toux avec parfois expectoration ou vomique de couleur chocolat).

#### **I.2.4.5. Diagnostic biologique**

Le diagnostic biologique direct de l'amibiase intestinale est très important. Dans la dysenterie amibienne, on recherche le parasite dans les selles sanguinolentes ; cette recherche en priorité de la forme végétative doit s'effectuer très rapidement sur des selles fraîchement émises. Dans les selles dures ou moulées, on recherche plutôt la forme kystique.

#### **I.2.4.6. Prophylaxie**

La prophylaxie intègre deux niveaux :

- le niveau collectif ; il est ici recommandé de traiter les eaux usées, de proscrire l'épandage des matières fécales, de protéger les cultures maraîchères, de désinfecter les selles des malades, de dépister et de traiter les porteurs sains et les amibiens chroniques ;
- le niveau individuel ; il s'agit de laver les fruits et légumes, d'éviter les aliments irritants pour l'intestin, de laver les mains avant de manger et de faire bouillir l'eau de qualité douteuse.

### **I.2.5. Giardiose**

#### **I.2.5.1. Définition**

La giardiose est une affection parasitaire due à la présence, dans la partie initiale de l'intestin grêle de l'homme, d'un parasite flagellé appelé *Giardia intestinalis* Kofoid et Christiansen, 1915 ; c'est une maladie cosmopolite souvent bien tolérée, voire asymptomatique, qui peut cependant provoquer des troubles digestifs sévères chez l'enfant.

#### **I.2.5.2. Agent pathogène**

*Giardia intestinalis* existe sous deux formes : une forme végétative ou trophozoïte et une forme kystique.

##### ➤ **Forme végétative ou trophozoïte**

La forme végétative de *G. intestinalis* est un élément pyriforme de 10 à 20 µm de grand diamètre sur 5 à 10 µm de petit diamètre. La partie antérieure, arrondie, est creusée d'une dépression réniforme qui renferme deux noyaux. Au centre de la cellule et dans le sens longitudinal se trouve un élément allongé : l'axostyle ; ce dernier est traversé par deux éléments en forme de « S » : les corps parabasaux. Le parasite est mobile grâce à quatre paires de flagelles dirigés vers l'arrière, lui donnant une très grande mobilité « en chute de feuille » (figure 9.a). Le trophozoïte est non infectieux et ne peut survivre hors de son hôte à cause de sa fragilité.

##### ➤ **Forme kystique**

Le kyste de *G. lamblia* est ovoïde et mesure 9 à 15 µm sur 7 à 10 µm. Il a une coque lisse à double paroi, quatre noyaux (deux pour les formes pré-kystiques) généralement groupés à une extrémité. Parfois des restes de flagelles en forme de « S » persistent (figure 9.b). Les kystes,

formes infectieuses, sont très résistants dans la nature et survivent dans diverses conditions environnementales défavorables.

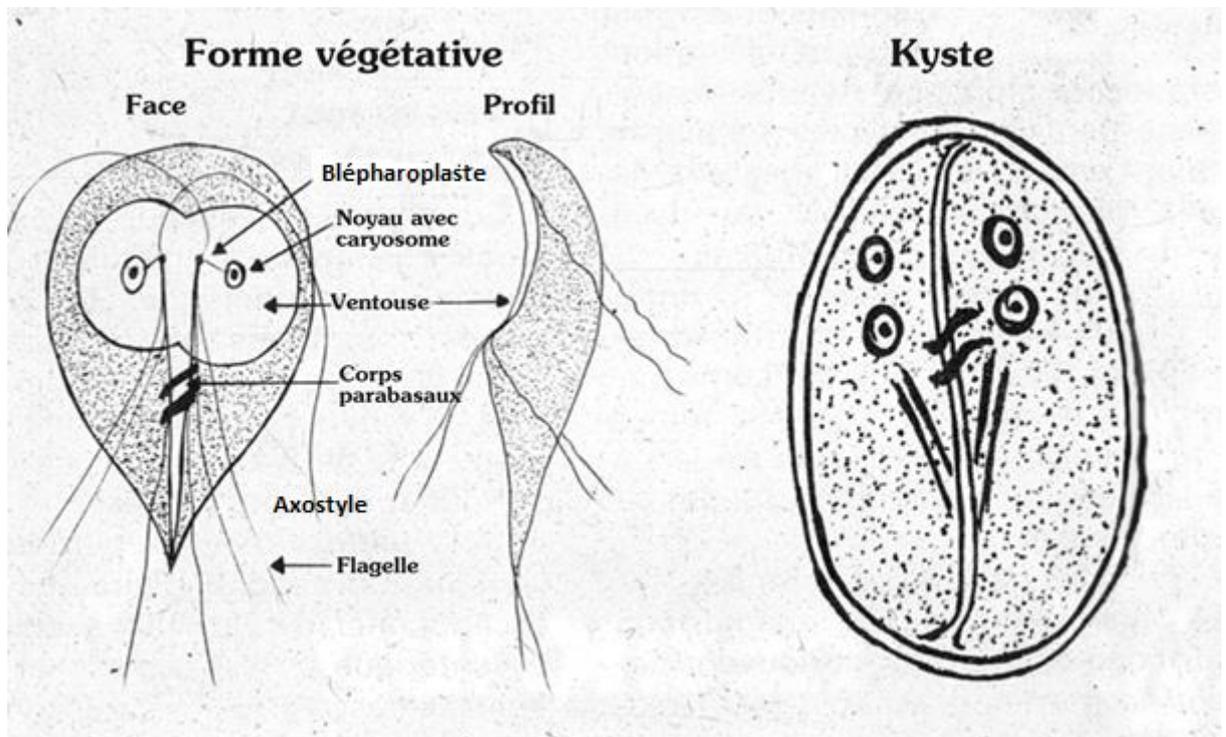


Figure 9 : Formes parasitaires de *Giardia intestinalis* : Trophozoïte (a) et kyste (b)  
([www.parasitesinhumans.org](http://www.parasitesinhumans.org)).

### I.2.5.3. Transmission et cycle de développement

La contamination de l'homme se fait par ingestion des kystes mûrs à quatre noyaux en même temps que les aliments et l'eau de boisson souillés ; les mains sales et les mouches peuvent passivement transporter les kystes des selles sur les aliments.

*Giardia intestinalis* vit dans le duodénum et le jéjunum initial sous sa forme végétative et se multiplie par scissiparité ou division binaire ; il vit fixé à la surface de la muqueuse sans pénétrer à l'intérieur des cellules et peut migrer dans les voies biliaires. Dans certaines circonstances encore mal connues, le parasite s'enkyste. Les formes végétatives et kystiques sont éliminées dans le milieu extérieur avec les selles. Les formes végétatives meurent très rapidement ; seules les formes kystiques résistent dans le milieu extérieur où elles peuvent survivre plus de trois mois dans l'eau ou les fosses septiques et elles sont ainsi la forme de résistance et de dissémination du parasite. Une fois ingéré, le kyste mûr redonne des formes trophozoïtes dans le duodénum où elles se multiplient (figure 10).

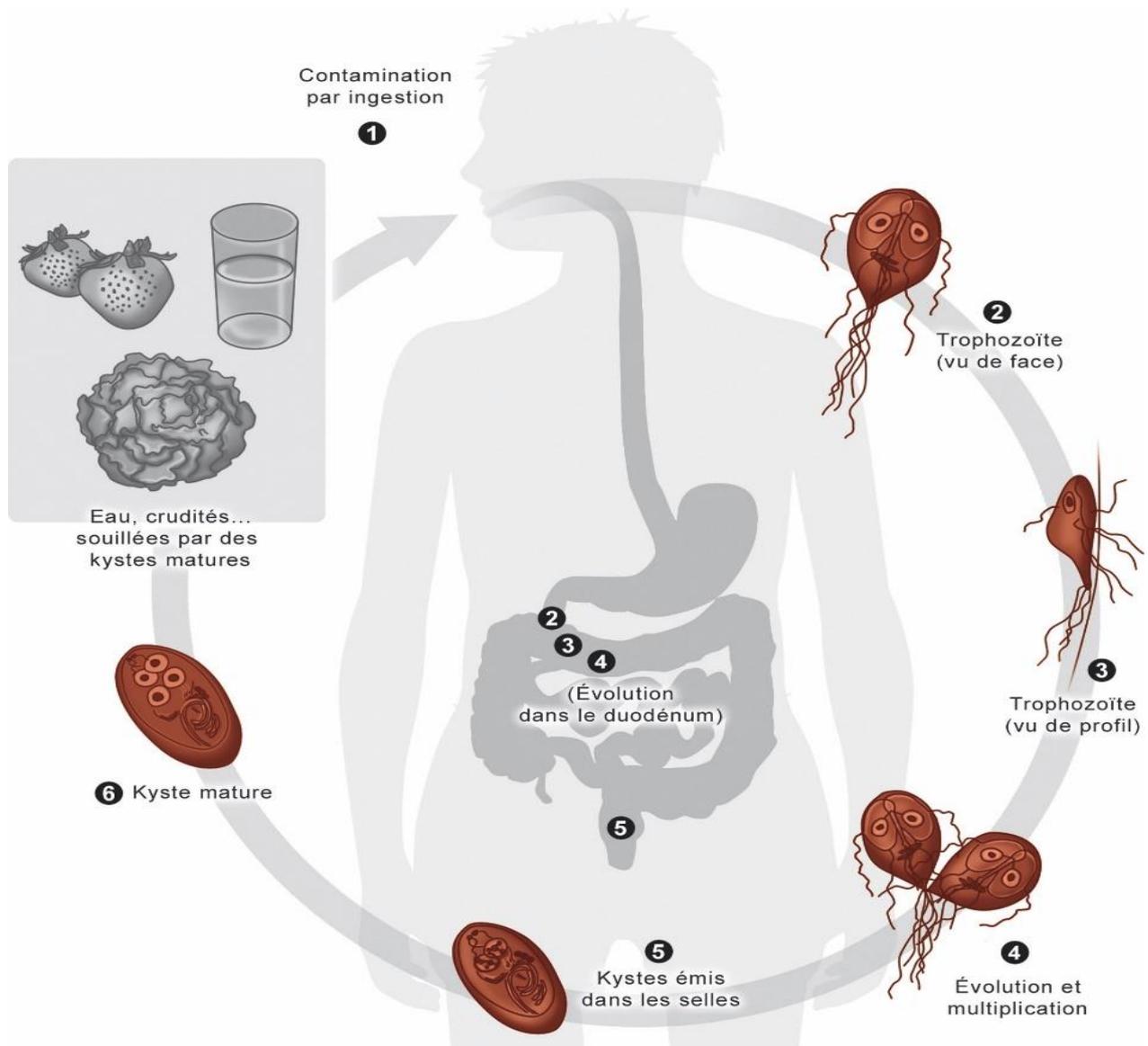


Figure 10: Cycle de développement de *Giardia intestinalis* (campus.cerimes.fr).

#### I.2.5.4. Signes cliniques

Lorsque la maladie s'exprime cliniquement, le début peut être progressif ou brutal. La diarrhée est le symptôme dominant avec 5 à 10 selles par jour ; ce sont des selles pâteuses ou liquides jaunâtres ou claires, parfois mousseuses ou glaireuses. Dans cette affection, il n'y a pas d'épreinte ni de ténésme ; cependant, on a parfois des brûlures anales après défécation. La diarrhée peut être permanente ou intermittente. Le malade se plaint souvent de douleurs épigastriques ou de douleurs à l'hypochondre droit survenant par crises, se déclenchant après les repas selon un rythme qui fait penser à un ulcère duodénal. En l'absence de traitement, l'état général du malade s'altère, le malade maigrit mais il reste toujours apyrétique.

Chez l'enfant, un syndrome de malabsorption intestinal peut compliquer davantage le mal ; l'enfant produit des selles abondantes, malodorantes et graisseuses. Ce syndrome se traduit par un amaigrissement important, voire un retard staturo-pondéral.

#### **I.2.5.5. Diagnostic biologique**

Le diagnostic indirect n'est d'aucun secours dans la giardiose. Le diagnostic est essentiellement parasitologique ; on recherche le parasite dans les selles, c'est-à-dire la forme végétative dans les selles diarrhéiques et la forme kystique dans les selles dures moulées.

On procède à un examen direct à l'état frais puis à la mise en œuvre d'une technique de concentration (Ritchie).

Il y a des périodes négatives où on ne retrouve pas de parasites dans les selles ; il est donc nécessaire de répéter l'examen à quelques jours d'intervalle ou trois jours de suite.

#### **I.2.5.6. Prophylaxie**

La lutte contre la giardiose consiste à :

- lutter contre le péril fécal ;
- traiter les porteurs asymptomatiques pour éviter la propagation des parasites ;
- éduquer les populations sur l'hygiène alimentaire et fécale.

### **I.2.6. LOASE**

#### **I.2.6.1. Définition**

La loase est une filariose sanguine exclusivement africaine due à une filaire spécifiquement humaine : *Loa loa* Cobbold, 1864. C'est une affection certes gênante, voire douloureuse, mais bénigne, qui peut cependant être à l'origine de complications viscérales graves, cardiaques, rénales et surtout méningo-encéphalitiques ; ces dernières peuvent être induites par l'usage intempestif de diéthylcarbazine, médicament d'une grande efficacité contre la loase mais dont les règles de prescription doivent être particulièrement prudentes au cours de cette parasitose. La loase n'est limitée qu'en Afrique centrale : Gabon, Cameroun, Nigeria, les deux Congo, le Centrafrique.

#### **I.2.6.2. Agent pathogène**

Les vers adultes de *L. loa* sont ronds, blanchâtres avec une longévité qui peut dépasser 15 ans. Le mâle mesure 3 à 3,5 cm sur 0,4 mm et la femelle mesure 5 à 7 cm sur 0,5mm (figure 11). Les microfilaries sont engainées et mesurent 300 µm sur 6 à 8 µm ; leur périodicité est diurne (figure 12).

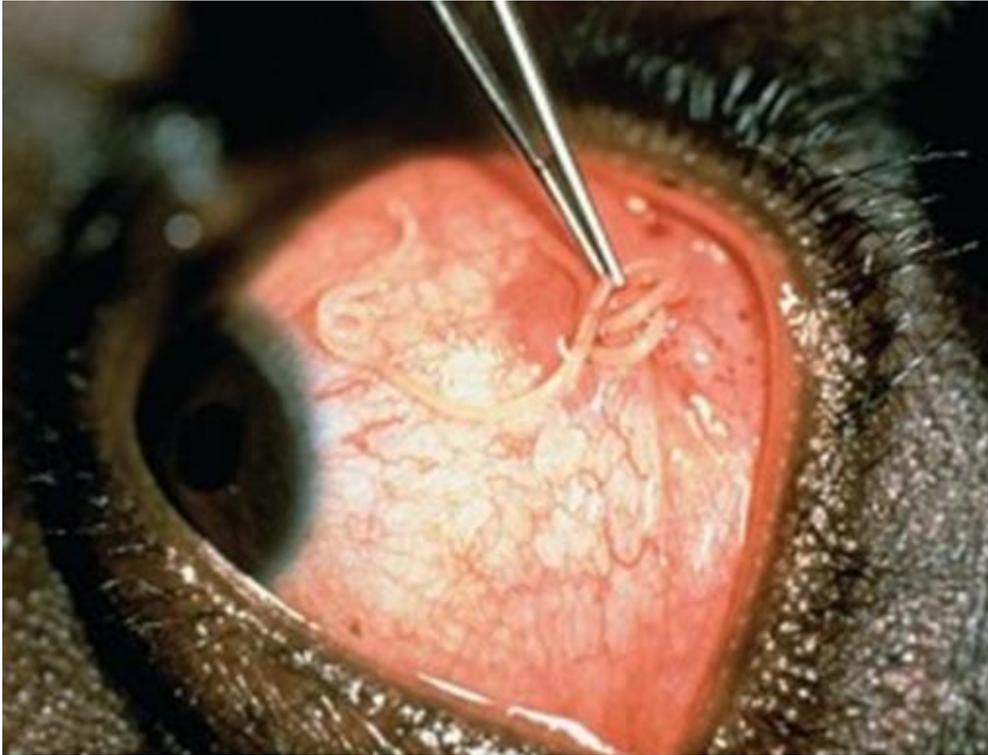


Figure 11 : Adulte femelle de *Loa loa* dans l'œil d'un patient ([www.dapmed-africa.com](http://www.dapmed-africa.com)).



Figure 12: Microfilarie de *Loa loa* ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).

• **Caractéristiques :**

- Périodicité : diurne ;
- Taille : 300  $\mu\text{m}$  sur 30  $\mu\text{m}$  ;
- Gaine : courte, mal colorée au MGG ;
- Noyau : gros, ovoïdes, se chevauchent ;
- Espace céphalique : long, 6  $\mu\text{m}$  ;
- Extrémité caudale : effilée, noyaux terminaux ;
- Corps interne : non coloré.

### I.2.6.3. Vecteur

L'agent vecteur est un tabanidé, le chrysops (*Chrysops dimidiata* et *C. silacea*) dont seule la femelle est hémaphage.

### I.2.6.4. Cycle évolutif

Les filaires adultes vivent dans les tissus profonds et superficiels sous-cutanés ou sous-muqueux où elles se déplacent constamment. Les microfilaries pondues par la femelle gagnent la circulation sanguine et sont présentes dans le sang périphérique durant le jour ; c'est dans le sang qu'elles sont prélevées par le chrysops femelle lors de son repas sanguin. Ces microfilaries deviennent infestantes en 10 à 15 jours, puis vont se localiser au niveau de la trompe de l'insecte ; ce dernier contamine un sujet sain à l'occasion d'une nouvelle piqûre. Les larves infestantes s'échappent de la trompe puis pénètrent activement l'hôte à travers la peau ; elles redonnent des adultes au bout de 3 mois (figure 13).

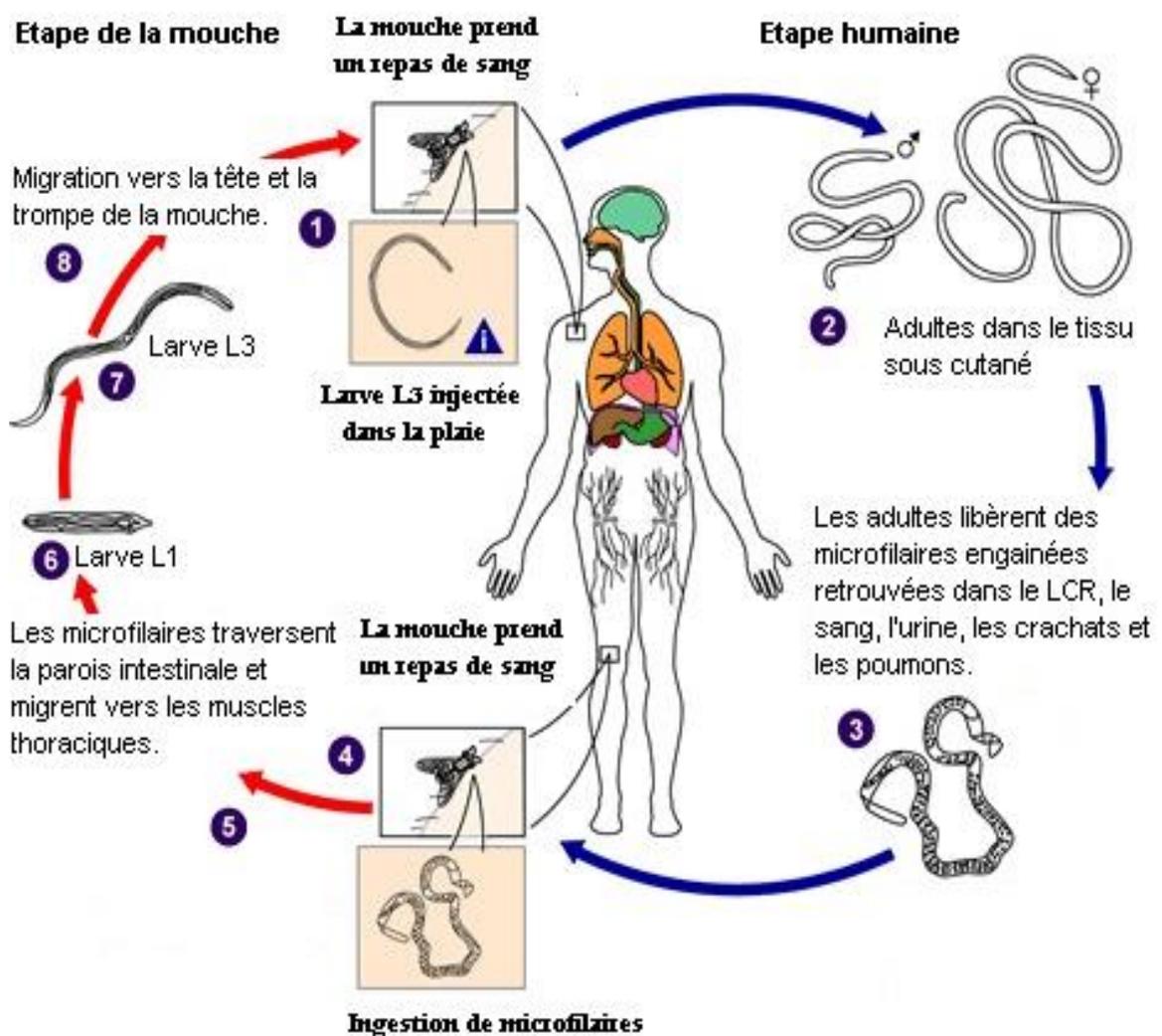


Figure 13: Cycle de développement de *Loa loa* (<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>).

### **I.2.6.5. Signes cliniques**

Les signes cliniques sont des manifestations spectaculaires, gênantes mais sans gravité. Le seul risque sérieux réside dans l'administration inadaptée de la thérapeutique. Au moins 3 mois après l'infestation, quatre types de manifestations peuvent survenir :

- un œdème fugace de Calabar ; il est allergique, prurigineux et siège plus volontiers aux membres supérieurs ; il disparaît en 24 à 72h et récidive après un délai variable dans une localisation différente ;

- la migration sous-cutanée d'une filaire ; elle apparaît spontanément ou au début du traitement spécifique, sous la forme d'un cordon palpable sous la peau qui progresse rapidement (1 cm à l'heure) et s'accompagne de prurit ;

- le passage sous-conjonctival du ver adulte ; c'est une manifestation spectaculaire mais sans gravité ; ce passage rapide entraîne une réaction conjonctivale plus ou moins intense ;

- les phénomènes allergiques : les arthralgies ou prurit ne sont pas exceptionnels.

Une complication neurologique majeure sous forme d'encéphalite peut survenir ; elle est en fait toujours liée à un traitement par la diéthylcarbamazine mal conduit chez un sujet à microfilariémie élevée. Des complications rénales (glomérulonéphrite) et cardiaques ont également été rapportées.

### **I.2.6.6. Diagnostic biologique**

Les microfilaries peuvent être mises en évidence par un examen direct à l'état frais d'une goutte de sang entre lame et lamelle, sur un frottis sanguin (numération des microfilaries pour adapter la thérapeutique), par la technique de leuco-concentration dans un échantillon de sang veineux prélevé sur un anticoagulant ou celle de filtration sur membrane. Le prélèvement doit respecter la périodicité des microfilaries. Les filaires adultes peuvent être extraites lors de leur passage sous-conjonctival.

### **I.2.6.7. Prophylaxie**

La prophylaxie de la loase intègre :

- la lutte antivectorielle ;
- le traitement des porteurs sains ;
- la chimioprophylaxie pour des sujets séjournant en zone d'endémie à raison d'un (01) comprimé de Notézine 2 fois / semaine.

Le tableau I résume les critères d'identification des microfilaries des principales espèces sanguicoles africaines.

Tableau I: Identification des microfilaires sanguicoles africaines (Vandemeulebrouke et Jousserand, 1997)

Caractéristiques	Espèces		
	<i>Wuchereria bancrofti</i>	<i>Loa loa</i>	<i>Mansonella perstans</i>
Pathogénicité	Pathogène	Pathogène	Non pathogène
Région	Afrique noire intertropicale du Sénégal au Mozambique	Afrique centrale Golfe de Guinée Région des grands lacs Bloc forestier du Bassin du Congo	Afrique noire intertropicale
Heure de prélèvement	La nuit (entre 22 h et 4 h)	Le jour (entre 10 h et 16 h)	Non périodique, à toute heure
Vecteurs	Moustique ( <i>Culex</i> )	Taon ( <i>Chrysops</i> )	Moucheron ( <i>Culicoïdes</i> )
Taille	200-300 µm	250-300 µm	150 µm
Epaisseur	8 µm = un leucocyte	8 µm = un leucocyte	4 µm = 1/2 leucocyte
Mobilité sur frottis sanguin à l'état frais	Souple et ondulant, traverse rapidement le champ	Souple et ondulant, traverse rapidement le champ, aime les bords de la lamelle	Frétilant et brusque, reste sur place dans le champ, s'immobilise en quelques minutes
Courbure du corps	Régulière et souple	Irrégulière et tortillée	Régulière, en boule de ficelle
Gaine	Rose	Incolore	Pas de gaine
Queue	Rectiligne et effilée, pas de noyau au bout	Incurvée et effilée, noyaux jusqu'au bout	Rectiligne et bout arrondi en doigt de gant
Noyaux du corps	Noyaux moyens bien séparés	Gros noyaux se chevauchant	Petits noyaux serrés peu distincts
Corps interne	Unique-visible	Non visible	Non visible

# **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

## II.1. Type, zone, période et population d'étude

Le présent travail est une étude transversale, prospective et descriptive qui s'est déroulée sur le terrain et au laboratoire.

### II.1.1. Caractéristiques de la zone d'étude

Sur le terrain, le Département du Nyong et Mfoumou, l'un des 10 départements que compte la Région du Centre, a constitué notre zone d'étude ; il est composé de 5 arrondissements : Ayos, Endom, Kobdombo, Mengang et Akonolinga. La cité d'Akonolinga est le chef-lieu du département qui a été créé le 25 juin 1964, suite à l'éclatement du grand département du Nyong et Sanaga ; il a une superficie de 6172 km<sup>2</sup> et comptait selon l'INS (2013), 130 321 habitants, soit une densité de 21 habitants/km<sup>2</sup> (figure 14).

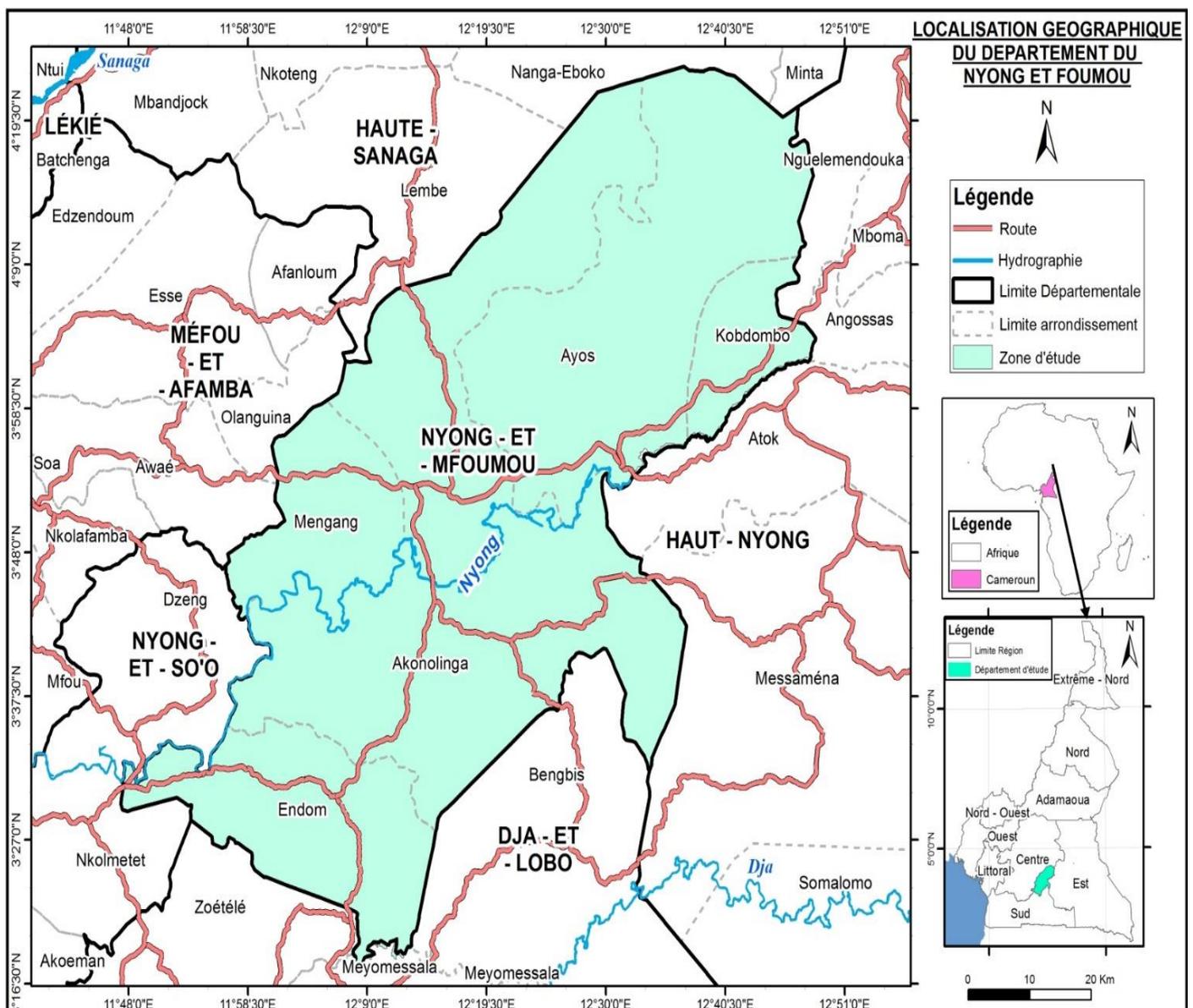


Figure 14: Carte géographique du Département du Nyong et Mfoumou, site d'étude (INC).

Le climat qui règne dans ce département est un climat de transition entre le climat subéquatorial et le climat équatorial à quatre saisons. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 1500 à 1800 mm ; le climat y est chaud et humide avec des températures oscillant entre 22°C et 30°C (Tsalefac *et al.*, 2015). Les sols sont latéritiques, ferrallitiques, marécageux et sablo-argileux. Le relief est formé de plateaux et de collines. Le réseau hydrographique est assez dense, avec pour principaux cours d'eau le Nyong et le Mfoumou ([www.cdr-cvuc.cm](http://www.cdr-cvuc.cm)).

La population dans ce département est cosmopolite ; les autochtones sont majoritaires et constitués des ethnies Yelinda, Yébékolo, Omvang, Sso, Maka, Mbida-Mbani et Essankom. Plusieurs activités économiques telles que l'agriculture (cacao, café, plantain, etc...), l'élevage, la pêche (*Heterotis niloticus*, *Clarias gariepinus*...), la chasse et le petit commerce sont développées. Le département du Nyong et Mfoumou dispose de plusieurs atouts parmi lesquels les sols fertiles, une vaste étendue de terres cultivables (environ 1000 ha) et de forêts disponibles, une main d'œuvre dynamique, une forte productivité agricole et des matières premières non-ligneuses (lianes, bambou de chine, bambou de raphia). Cependant, plusieurs obstacles limitent le développement de ce département ; il s'agit entre autres de la difficulté d'accès à une éducation de base, aux soins de santé de base et à une eau potable, d'une faible couverture du réseau électrique, d'une insécurité foncière, du non aménagement des sites touristiques, de l'insuffisance du patrimoine communal et de l'enclavement des villages et des zones de production ([www.cdr-cvuc.cm](http://www.cdr-cvuc.cm)).

Le Nyong, principal cours d'eau du département, subit une forte pression des activités anthropiques qui s'y développent ; l'on assiste progressivement à la fermeture de son lit et à la modification de l'écosystème en général. Barati *et al.* (2017) ont montré que les changements environnementaux et climatiques peuvent modifier les barrières écologiques et créer des conditions qui favorisent la transmission et la persistance des plusieurs espèces parasites. Outre ce qui précède, le choix de ce département comme zone de notre étude a été justifié par la communication facile (en langue locale) avec les populations ; ces dernières ont réservé un accueil très chaleureux à notre équipe de recherche.

### **II.1.2. Sites d'étude**

Après plusieurs descentes de prospection sur le terrain, les écoles primaires publiques ont été sélectionnées de manière aléatoire, avec pour objectif d'atteindre un nombre de participants représentatif de chaque milieu de vie. Ainsi 5 écoles ont été retenues pour le recrutement des participants et le prélèvement des échantillons biologiques (figure 15), dont trois en milieu rural (Ecole publique de Kpwele, Ecole publique d'Essang-Ndibi et Ecole publique d'Eboa) et deux écoles en milieu urbain (Ecole Publique de Loum et Ecole Publique Annexe Groupe 1).



a



b



c



d



e

Figure 15 : Sites de prélèvement des échantillons : EP Kpwele (a), EP Essang-ndibi (b), EP Eboa (c), EP Loum (d) et EPA groupe 1 (e).

Pour la réalisation des analyses parasitologiques des échantillons de selles et de sang collectés sur le terrain, le laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie parasitaire du Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé a servi de cadre (figure 16).



Figure 16 : Laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie parasitaire Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé.

La saisie et l'analyse statistique des données obtenues sur le terrain et au laboratoire ont été faites au Laboratoire de Parasitologie et Ecologie du Département de Biologie et Physiologie Animales de l'Université de Yaoundé I.

### **II.1.3. Période et population d'étude**

La prospection et la sélection des écoles publiques, des lieux d'enrôlement des participants et de collecte des échantillons biologiques se sont déroulées de septembre à décembre 2017 ; la collecte et l'analyse parasitologique des échantillons biologiques quant à elles ont été réalisées de février à juillet 2018.

Au total dix (10) descentes sur le terrain ont été organisées : cinq (05) descentes pour la prospection et la sélection des écoles et cinq (05) descentes pour le recrutement des participants et la collecte des échantillons biologiques (selles et sang).

Cette étude a porté sur l'ensemble des élèves fréquentant les écoles primaires publiques du Département du Nyong et Mfoumou dans la Région du Centre, Cameroun.

## **II.2. Méthodologie**

### **II.2.1. Critères de sélection des participants**

#### **II.2.1.1. Critères d'inclusion**

Ont été inclus dans cette recherche les élèves:

- des deux genres, de toutes les classes, âgés de 3 à 15 ans, correspondant aux limites de l'âge scolaire légal au Cameroun ;
- résidant dans la zone d'étude depuis la rentrée de l'année scolaire 2017/2018 ;
- présents en classe le jour de la collecte des échantillons et ayant une fiche de consentement parental signée par les parents ou les tuteurs légaux.

Tous les enfants de 10 ans et plus devaient donner aussi leur assentiment, selon les recommandations du Comité National d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CNERSH).

#### **II.2.1.2. Critères de non-inclusion et d'exclusion**

Tous les élèves n'ayant pas obtenu le consentement parental, ceux suivant un traitement antiparasitaire, absents le jour du recrutement des participants et ceux dont l'âge était supérieur ou égal à 16 ans n'ont pas été inclus dans cette étude ; de plus, tous les élèves qui n'ont pas rendu les deux échantillons biologiques (selles et sang) ont aussi été exclus du travail.

### **II.2.2. Protocole d'échantillonnage**

Ce travail a inclus les phases de l'interview et du recrutement des participants.

#### **II.2.2.1. Entretien**

Deux semaines au moins avant le recrutement et la collecte des échantillons, une descente sur le terrain a été organisée au cours de laquelle les objectifs de l'étude ont été présentés aux responsables administratifs des établissements scolaires sélectionnés. Aux élèves et enseignants, il a été donné des informations sur les objectifs, la procédure, les risques et les bénéfices éventuels, ainsi que l'assurance de la confidentialité dans le traitement des données (Cf. Annexe n°1). Après l'entretien, une fiche d'enquête pour la collecte des données sociodémographiques et anthropologiques (Cf. Annexe n°2), une fiche de consentement parental (Cf. Annexe n°3) et une fiche d'assentiment (Cf. Annexe n°4) ont été remises à chaque élève. La date de la descente pour la collecte des échantillons a été convenue avec l'administration de l'école et communiquée aux élèves.

#### **II.2.2.2. Recrutement des participants**

Le jour de la collecte des échantillons, seuls les enfants remplissant les critères d'inclusion énumérés plus haut ont été identifiés et enregistrés (figure 17) ; un numéro d'anonymat a été attribué à chaque participant à l'étude. Les fiches d'enquête, de consentement

parental et d'assentiment ont été récupérées chez ces participants et les informations y portées ont été consignées dans un tableur du logiciel Microsoft Excel 2013.

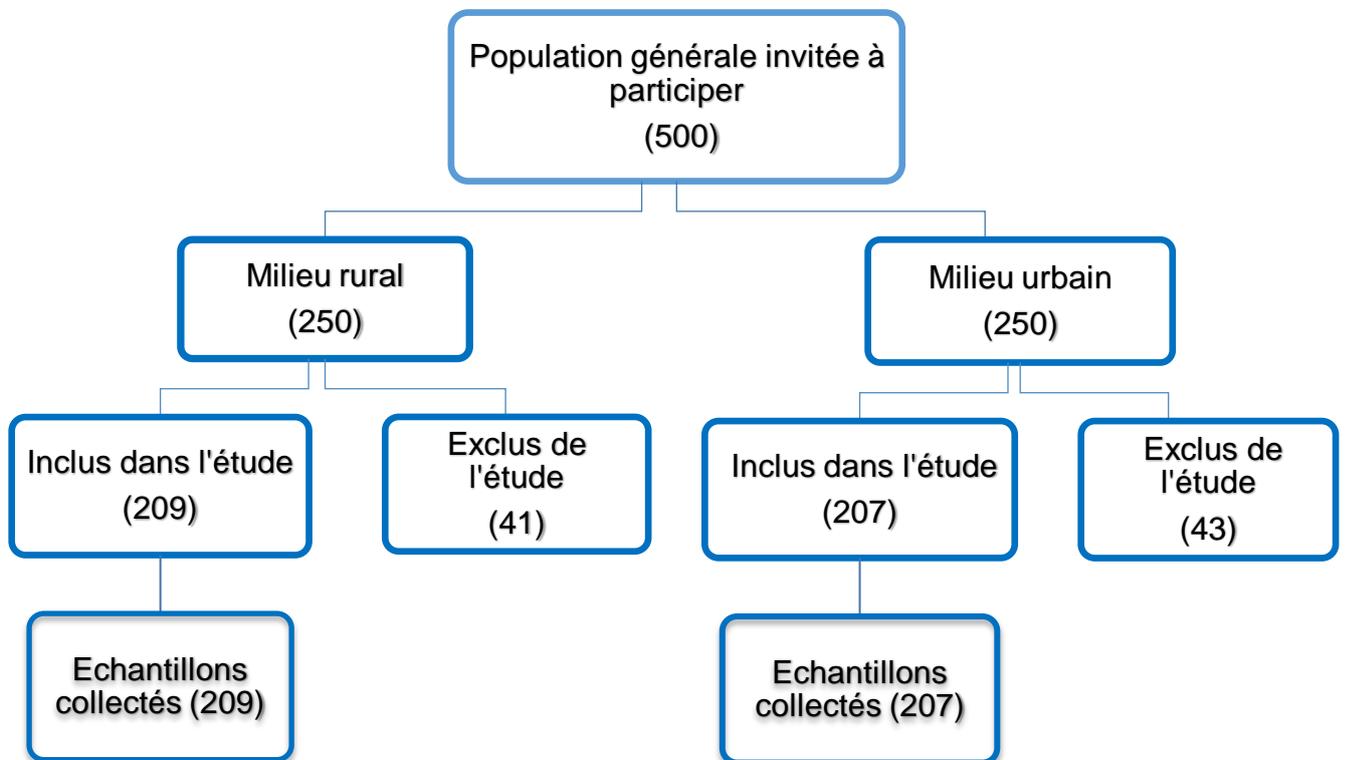


Figure 17 : Diagramme de recrutement des participants.

### II.2.2.3. Taille de l'échantillon

La taille minimale **N** de l'échantillon des participants à cette étude a été déterminée grâce à la formule de Lorentz suivante :

$$N = t^2 \times p \times (1-p) / m^2 \text{ où :}$$

- **p** est la prévalence des parasitoses intestinales dans la Région du Centre, soit **25,12 %** (Tchuem Tchuenté *et al.*, 2011) ;

- **t** est le niveau de confiance de l'analyse à 95 %, soit **1,96** ;

- **m** est la marge d'erreur à 5 % : **0,05**

- Ainsi :  $N = (1,96)^2 \times 0,2512 \times (1-0,2512) / 0,05^2 = 316,964$  participants.

### II.2.3. Collecte et transport des échantillons biologiques

Après enrôlement, chaque participant a reçu un pot à selles stérile, fermé hermétiquement et portant son numéro d'anonymat ; des informations sur les précautions à

prendre au moment du recueil des selles lui ont été données. Après collecte de la selle, l'échantillon nous a été retourné. Une fois tous les pots récupérés, une procédure de conservation des échantillons de selles a été appliquée ; elle a consisté à introduire 3 volumes de formol dilué à 10% dans 1 volume de selles contenu dans le pot de prélèvement. Tous les pots de selles ont été refermés hermétiquement.

Un prélèvement sanguin capillaire a été réalisé chez chaque participant selon Deluol *et al.*, (2008). Après avoir désinfecté l'annulaire gauche de l'élève avec du coton imbibé d'alcool à 70°, une piqûre a été faite d'un coup sec à l'aide d'un vaccinostyle stérile tout en faisant pression sur le doigt. La première goutte de sang a été essuyée, les 03 gouttes suivantes ont été recueillies à l'aide d'un tube capillaire et utilisées pour la confection de 02 gouttes épaisses calibrées et d'un frottis mince ; ces gouttes de sang ont été déposées séparément sur 3 lames de verre dégraissées différentes et étiquetées au même numéro d'identification. Les gouttes épaisses calibrées ont été confectionnées par défibrination du sang en l'étalant régulièrement de manière concentrique à l'aide du coin d'une autre lame, sur une surface d'un centimètre de diamètre pendant 02 minutes (figure 18a). Le frottis mince a été réalisé par étalement d'une petite goutte de sang en une fine couche cellulaire sur une lame de verre dégraissée, avec le petit côté d'une autre lame (figure 18b). Tous les frottis sanguins ainsi confectionnés ont été séchés à l'air libre, puis introduits dans des boîtes à lame.

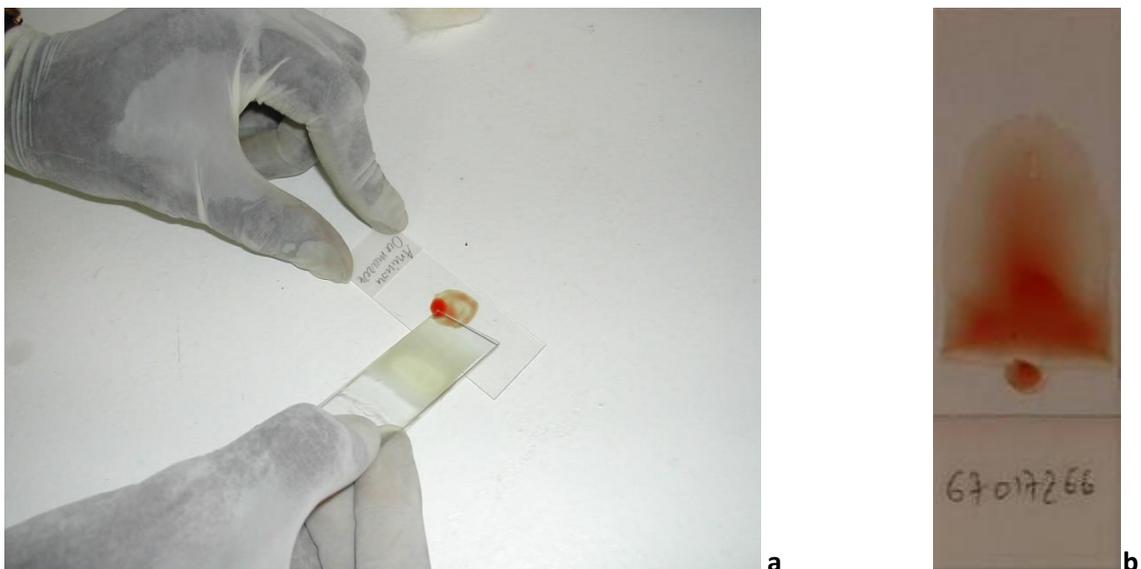


Figure 18 : Confection des frottis sanguins : a) goutte épaisse et b) frottis mince.

En fin de journée, tous les échantillons de selles formolées et les frottis sanguins rangés dans les boîtes à lames ont été acheminés au Laboratoire de Parasitologie, de Mycologie et d'Immunologie parasitaire du CHUY pour les analyses parasitologiques.

#### **II.2.4. Analyses parasitologiques des échantillons (selles et sang)**

##### **II.2.4.1. Analyse des selles**

La recherche des parasites intestinaux a été faite par deux techniques d'analyse coprologique : l'examen direct et la technique de concentration au Formol-Ether pour la recherche des œufs et larves d'helminthes, et des kystes des protozoaires.

###### **➤ Examen direct**

L'examen direct consiste à déposer une goutte d'eau physiologique 9 ‰ sur une première lame de verre étiquetée et une goutte de Lugol à 2 % sur une deuxième lame de verre étiquetée, ensuite, une petite quantité de selle formolée, de la taille d'un pois, est prélevée à l'aide de la spatule fixée sur le bouchon du pot à selles et délayée dans chaque goutte de solution préalablement déposée. Enfin, chaque préparation est recouverte d'une lamelle (en évitant la formation des bulles d'air) et disposée pour la lecture.

###### **➤ Méthode de concentration au Formol-Ether**

La technique de concentration au Formol-Ether (Uga *et al.*, 2010) a consisté à introduire, dans un verre à pied, approximativement 3g de selles puis 10 mL de la solution de Formol à 10% préalablement préparée. La selle a été triturée à l'aide d'une tige en verre jusqu'à obtention d'une solution homogène ; le mélange a été tamisé à l'aide d'un petit tamis (« chinois ») pour éliminer les particules solides ; le filtrat a été transvasé dans un tube à centrifuger à fond conique de 15 ml et 3 ml d'Ether éthylique y ont été ajoutés. Le tube bouché avec le pouce a été secoué vigoureusement pendant environ 60 secondes, tout en laissant de temps en temps échapper du gaz. La préparation a ensuite été centrifugée à 1500 tours/minute pendant 2 minutes ; à la fin de la centrifugation, on obtient 4 phases : l'éther, les débris alimentaires, du formol et le culot. Les débris alimentaires ont été décollés de la paroi du tube à l'aide d'une petite baguette et toute la phase aqueuse a été éliminée par retournement du tube au-dessus de l'évier. La paroi du tube a été nettoyée à l'aide du papier hygiénique tout en évitant de toucher le culot ; ce dernier a été prélevé à l'aide d'une pipette Pasteur et étalé sur plusieurs lames de verre jusqu'à épuisement du culot. Chaque lame a été recouverte d'une lamelle et disposée pour la lecture (figure 19).

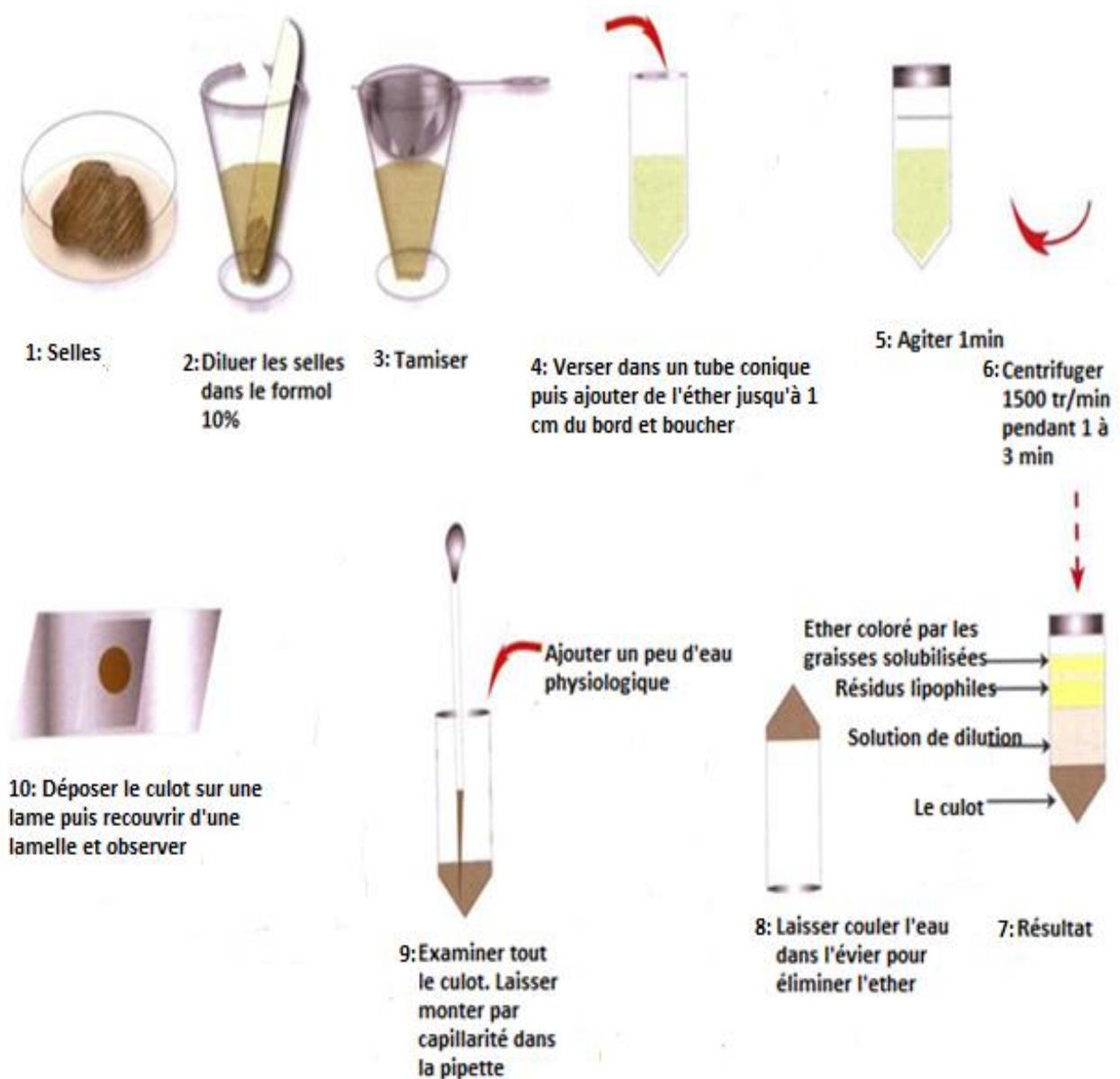


Figure 19 : Différentes étapes de la technique de concentration au Formol-Ether ou technique de Ritchie.

➤ **Lecture des lames**

La lecture des lames a été faite au microscope Cyscope de marque Partec-Sysmex GmbH, Görlitz, Germany (Figure 20) dans sa configuration de microscope optique, d'abord à l'objectif 20X pour la recherche des éléments parasites (œufs et larves d'helminthes, kystes et oocystes des protozoaires) puis à l'objectif 40X pour l'identification des kystes et oocystes des protozoaires. Les préparations faites avec la solution de Lugol ont permis une identification facile des kystes de protozoaires. L'identification des formes parasites a été faite à l'aide des planches pour l'identification des parasites intestinaux (OMS, 1994).

Les résultats ont été régulièrement contrôlés par un technicien d'analyses médicales expérimenté du service. En cas de discordance de résultats, l'échantillon querellé a été lu par un autre technicien expérimenté du même laboratoire.



Figure 20 : Microscope Cyscope (Partec-Sysmex GmbH, Görlitz, Germany).

#### **II.2.4.2. Analyse du sang**

##### **➤ Coloration des frottis sanguins**

Tous les frottis sanguins ont été placés dans des bacs de coloration. D'abord, les éléments cellulaires des frottis minces ont été fixés au Méthanol contenu dans la solution de May-Grünwald (RAL Diagnostics, France), en recouvrant entièrement chaque frottis par 5 gouttes du colorant pendant 3 minutes ; ensuite une égale quantité d'eau de robinet, 05 gouttes, a été ajoutée au colorant pour amorcer le processus de coloration proprement dite. Deux (02) minutes après, la solution de May-Grünwald (RAL Diagnostics, France) a été rejetée en retournant la lame dans l'évier, sans rincer la lame. Toutes les lames de frottis sanguins (goutte épaisse et frottis mince) placées horizontalement sur les bacs de coloration ont été entièrement recouvertes par une solution de Giemsa (RAL Diagnostics, France) diluée au dixième (Figure 21) en déposant le colorant sur la lame progressivement à l'aide d'une pipette Pasteur. Enfin, après 20 minutes de coloration, la solution de Giemsa a été éliminée par retournement de la lame sur

l'évier; les lames ont été rincées à l'eau de robinet puis séchées pendant une heure dans une étuve réglée à 37°C (WHO, 2010).

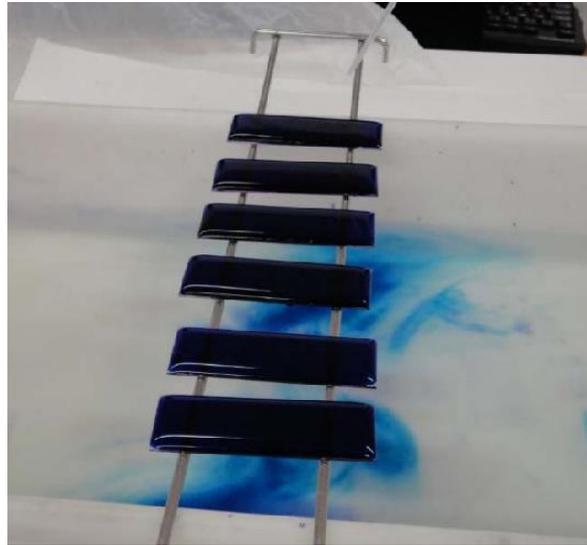


Figure 21 : Coloration des frottis sanguins au May-Grünwald-Giemsa.

#### ➤ **Lecture des lames**

L'observation microscopique des lames a été faite comme précédemment au microscope Cyscope dans sa configuration de microscope optique, à l'objectif 20X pour la recherche des microfilières sanguines, puis à l'immersion (objectif 100X) pour rechercher les formes parasitaires des plasmodies. Les gouttes épaisses ont servi à la recherche des formes parasitaires (trophozoïtes, schizontes et gamétocytes des *Plasmodium sp.* et les microfilières d'Helminthes) ; les frottis minces ont été utilisés pour l'identification des formes parasitaires grâce aux clés d'identification disponibles au laboratoire (Smith, 1985).

Les résultats ont été régulièrement contrôlés par un technicien d'analyses médicales expérimenté du service ; en cas de discordance de résultats, l'échantillon querellé a été lu par un autre technicien expérimenté du même laboratoire.

#### **II.2.5. Analyses statistiques des données**

Les données ont été saisies à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2013 qui a également servi pour la construction des tableaux et des graphiques. L'analyse statistique des données a été effectuée grâce aux logiciels SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Inc., IL, USA) et XLSTAT 2018.6 ; il s'est agi du calcul des moyennes, des prévalences et des taux d'infestation. Le test de Khi 2 a permis la comparaison des taux ; pour des effectifs inférieurs à 5, le test exact de Fisher a été utilisé. L'analyse en correspondance multiple et le modèle exploratoire de régression logistique

ont permis de caractériser les associations entre les espèces de parasites. Les différences et les associations ont été considérées significatives pour les valeurs de  $P$  inférieures à 0,05.

**Prévalence** : nombre d'enfants infestés par un ou plusieurs individus d'une espèce parasite précise divisé par le nombre total d'enfants examinés dans la population d'étude.

**Taux d'infestation** : nombre d'enfants infestés par un ou plusieurs individus d'une espèce parasite précise divisé par le nombre d'enfants examinés dans un sous-échantillon (milieu de vie, genre, tranche d'âge).

L'analyse des associations parasitaires interspécifiques binaires a été faite par le calcul des indices écologiques ci-dessous (Combes, 1983 et 1987):

• **Le coefficient tétrachorique  $\phi$**  a été calculé pour évaluer la corrélation entre les espèces de parasites : 
$$\phi = \frac{ad-bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(c+d)(b+d)}}$$

a = nombre d'individus hébergeant les deux espèces de parasites ;

b = nombre d'individus hébergeant l'une des espèces de parasites ;

c = nombre d'individus hébergeant l'autre espèce de parasite ;

d = nombre d'individus n'hébergeant aucune espèce de parasite.

$\phi$  varie entre -1 et +1 : si  $\phi = -1$ , il y a exclusion parfaite, la présence de l'une des espèces de parasites exclut celle de l'autre espèce et vice versa. Si  $\phi = +1$ , il y a association parfaite entre les deux espèces de parasites, la présence de l'une implique celle de l'autre. Si  $\phi = 0$ , il y a indépendance ; la présence de l'une des espèces de parasites n'influence pas celle de l'autre. Le degré de corrélation est évalué par le test de  $\chi^2$  ( $\chi^2 = n.\phi^2$ , ddl = 1).

• **L'indice de Dice (D)** a été utilisé pour mesurer les associations interspécifiques binaires, quelles qu'en soient les causes dans la population d'étude : 
$$D = \frac{2a}{2a+b+c}$$

où : a = nombre d'individus où l'on a rencontré les 2 espèces de parasites ;

b = nombre d'individus où l'on a rencontré l'une des espèces de parasites seule ;

c = nombre d'individus où l'on a rencontré l'autre espèce de parasite seule.

D varie de 0 à  $\infty$ . Pour catégoriser les associations, nous référons aux catégories de la fréquence d'occurrence selon Dajoz (1996) en modifiant les termes, à savoir dans ce cas :

- association très faible :  $D \leq 0,09$  ;
- association faible :  $0,10 \leq D \leq 0,24$ ;
- association moyenne :  $0,25 \leq D \leq 0,49$ ;
- association très forte :  $D \geq 0,5$

- La déviation par rapport au hasard des associations entre les espèces de parasites prises

2 à 2 a été mesurée par l'**indice de Forbes F**:  $F = \frac{a n}{(a+b)(a+c)}$ ,

où : a = nombre d'individus où l'on a rencontré les 2 espèces de parasites ;

b = nombre d'individus où l'on a rencontré l'une des espèces de parasites seule ;

c = nombre d'individus où l'on a rencontré l'autre espèce de parasite seule ;

n = nombre d'individus examinés.

Si F = 1, cela signifie que l'association répond aux lois du hasard.

Si F = 2, il y a deux fois plus de coïncidences positives que prévu par le hasard.

Si F = 0,5, il y a deux fois moins de coïncidences positives que prévu par le hasard.

F varie de 0 à +n. La signification de la déviation par rapport au hasard a été évaluée grâce au test de  $\chi^2$ .

### **II.2.6. Considération éthique**

Le protocole de recherche de cette étude a été approuvé par le Comité National d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CNERSH) (clairance éthique N°2018/01/968/CE/CNERSH/SP) (Annexe 4) et par la Direction du Centre Hospitalier et Universitaire de Yaoundé (CHUY) (Autorisation de recherche N°894/AR/CHUY/DG/DGA/DMT) (Annexe 5). Les autorisations de collecte des échantillons ont été obtenues des responsables administratifs des établissements scolaires sélectionnés. Le consentement parental par écrit a été obtenu auprès des parents ou tuteurs légaux de chaque élève. Un assentiment a été obtenu auprès de chaque élève âgé de 10 ans et plus selon les recommandations du Comité National d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CNERSH).

# **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

### **III.1. Résultats**

#### **III.1.1. Caractéristiques de la population d'étude**

##### **III.1.1.1. Population générale**

Au total 500 élèves ont été invités à participer à la présente étude dont 250 en milieu urbain et 250 en milieu rural. Toutefois, 435 individus seulement ont répondu favorablement à notre invitation et, malheureusement, 19 élèves ont été exclus pour impossibilité de réaliser un prélèvement sanguin. Les résultats présentés ci-dessous concernent de ce fait les 416 participants qui ont fourni un échantillon de selles et chez lesquels un prélèvement sanguin a été effectué.

De ces 416 participants effectifs à l'étude, 209 ont été enrôlés en milieu rural et 207 en milieu urbain : leur âge a varié de 4 à 15 ans pour une moyenne de 9,17 ( $\pm$  0,27) ans ; ils ont été répartis dans 3 classes d'âge d'égale amplitude ([4 – 8[ ans, [8 – 12[ ans et [12 – 16[ ans) avec des effectifs respectifs de 135 (32,45%), 169 (40,63%) et 112 (26,92%). De plus, une prédominance du genre féminin avec 226 (54,33%) participants contre 190 (45,67%) participants pour le genre masculin a été notée, soit un ratio garçons/filles de 0,8.

##### **III.1.1.2. Participants en milieu rural**

En milieu rural, 209 participants ont été recrutés dans 3 écoles primaires, à savoir 72 (34,40 %) à l'Ecole Publique (EP) d'Essang-Ndibi, 73 (35,00 %) à l'EP de Kpwele et 64 (30,60 %) à l'EP d'Eboa. Dans ce milieu de vie, la moyenne d'âge a été de 8,95 ( $\pm$  0,35) ans. La répartition des participants en fonction des groupes d'âge sus-définis a montré une prépondérance des enfants âgés de 8 à 11 ans avec 106 (50,72 %) élèves, suivis de ceux de 4 à 7 ans avec 67 (32,06 %) individus, enfin de ceux âgés de 12 à 15 ans avec 36 (17,22 %) participants. Par ailleurs, 117 (55,98 %) des 209 participants enrôlés étaient du genre féminin contre 92 (44,02 %) du genre masculin, soit un ratio garçons/filles de 0,78.

##### **III.1.1.3. Participants en milieu urbain**

Cent trente-un (63,30 %) et 76 (36,70 %) élèves ont été recrutés à l'EP de Loum et à l'EP d'Application groupe 1 respectivement, soit un total de 207 participants enrôlés en milieu urbain ; leur âge moyen était de 9,40 ( $\pm$  0,42) ans. La répartition des élèves en fonction des groupes d'âge prédéfinis a été de 68 (32,85%) participants dans la tranche [4 – 8[ ans, 63 (30,43%) participants dans la tranche [8 – 12[ ans et 76 (36,71%) participants dans la tranche [12 – 16[ ans. Dans ce milieu de vie, le genre féminin a aussi été le plus représenté au sein de ce sous-échantillon avec 109 (52,66%) filles contre 98 (47,34%) garçons, soit un ratio garçons/fille de de 0,89.

Le tableau II décrit l'échantillon d'étude dans chaque milieu de vie en fonction du genre et des groupes d'âge.

Tableau II : Description des échantillons d'étude

	Population générale (N = 416)	Milieu rural (n=209)			Milieu urbain (n=207)	
		Essang- Ndibi (n <sub>1</sub> =73)	Kpwele (n <sub>2</sub> =72)	Eboa (n <sub>3</sub> =64)	EPA (n <sub>4</sub> =76)	Loum (n <sub>5</sub> =131)
<b>Genre</b>	n (%)					
Masculin	190 (45,67)	33(45,21)	36(50,00)	23(35,94)	29(38,16)	69(52,67)
Féminin	226 (54,33)	40(54,79)	36(50,00)	41(64,06)	47(61,84)	62(47,33)
<b>Classes d'âge</b>	n (%)					
[4 – 8[ ans	135 (32,45)	30(41,09)	19(26,39)	18(28,12)	25(32,89)	43(32,83)
[8 – 12[ ans	169 (40,63)	25(34,25)	45(62,50)	36(56,25)	32(42,11)	31(23,66)
[12 – 16[ ans	112 (26,92)	18(24,66)	08(11,11)	10(15,63)	19(25,00)	57(43,51)

N : Effectif total ; n<sub>i</sub>: sous-effectif ; (%) : fréquence.

### III.1.2. Diversité spécifique parasitaire au sein de la population d'étude

L'inventaire de la faune parasitaire au sein de la population d'étude a permis de recenser au total 13 morpho-espèces regroupées selon la classification de Garcia (1999) en 11 familles, 9 ordres, 7 classes et 5 embranchements (tableau III). Les embranchements des Sarcocystidia et des Nématelminthes ont été les plus diversifiés, avec 5 espèces parasites chacun ; les autres embranchements (Apicomplexa, Heterokonta et Plathelminthes) ont été représentés par une seule espèce parasite chacun (Photos en annexes).

Tableau III : Liste et classification des espèces parasites retrouvées au sein de la population d'étude

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèces
Sarcomastigophora	Lobosea	Amoebida	Entamoebidae	<i>Entamoeba histolytica</i> , Schaudinn 1903/ <i>E. dispar</i> Brumpt, 1925
				<i>Entamoeba coli</i> Loesch, 1875
				<i>Endolimax nana</i> Kuenen et Swellengrebel, 1917
	Zoomastigophorea	Diplomonadida	Hexamitidae	<i>Giardia intestinalis</i> Kofoid et Christiansen, 1915
			Retortamonadidae	<i>Embadomonas intestinalis</i> Grassi, 1879
Apicomplexa	Aconoidasida	Haemosporida	Plasmodiidae	<i>Plasmodium falciparum</i> Welch, 1897
Heterokonta	Blastocystea	Blastocystida	Blastocystidae	<i>Blastocystis</i> sp. Alexieff, 1911
		Ascaridida	Ascarididae	<i>Ascaris lumbricoides</i> Linnaeus, 1758
Nemathelminthes	Nematoda	Strongylida	Ancylostomidae	<i>Necator americanus</i> Stiles, 1902/ <i>Ancylostoma duodenale</i> , Dubini, 1843
		Spirurida	Onchocercidae	<i>Mansonella perstans</i> Manson, 1891
			Filariidae	<i>Loa loa</i> Cobbold, 1864
		Trichocephalida	Trichuridae	<i>Trichuris trichiura</i> Linnaeus, 1771
Plathelminthes	Cestoda	Cyclophyllidea	Hymenolepididae	<i>Hymenolepis nana</i> Siebold, 1852

### III.1.3. Richesse spécifique parasitaire par milieu de vie et par individu hôte

Le milieu rural a présenté une plus grande richesse spécifique parasitaire que le milieu urbain ; au total 12 des 13 espèces parasites identifiées au cours de cette étude y ont été retrouvées. Seul *Hymenolepis nana* n'a pas été diagnostiqué dans cette zone. En milieu urbain par contre, 10 des 13 espèces identifiées au cours de ce travail ont été retrouvées ; les 3 espèces non diagnostiquées étant : *Loa loa*, *Blastocystis* sp. et *Embadomonas intestinalis*.

La richesse spécifique par élève infesté au sein de la population générale a varié de 1 à 5 espèces parasites avec une moyenne de 1,43 ( $\pm 0,01$ ) espèce. Par rapport à la population d'étude, la richesse spécifique moyenne a été plus élevée [1,9 ( $\pm 0,04$ ) espèce parasite par individu infesté (maximum : 5 espèces)] en milieu rural et plus faible en milieu urbain [0,96 ( $\pm 0,02$ ) espèce parasite par enfant (maximum : 03 espèces)] (figure 22).

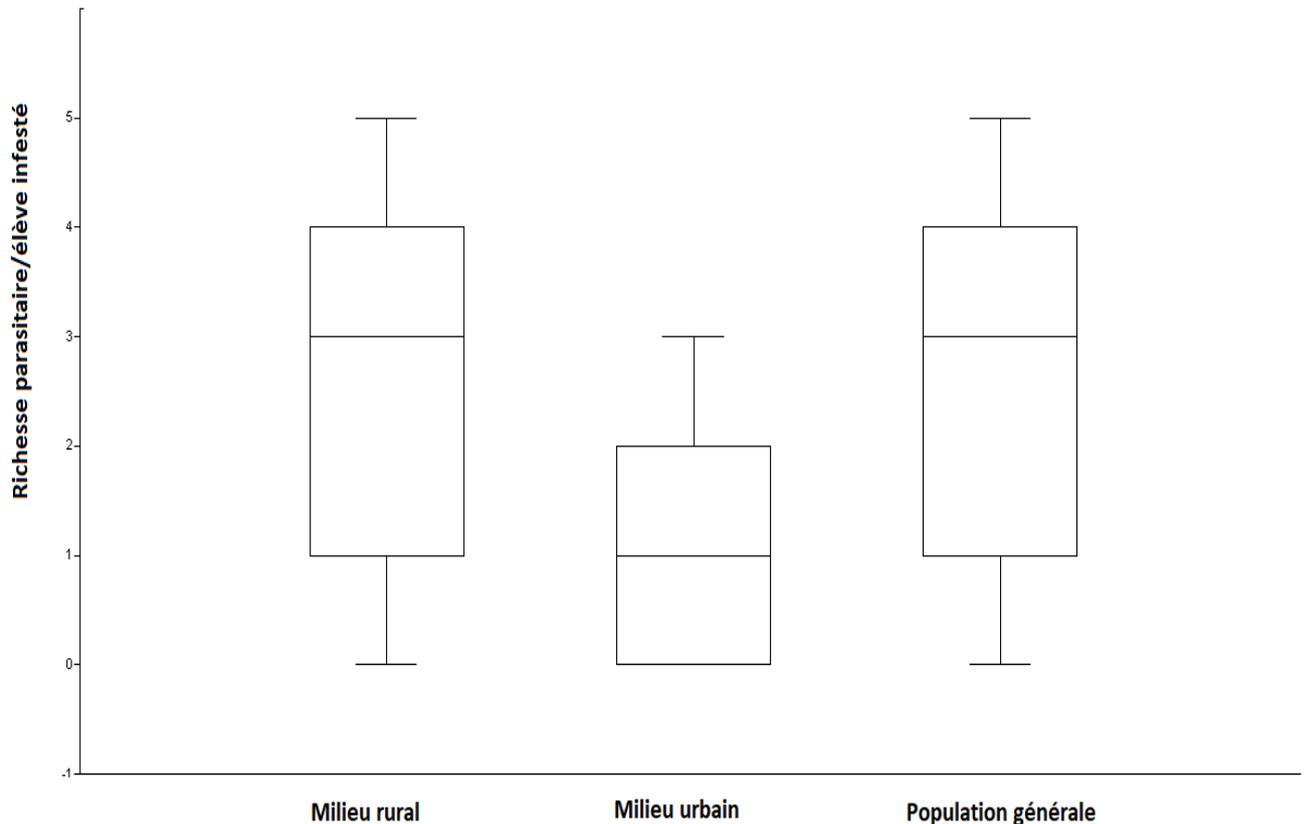


Figure 22 : Richesse spécifique parasitaire par élève infesté par milieu de vie et dans la population générale.

### III.1.4. Prévalence des espèces parasites retrouvées dans la population d'étude

Au total, 309 élèves sur les 416 enrôlés ont été retrouvés porteurs d'au moins une espèce parasite, soit une prévalence globale de 74,28 %. Les enfants infestés par au moins une espèce d'hémoparasites (*Plasmodium falciparum*, *Mansonella perstans* et *Loa loa*) étaient au nombre de 167 participants, soit un taux d'infestation de 40,14%, et ceux porteurs d'au moins une espèce de parasite intestinal (*Entamoeba histolytica/dispar*, *E. coli*, *Endolimax nana*, *Giardia intestinalis*, *Embadoomonas intestinalis*, *Blastocystis* sp., *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *H. nana* et ankylostomes) étaient de 250, soit un taux d'infestation de 60,10%.

### III.1.4.1. Hémoparasites

Dans la population d'étude, *Plasmodium falciparum* a été diagnostiqué chez 155 sujets, soit une prévalence de 37,26 % ; il a été suivi de *Mansonella perstans* présent chez 18 élèves (prévalence : 4,32 %), enfin de *Loa loa* présent chez 2 élèves, soit une prévalence de 0,48 % (figure 23).

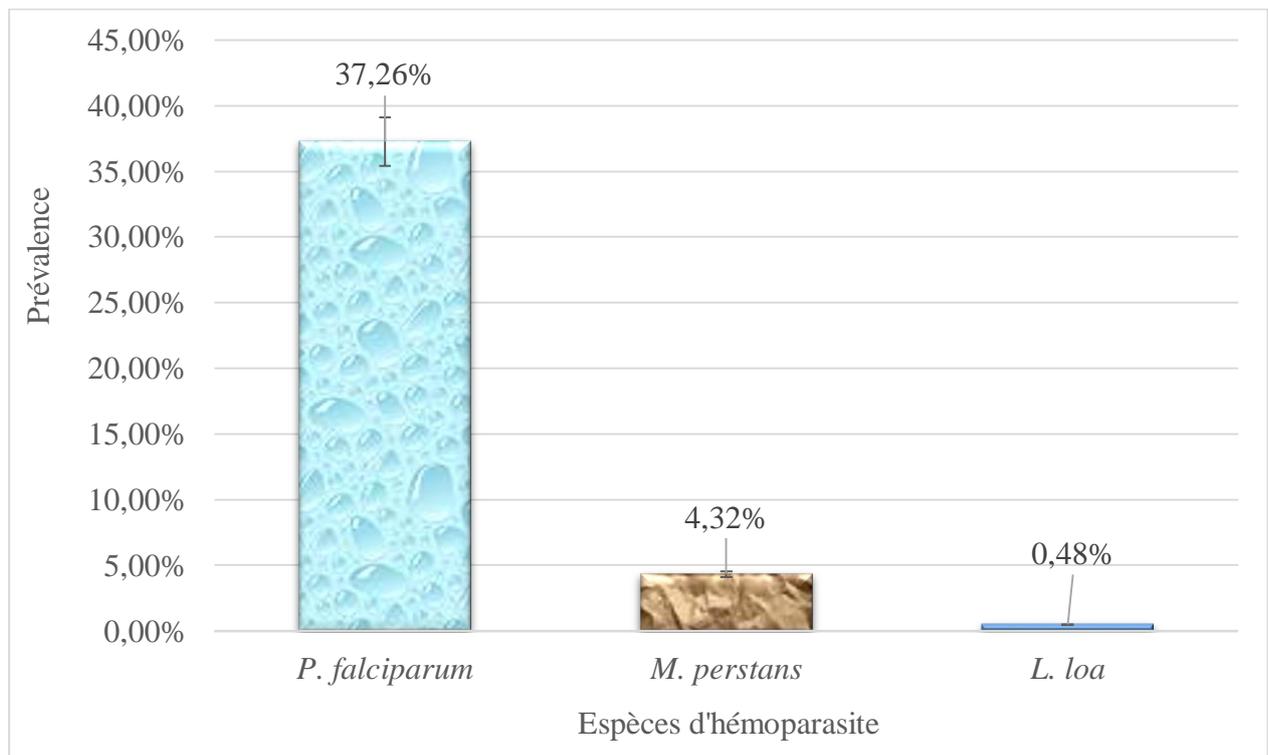


Figure 23 : Prévalence des hémoparasites dans la population d'étude.

Légende : P: *Plasmodium*; M: *Mansonella*; L: *Loa*.

### III.1.4.2. Parasites intestinaux

Les espèces de parasites intestinaux mises en évidence dans les selles des enfants au cours de cette étude sont des protozoaires et des helminthes. Parmi les espèces de protozoaires intestinaux retrouvés dans les selles des élèves de la population d'étude, les effectifs des porteurs (et les prévalences) ont donné le profil d'infestation suivant : *E. coli* : 122 (29,33 %) cas, *E. histolytica/dispar* : 99 (23,80 %) cas, *G. intestinalis* : 17 (4,09%) cas, *En. nana* : 13 (3,13 %) cas, *Blastocystis* sp.: 6 (1,44 %) cas et *Em. intestinalis* : 01 (0,24 %) cas ; pour ce qui est des espèces d'helminthes intestinaux, ce profil a été : *A. lumbricoides* : 89 (21,39 %) cas, *T. trichiura* : 77 (18,51 %) cas, ankylostomes : 4 (0,96 %) cas et *H. nana* : 01 (0,24 %) cas (figure 24).

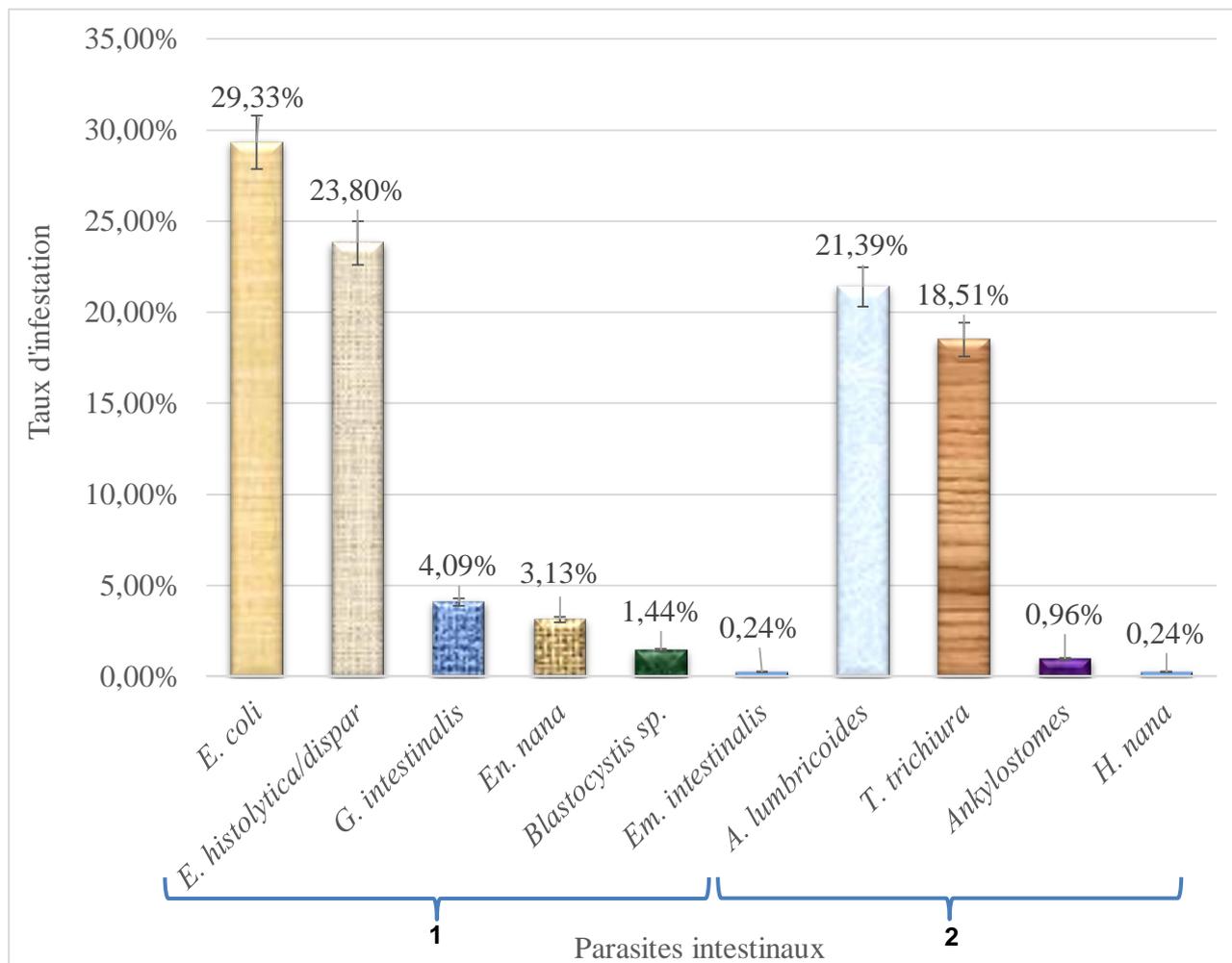


Figure 24 : Prévalence des parasites intestinaux dans la population d'étude.

Légende : 1 : Protozoaires ; 2 : Helminthes ; A: *Ascaris*; E: *Entamoeba*; Em: *Embadomonas*; En: *Endolimax* ;G: *Giardia*; H: *Hymenolepis*; T: *Trichuris*.

### III.1.5. Taux d'infestation des espèces parasites retrouvées en milieu rural

En milieu rural, sur les 209 écoliers enrôlés dans cette étude, 98 (46,89 %) ont été porteurs d'au moins une espèce d'hémoparasite et 153 (73,21 %) infestés par au moins une espèce de parasite intestinal.

#### III.1.5.1. Hémoparasites

L'infestation des élèves du milieu rural par les hémoparasites a donné le profil suivant : *P. falciparum* : 90 (43,06 %) cas, *M. perstans* : 13 (6,22 %) cas et *L. loa* : 2 (0,96 %) cas (figure 25).

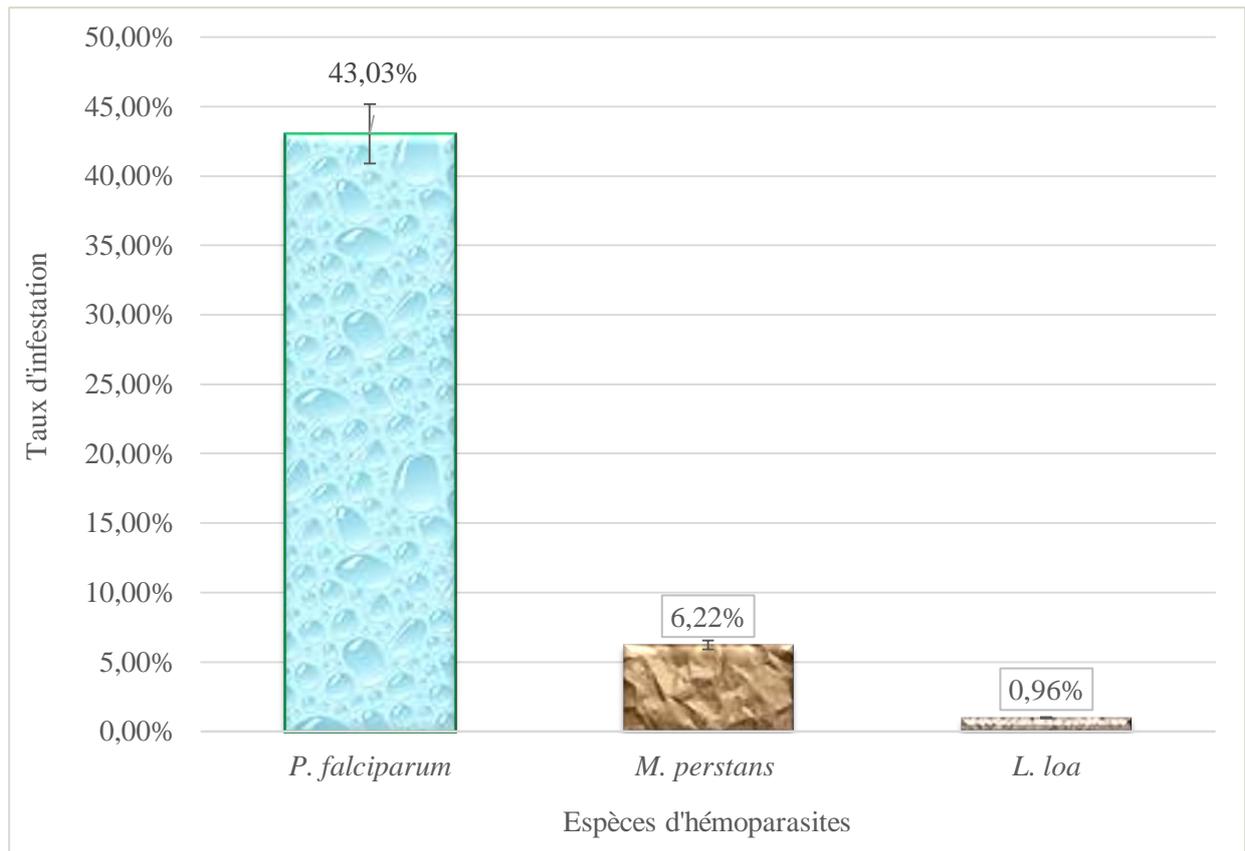


Figure 25 : Taux d'infestation des écoliers par les hémoparasites en milieu rural.

Légende : P: *Plasmodium*; M: *Mansonella*; L: *Loa*.

### III.1.5.2. Parasites intestinaux

Concernant les parasites intestinaux, *E. coli* a été l'espèce parasite la plus diagnostiquée dans les selles ; ses kystes ont été mis en évidence chez 89 (42,58 %) écoliers. Les effectifs (et les taux d'infestation) des protozoaires intestinaux dans ce sous-échantillon ont donné le profil suivant : *E. coli* : 89 (42,58 %) cas, *E. histolytica/dispar* : 46 (22,01 %) participants, *G. intestinalis* : 13 (6,22 %) cas, *En. nana* : 8 (3,83 %) cas, *Blastocystis* sp. : 6 (2,87 %) cas et *Em. intestinalis* : 01 (0,48 %) cas. Pour les helminthes le profil n'est pas très différent de celui établi dans la population générale, soit *A. lumbricoides* : 70 (33,49 %) cas, *T. trichiura* : 65 (31,10 %) cas et ankylostomes : 02 (0,96 %) cas (figure 26).

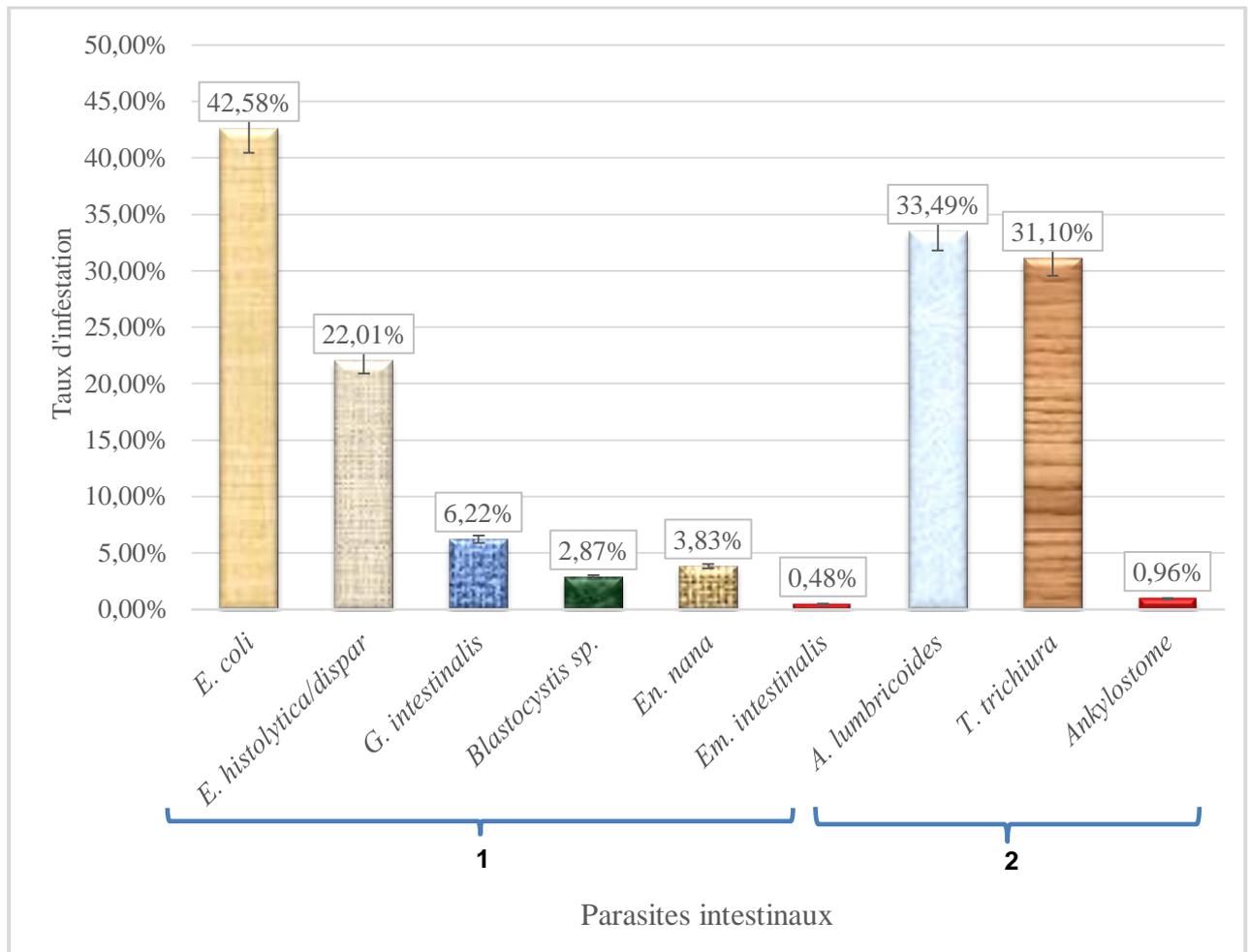


Figure 26 : Taux d'infestation des écoliers par les parasites intestinaux en milieu rural.

Légende : 1 : Protozoaires ; 2 : Helminthes ; A: *Ascaris*; E: *Entamoeba* ; Em: *Embadomonas*; En: *Endolimax*; G: *Giardia*; T: *Trichuris*.

### III.1.6. Taux d'infestation des espèces parasites retrouvées en milieu urbain

En milieu urbain, les hémoparasites ont été retrouvés chez 69 (33,33 %) élèves ; 97 (46,86 %) écoliers étaient infestés par au moins une espèce de parasite intestinal.

#### III.1.6.1. Hémoparasites

Concernant les parasites sanguins, seules 02 espèces ont été mises en évidence chez les écoliers de ce milieu de vie : *P. falciparum* chez 65 (31,40 %) sujets et *M. perstans* chez 5 (2,42 %) enfants seulement. L'espèce *L. loa* n'a pas été diagnostiquée chez les écoliers dans ce milieu de vie (figure 27).

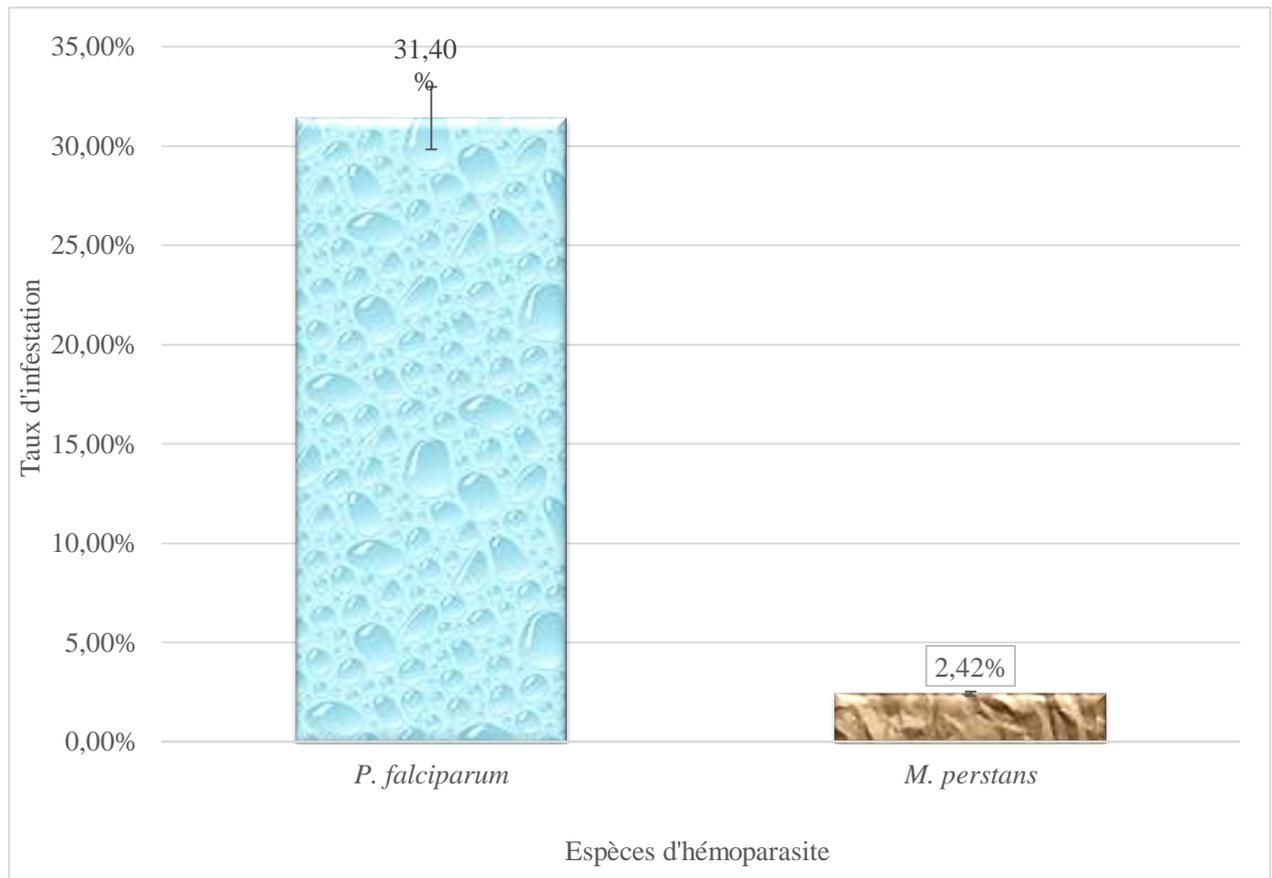


Figure 27 : Taux d'infestation des écoliers par les hémoparasites en milieu urbain.

Légende : P: *Plasmodium*; M: *Mansonella*.

### III.1.6.2. Parasites intestinaux

Concernant les parasites intestinaux, 8 espèces ont été retrouvées dont 4 appartenant au groupe des protozoaires et 4 appartenant au groupe des helminthes. Parmi les protozoaires, *E. histolytica/dispar* a été plus fréquent car retrouvé chez 53 (25,60 %) participants, suivi d'*E. coli* présent chez 33 (15,94 %) participants, *En. nana* présent chez 5 (2,42 %) participants, enfin *G. intestinalis* présent chez 4 (1,93 %) participants. Des 4 espèces d'helminthes, *A. lumbricoides* a été plus fréquent car retrouvé chez 19 (9,18 %) participants ; il a été suivi par *T. trichiura* retrouvé chez 12 (5,80 %) participants. Les ankylostomes n'ont été diagnostiqués que chez 02 (0,97%) participants et *H. nana* n'a été retrouvé que chez 01 (0,48%) seul participant (Figure 28).

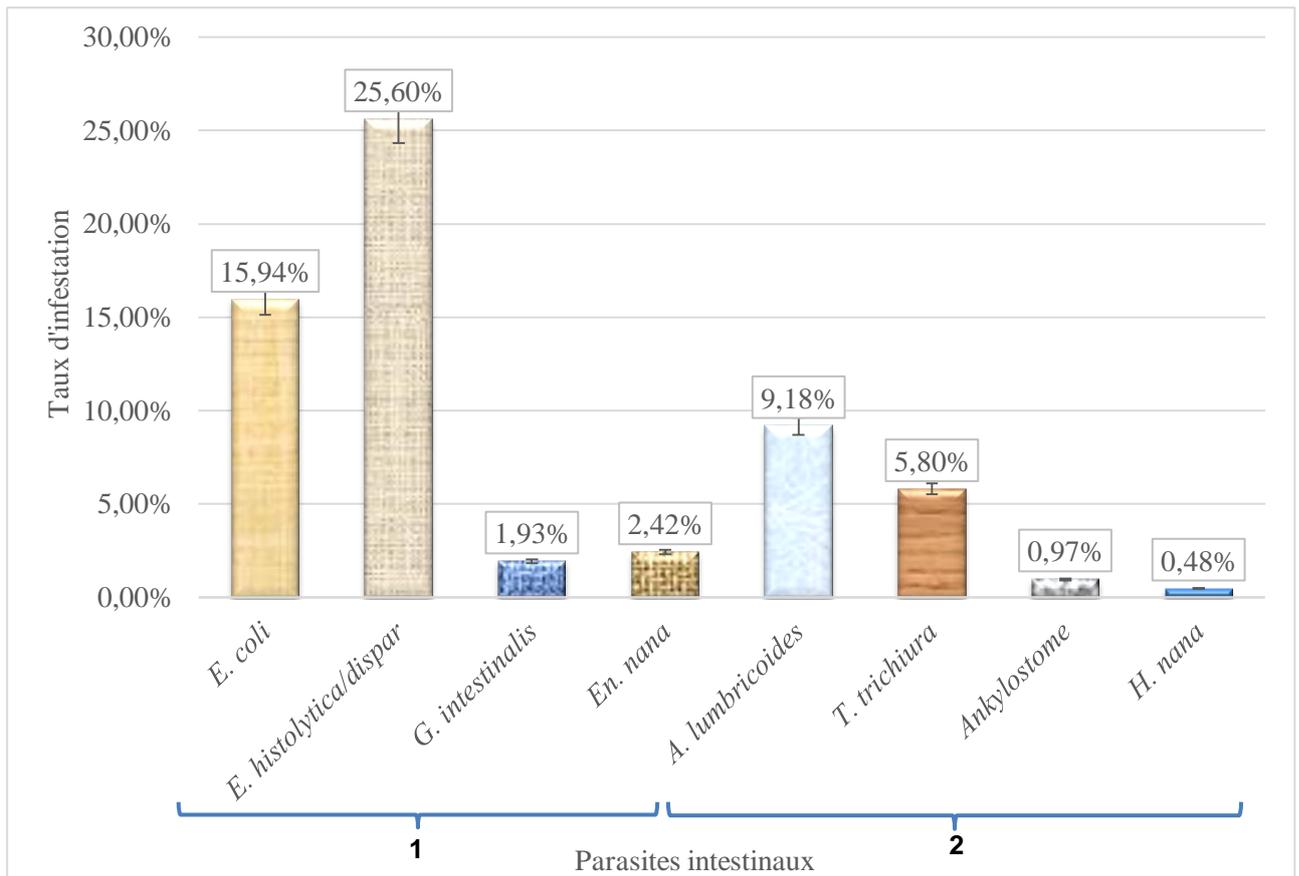


Figure 28 : Taux d'infestation des écoliers par les parasites intestinaux en milieu urbain.

Légende : 1 :Protozoaires ; 2 : Helminthes ; A: *Ascaris* ; E: *Entamoeba*; En: *Endolimax* ; G: *Giardia*; H: *Hymenolepis*; T: *Trichuris*.

### III.1.7. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites en fonction du milieu de vie.

La comparaison des taux d'infestation par les différentes espèces parasites diagnostiquées en fonction des milieux de vie des enfants (tableau IV) montre, d'une manière générale, qu'ils sont significativement plus élevés en milieu rural qu'en milieu urbain, aussi bien pour les hémoparasites ( $P = 0,0047$ ) que pour les parasites intestinaux ( $P < 0,0001$ ). De manière spécifique, *P. falciparum* ( $P = 0,0139$ ), *E. coli* ( $P = 0,0001$ ), *G. intestinalis* ( $P = 0,0272$ ), *A. lumbricoides* ( $P < 0,0001$ ) et *T. trichiura* ( $P < 0,0001$ ) ont présenté des taux d'infestation significativement plus élevés en milieu rural qu'en milieu urbain. Par contre, bien que la différence ne soit pas significative ( $P = 0,389$ ), *E. histolytica/dispar* a eu un taux d'infestation relativement plus élevé en milieu urbain qu'en milieu rural.

Tableau IV: Comparaison des taux d'infestation des espèces parasites en fonction des milieux de vie des élèves

Espèce de parasite	Milieu de vie		P
	Rural (209) n(%)	Urbain (207) n(%)	
<b>Hemoparasites</b>	98 (46,89)	69 (33,33)	0,0047*
<i>P. falciparum</i>	90 (43,06)	65 (31,40)	0,0139*
<i>M. perstans</i>	13 (6,22)	05 (2,41)	0,0565
<i>L. loa</i>	02 (0,96)	00 (0,00)	/
<b>Parasites intestinaux</b>	153 (73,20)	97(46,85)	0,0000*
<b>Protozoaires</b>	116 (55,50)	83 (40,09)	0,001*
<i>E. coli</i>	89 (42,58)	33 (15,94)	0,0001*
<i>E. histolytica/dispar</i>	46 (22,00)	53 (25,60)	0,389
<i>G. intestinalis</i>	13 (6,22)	04 (1,93)	0,0272*
<i>Blastocystis</i> sp.	06 (2,87)	00 (0,00)	/
<i>Em. intestinalis</i>	01 (0,48)	00 (0,00)	/
<i>En. nana</i>	08 (3,83)	05 (2,42)	0,407
<b>Helminthes</b>	107 (51,19)	28 (13,52)	0,0000*
<i>A.lumbricoides</i>	70 (33,49)	19 (9,17)	0,0000*
<i>T. trichiura</i>	65 (31,10)	12 (5,79)	0,0000*
ankylostomes	02 (0,96)	02 (0,96)	/
<i>H. nana</i>	00 (0,00)	01 (0,48)	/

n : nombre de cas positifs ; % : Fréquence ; P : P-value ; \* : différence statistiquement significative;

Légende : A: *Ascaris* ; E: *Entamoeba*; Em: *Embdomonas*; En: *Endolimax* ; G: *Giardia* ; H: *Hymenolepis*; L: *Loa* ; M: *Mansonella* ; P: *Plasmodium*; T: *Trichuris*.

### III.1.8. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites en fonction de l'âge

Le tableau V présente la comparaison des taux d'infestation des élèves par les différentes espèces parasites retrouvées au sein de la population d'étude, en fonction des classes d'âges. D'une manière générale, les écoliers de la classe d'âge [8 - 12 [ ans ont été plus souvent infestés au sein de la population d'étude ; toutefois, dans l'ensemble, la différence entre les différents taux d'infestation n'a pas été significative autant pour les hémoparasites ( $P = 0,1244$ ) que pour

les parasites intestinaux ( $P = 0,3126$ ). De manière spécifique, seul *E. histolytica/dispar* a présenté un taux d'infestation significativement différent ( $P = 0,042$ ) entre les classes d'âge et relativement plus élevé chez les participants âgés de 12 à 15 ans.

Tableau V: Comparaison des taux d'infestation des espèces parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction des classes d'âges

Espèce de parasite	Groupe d'âge (ans)			P
	[4 – 8[ (135) n(%)	[8 – 12 [ (169) n(%)	[12 – 16 [ (112) n(%)	
<b>Hemoparasites</b>	46 (34,07)	77 (45,56)	44 (39,29)	0,1244
<i>P. falciparum</i>	42 (31,11)	72 (42,60)	41 (36,60)	0,1184
<i>M. perstans</i>	07 (5,18)	06 (3,55)	05 (4,46)	0,7821
<i>L. loa</i>	00 (0,00)	02 (1,18)	00 (0,00)	/
<b>Parasites intestinaux</b>	74 (54,81)	106 (62,72)	70 (62,50)	0,3126
<b>Protozoaires</b>	57 (42,22)	86 (50,88)	56 (50,00)	0,28
<i>E. coli</i>	42 (31,11)	51 (30,2)	29 (25,89)	0,6365
<i>E. histolytica/dispar</i>	22 (16,29)	45 (26,6)	32 (28,57)	0,042*
<i>G. intestinalis</i>	04 (2,96)	10 (5,92)	03 (2,68)	0,2943
<i>Blastocystis</i> sp.	03 (2,22)	01 (0,59)	02 (1,44)	0,4652
<i>Em. Intestinalis</i>	01 (0,74)	00 (0,00)	00 (0,00)	/
<i>En. Nana</i>	06 (4,44)	04 (2,37)	03 (2,68)	0,5568
<b>Helminthes</b>	44 (32,59)	63 (37,27)	28 (25,0)	0,0986
<i>A. lumbricoides</i>	23 (17,04)	42 (24,85)	24 (21,4)	0,2559
<i>T. trichiura</i>	30 (22,22)	33 (19,52)	14 (12,5)	0,1332
ankylostomes	03 (2,22)	01 (0,59)	00 (0,00)	/
<i>H. nana</i>	00 (0,00)	01 (0,50)	00 (0,00)	/

n : nombre de cas positifs ; % : Fréquence ; P : P-value ; \* : Différence statistiquement significative;

Légende : A: *Ascaris* ; E: *Entamoeba*; Em: *Embadomonas*; En: *Endolimax* ; G: *Giardia* ; H: *Hymenolepis*; L: *Loa* ; M: *Mansonella* ; P: *Plasmodium*; T: *Trichuris*.

### III.1.9. Comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites en fonction des genres

La comparaison des taux d'infestation des écoliers par les différentes espèces parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction des genres est consignée dans le tableau

VI. Le taux d'infestation par les hémoparasites a été relativement plus élevé chez les garçons (45,26 %) comparés aux filles (35,84 %) bien que la différence n'ait pas été significative ( $P = 0,3426$ ) ; par contre, le taux d'infestation par les parasites intestinaux a été significativement ( $P = 0,0001$ ) plus élevé chez les garçons (80 %) que chez les filles (43,36 %). Au niveau spécifique, il en a également été le cas pour *G. intestinalis* (garçons : 6,84 % contre filles : 1,76 % ;  $P = 0,027$ ). Pour *A. lumbricoides* par contre, ce sont les filles (25,22 %) qui ont été significativement ( $P = 0,0379$ ) plus infestées que les garçons (16,84 %).

Tableau VI: Comparaison des taux d'infestation des espèces parasites retrouvées au sein de la population d'étude en fonction du genre

Espèce de parasite	Genre		P
	Masculin (N=190) n(%)	Féminin (N=226) n(%)	
<b>Hemoparasites</b>	86 (45,26)	81 (35,84)	0,3426
<i>P. falciparum</i>	73 (38,42)	82 (36,28)	0,6532
<i>M. perstans</i>	12 (6,31)	06 (2,65)	0,0675
<i>L. loa</i>	01 (0,52)	01 (0,44)	/
<b>Parasites intestinaux</b>	152(80,00)	98(43,36)	0,0001*
<b>Protozoaires</b>	80 (42,10)	119 (52,65)	0,031*
<i>E. coli</i>	48 (25,26)	74 (32,74)	0,095
<i>E.histolytica/dispar</i>	38 (20,00)	61 (26,99)	0,095
<i>G. intestinalis</i>	13 (6,84)	04 (1,76)	0,027*
<i>Blastocystis</i> sp.	02 (1,05)	04 (1,76)	0,541
<i>Em. intestinalis</i>	01 (0,53)	00 (0,00)	/
<i>En. Nana</i>	07 (3,68)	06 (2,65)	0,547
<b>Helminthes</b>	50 (26,31)	85 (37,61)	0,018*
<i>A.lumbricoides</i>	32 (16,84)	57 (25,22)	0,0379*
<i>T. trichiura</i>	30 (15,79)	47 (20,79)	0,19
ankylostomes	01 (0,53)	03 (1,32)	/
<i>H. nana</i>	00 (0,00)	01 (0,44)	/

n : nombre de cas positifs ; % : Fréquence ; P : P-value ; \* : Différence statistiquement significative;

Légende : A: *Ascaris* ; E: *Entamoeba*; Em: *Embadomonas*; En: *Endolimax* ; G: *Giardia* ; H: *Hymenolepis*; L: *Loa* ; M: *Mansonella* ; P: *Plasmodium*; T: *Trichuris*.

### III.1.10. Fréquence du multiparasitisme au sein de la population d'étude

Des 416 élèves enrôlés dans cette étude, seulement 107 (25,7 %) étaient indemnes de toute espèce de parasite ; 124 (29,81 %) ont hébergé chacun une seule espèce parasite tandis que 185 (44,47 %) ont été porteurs concomitamment de deux ou plusieurs espèces parasites. La différence entre la fréquence du multiparasitisme et celle du monoparasitisme dans la population d'étude en général a été significative ( $P = 0,017$ ).

En milieu rural, 128 (61,24 %) des 209 participants recrutés ont été infestés par deux ou plusieurs espèces parasites et 51 (24,40 %) autres ont été mono-infestés. En milieu urbain par contre, sur les 207 enfants enrôlés, 73 (35,26 %) se sont trouvés infestés par une seule espèce parasite et 57 (27,53 %) autres ont été infestés concomitamment par deux ou plusieurs espèces de parasites (figure 29).

Ainsi, la fréquence du multiparasitisme dans cette population d'étude a été significativement ( $P = 0,003$ ) plus élevée en milieu rural, comparé au milieu urbain.

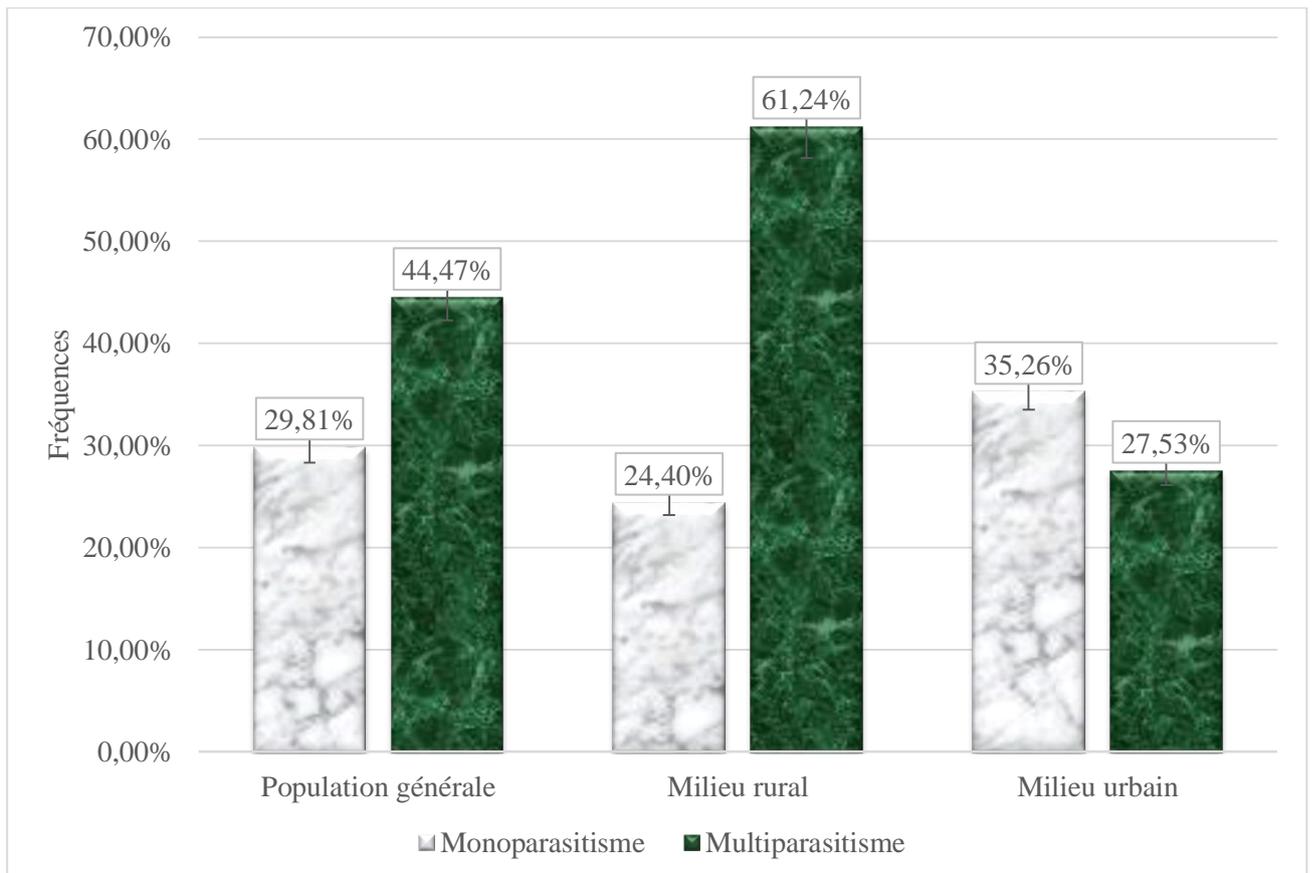


Figure 29 : Fréquence du monoparasitisme et du multiparasitisme au sein de la population d'étude et dans les différents milieux de vie.

### III.1.11. Types de parasitisme rencontrés dans la population d'étude

Le nombre d'espèces parasites retrouvées chez un même enfant a varié de 1 à 5 ; 5 types d'associations parasitaires ont été observés dans la population d'étude : monoparasitisme (1 espèce de parasite), biparasitisme (2 espèces de parasites), triparasitisme (3 espèces de parasites), quadriparasitisme (4 espèces de parasites) et pentaparasitisme (5 espèces de parasites) ; les effectifs d'écoliers pour ces différents types de parasitismes sont : 124 (29,80 %) pour le monoparasitisme, 111 (26,68 %) pour le biparasitisme, 47 (11,29 %) pour le triparasitisme, 24 (5,76 %) pour le quadriparasitisme et 3 (0,72 %) pour le pentaparasitisme (figure 30).

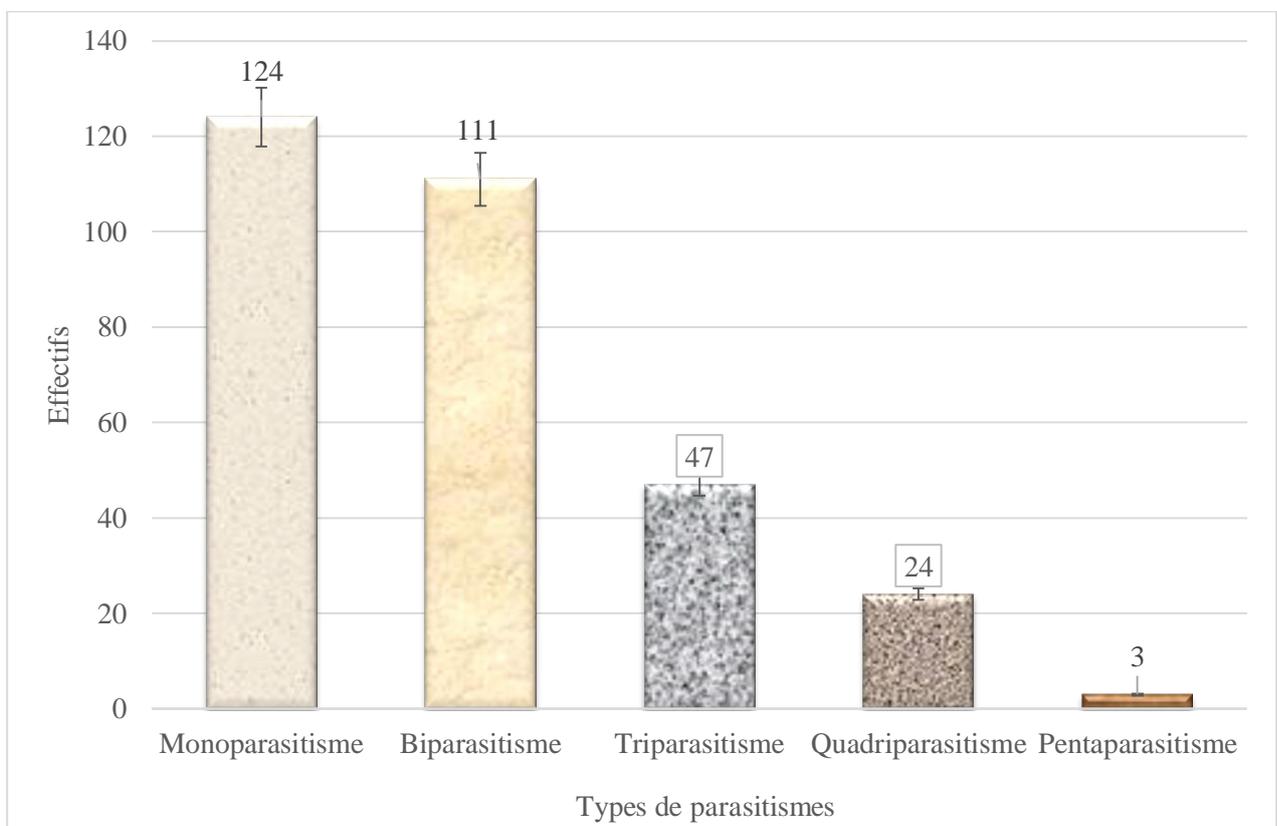


Figure 30: Effectifs des écoliers par type de parasitisme dans la population d'étude.

### III.1.12. Types de parasitisme rencontrés en milieu rural

En milieu rural, les 5 types de parasitisme ont été retrouvés, soit : monoparasitisme : 51 cas, biparasitisme : 66 cas, triparasitisme : 35 cas, quadriparasitisme : 24 cas et pentaparasitisme : 3 cas (figure 31).

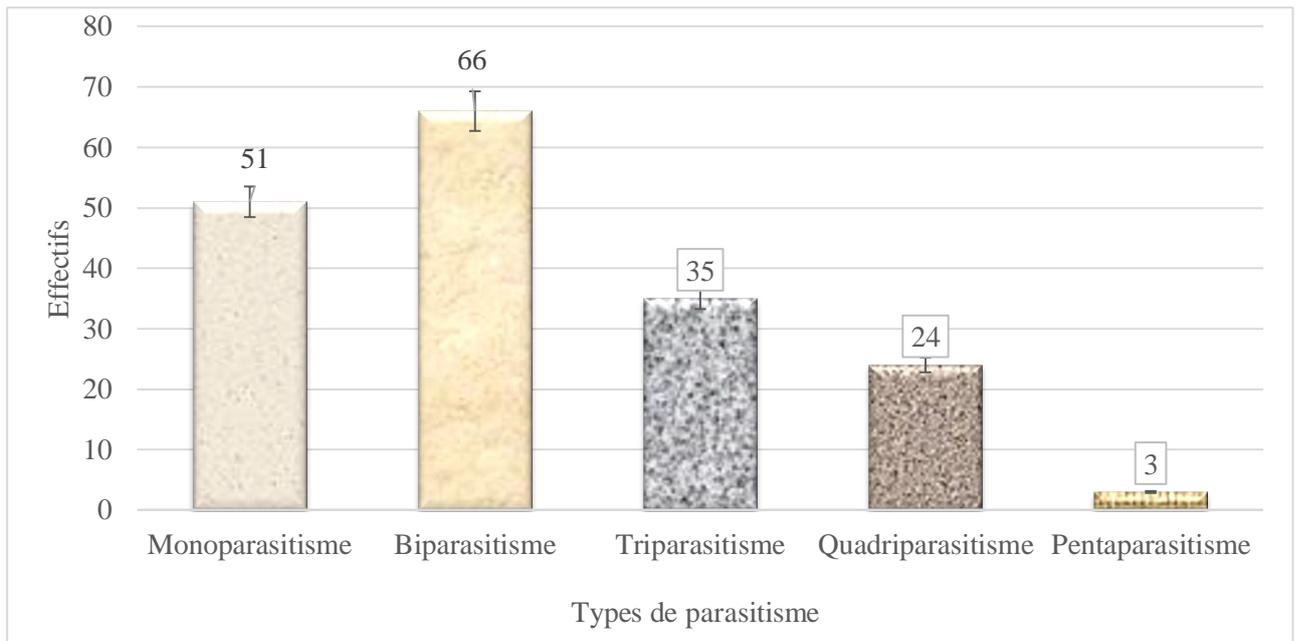


Figure 31: Effectif des écoliers par type de parasitisme en milieu rural.

### III.1.13. Types de parasitisme rencontrés en milieu urbain

En milieu urbain, seuls 3 types parasitismes ont été notés à savoir : 73 cas de monoparasitisme, 45 cas de biparasitisme et 12 cas de triparasitisme. Aucun cas de quadri- ni de pentaparasitisme n'a été relevé en milieu urbain (Figure 32).

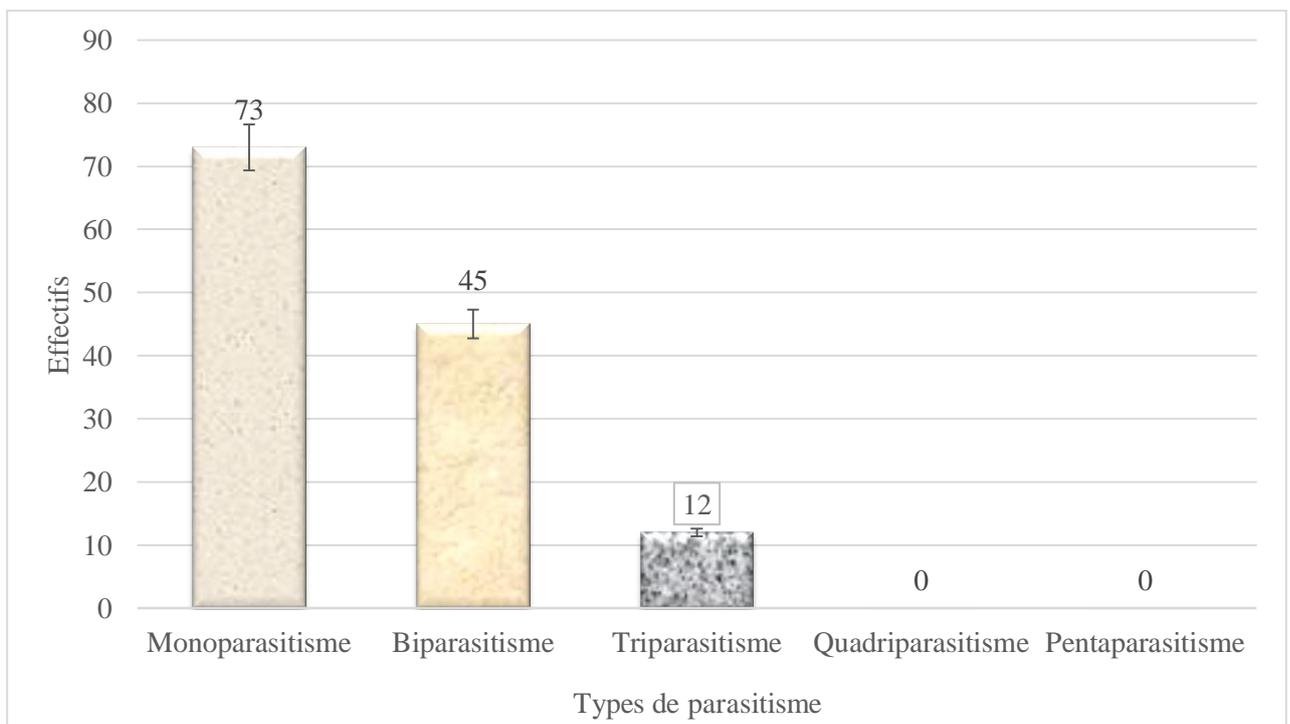


Figure 32: Effectif des écoliers par type de parasitisme en milieu urbain.

### III.1.14. Facteurs associés au monoparasitisme et au multiparasitisme

L'application du test de régression logistique bivariée a permis d'identifier les facteurs de risque d'infestation d'une part et les facteurs protecteurs d'autre part associés au monoparasitisme et au multiparasitisme. Au cours de cette étude, la classe d'âge comprise entre 8 et 11 ans inclus a été le seul facteur de risque associé au monoparasitisme. En effet, le risque d'être infesté par une seule espèce parasite a été environ deux fois plus élevé chez les enfants de cette tranche d'âge comparés à ceux de 4 à 7 ans inclus pris comme référence (ORa = 1,92 ; IC à 95 % : 1,03 - 3,59 ;  $P = 0,0403$ ). Le facteur protecteur contre le monoparasitisme a été le milieu de vie et notamment le milieu urbain ; le risque de monoparasitisme est réduit presque de moitié chez les enfants vivant en milieu urbain comparés à ceux vivant en campagne pris comme référence (ORa = 0,56 ; IC à 95 % : 0,32 - 0,99 ;  $P = 0,0492$ ).

Le genre féminin et la tranche d'âge [8 -12 [ ans ont été les facteurs de risque associés au multiparasitisme au cours de cette étude. En effet, le risque d'être infesté concomitamment par deux ou plusieurs espèces parasites a été deux fois plus élevé chez les filles par rapport aux garçons (ORa = 2,12 ; IC à 95 % : 1,26 - 3,57 ;  $P = 0,0046$ ). De même, le risque du multiparasitisme a été environ deux fois plus élevé pour les enfants de la classe d'âge [8 - 12[ ans (ORa = 1,70 ; IC à 95 % : 1,09 - 3,15 ;  $P = 0,0089$ ) comparés à ceux de la classe [4 - 7 [ ans pris comme référence. Le milieu urbain a été un facteur protecteur contre le multiparasitisme au cours de cette étude puisque le risque d'être infesté concomitamment par deux ou plusieurs espèces parasites a été significativement réduit chez les élèves résidant en milieu urbain comparés à ceux vivant en milieu rural pris comme référence (OR = 0,16 ; IC95% : 0,09-0,28 ;  $P = 0,0001$ ).

Le tableau VII présente l'ensemble des résultats du test de régression logistique bivariée réalisé pour identifier les facteurs de risque et les facteurs protecteurs associés au monoparasitisme et au multiparasitisme.

Tableau VII : Test de régression logistique bivariée entre les types de parasitisme et les facteurs associés

Variables	Monoparasitisme				Multiparasitisme			
	OR brut (IC95%)	P	OR ajusté (IC95%)	P	OR brut (IC95%)	P	OR ajusté (IC95%)	P
<b>Genres</b>								
Masculin	1		1		1		1	
Féminin	1,23 (0,73 - 2,06)	0,4382	1,26 (0,74 - 2,13)	0,3904	1,99 (1,22 - 3,22)	0,0055*	2,12 (1,26 - 3,57)	0,0046*
<b>Classes d'âge (ans)</b>								
[4 - 8[	1		1		1		1	
[8 - 12[	2,03 (1,10 - 3,77)	0,0243*	1,92 (1,03 - 3,59)	0,0403*	1,98 (1,12 - 3,50)	0,0192*	1,70 (1,09 - 3,15)	0,0089*
[12 - 16[	1,20 (0,62 - 2,32)	0,5895	1,35 (0,69 - 2,65)	0,3805	1,24 (0,68 - 2,25)	0,4901	1,91 (0,99 - 3,71)	0,0551
<b>Milieux de vie</b>								
Rural	1		1		1		1	
Urbain	0,53 (0,30 - 0,92)	0,0246*	0,56 (0,32 - 0,99)	0,0492*	0,17 (0,10 - 0,28)	<0,0001*	0,16 (0,09 - 0,28)	<0,0001*

OR = Odds ratio ; IC95% = Intervalle de confiance à 95% ; \* : P significative à 0,05.

### III.1.15. Types d'infracommunautés retrouvés au sein de la population d'étude

Au total, 54 types d'infracommunautés sur les 2366 attendus ont été dénombrés au sein de la population d'étude dont 19 sur 78 à 2 espèces parasites chez 111 participants, 18 sur 286 à 3 espèces parasites chez 47 élèves, 14 sur 715 à 4 espèces parasite chez 24 écoliers et 03 sur 1287 à 5 espèces parasites chez 3 participants.

#### III.1.15.1. Infracommunautés à 2 espèces parasites

Parmi les 19 types d'infracommunautés à 2 espèces parasites recensés dans la population d'étude (tableau VIII), celle constituée d'*E. histolytica/dispar* + *P. falciparum* a été la plus observée ; elle a été retrouvée chez 20 (4,80 %) élèves, dont 4 (0,96 %) en milieu rural et 16 (3,84 %) en milieu urbain. En terme de fréquence, elle est suivie par l'infracommunauté « *E. coli* + *E. histolytica/dispar* » retrouvée chez 16 (3,84 %) enfants dont 11 (2,64 %) en milieu rural et chez 5 (1,20 %) en milieu urbain. Les infracommunautés « *A. lumbricoides* + *E. coli* » et « *E. coli* + *P. falciparum* » occupent le troisième rang ; elles ont été retrouvées chez 10 (2,40 %) participants chacune. Les infracommunautés impliquant *L. loa*, *Blastocystis* sp. et les

ankylostomes ont été les moins observées, chacune n'apparaissant que chez 01 (0,24 %) seul participant.

Tableau VIII : Infracommunautés à deux espèces parasites recensées au sein de la population d'étude (N = 416)

Infracommunautés	Milieux de vie				Population générale	
	Rural		Urbain		n <sub>3</sub>	%
	n <sub>1</sub>	%	n <sub>2</sub>	%		
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i>	07	1,68	03	0,72	10	2,40
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i>	05	1,20	01	0,24	06	1,44
<i>A. lumbricoides</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A. lumbricoides</i> + <i>M. perstans</i>	01	0,24	01	0,24	02	0,48
<i>A. lumbricoides</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1,20	03	0,72	08	1,92
<i>A. lumbricoides</i> + <i>T. trichiura</i>	07	1,68	02	0,48	09	2,16
<i>Blastocystis sp.</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i>	11	2,64	5	1,20	16	3,84
<i>E. coli</i> + <i>En. nana</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<i>E. coli</i> + <i>G. intestinalis</i>	06	1,44	02	0,48	08	1,92
<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1,20	05	1,20	10	2,40
<i>E. coli</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	04	0,96	16	3,84	20	4,80
<i>En. nana</i> + <i>P. falciparum</i>	00	0,00	02	0,48	02	0,48
<i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	01	0,24	02	0,48
<i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	00	0,00	01	0,24	01	0,24
ankylostomes + <i>P. falciparum</i>	00	0,00	01	0,24	01	0,24
<i>T. trichiura</i> + <i>L. loa</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>T. trichiura</i> + <i>P. falciparum</i>	07	1,68	01	0,24	08	1,92
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>15,86</b>	<b>45</b>	<b>10,81</b>	<b>111</b>	<b>26,68</b>

n : nombre de cas ; % : Fréquence.

### III.1.15.2. Infracommunautés à trois espèces parasites

Le tableau IX recense les 18 types d'infracommunautés constituées de 3 espèces parasites observés au sein de la population d'étude. L'infracommunauté « *E. coli* + *E. histolytica/dispar* + *P. falciparum* » a été la plus observée car hébergée par 09 (2,16 %) élèves dont 05 (1,20 %) en milieu rural et 04 (0,96 %) en milieu urbain. En terme de fréquence, elle a été suivie par l'infracommunauté « *A. lumbricoides* + *E. coli* + *T. trichiura* » hébergée par 08 (1,92 %) participants dont 05 (1,20 %) en milieu rural et 03 (0,72 %) en milieu urbain. Au troisième se

situé l'infracommunauté « *E. coli* + *P. falciparum* + *T. trichiura* » retrouvée chez 05 (1,20 %) élèves vivant tous en milieu rural. Huit types d'infracommunautés à 3 espèces parasites ayant chacun une fréquence de 0,24 % (01 cas) ont également été observés, parmi lesquels on peut citer : « *E. histolytica/dispar* + *T. trichiura* + *P. falciparum* », « *A. lumbricoides* + *E. coli* + *P. falciparum* » et « *E. coli* + *P. falciparum* + ankylostome ».

Tableau IX : Infracommunautés à trois espèces parasites recensées au sein de la population d'étude (N=416)

Infracommunautés	Milieux de vie				Population générale	
	Rural		Urbain		n <sub>3</sub>	%
	n <sub>1</sub>	%	n <sub>2</sub>	%		
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>En. nana</i>	01	0,24	01	0,24	02	0,48
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i>	03	0,72	00	0,00	03	0,72
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>T. trichiura</i>	05	1,20	03	0,72	08	1,92
<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<i>A. lumbricoides</i> + ankylostome + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A. lumbricoides</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>M. perstans</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A. lumbricoides</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	01	0,24	02	0,48
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>En. nana</i>	01	0,24	01	0,24	02	0,48
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1,20	04	0,96	09	2,16
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i>	04	0,96	00	0,00	04	0,96
<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + ankylostome	00	0,00	01	0,24	01	0,24
<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	05	1,20	00	0,00	05	1,20
<i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>T. trichiura</i>	00	0,00	01	0,24	01	0,24
<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>8,41</b>	<b>12</b>	<b>2,88</b>	<b>47</b>	<b>11,29</b>

n: nombre de cas ; % : Fréquence.

### III.1.15.3. Infracommunautés à quatre espèces parasites

Tous les 14 types d'infracommunautés constituées de 4 espèces parasites observés au sein de la population d'étude n'étaient hébergés que par des élèves vivant en milieu rural. Parmi ces infracommunautés, celle formée d' « *A. lumbricoides* + *E. coli* + *P. falciparum* + *T. trichiura* » a été la plus mise en évidence avec une fréquence de 1,44 % (06 participants). En terme de

fréquence, elle a été suivie par l'infracommunauté « *A.lumbricoides* + *E. coli* + *E. histolytica/dispar* + *T. trichiura* » avec une fréquence de 0,72% (03 participants). Plusieurs associations à 4 espèces parasites n'ont été diagnostiquées chacune que chez 01 (0,24%) seul élève, à l'exemple de « *A. lumbricoides* + *Blastocystis* sp. + *E. coli* + *P. falciparum* », « *A. lumbricoides* + *E. coli* + *M. perstans* + *T. trichiura* » et « *A. lumbricoides* + *G. intestinalis* + *M. perstans* + *P. falciparum* ». Le tableau X récapitule les 14 types d'infracommunautés à quatre espèces parasites observées au sein de la population d'étude.

Tableau X : Infracommunautés à quatre espèces parasites recensées au sein de la population d'étude (N=416)

Infracommunautés	Milieux de vie				Population générale	
	Rural		Urbain		n <sub>3</sub>	%
	n <sub>1</sub>	%	n <sub>2</sub>	%		
<i>A.lumbricoides</i> + <i>Blastocystis</i> sp. + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>Blastocystis</i> sp. + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i>	03	0,72	00	0,00	03	0,72
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>En. nana</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>En. nana</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	06	1,44	00	0,00	06	1,44
<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<i>A.lumbricoides</i> + <i>G. intestinalis</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>Blastocystis</i> sp. + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + ankylostome + <i>M. perstans</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>E. coli</i> + <i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0,48	00	0,00	02	0,48
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>5,76</b>	<b>00</b>	<b>0,00</b>	<b>24</b>	<b>5,76</b>

n : nombre de cas ; % : Fréquence.

#### III.1.15.4. Infracommunautés à cinq espèces parasites

Seuls trois types d'infracommunautés constituées de cinq espèces parasites ont été observés au cours de cette étude ; ils n'étaient hébergés que par des participants vivant en milieu rural (tableau XI). Il s'agit des infracommunautés formées d' « *A. lumbricoides* + *T. trichiura* + *E. coli* + *E. histolytica/dispar* + *P. falciparum* », « *A. lumbricoides* + *E. coli* + *En. nana* +

*M. perstans* + *P. falciparum* » et « *T. trichiura* + *E. coli* + *Blastocystis* sp. + *Em. intestinalis* + *P. falciparum* » ; elles ont été observées chacune chez 01 seul élève, soit une fréquence de 0,24 %.

Tableau XI : Infracommunautés à cinq espèces parasites recensées au sein de la population d'étude (N=416)

Infracommunautés	Milieux de vie				Population	
	Rural		Urbain		Générale	
	n <sub>1</sub>	%	n <sub>2</sub>	%	n <sub>3</sub>	%
<i>A.lumbricoïdes</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica /dispar</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>A.lumbricoïdes</i> + <i>E. coli</i> + <i>En. nana</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
<i>Blastocystis</i> sp. + <i>E. coli</i> + <i>Em. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0,24	00	0,00	01	0,24
Total 4	03	0,72	00	0,00	03	0,72

n : nombre de cas ; % : Fréquence.

### III.1.16. Caractéristiques des associations de parasites retrouvées au sein de la population d'étude

Une analyse en composantes principales a été effectuée entre toutes les espèces parasites diagnostiquées dans la population d'étude afin d'établir des rapprochements entre celles-ci. De cette analyse, il est apparu trois groupes d'espèces parasites (**figure 33**) :

- Groupe I comprenant les espèces parasites suivantes : *P. falciparum*, *E. histolytica/dispar*, *E. coli*, *En. nana*, *G. intestinalis*, *T. trichiura*, *A. lumbricoïdes*, Ankylostomes et *M. perstans* ;
- Groupe II formé de *H. nana* et de *L. loa* ;
- Groupe III comprenant *Blastocystis* sp. et *Em. intestinalis*.

Les espèces du groupe I sont celles qui ont été retrouvées dans les deux milieux de vie (milieu rural et milieu urbain) et chez un nombre important de participants à l'étude ; elles montrent une certaine tendance à se retrouver ensemble chez les mêmes individus hôtes. Par contre, les groupes II et III sont composés d'espèces parasites qui ont été diagnostiquées dans l'un ou l'autre milieu de vie mais pas les deux à la fois ; ces deux derniers groupes contiennent les espèces parasites qui s'éloignent des autres espèces.

A cet effet, seules les espèces du groupe I ont été prises en compte pour les analyses statistiques suivantes.

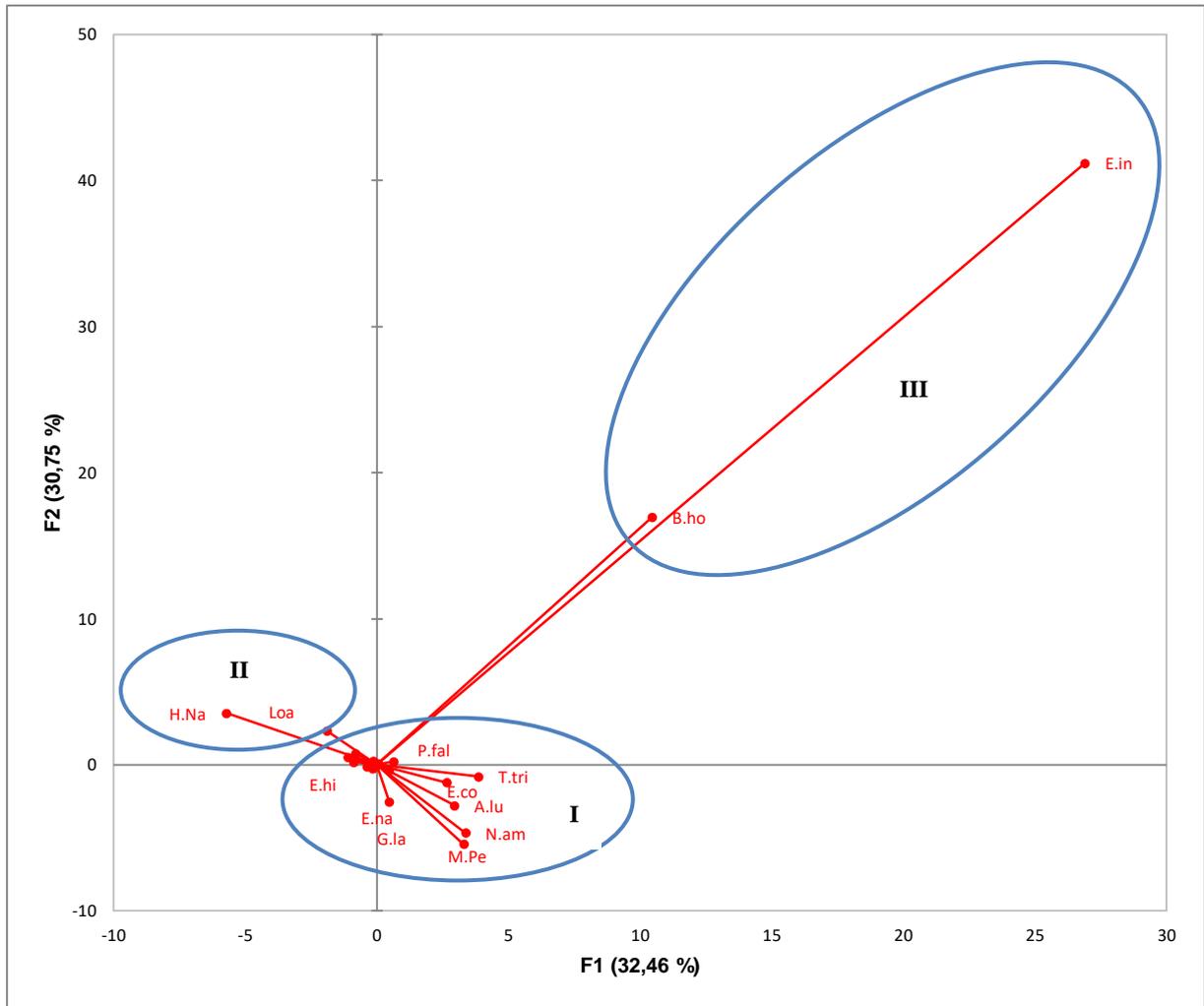


Figure 33 : Analyse des correspondances principales des différentes espèces parasites trouvées dans l'étude

Légende : T. tri = *T. trichiura*, E. co = *E. coli*, A. lu = *A. lumbricoides*, E. na = *En. nana*, M. pe = *M. perstans*, N. am = ankylostome, G. la = *G. intestinalis*, H. na = ; Loa = *L. loa*, B. ho = *Blastocystis*, E. in = *Em. intestinalis*, P. fal = *P. falciparum*, E. hi = *E. histolytica/dispar*.

### III.1.16.1. Caractéristiques des associations parasitaires obtenues à l'aide de la régression logistique multivariée

Le modèle de régression logistique multivariée a été construit pour caractériser les relations parasitaires interspécifiques. Cette analyse a été menée sur les espèces parasites du groupe 1 de la figure 33 ci-dessus (*P. falciparum*, *E. histolytica/dispar*, *E. coli*, *En. nana*, *G. intestinalis*, *T. trichiura*, *A. lumbricoides*, ankylostome et *M. perstans*) et avec les facteurs associés que sont l'âge, le genre et le milieu de vie.

L'analyse de la régression logistique multiple a montré des associations positives et statistiquement significatives pour *A. lumbricoides*, *T. trichiura*, *E. coli*, *E. histolytica/dispar* et *M. perstans*. En effet, *T. trichiura* a présenté une association positive et significative avec *A.*

*lumbricoides* ( $ORa = 2,49$  ;  $IC$  à 95% = 1,39 - 4,43 ;  $P < 0,001$ ) et avec l'amibe *E. coli* ( $ORa = 2,95$  ;  $IC$  à 95% = 1,70 - 5,13 ;  $P < 0,001$ ) ; cette association est favorisée par le milieu rural ( $ORa = 0,14$  ;  $IC$  à 95% = 0,07 – 0,26 ;  $P < 0,001$ ). L'espèce *A. lumbricoides* a montré une association positive et significative avec *E. coli* ( $ORa = 4,95$  ;  $IC$  à 95% = 2,87 – 8,48 ;  $P = 0,011$ ) et *M. perstans* ( $ORa = 1,79$  ;  $IC$  à 95% = 1,06 – 5,09 ;  $P = 0,001$ ) ; cette association est favorisée par le milieu rural ( $ORa = 0,19$  ;  $IC$  à 95% = 0,10 – 0,33 ;  $P < 0,0001$ ) et le genre féminin ( $ORa = 1,71$  ;  $IC$  à 95% = 1,03 – 2,85 ;  $P = 0,04$ ). Il existe aussi une association positive et significative entre l'amibe *E. histolytica/dispar* et *E. coli* ( $ORa = 4,35$  ;  $IC$  à 95% = 2,61 – 7,25 ;  $P = 0,001$ ) d'une part, et avec le nématode intestinal *T. trichiura* ( $ORa = 2,10$ ;  $IC$  à 95% = 1,04 – 4,20;  $P = 0,036$ ) d'autre part ; le facteur associé à ces associations est la tranche d'âge comprise entre 8 et 11 ans inclus. Le tableau XII récapitule les résultats obtenus sur les relations parasitaires interspécifiques grâce au modèle exploratoire utilisé dans cette étude.

Tableau XII : Associations parasitaires interspécifiques statistiquement significative par le test de régression logistique multivariée

<b>Parasites</b>	<b>Co-variables</b>	<b>ORa (IC95 %)</b>	<b>P</b>
<b><i>T. trichiura</i></b>	<i>A. lumbricoides</i>	2,49 (1,39 – 4,43)	<0,001
	<i>E. coli</i>	2,95 (1,70 – 5,13)	<0,001
	Milieu rural	0,14 (0,07 – 0,26)	< 0,001
<b><i>A. lumbricoides</i></b>	<i>E. coli</i>	4,95 (2,87 – 8,48)	0,011
	<i>M. perstans</i>	1,79 (1,06 – 5,09)	0,001
	Féminin	1,71 (1,03 – 2,85)	0,04
	Milieu rural	0,19 (0,10 – 0,33)	< 0,0001
<b><i>M. perstans</i></b>	Milieu rural	0,32 (0,11 – 0,94)	0,04
<b><i>E. histolytica/dispar</i></b>	<i>T. trichiura</i>	2,10 (1,04 – 4,20)	0,036
	<i>E. coli</i>	4,35 (2,61 – 7,25)	0,001
	[8 -11[ ans	2,06 (1,11 – 3,85)	0,02
<b><i>E. coli</i></b>	Milieu rural	0,24 (0,15 – 0,40)	< 0,001
<b><i>P. falciparum</i></b>	Milieu rural	0,62 (0,41 – 0,93)	0,02

ORa : Odd Ratio ajustée ; P : P-value ; IC95% : Intervalle de confiance à 95%.

### III.1.16.2. Caractéristiques des associations parasitaires à l'aide les indices écologiques

#### III.1.16.2.1. Associations entre espèces de protozoaires

La mesure du degré d'association entre les espèces de protozoaires par le calcul de l'indice D de Dice a révélé trois niveaux d'association : des associations très faibles ( $D \leq 0,09$ ), des associations faibles ( $0,10 \leq D \leq 0,24$ ) et des associations moyennes ( $0,25 \leq D \leq 0,49$ ).

Les associations interspécifiques très faibles ont été celles établies entre *E. coli* et *En. nana* ( $D = 0,08$ ), *E. coli* et *G. intestinalis* ( $D = 0,08$ ), *E. histolytica/dispar* et *G. intestinalis* ( $D = 0,03$ ), *E. histolytica/dispar* et *G. intestinalis* ( $D = 0,04$ ), enfin *En. nana* et *P. falciparum* ( $D = 0,05$ ). Une association faible a été notée entre *G. intestinalis* et *P. falciparum* ( $D = 0,10$ ). Des associations moyennes ont été notées entre les deux espèces amibes : *E. coli* et *E. histolytica/dispar* ( $D = 0,35$ ), *P. falciparum* et *E. coli* ( $D = 0,35$ ) et *P. falciparum* et *E. histolytica/dispar* ( $D = 0,32$ ).

Le coefficient tétrachorique  $\phi$  a montré une corrélation positive (ou synergie) d'une part et des cas d'indépendance d'autre part entre certaines espèces de protozoaires. La corrélation positive et significative a été trouvée entre les deux espèces d'amibes *E. histolytica/dispar* et *E. coli* ( $\phi = 0,323$ ), entre *E. coli* et *P. falciparum* ( $\phi = 0,138$ ) et entre *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum* ( $\phi = 0,148$ ). Des corrélations négatives et presque nulles ont été notées entre *E. histolytica/dispar* et *En. nana* ( $\phi = -0,037$ ) et entre *E. histolytica/dispar* et *G. intestinalis* ( $\phi = -0,002$ ). Par ailleurs, une corrélation positive et presque nulle a été notée entre *G. intestinalis* et *P. falciparum* ( $\phi = 0,041$ ) ; il semble donc exister une indépendance entre ces espèces de protozoaires.

L'indice de Forbes F a été calculé pour évaluer la déviation par rapport au hasard des associations entre les espèces de protozoaires. Il ressort de ces calculs que a) certaines associations répondaient aux lois du hasard ( $F \approx 1$ ) ; c'est le cas des associations entre *E. coli* et *P. falciparum*, *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum*, *G. intestinalis* et *P. falciparum*, *E. coli* et *G. intestinalis* ; b) d'autres associations sont apparues moins souvent que le hasard ( $F < 1$ ) ; cela a été le cas de *E. histolytica/dispar* et *E. nana*, *E. histolytica/dispar* et *G. intestinalis* et *E. nana* et *P. falciparum* ; c) enfin d'autres associations encore sont apparues plus souvent que le hasard le prévoyait ( $F > 1$ ) ; cela a été le cas de *E. histolytica/dispar* et *E. coli*, et entre *E. coli* et *En. nana*.

Le tableau XIII récapitule les résultats du calcul des indices écologiques dans les associations entre les espèces de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude.

Tableau XIII: Indices d'associations binaires entre les espèces de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude

Association entre espèces de Protozoaires	D	$\phi$	F	$\chi^2$
<i>E. coli</i> – <i>E. histolytica/dispar</i>	0,35***	0,323	2,04 <sup>a</sup>	6,35 +
<i>E. coli</i> – <i>En. nana</i>	0,08*	0,076	1,57 <sup>a</sup>	1,83
<i>E. coli</i> – <i>G. intestinalis</i>	0,08*	0,027	1,20 <sup>b</sup>	0,30
<i>E. coli</i> – <i>P. falciparum</i>	0,35***	0,138	1,87 <sup>a</sup>	0,62
<i>E. histolytica/dispar</i> – <i>En. nana</i>	0,03*	-0,037	0,65 <sup>c</sup>	0,52
<i>E. histolytica/dispar</i> – <i>G. intestinalis</i>	0,04*	-0,002	0,49 <sup>c</sup>	0,007
<i>E. histolytica/dispar</i> – <i>P. falciparum</i>	0,32***	0,148	1,81 <sup>a</sup>	0,95
<i>En. nana</i> – <i>P. falciparum</i>	0,05*	-0,024	0,82 <sup>c</sup>	0,24
<i>G. intestinalis</i> – <i>P. falciparum</i>	0,10**	0,041	1,26 <sup>b</sup>	0,72

Légende : D: Coefficient de Dice ; F: Indice de Forbes ;  $\chi^2$ : Chi carré ;  $\phi$  : Coefficient tétrachorique ; \* : Association très faible ; \*\* : association faible ; \*\*\* : association moyenne ; + : Significatif ; a : Association plus fréquente que ne prévoit les lois du hasard ; b : Association conforme aux lois du hasard ; c : Association moins fréquente que prévoit le hasard ; P.: *Plasmodium*; E : *Entamoeba*; G.: *Giardia* ; En. : *Endolimax*.

### III.1.16.2.2. Associations entre espèces d'helminthes

L'indice de Dice D a révélé également trois niveaux d'associations entre les espèces d'helminthes retrouvées au sein de la population d'étude: des associations très faibles ( $D \leq 0,09$ ), des associations faibles ( $0,10 \leq D \leq 0,24$ ) et des associations moyennes ( $0,25 \leq D \leq 0,49$ ).

L'association a été très faible entre *M. perstans* et *T. trichiura* ( $D = 0,06$ ) ; celle entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* a été faible ( $D = 0,18$ ) et celle entre *A. lumbricoides* et *T. trichiura* est apparue moyenne ( $D = 0,42$ ).

La corrélation tétrachorique  $\phi$  a été positive et significative entre les espèces de parasites : *A. lumbricoides* et *T. trichiura* ( $\phi = 0,479$ ) et entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* ( $\phi = 0,378$ ) ; il y aurait donc une synergie d'actions entre ces espèces. Une corrélation négative et presque nulle a été retrouvée entre *M. perstans* et *T. trichiura* ( $\phi = -0,010$ ).

Le calcul de l'indice de Forbes F pour évaluer le degré de déviation par rapport au hasard des associations entre les principales espèces d'helminthes retrouvées au sein de la population

d'étude a mis en évidence 2 types d'associations : une association moins fréquente que le hasard entre *M. perstans* et *T. trichiura* ( $F < 1$ ) et des associations deux fois plus fréquentes que prévoit le hasard entre *A. lumbricoides* et *T. trichiura* et entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* ( $F > 1$ ).

Le tableau XIV récapitule les résultats du calcul des indices écologiques entre les espèces d'helminthes retrouvées au sein de la population d'étude.

Tableau XIV: Indices d'associations binaires entre les espèces d'helminthes retrouvées au sein de la population d'étude

Association entre espèces d'Helminthes	D	$\Phi$	F	$\chi^2$
<i>A. lumbricoides</i> – <i>T. trichiura</i>	0,42***	0,479	2,12 <sup>a</sup>	32,52+
<i>A. lumbricoides</i> – <i>M. perstans</i>	0,18**	0,378	2,59 <sup>a</sup>	13,05+
<i>M. perstans</i> – <i>T. trichiura</i>	0,06*	-0,010	0,90 <sup>b</sup>	0,36

Légende : D: Coefficient de Dice ; F: Indice de Forbes ;  $\chi^2$ : Chi carré ;  $\phi$ : Coefficient tétrachorique ; \* : Association très faible ; \*\* : Association faible ; \*\*\*\* : Association moyenne ; + : Significatif ; a : Association plus fréquente que ne prévoit les lois du hasard ; b : Association conforme aux lois du hasard ; M.: *Mansonella*; A.: *Ascaris*; T. : *Trichuris*.

### III.1.16.2.3. Associations entre espèces d'helminthes et espèces de protozoaires

Le calcul de l'indice de Dice D a révélé des associations très faibles ( $D \leq 0,09$ ), des associations faibles ( $0,10 \leq D \leq 0,24$ ) et des associations moyennes ( $0,25 \leq D \leq 0,49$ ) entre les helminthes et les protozoaires diagnostiqués au sein de la population d'étude.

Des associations très faibles ont été notées entre *G. intestinalis* et *A. lumbricoides* d'une part ( $D = 0,04$ ) et *G. intestinalis* et *T. trichiura* d'autre part ( $D = 0,08$ ), ainsi qu'entre *P. falciparum* et *M. perstans* ( $D = 0,01$ ). Des associations faibles ont été trouvées entre *E. histolytica/dispar* et *A. lumbricoides* ( $D = 0,19$ ), puis *E. histolytica/dispar* et *T. trichiura* ( $D = 0,15$ ). Par contre, une association moyenne est apparue entre *E. coli* et *A. lumbricoides* ( $D = 0,39$ ) d'une part, et entre *E. coli* et *T. trichiura* ( $D = 0,41$ ) d'autre part.

Avec le coefficient tétrachorique  $\phi$  des corrélations positives et significatives ont été notées entre *A. lumbricoides* et *E. coli* d'une part ( $\phi = 0,404$ ), et entre *T. trichiura* et *E. coli* d'autre part ( $\phi = 0,450$ ). Des corrélations positives mais très faibles ont été trouvées entre *A.*

*lumbricoides* et *E. histolytica/dispar* ( $\phi = 0,104$ ), et aussi entre *T. trichiura* et *E. histolytica/dispar* ( $\phi = 0,112$ ). Entre *A. lumbricoides* et *G. intestinalis* ( $\phi = -0,318$ ) et entre *T. trichiura* et *G. intestinalis* ( $\phi = -0,498$ ), la corrélation a été plutôt négative. Le coefficient tétrachorique  $\phi = 0,003$  a montré que *P. falciparum* et *M. perstans* semblent évoluer indépendamment l'un de l'autre.

Le calcul de l'indice de Forbes a indiqué que l'association entre *P. falciparum* et *M. perstans* ( $F = 1,10$ ) suit la loi du hasard, celles entre *A. lumbricoides* et *E. coli* ( $F = 2,61$ ) et entre *T. trichiura* et *E. coli* ( $F = 2,82$ ) s'écartent fortement de ce que prévoit la loi du hasard. De même, les associations entre *A. lumbricoides* et *E. histolytica/dispar* ( $F = 1,63$ ) et entre *T. trichiura* et *E. histolytica/dispar* ( $F = 1,79$ ) s'écartent suffisamment de ce que prévoit la loi du hasard. Enfin, les associations entre *A. lumbricoides* et *G. intestinalis* ( $F = 0,55$ ) et entre *T. trichiura* et *G. intestinalis* ( $F = 0,59$ ) sont presque deux fois moins observées que ce qui est prévu par le hasard.

Le tableau XV récapitule les résultats du calcul des indices écologiques entre les espèces d'helminthes et de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude.

Tableau XV: Indices d'associations binaires entre les espèces d'helminthes et de protozoaires retrouvées au sein de la population d'étude

Association entre espèces d'Helminthes et espèces de Protozoaires	D	Φ	F	χ <sup>2</sup>
<i>A. lumbricoides</i> – <i>E. coli</i>	0,39***	0,404	2,61 <sup>a</sup>	17,43+
<i>A. lumbricoides</i> – <i>E. histolytica/dispar</i>	0,19**	0,103	1,63 <sup>a</sup>	1,79
<i>A. lumbricoides</i> – <i>En. nana</i>	0,08*	0,041	1,43 <sup>a</sup>	0,70
<i>A. lumbricoides</i> – <i>G. intestinalis</i>	0,04*	-0,318	0,55 <sup>c</sup>	0,97
<i>A. lumbricoides</i> – <i>P. falciparum</i>	0,07*	-0,100	0,99 <sup>b</sup>	0,001
<i>E. coli</i> – <i>M. perstans</i>	0,13**	0,096	1,70 <sup>a</sup>	3,87
<i>E. coli</i> – <i>T. trichiura</i>	0,41***	0,450	2,82 <sup>a</sup>	26,08+
<i>E. histolytica/dispar</i> – <i>M. perstans</i>	0,05*	-0,035	0,70 <sup>c</sup>	0,52
<i>E. histolytica/dispar</i> – <i>T. trichiura</i>	0,15**	0,112	1,79 <sup>a</sup>	2,49
<i>En. nana</i> – <i>M. perstans</i>	0,06*	0,030	1,78 <sup>a</sup>	0,36
<i>En. nana</i> – <i>T. trichiura</i>	0,02*	-0,050	0,42 <sup>c</sup>	1,04
<i>G. intestinalis</i> – <i>M. perstans</i>	0,06*	0,016	1,35 <sup>a</sup>	0,10
<i>G. intestinalis</i> – <i>T. trichiura</i>	0,08**	-0,498	0,59 <sup>c</sup>	1,39
<i>M. perstans</i> – <i>P. falciparum</i>	0,01*	0,003	1,10 <sup>b</sup>	0,41
<i>P. falciparum</i> – <i>T. trichiura</i>	0,27**	0,029	1,08 <sup>b</sup>	0,36

Légende: D: Coefficient de Dice ; F: Indice de Forbes ; χ<sup>2</sup>: Chi carré ; φ: Coefficient tétrachorique ; \* : Association très faible ; \*\* : Association faible ; \*\*\*\* : Association moyenne ; + : Significatif ; a : Association plus fréquente que ne prévoit les lois du hasard ; b : Association conforme aux lois du hasard ; c : Association moins fréquente que prévoit le hasard ; P. *Plasmodium* ; M.: *Mansonella* ; A.: *Ascaris* ; T.: *trichiura* ; E : *Entamoeba* ; G.: *Giardia* ; En.: *Endolimax*.

## III.2. Discussion

### III.2.1. Diversité des parasites et épidémiologie

La Région du Centre-Cameroun en général et le département du Nyong et Mfoumou en particulier, comme partout ailleurs en Afrique subsaharienne, sont des zones où les conditions environnementales, climatiques et sanitaires sont propices au développement et à la persistance de plusieurs espèces de parasites (Brooker *et al.*, 2006) ; dans cette aire géographique, les enfants en âge scolaire, tranche de la population la plus vulnérable aux infestations parasitaires, sont particulièrement exposés au multiparasitisme et à ses potentielles conséquences (Brooker *et al.*, 2006). Du fait de ce que le multiparasitisme apparaît de plus en plus comme la règle plutôt que l'exception dans la plupart des modèles épidémiologiques, il devient plus qu'urgent pour les chercheurs de passer du paradigme « un hôte - un parasite » à une approche multihôtes-multiparasites. Seule l'étude du multiparasitisme, c'est-à-dire l'identification des associations parasitaires et la compréhension des mécanismes qui en sont sous-jacents et des facteurs associés permettraient de mieux cerner la réalité de la plupart des modèles épidémiologiques, y compris chez l'homme ; c'est un préalable pour la réussite de la lutte contre les maladies parasitaires en Afrique subsaharienne. En effet, seules les stratégies de lutte intégrée semblent mieux adaptées pour venir à bout des maladies parasitaires, véritable problème de santé publique majeur en Afrique subsaharienne en général, et au Cameroun en particulier.

Aborder la problématique du multiparasitisme nécessite de disposer d'outils diagnostics capables de détecter des infestations concomitantes dans divers échantillons biologiques et pouvant être utilisés dans des zones reculées, où la fourniture en énergie électrique est inexistante et où les populations rurales sont parfois les plus touchées. Le microscope Cyscope (Partec-Sysmex GmbH, Görlitz, Germany) utilisé au cours de cette étude présente des caractéristiques qui répondent parfaitement à cette problématique ; la configuration à fluorescence de cet instrument permet une détection rapide des acides nucléiques (ADN) dans un étalement biologique après marquage au DAPI. Cet outil a été utilisé par Kimbi *et al.* (2012a) pour mettre à jour les données sur le paludisme asymptomatique chez les enfants en âge scolaire dans le Région du Sud-Ouest du Cameroun. Lehman *et al.* (2012) s'en sont aussi servis dans le diagnostic des parasitoses intestinales dans le Région du Littoral ; ils ont obtenu des résultats comparables à ceux de la microscopie ordinaire. Le microscope Cyscope permettrait, par exemple, une lutte plus efficace contre l'onchocercose dans les régions co-endémiques à la loase car il permettra de diagnostiquer tous les porteurs de microfilaries de *L. loa*, limitant ainsi la survenue des effets secondaires sévères post-traitement à l'Ivermectine souvent observés chez les personnes porteuses de fortes densités parasitaires à *L. loa* lors des

campagnes de déparasitage en communauté dans le cadre de la lutte contre l'onchocercose (Chandler, 2018).

Le présent travail a été effectué sur un échantillon de 416 participants, soit environ 100 participants de plus par rapport à la taille de l'échantillon envisagée par calcul. L'effectif de notre échantillon est proche des 410 participants de l'étude Ngo Ngué *et al.* (2017) dans la Région du Sud, et des 443 participants de l'étude de Kimbi *et al.* (2012b) dans la Région du Sud-Ouest ; il est cependant supérieur aux 341 participants de l'étude de Nkengazong *et al.* (2015) dans la Région du Centre. Les 416 élèves enrôlés dans cette étude fréquentaient deux (02) écoles en milieu urbain et trois (03) autres en milieu rural. L'éloignement des écoles en milieu rural par rapport à certains villages et l'exode rural vers le milieu urbain sont à l'origine de l'accroissement des effectifs dans les écoles en milieu urbain au détriment de celles du milieu rural ; de ce fait, il a donc fallu échantillonner dans trois écoles pour recruter 209 écoliers sur les 250 sollicités.

Au total, 13 espèces parasites, dont 3 taxons d'hémoparasites et 10 autres de parasites du tube digestif, ont été identifiées au cours de ce travail. Des études similaires menées dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne ont rendu des richesses spécifiques similaires ; c'est le cas de l'étude menée par M'bondoukwe *et al.* (2018) au Gabon. Ces auteurs ont identifié 10 des 13 espèces parasites du présent travail (*P. falciparum*, *L. loa*, *M. perstans*, *E. histolytica/dispar*, *E. coli*, *G. intestinalis*, *Blastocystis sp.*, *A. lumbricoides*, *T. trichiura* et ankylostomes). C'est également le cas des travaux de Ngo Ngué *et al.* (2017) qui ont trouvé 5 des 10 espèces de parasites intestinaux de ce travail chez les élèves de la Région du Sud Cameroun (*A. lumbricoides*, *T. trichiura*, ankylostomes, *E. histolytica/dispar* et *E. coli*). Dans la même lancée, Coulibaly *et al.* (2012) et Rosa *et al.* (2004) en Côte d'Ivoire ont respectivement diagnostiqué 8 espèces parasites intestinaux parmi les 10 identifiées dans ce travail (*A. lumbricoides*, Ankylostome, *T. trichiura*, *E. coli*, *E. nana*, *Blastocystis sp.*, *G. intestinalis*, *E. histolytica/dispar*) et 9 espèces parasites parmi les 13 ici présentées (ankylostomes, *T. trichiura*, *A. lumbricoides*, *E. coli*, *E. histolytica/dispar*, *Blastocystis sp.*, *En. nana*, *G. intestinalis* et *P. falciparum*). Ces données confirment non seulement la large répartition géographique de plusieurs espèces parasites en Afrique subsaharienne mais aussi que, dans cette région, les conditions environnementales et climatiques de même que la pauvreté ambiante sont favorables au développement, à la persistance et à la transmission de plusieurs taxons parasites (Brooker *et al.*, 2006).

Au cours de ce travail, 309 participants sur les 416 enrôlés se sont révélés porteurs d'au moins une espèce parasite, soit un taux d'infestation global de la population d'étude de 74,28%.

Ce pourcentage est inférieur à celui obtenu par Kimbi *et al.* (2012b), soit 92%, chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Sud-Ouest du Cameroun ; il est proche des 77,2% obtenus par Zeukeng *et al.* (2014) dans la population générale de la Région du Centre-Cameroun d'une part et, d'autre part, supérieur aux 63,2% obtenus chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Sud-Cameroun par Ngo Ngué *et al.* (2017), aux 26,6% obtenus par Lehman *et al.* (2012) et aux 8,5% obtenus par Khan Payne *et al.* (2017) dans la population générale dans les Régions du Littoral et de l'Ouest du Cameroun respectivement. Ces résultats témoignent d'une part de l'endémicité de plusieurs espèces parasites sur une grande partie de territoire national camerounais et, d'autre part, permettent de constater que la prévalence des maladies parasitaires reste élevée, particulièrement chez les enfants en âge scolaire. Les stratégies de lutte contre ces pathologies, mises en place par les pouvoirs publics consistant entre autres en la distribution des moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action et au déparasitage systématique et régulier des enfants en milieu scolaire principalement, devraient être revues dans l'optique d'adopter des stratégies de lutte intégrée qui seraient plus efficaces.

Le taux d'infestation en général a été significativement plus élevé ( $P < 0,0001$ ) en milieu rural (85,65 %) qu'en milieu urbain (62,80 %) ; en effet, les personnes résidant en milieu rural font face à plusieurs difficultés qui les exposent plus aux maladies parasitaires. D'une manière générale, l'accès à une eau potable y est un problème majeur. Dans le département du Nyong et Mfoumou en particulier, les populations ont souvent recours à une eau de qualité douteuse, qui contiendrait des formes infestantes de parasites. En outre, à cause du faible revenu des parents, certains enfants sont obligés de porter des chaussures ouvertes pour se rendre à l'école ; d'autres marchent ou jouent souvent nu-pieds. Par ailleurs, les toilettes lorsqu'elles existent dans les établissements scolaires, sont souvent mal entretenues et de ce fait ne sont pas utilisées par les élèves «porteurs asymptomatiques» qui préfèrent déféquer dans la nature, enrichissant ainsi cette dernière de formes infestantes de parasites. De plus, en milieu rural, beaucoup d'habitations sont construites en semi-dur ou en terre battue, avec des crevasses et des joints facilitant l'entrée des moustiques anthropophiles dans les maisons. Bien plus, les activités agricoles pratiquées favorisent la rencontre avec les espèces d'arthropodes vecteurs de parasites, notamment les chrysops et les culicoides qui transmettent les filaires sanguines humaines par la localisation des microfilières. Tout ce qui précède pourrait justifier la fréquence plus élevée du parasitisme en milieu rural notée au cours de la présente étude.

*Plasmodium falciparum* a été la seule espèce de son genre retrouvée au sein de la population d'étude avec une prévalence de 37,26% qui est aussi la plus élevée pour les hémoparasites identifiés au cours de cette étude. Cette forte prévalence de *P. falciparum* chez

les enfants asymptomatiques révèle la dangerosité et la complexité de la lutte contre le paludisme au Cameroun. En effet, de résultats similaires ont été trouvés en milieu scolaire dans la région du Sud-Ouest (Kimbi *et al.*, 2012a). De telles prévalences laissent penser qu'une élimination du paludisme au Cameroun serait difficilement envisagée en ne traitant que les cas se présentant dans les formations sanitaires. Le taux d'infestation par *P. falciparum* a aussi été significativement ( $P = 0,0139$ ) plus élevé chez les élèves en milieu rural qu'en milieu urbain ; ce résultat corrobore ceux d'Olurongbe *et al.* (2011) et de Kimbi *et al.* (2012b). Plusieurs raisons expliqueraient cette situation ; en effet selon Kimbi *et al.* (2012b), l'aménagement urbain réduit le nombre de gîtes larvaires et diminue la transmission du paludisme. En milieu rural, le risque de transmission du paludisme est plus élevé car le contact avec l'anophèle vecteur est facilité par la qualité souvent délabrée des habitations ; aussi, nous avons noté que plusieurs familles, bien que disposant des moustiquaires, ne les utilisent pas.

La filariose sanguine à *M. perstans* ou mansonellose affecte principalement les populations rurales, pauvres, ayant un accès limité aux services et aux soins de santé primaires ; de plus cette parasitose n'a pas une présentation clinique bien distincte (Simonsen *et al.*, 2011) ; ce qui pourrait justifier le peu d'intérêt accordé à cette parasitose. On peut aussi relever qu'il n'existe aucun programme de lutte qui prend en compte la mansonellose qui est pourtant fréquente en Afrique subsaharienne en général et au Cameroun en particulier (Simonsen *et al.*, 2011). La prévalence de *M. perstans* dans cette étude (4,32%) est faible par rapport : à 12,4% publiée par Tatuene *et al.* (2014) dans le même département du Nyong et Mfoumou, aux 76% obtenus par Drame *et al.* (2016) et à 70% obtenue par Wanji *et al.* (2016) dans d'autres Régions du Cameroun (Adamaoua, Littoral et Est) ; ces différences sont explicables d'une part par la composition de la population d'étude et, d'autre part, par la sensibilité des techniques utilisées dans la recherche des parasites. En effet, tous les auteurs suscités ont travaillé sur la population générale incluant à la fois les enfants et les adultes. Or, il est admis que la prévalence de *M. perstans* croît avec l'âge pour atteindre des valeurs les plus élevées chez les personnes adultes (Downes et Jacobsen, 2010). Par ailleurs, la technique de biologie moléculaire utilisée par Drame *et al.* (2016) est une méthode de diagnostic plus sensible que la microscopie qui nous a servis au cours de notre étude ; ces résultats confirment néanmoins l'endémicité de *M. perstans* en région forestière du Sud-Cameroun. L'infestation par *M. perstans* a été plus élevée en milieu rural qu'en milieu urbain ; ce résultat corrobore ceux de Bassene *et al.* (2015) au Sénégal et de Debrah *et al.* (2017) au Ghana. En effet, de fortes prévalences de *M. perstans* sont souvent obtenues dans des écotones forêts/grands marais où les pratiques culturelles favorisent le contact avec les culicoïdes vecteurs (Simonsen *et al.*, 2011).

Les amibes *E. coli* et *E. histolytica/dispar* ont été les protozoaires du tube digestif les plus mis en évidence au cours de cette étude. Les prévalences de ces deux parasites, 29,33% pour *E. coli* et 23,80 % pour *E. histolytica/dispar*, sont supérieures à celles trouvées par M'bondoukwé *et al.* (2018) au Gabon (22,2% pour *E. coli* et 9,3% pour *E. histolytica/dispar*) ; ceci s'expliquerait par la différence dans la composition des populations d'étude. En effet, nous avons examiné une population constituée essentiellement d'enfants en âge scolaire, souvent peu regardants des règles d'hygiène élémentaires, donc plus à même de contracter ces espèces parasites (Hamit *et al.*, 2013), d'où les prévalences plus élevées dans notre population d'étude. Par contre, l'échantillon de M'bondoukwé *et al.* (2018) a rassemblé les enfants et les adultes souvent moins prédisposés à ces parasites. Nos résultats sont aussi proches de ceux de Coulibaly *et al.* (2012) en Côte d'Ivoire, 31,8% pour *E. coli* et 20,4% pour *E. histolytica/dispar*. Le taux d'infestation d'*E. coli* a été significativement plus élevé chez les élèves du milieu rural. En effet, pendant la collecte des données, il a été noté que pendant la récréation ces enfants consommaient des fruits, principalement des mangues, sans les laver et sans se laver les mains ; ce comportement à risque aurait contribué à augmenter l'infestation de ces élèves. Le taux d'infestation d'*E. histolytica/dispar* a relativement été plus élevé en milieu urbain (25,6 %) bien que la différence avec le milieu rural (22,0 %) n'a pas été significative ( $P = 0,389$ ).

*Ascaris lumbricoides* et *T. trichiura* ont été les 2 espèces de géohelminthes les plus fréquemment diagnostiquées au sein de notre population d'étude. Les prévalences respectives 21,4% et 18,5%, sont supérieures à celles rendues par Khan Payne *et al.* (2017) à Babadjou dans la Région de l'Ouest Cameroun (*A. lumbricoides* : 4% et *T. trichiura* : 4,1%) et par M'Bondoukwé *et al.* (2018) au Gabon (*A. lumbricoides* : 13,7% et *T. trichiura* : 11,8%). Nos valeurs sont inférieures à celles trouvées par Kimbi *et al.* (2012b) dans la Région du Sud-Ouest du Cameroun (*A. lumbricoides* : 30,21% et *T. trichiura* : 25,98%) et par Ruto et Mulambalah (2016) au Kenya (*A. lumbricoides* : 55,8% et *T. trichiura* : 26,9%). En effet, ces deux géohelminthes sont les plus répandus à travers le monde (Ruto et Mulambalah, 2016). Ils se transmettent tous par voie féco-orale ; de plus, leur épidémiologie est largement déterminée par les habitudes individuelles et communautaires d'une part et, d'autre part, par la façon d'éliminer les déchets ; cela affecte le niveau de contamination environnementale (Ruto et Mulambalah, 2016). Ces deux géo-helminthes partagent aussi les mêmes biotopes à l'intérieur et à l'extérieur de l'hôte. Les conditions qui influencent la survie et la transmission de l'un sont aussi celles de l'autre ; par conséquent, les prévalences de ces deux parasites sont souvent très élevées au sein des communautés résidant en zone d'endémie, chez lesquelles ils sont souvent retrouvés en co-infestation (Ruto et Mulambalah, 2016).

L'hyménolepiase humaine due à *Hymenolepis nana* est l'une des maladies directement liés à l'insalubrité et au manque d'hygiène ; sa prévalence dans une région est un indicateur de la contamination fécale de l'environnement et du niveau d'hygiène dans une société (Magalhaes *et al.*, 2013). Au cours de cette étude, nous avons trouvé une prévalence de 0,24% ; cette prévalence est faible par rapport à celle trouvée par Bagayan *et al.* (2015) chez les écoliers de l'école primaire au Burkina Faso : 3,22%. Cette espèce parasite n'a été retrouvée que chez 1 seul élève du milieu urbain et ce dernier appartenait à la tranche d'âge comprise entre 8 et 11 ans inclus. Ce résultat corrobore ceux obtenus par Magalhaes *et al.* (2013) ; en effet, les enfants de cet âge ne respectent pas les règles d'hygiène et généralement ne lavent pas les mains après utilisation des toilettes (Huda, 2012).

### **III.3.2. Multiparasitisme et associations parasitaires**

Le multiparasitisme est un marqueur de mauvaises conditions d'hygiène et de pauvreté ; il est associé à une susceptibilité accrue à d'autres pathologies telles que l'anémie et les carences nutritionnelles (Al-Delaimy *et al.*, 2014). Sa fréquence dans notre population d'étude a été de 44,5%, significativement ( $P = 0,017$ ) plus élevée que celle du monoparasitisme (29,8%) ; ce résultat est similaire à ceux d'autres auteurs: 62,8% de multiparasitisme et 27,5% de monoparasitisme pour Tchuem Tchuenté *et al.* (2003) dans la ville de Loum au Cameroun, 75% de multiparasitisme et 9,8% de monoparasitisme pour Rosa *et al.* (2004) en Côte d'Ivoire, 86,6% de multiparasitisme et 11,5% de monoparasitisme pour Sayasone *et al.* (2011) en République Démocratique du Laos, 34,7% de multiparasitisme et 26,9% de monoparasitisme pour Ruto et Mulambalah (2016) au Kenya, enfin 71,8% de multiparasitisme et 28,1% de monoparasitisme pour Elyana *et al.* (2016) en Malaisie. Toutes ces études et la nôtre corroborent l'affirmation de Petney et Andrews (1998) selon laquelle le multiparasitisme constitue la règle plutôt que l'exception dans la plupart des modèles épidémiologique, y compris chez l'homme.

La fréquence du multiparasitisme a été significativement ( $P = 0,003$ ) plus élevée en milieu rural (61,2 %) qu'en milieu urbain (27,5 %) ; un résultat similaire (41,70% en milieu rural et 10,58% en milieu urbain) a été trouvé par Kimbi *et al.* (2012b) chez les enfants en âge scolaire dans la Région du Sud-Ouest du Cameroun. En effet, la fréquence du multiparasitisme au sein d'une population serait déterminée par le nombre d'espèces parasites présentes dans ce milieu et par la prévalence de chacune d'entre elles (Brooker *et al.*, 2006). Dans notre cas, le nombre d'espèces était de 12 en milieu rural contre 10 en milieu urbain. De plus, comme mentionné plus haut, les prévalences de la plupart des espèces parasites diagnostiquées ont été plus élevées en milieu rural comparé au milieu urbain.

Le nombre maximum d'espèces parasites retrouvées chez un élève a été de 5 pour une richesse spécifique moyenne de 1,43 ( $\pm 0,01$ ) espèce par individu ; ces valeurs sont similaires de celles rendues par Erismann *et al.* (2016) (maximum 5 espèces parasites hébergées pour une richesse spécifique moyenne de 1,7 espèce par individu), mais inférieures à celles indiquées par Hürlimann *et al.* (2014) en Côte d'Ivoire, qui ont trouvé une richesse spécifique parasitaire moyenne de 2,5 espèces par individu hôte, avec un maximum de 8 espèces de parasites retrouvées chez un individu infesté. Nos résultats ont montré 5 types de parasitismes dont 4 de multiparasitisme : biparasitisme (26,68%), triparasitisme (11,29%), quadriparasitisme (5,76%) et pentaparasitisme (0,72%). Ces résultats sont relativement inférieurs à ceux rendus par Al-Delaimy *et al.* (2014) en Malaisie : 54,0 % de biparasitisme, 25,1% de triparasitisme, 15,4% de quadriparasitisme et 5,4% de pentaparasitisme. Cependant, ils sont relativement supérieurs à ceux trouvés par M'bondoukwe *et al.* (2018) au Gabon : biparasitisme (20,0%), triparasitisme (9,3%) et au moins 4 espèces parasites (7,6%).

La fréquence du biparasitisme dans cette étude a été plus élevée en milieu rural (15,87 %) par rapport au milieu urbain (10,82 %), celle du triparasitisme aussi a été plus élevée en milieu rural (8,41 %) par rapport au milieu urbain (2,88 %). Le quadriparasitisme (5,76 %) et le pentaparasitisme (0,72 %) n'ont été retrouvés qu'en milieu rural. Une fois de plus, la forte richesse spécifique et les fréquences de la plupart des espèces parasites plus élevées en milieu rural comparé au milieu urbain expliquent ces résultats ; ceci révèle aussi un niveau de pauvreté plus élevé et d'insalubrité accrue (Al-Delaimy *et al.*, 2014) en milieu rural dans le département du Nyong et Mfoumou, Région du Centre-Cameroun.

Les résultats trouvés ont montré que les élèves âgés de 8 à 11 ans inclus présentaient deux fois plus de risque d'être infestés par une seule ( $P = 0,0403$ ) ou par deux ou plusieurs espèces parasites ( $P = 0,0089$ ) que ceux âgés de 4 à 7 ans inclus ; ce résultat corrobore ceux de Njunda *et al.* (2014) et Zeukeng *et al.* (2014), qui ont trouvé que les grands enfants et les adultes étaient plus susceptibles d'être infestés pour le monoparasitisme ; il est plutôt contraire à celui de Ngui *et al.* (2011) qui ont montré que le risque d'être multiparasité était plus élevé chez les jeunes enfants. Les risques d'infections monoparasitaires ( $P = 0,049$ ) et multiparasitaires ( $P < 0,0001$ ) ont été significativement réduits chez les écoliers du milieu urbain ; ce résultat s'accorde avec ceux de Ngui *et al.* (2011), Staudacher *et al.* (2014) et M'bondoukwe *et al.* (2018). En effet, il apparaît que le niveau d'assainissement et d'éducation, ainsi que les conditions de vie relativement meilleures en milieu urbain comparé au milieu rural réduiraient l'effectivité de la contamination.

Au total, 54 types d'infracommunautés ont été recensés au sein de notre population d'étude dont 19, 18, 14 et 3 constituées respectivement de 2, 3, 4 et 5 espèces parasites. Les espèces telles que *A. lumbricoides*, *E. coli*, *E. histolytica/dispar*, *P. falciparum* et *T. trichiura* ont fréquemment été retrouvées dans les associations parasitaires. Les fréquences des infracommunautés ont varié de 0,24% à 4,80%, la plus élevée (4,80%) a été celle du binôme « *E. histolytica/dispar* - *P. falciparum* ». Une fréquence de cette infracommunauté, proche de 7% a été trouvée par M'bondoukwe *et al.* (2018) en milieu urbain au Gabon. D'autres fréquences plus élevées de la même infracommunauté ont été mises en évidence chez des enfants fébriles au Cameroun dans la localité de Muyuka (11,9%) par Njunda *et al.* (2015), dans deux communautés rurales du district de santé de Mfou (22,1%) par Zeukeng *et al.* (2014), et dans deux communautés rurales en Côte d'Ivoire (19%) par Hürlimann *et al.* (2014). Ces différences s'expliqueraient par celles des milieux de vie et par celles des états des participants. En effet, certaines de ces études n'ont été réalisées qu'en milieu rural, très souvent caractérisé par des fréquences parasitaires plus élevées qu'en milieu urbain (Zeukeng *et al.*, 2014, Hürlimann *et al.*, 2014). De plus, Njunda *et al.*, (2014) n'ont examiné que des participants symptomatiques, fébriles.

La régression logistique multivariée a mis en évidence des liens positifs et significatifs entre *A. lumbricoides* et *E. coli*, *A. lumbricoides* et *T. trichiura*, *T. trichiura* et *E. coli*, *T. trichiura* et *E. histolytica/dispar*, *E. histolytica/dispar* et *E. coli* et entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* ; ces résultats corroborent ceux de Keiser *et al.* (2002) acquis en Côte d'Ivoire dans des zones endémiques rurales, Tchuem tchuenta *et al.* (2004) à Loum au Cameroun, Rosa *et al.* (2004) en milieu rural en Côte d'Ivoire, Ugbomoiko *et al.* (2012) au Sud-Ouest du Nigeria et Babamale *et al.* (2018) en milieu péri-urbain dans l'état du Kwara au Nigeria. Le milieu rural, le genre féminin et la tranche d'âge 8 à 11 ans inclus ont été des facteurs favorisant ces associations. En outre, le mode de transmission féco-orale de ces parasites, hormis *M. perstans*, serait aussi un facteur qui favorise l'existence des liens positifs entre eux. Leurs formes infestantes (œufs pour *A. lumbricoides* et *T. trichiura* et kystes pour *E. coli* et *E. histolytica/dispar*) sont émises dans l'environnement par les selles des personnes infestées et ont la capacité de résister et de persister longtemps dans le milieu extérieur (l'eau, le sol, les fruits et les légumes). Une association significative et positive a été trouvée entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* qui ont des modes d'infestation différents. Bwanika *et al.* (2018) indiquent que l'infestation par une espèce d'helminthe peut induire, chez l'hôte, un environnement immunosuppresseur par une production élevée des cytokines anti-inflammatoires, et créer ainsi des conditions favorables à l'arrivée et à l'installation d'autres

espèces d'helminthes ; ce mécanisme contribuerait ici à la formation des binômes « *A. lumbricoides* - *T. trichiura* » d'une part et « *A. lumbricoides* - *M. perstans* » d'autre part. Il y aurait ainsi une synergie d'actions entre les helminthes *A. lumbricoides*, *M. perstans* et *T. trichiura*.

De l'analyse des associations interspécifiques binaires grâce à l'indice D de Dice, il ressort que la majorité des espèces parasites diagnostiquées au sein de la population d'étude sont soit très faiblement soit faiblement liées les unes aux autres. Néanmoins quelques associations moyennes ont été retrouvées, par exemple entre *E. coli* et *E. histolytica/dispar*, *A. lumbricoides* et *T. trichiura*, *E. coli* et *P. falciparum*, *E. histolytica/dispar* et *P. falciparum*, *E. coli* et *A. lumbricoides* et *E. coli* et *T. trichiura*. Pour tous ces parasites, hormis *P. falciparum*, hébergés par le tractus digestif, leur mode de transmission commun serait un élément déterminant qui donnerait plus de chances qu'elles se retrouvent concomitamment chez un même individu. Les résultats du calcul de l'indice F de Forbes, qui mesure la déviation rapport au hasard d'une association interspécifique binaire conforte cette pensée ; ils montrent que les associations entre *P. falciparum* (transmis par un insecte piqueur vecteur) et les espèces à transmission féco-orale telles que *E. coli*, *E. histolytica* et *A. lumbricoides* sont toutes conformes aux lois du hasard. Par contre, les associations entre les espèces parasites à transmission féco-orale (*E. coli*, *E. histolytica*, *A. lumbricoides* et *T. trichiura*) sont toutes plus fréquentes que prévoit les lois du hasard. Par ailleurs, l'association entre *A. lumbricoides* et *M. perstans*, deux nématodes n'ayant pas le même mode de transmission mais appartenant à la classe des Secernentea est beaucoup plus apparue que ne le prévoit le hasard. La parenté phylogénétique serait aussi un déterminant d'une association interspécifique binaire.

Au cours de ce travail, des corrélations négatives ont été mises en évidence entre les géohelminthes tels que *A. lumbricoides* et *T. trichiura* et certaines espèces de protozoaires intestinaux telles que *En. nana* et *G. intestinalis*. Blackwell *et al.* (2013) ont aussi signalé un antagonisme entre les géohelminthes (*A. lumbricoides* et *T. trichiura*) et *G. intestinalis* ; cet antagonisme apparent entre ces parasites serait l'expression soit d'une exclusion compétitive, soit d'une immunité croisée entre eux. En effet, sur un modèle murin, il a été démontré que le microparasite *G. intestinalis*, qui attaque les microvillosités de l'intestin grêle, est inhibé par le macroparasite *T. trichiura* lorsque ce dernier se trouve dans l'intestin grêle mais pas lorsqu'il est localisé dans les tissus musculaires. Cette réponse suggère l'existence d'une compétition active entre ces espèces de parasites (Chunge *et al.*, 1991) dans le premier cas. Par ailleurs, Abdul-Wahid et Faubert (2008), Matowicka-Karna *et al.* (2009) et Jimenez *et al.* (2009) suggèrent que la clairance de *G. intestinalis* et l'immunité protectrice contre ce parasite

nécessitent la production de cytokines mixtes Th1 et Th2 (caractérisée à la fois par la production d'INF-gamma et d'IL-4) ainsi que la production des anticorps de type IgA, IgG et IgE. Les helminthiases intestinales sont généralement des infections chroniques pouvant créer chez leurs hôtes un environnement immunitaire caractérisé par l'hyperactivité des cytokines et des anticorps de type Th2 ; dans ces conditions, les espèces parasites telles que *G. intestinalis* seraient négativement affectées et leur installation rendu difficile.

Nos résultats ont montré une très faible corrélation positive entre *M. perstans* et *P. falciparum*. Bien que ces parasites partagent la même niche écologique, le système circulatoire, à un moment donné de leur vie, ils développeraient peu d'actions synergiques entre eux ; un résultat similaire a été trouvé par Fokom-Domgue *et al.* (2014) au Cameroun. Cependant, selon Metenou *et al.* (2011), le portage des filaires module l'ampleur et la qualité de la réponse immunitaire à médiation cellulaire contre les antigènes plasmodiaux ; ainsi l'infection filarienne entraîne une déficience quantitative en lymphocytes T CD4+ spécifiques du paludisme et une absence totale des cellules Th1 multifonctionnelles. Une infection filarienne pourrait donc induire une profonde incapacité à protéger contre un paludisme grave et entraver le succès des essais vaccinaux antipaludiques dans les régions d'endémie filarienne d'Afrique subsaharienne en particulier (Metenou *et al.*, 2011) ; il en découle qu'une lutte efficace contre le paludisme en Afrique rend impératif de porter un regard plus large sur les infections concomitantes en général et celles impliquant les filaires en particulier (Lehman *et al.*, 2019).

Les moyens financiers limités ont fait connaître quelques limites à ce travail. Pour se rapprocher des prévalences réelles des espèces de parasites intestinaux et en tenant compte des périodes parasitologiquement muettes de certaines espèces de parasites, il aurait été bon de collecter les échantillons de selles 3 jours successifs ou à quelques jours d'intervalle (Anofel, 2010). Les conditions de conservation de ces échantillons de selles ne nous ont pas permis de réaliser d'autres techniques de concentration, à l'instar de la technique que Kato-katz qui nous aurait permis de déterminer les charges parasitaires des helminthes intestinaux (Valeix, 2016). En outre, la réalisation de la technique de leuco-concentration à la saponine pour une meilleure estimation du taux d'infestation par les filaires sanguines aurait été possible si les participants à cette étude étaient des adolescents ou des adultes (Downes et Jacobsen, 2010), ce qui aurait permis de faire des prélèvements sanguins veineux. L'étude ayant été transversale, les données obtenues n'ont pas permis d'étudier les mécanismes sous-jacents aux associations parasitaires observées (Vaumourin *et al.*, 2014).

# **CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

## CONCLUSION

Parvenu au terme de ce travail, dont l'objectif général était de contribuer à l'étude des relations entre les espèces parasites au cours du multiparasitisme dans le modèle épidémiologique constitué par les enfants en âge scolaire dans la Région du Centre-Cameroun, plusieurs constats peuvent être faits. Tout d'abord la Région du Centre-Cameroun en général et le département du Nyong et Mfoumou en particulier constituent des zones où sévissent au moins 13 espèces parasites à savoir *P. falciparum*, *E. coli*, *E. histolytica/dispar*, *A. lumbricoides* et *T. trichiura*, *M. perstans*, *G. intestinalis*, *En. nana*, ankylostomes, *Blastocystis* sp. *Em. intestinalis*, *L. loa*, *H. nana* ; ces espèces parasites ont été diagnostiqués chez 309 (74,28 %) participants sur les 416 enrôlés dans cette étude dont 124 (29,81 %) infestés par une seule espèce parasite (monoparasitisme) et 185 (44,47 %) par deux ou plusieurs espèces parasites (multiparasitisme). Pour la plupart de ces taxons parasites identifiés au cours de cette étude, les taux d'infestation ont été significativement plus élevés en milieu rural. Le genre féminin, la tranche d'âge comprise entre 8 et 11 ans inclus et le milieu rural sont apparus comme les principaux facteurs associés au multiparasitisme. La richesse spécifique par élève infesté au sein de la population générale a varié de 1 à 5 avec une moyenne de 1,43 ( $\pm 0,01$ ) espèce : monoparasitisme (124/416 cas), biparasitisme (111/416 cas), triparasitisme (47/416 cas), quadriparasitisme (24/416 cas) et pentaparasitisme (3/416 cas). Le quadriparasitisme et le pentaparasitisme n'ont été retrouvés qu'en milieu rural. Au total, 53 types d'infracommunautés ont été recensées au sein de la population d'étude, avec des fréquences variant de 0,24% à 4,80 %. C'est le binôme « *E. histolytica/dispar* - *P. falciparum* » qui a été le plus observé avec une fréquence de 4,80%. D'après le modèle de régression logistique multiple et des indices d'association écologique, les relations qui s'établissent entre *E. coli* et *E. histolytica/dispar*, *P. falciparum* et *E. histolytica/dispar*, *A. lumbricoides* et *E. coli*, *T. trichiura* et *E. coli*, *T. trichiura* et *E. histolytica/dispar*, *T. trichiura* et *A. lumbricoides*, et entre *A. lumbricoides* et *M. perstans* sont des corrélations positives, montrant ainsi l'existence des actions synergiques entre elles ; il existe des corrélations négatives ou actions antagonistes entre des espèces parasites : *A. lumbricoides* et *G. intestinalis*, et *T. trichiura* et *G. intestinalis*. Les espèces *P. falciparum* et *M. perstans* évoluent dans une certaine indifférence l'une de l'autre au sein du système circulatoire de leur hôte.

Nos résultats constituent une base de données fiable qui devrait servir pour la modification et l'élaboration de nouveaux protocoles de prise en charge des maladies parasitaires dans les formations sanitaires ; ils peuvent aussi servir à l'élaboration et la mise en

œuvre des nouvelles stratégies plus efficace de lutte contre le paludisme, les géohelminthiases et d'autres maladies tropicales négligées dans la Région du Centre en particulier, et sur toute l'étendue du territoire national en général.

## **RECOMMANDATIONS**

Fort des résultats obtenus au cours de cette étude, nous recommandons :

### **➤ aux populations :**

- de respecter scrupuleusement les règles d'hygiène alimentaire et personnelle ;
- de dormir sous les moustiquaires imprégnées d'insecticides et porter des vêtements à longs manches pendant les activités champêtres pour éviter les piqûres infestantes d'arthropodes vecteurs ;
- de construire, de bien aménager et d'utiliser les toilettes pour ne pas déverser les formes infestantes de parasites dans la nature par les selles et les urines.

### **➤ aux pouvoirs publics :**

- de modifier les stratégies de prises en charge et de lutte contre les maladies parasitaires en zones endémiques en associant, lors des campagnes de déparasitages des enfants en milieu scolaire, le Métronidazole (contre les protozoaires intestinaux) aux anthelminthiques habituels qui sont Albendazole et Praziquantel ;
- d'améliorer les conditions de vie des populations en leur facilitant l'accès à une eau potable aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural, et aux soins de santé de base ;
- d'organiser et d'accentuer des campagnes d'hygiène et assainissement et des campagnes d'éducation sanitaire des populations, notamment auprès des populations rurales ;
- d'insérer les filarioses sanguines et les protozoaires intestinaux dans les programmes de lutte existants (PNLSHI et APOC).

### **➤ à la communauté scientifique :**

- de passer du paradigme « un parasite-un hôte » au paradigme « plusieurs parasites-plusieurs hôtes » dans l'étude des agents infectieux, afin de se rapprocher des conditions réelles de la nature ;
- de poursuivre et d'intensifier les travaux de recherche afin de comprendre les mécanismes sous-jacents aux interactions parasitaires et les conséquences du multiparasitisme chez les hôtes et chez les espèces parasites.

## **PERSPECTIVES**

Pour nos travaux futurs, nous envisageons de:

- réaliser une caractérisation immunologique des hôtes multiparasités en déterminant leurs profils des CD4+, CD4%, TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$ , IL-4, et IL-10.
- mener une étude longitudinale sur une certaine période de temps suffisante afin d'avoir des données multi-états ;
- mener des études pluridisciplinaires en collaboration avec des mathématiciens qui permettront de construire des modèles caractérisant les interactions entre plusieurs espèces de parasites ;
- associer, aux techniques diagnostiques utilisées, des méthodes plus sensibles et quantitatives telles que les méthodes de biologie moléculaire pour mettre en évidence des cas de multiparasitisme insoupçonnés chez les hôtes ;
- étendre ce travail à toute la zone forestière du Sud-Cameroun et à d'autres zones biogéographiques en intégrant tous les segments de la population.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**Abdul-Wahid, A. & Faubert, G. (2008).** Characterization of the local immune response to cyst antigens during the acute and elimination phases of primary murine giardiasis. *International Journal of Parasitology*, 38, 691–703. (doi:10.1016/j.ijpara.2007.10.004).

**Agresti, A. (2002).** *An introduction to Categorical data analysis* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 394p. ISBN 978-0-471-22618-5.

**Al-Delaimy, A.K., Al-Mekhlafi, H.M., Nasr, N.A., Sady, H., Atroosh, W.M. & Nashiry, M. (2014).** Epidemiology of intestinal polyparasitism among Orang Asli school children in rural Malaysia. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 8 (8):e3074.

**Alizon, S. & Van Baalen, M. (2008).** Multiple infections, immune dynamics, and the evolution of virulence. *The American Naturalist*, 172, 150-68.

**Anderson, R.M. & May, R.M. (1985).** Helminth infections of humans: mathematical models, population dynamics, and control. *Advance Parasitology*, 24, 1–10.

**Anofel. (2010).** *Parasitoses et mycoses des régions tempérées et tropicales* (2<sup>e</sup> éd). Elsevier Masson. ISBN: 978-2-294-70880-0.

**Assafa, D., Kibru, E., Nagesh, S., Gebreselassie, S., Deribe, F. & Ali, J. (2004).** *Medical Parasitology. Lecture notes*. Ethiopia Public Health Training Initiative.

**Ayres, J.S. (2013).** Inflammasome-microbiota interplay in host physiologies. *Cell Host Microbe*, 14, 491-497.

**Babamale, A.O., Ugbomoiko, S.U. & Heukelbach, J. (2018).** High prevalence of *Plasmodium falciparum* and soil-transmitted helminth co-infections in a peri-urban community in Kwara State, Nigeria. *Journal of Infection and Public Health*, 11, 48-53.

**Bagayan, M., Zongo, D., Ouéda, A., Savadogo, B., Sorgho, H., Drabo, F., Ouédraogo, A., Bamba, I., Zhang, Y., Kabré, B.G., Poda, J.N. (2015).** Prevalence of *Hymenolepis nana* among primary school children in Burkina Faso. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 7(7), 125-129.

**Bandilla, M., Valtonen, E.T., Suomalainen, L.R., Aphalo, P.J. & Hakalahti, T. (2006).** A link between ectoparasite infection and susceptibility to bacterial disease in rainbow trout. *International Journal for Parasitology*, 36, 987-991.

**Barati, M., Rajabi, J. & Azizi, M. (2017).** The impact of climate change on parasitic diseases. *Paramedical Sciences and Military Health*, 12(2), 42-54.

**Bassene, H., Sambou, M., Fenollar, F., Clarke, S., Djiba, S., Mourembou, G., Badara, A., Raoult, D. & Mediannikov, O. (2015).** High Prevalence of *Mansonella perstans* Filariasis in Rural Senegal. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(3), 601-606.

**Beldomenico, P.M. & Begon, M. (2010).** Disease spread, susceptibility and infection intensity: vicious circles? *Trends Ecology and Evolution*, 25(1), 21-27.

**Biot, C. & Chibale, K. (2006).** Novel approaches to antimalarial drug discovery. *Infections Disorders-drug Targets (Formerly Current Drug Targets-infections Disorders)*, 6(2), 173-204.

**Blackwell, A.D., Martin, M., Kaplan, H. & Gurven, M. (2013).** Antagonism between two intestinal parasites in humans: the importance of co-infection for infection risk and recovery dynamics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280. Doi.org/10.1098/rspb.2013.1671.

**Bonsall, M. & Benmayor, R. (2005).** Multiple infections alter density dependence in host-pathogen interactions. *Journal of Animal Ecology*, 74(5), 937-945.

**Booth, M., Li, Y. & Tanner, M. (1996).** Helminth infections, morbidity indicators and schistosomiasis treatment history in three villages, Dongting Lake region, PR China. *Tropical Medicine & International Health*, 1, 464-474.

**Bordes, F. & Morand, S. (2011).** The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology & Epidemiology*, 1: 7346 - DOI: 10.3402/iee.v1i0.7346.

**Bordes, F. & Morand, S. (2011).** The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology & Epidemiology*, 1, 10. Doi: 10.3402/iee.v1i0.7346.

**Breitschwerdt, E.B., Hegarty, B.C., Quorllo, B.A., Saito, T.B., Maggi, R.G., Blanton, L.S. & Bouyer, D. (2014).** Intravascular persistence of *Anaplasma platys*, *Ehrlichia Chaffeensis* and *Ehrlichia ewingii* DNA in the blood of a dog and two family members. *Parasites and Vectors*, 7(1), 298. DOI: 10.1186/1756-3305-7-298.

**Brogden, K.A., Guthmiller, J.M. & Taylor, C.E. (2005).** Human polymicrobial infections. *The Lancet*, 365 (9455), 253-255. Doi: 10.1016/S0140-6736(05)17745-9.

**Brooker, S. & Clements, A.C.A. (2008).** Spatial heterogeneity of parasite co-infection: Determinants and geostatistical prediction of regional scales. *International Journal for Parasitology*, 39 (5), 591-597. Doi.org/10.1016/j.ijpara.2008.10.014

**Brooker, S., Clements, A.C.A., Hotez, P.J., Hay, S.I., Tatem, A.J., Bundy, D.A.P. & Robert, W.S. (2006).** The co-distribution of *Plasmodium falciparum* and hookworm among African schoolchildren. *Malaria Journal*, 5 (99), 102-110. Doi:10.1186/1475-2875-5-99.

**Brossard, M. & Wikel, S. (2004).** Tick immunobiology. *Parasitology*, 129, S161-S176.

**Buono, L., Lopez-Villavicencio, M., Shykoff, J.A., Snirc, A. & Giraud, T. (2014).** Influence of multiple infection and relatedness on virulence: disease dynamics experimental plant population and its castrating parasite. *PLoS One*, 9(6), e98526. Doi: 10.1371/journal.pone.0098526.

**Bwanika, R., Kato, D.C., Welishe, J. & Mwandah, C.D. (2018).** Cytokine profiles among patients co-infected with *Plasmodium falciparum* malaria and soil borne helminths attending Kampala International University Teaching Hospital, in Uganda. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, 14, 10. Doi: 10.1186/s13223-018-0235-z.

**Celum, C.L. (2004).** The interaction between herpes simplex virus and human immunodeficiency virus. *Herpes*, 11 (1), 36-45.

**Chandler, R.E. (2018).** Serious Neurological Adverse Events after Ivermectin—Do They Occur beyond the Indication of Onchocerciasis? *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 98 (2), 382-388. doi: 10.4269/ajtmh.17-0042.

**Chase-Topping, M., Gally, D., Low, C., Matthews, L. & Woolhouse, M. (2008).** Super-shedding and link between human infection and livestock carriage of *Escherichia coli* 0157. *Natural Review of Microbiology*, 6(12), 904-912. Doi: 10.1038/nrmicro2029.

**Chiuri, R.M., Matronola, M.F., Di Giulio, C., Comegna, L., Chiarelli, F. & Blasetti, A. (2013).** Bartonella henselae infection associated with autoimmune thyroiditis in a child. *Hormone Research in Paediatrics*, 79 (3), 185-188.

**Christensen, N., Nansen, P., Fagbemi, B.O. & Monrad, J. (1987).** Heterologous antagonistic and synergistic interactions between helminths and between helminths and protozoans in concurrent experimental infection of mammalian hosts. *Parasitology Research*, 73(5), 387–410.

**Chunge, R.N., Nagelkerke, N, Karumba, P.N., Kaleli, N., Wamwea, M., Mutisa, N., Gachoya, J., Kiarie, R. & Kinoti, S.N. (1991).** Longitudinal study of young children in Kenya: intestinal parasitic infection with special reference to *Giardia lamblia*, its prevalence, incidence and duration, and its association with diarrhoea and with other parasites. *Acta Tropica*. 50 (1), 39–49. Doi.org/10.1016/0001-706X(91)90071-Q.

**Cirimotich, C.M., Dong, Y., Clayton, A.M., Sandiford, S.L., Souza-Neto, J.A., Mulenga, M. & Dimopoulos, G. (2011).** Natural microbe-mediated refractoriness to *Plasmodium* infection in *Anopheles gambiae*. *Sciences*, 332 (6031), 855-858. Doi: 10.1126/science.1201618.

**Cizauskas, C.A., Turner, W.C., Wagner, B., Kuesters, M., Vance, R.E. & Getz, W.M. (2014).** Gastrointestinal helminthes may affect host susceptibility to anthrax through seasonal immunetrade-offs. *Bmc Ecology*, 14, 27. Doi: 10.1186/s12898-014-0027-3.

**Combes, C. (1983).** *ABC de Parasitologie probabiliste et statistique*. Ed. V.A. CNRS 698, Paris, 160p.

**Combes, C. (1987).** Application à l'écologie parasitaire des indices d'association fondés sur le caractère présence absence. *Vie Milieu*, 33, 203-212.

**Coulibaly, J.T., Fürst, T., Silué, K.D., Knopp, S., Hauri, D. & Ouattara, M. (2012).** Intestinal parasitic infections in schoolchildren in different settings of Côte d'Ivoire: effect of diagnostic approach and implications for control. *Parasites & Vectors*, 5, 135. Doi: 10.1186/1756-3305-5-135.

**Courchamp, F., Suppo, C., Fromont, E. & Bouloux, C. (1997).** Dynamics of two feline retroviruses (fiv and felv) within one population of cats. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 264, 785-794.

**Cox, F.E.G. (2001).** Concomitant infections, parasites and immune responses. *Parasitology*, 122 (1), 23-38. Doi: 10.1017/s003118200001698x.

**Crompton, D.W. & Tulley, J.J. (1987).** How much Ascariasis is there in Africa? *Parasitology Today*, 3 (4), 123-127.

**Csardi, G. & Nepusz, T. (2006).** The igraph software package for complex network research. *International Journal of Complex Systems*, 1695(5), 1–9.

**Dajoz, R. (1996).** *Précis d'écologie*. 6<sup>ème</sup> Ed. Dunod, 551p. ISBN: 2100031538, 9782100031535.

**Debrah, B.L., Nausch, N., Opoku, S.V., Owusu, W., Mubarik, Y., Berko, A.D., Wanji, S., Layland, E.L., Hoerauf, A., Jacobsen, M., Debrah, Y.A. & Phillips, O.R. (2017).** Epidemiology of *Mansonella perstans* in the middle belt of Ghana. *Parasites & Vectors*, 10, 15. Doi: 10.1186/s13071-016-1960-0.

**Deluol, A.M., Levillayer, H. & Poirot, J.L. (2008).** *Diagnostic parasitologique du paludisme*. Hôpital Saint-Antoine, 75012, Paris, France. 10p.

**Dobson, A. & Roberts, M. (1994).** The population dynamics of parasitic helminth communities. *Parasitology*, 109, 97-108.

**Downes, B.L. & Jacobsen, K.H. (2010).** A systematic review of the epidemiology of mansonelliasis. *African Journal of Infectious Diseases*, 4(1): 7 – 14. Doi: 10.4314/ajid.v4i1.55085.

**Drake, L.J., Jukes, M.C.H., Sternberg, R.J. & Bundy, D.A.P. (2000).** Geohelminth infections (Ascariasis, Trichuriasis, Hookworm), cognitive and developmental impacts. *Seminars in Pediatric Infectious Diseases*, 11, 245–251.

**Drame, P.M., Montavon, C., Pion, S.D., Kubofcik, J., Fay, M.P. & Nutman, T.B. (2016).** Molecular Epidemiology of Blood-Borne Human Parasites in a *Loa loa*, *Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum*-Endemic Region of Cameroon. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 94(6), 1301-1308. doi: 10.4269/ajtmh.15-0746.

**Efrony, R., Atad, I. & Rosenberg, E. (2009).** Phage therapy of coral white plague disease: properties of phage BA3. *Current Microbiology*, 58(2), 139-145. Doi: 10.1007/s00284-008-9290-x.

**Ellis, R.D., Pung, O.J. & Richardson, D.J. (1999).** Site selection by intestinal helminths of the Virginia opossum (*Didelphis virginiana*). *The Journal of Parasitology*, 85 (1), 1-5.

**Elyana, F.N., Al-Makhlafi, H.M., Ithoi, I., Abdulsalam, A.M., Dawaki, S., Nasr, N.A., Atroosh, W.M., Abd-Basher, M.H., Al-Areeqi, M.A., Sady, H. & Subramaniam, L.R. (2016).** A tale of two communities: intestinal polyparasitism among Orang Asli and Malay

communities in rural Terengganu, Malaysia. *Parasites & Vectors*, 9:398. DOI 10.1186/s13071-016-1678-z.

**Erismann, S., Diagbouga, S., Odermatt, P., Knoblauch, A. M., Gerold, J., Shrestha, A., Grissoum, T., Kaboré, A., Schindler, C., Utzinger, J. & Cissé, G. (2016).** Prevalence of intestinal parasitic infections and associated risk factors among schoolchildren in the Plateau Central and Centre-Ouest regions of Burkina Faso. *Parasites and Vectors*, 9:554. DOI 10.1186/s13071-016-1835-4.

**Ezenwa, V.O. & Jolles, A.E. (2011).** From host immunity to pathogen invasion: the effects of helminth coinfection on the dynamics of microparasites. *Integrative and Comparative Biology*, 51 (4); 540-551. Doi: 10.1093/icb/icr058.

**Fenton, A. (2008).** Worms and germs: the population dynamic consequences of microparasite-macroparasite co-infection. *Parasitology*, 135 (13), 1545-1560. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003118200700025X>.

**Ferrari, N., Cattadori, I.M., Rizzoli, A. & Hudson, P.J. (2009).** Heligmosomoides polygyrus reduces infestation of *Ixodes ricinus* in free-living yellow-necked mice, *Apodemus flavicollis*. *Parasitology*, 136(3), 305–316. Doi: 10.1017/S0031182008005404.

**Fokom-Dongue, J., Pion, S.D., Gounoue, R., Akame, J., Nguipdop-Djomo, P., Nana, A.Y., Thylefors, B., Boussinesq, M. & Kamgno, J. (2014).** Short Report: Absence of an Association between *Plasmodium falciparum* Infection and Post-Ivermectin Loa-Related Non-Neurologic Serious Adverse Events. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 90(2): 335–338. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0189>.

**Forsberg, K.J., Reyes, A., Wang, B., Selleck, E.M., Sommer, M.O. & Dantas, G. (2012).** The shared antibiotic resistome of soil bacteria and human pathogens. *Science*, 337(6098), 1107-1111. Doi: 10.1126/science.1220761

**Gandhi, N.R., Shah, N.S., Andrews, J.R., Vella, V., Moll, A.P., Scott, M., Weissman, D., Marra, C., Lalloo, U.G. & Friedland, G.H. (2010).** HIV coinfection in multidrug and extensively drug-resistant tuberculosis results in high early mortality. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(1), 80-86. Doi: 10.1164/rccm.200907-0989OC.

**Gauch, H.G. (1982).** *Multivariate analysis in community ecology* (Vol. 1). Cambridge, England: Cambridge University Press. 298p.

**Gaunt, S., Beall, M., Stillman, B., Lorentzen, L., Diniz, P., Chandrashekar, R. & Breitschwerdt, E. (2010).** Experimental infection and co-infection of dogs with *Anaplasma platys* and *Ehrlichia canis*: hematologic, serologic and molecular findings. *Parasites and Vectors*, 3(1), 33. Doi: 10.1186/1756-3305-3-33.

**Gokaydin, D., Oliveira-Martins, J.B., Gordo, I. & Gomes M.G. (2007).** The reinfection threshold regulates pathogen diversity: the case of influenza. *Journal of the Royal Society Interface*, 4 (12), 137-142. Doi: 10.1098/rsif.2006.0159.

**Griffin, R.H. & Nunn, C.L. (2011).** Community structure and the spread of infectious disease in primate social networks. *Evolutionary Ecology*, 26 (4), 779-800. Doi 10.1007/s10682-011-9526-2.

**Griffiths, E.C., Pedersen, A.B., Fenton, A. & Petchey, O.L. (2011).** The nature and consequences of coinfection in humans. *Journal of Infection*, 63(3), 200–206. Doi: 10.1016/j.jinf.2011.06.005.

**Guégan, J.F., Renaud, F. & Thomas, F. (2007).** *Ecologie et Evolution des systèmes parasites* (1<sup>ère</sup> Ed.). De Boeck & Lancier: France. 485p.

**Guernier, V., Hochberg, M.E. & Guégan, J.F. (2004).** Ecology drives the worldwide distribution of human diseases. *PLoS Biology*, 2 (6), 186. Doi.org/10.1371/journal.pbio.0020186.

**Haine, E.R., Boucansaud, K. & Rigaud, T. (2005).** Conflict between parasites with different transmission strategies infecting an amphipod host. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272 (1580), 2505-2510. DOI: 10.1098/rspb.2005.3244.

**Hamit, M.A., Tidjani, A., Otchom, B.B., Tidjani, M.T. & Bilong Bilong, C.F. (2013).** An Epidemiological Assessment of the Infectious forms of Intestinal Helminths in School Children from Chad. *Journal of Biology and Life Science*, 4, 2. ISSN 2157-6076.

**Hellard, E., Pontier, D., Sauvage, F., Poulet, H. & Fouchet, D. (2012).** True versus false parasite interactions: a robust method to take risk factors into account and its application to feline viruses. *PLoS One*, 7, e29618.

**Hermann, C., Gern, L. & Voordouw, M. J. (2013).** Species co-occurrence patterns among Lyme borreliosis pathogens in the tick vector *Ixodes ricinus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 79 (23), 7273-7280. Doi: 10.1128/AEM.02158-13.

**Herring, A.D. & Sattenspiel, L. (2007).** Social contexts, syndemics, and infectious disease in northern Aboriginal population. *American Journal of Human Biology*, 19(2), 190-202. Doi:10.1002/ajhb.20618.

**Hotez, P.J., Bethony, J.M., Diemert, D.J., Pearson, M. & Loukas, A. (2010).** Developing vaccines to combat hookworm infection and intestinal schistosomiasis. *Natural Review of Microbiology*, 8(11), 814-826. Doi: 10.1038/nrmicro2438.

**Huda, T.A. (2012).** Prevalence of *Hymenolepis nana* infections in Abu Ghraib City (Baghdad/Iraq). *The Iraqi Post graduate Medicine Journal*. 11(4):581-584.

**Hudson, P.J., Dobson, A.P. & Lafferty, K.D. (2006).** Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology & Evolution*, 21 (7), 381-385. Doi: 10.1016/j.tree.2006.04.007.

**Hughes, V.L. & Randolph, S.E. (2009).** Testosterone depresses innate and acquired resistance to ticks in natural rodent hosts: a force for aggregated distributions of parasites. *The Journal of Parasitology*, 87, 49-54.

Hürlimann, E., Yapi, R.B., Hougbedji, C.A., Schmidlin, T., Kouadio, B.A., Silué, K.D., Ouattara, M., N’Goran, E.K., Utzinger, J. & Rosa, G. (2014). The epidemiology of polyparasitism and implications for morbidity in two rural communities of Côte d’Ivoire. *Parasites and Vectors*, 7, 81. doi.org/10.1186/1756-3305-7-81.

Inal, J.M. (2003). Phage therapy: a reappraisal of bacteriophages as antibiotics. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 51(4), 237-44.

Institut National de la Statistique. (2013). *Recueil des séries d’informations statistiques sur les activités économiques, sociales, politiques et culturelles du pays jusqu’en 2013*. (p. 39).

Jameson, J.E. (1962). A discussion of the dynamics of Salmonella enrichment. *Journal of Hygiene*, 60(02), 193-207.

Janovy, J.J., Clopton, R.E., Clopton, D.A., Synder, S.D., Efting, A. & Krebs, L. (1995). Species density distributions as null models for ecological significant interactions of parasite species in an assemblage. *Ecological Modelling*, 77, 189 – 196.

Jimenez, J.C., Pinon, A., Dive, D., Capron, M., Dei-Cas, E. & Convit, J. (2009). Antibody response in children infected with *Giardia intestinalis* before and after treatment with Secnidazole. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80 (1), 11–15. Doi: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2009.80.11>.

Keesing, F., Belden, L.K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C.D., Holt, R.D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K.E., Mitchell, C.E., Myers, S.S., Bogich, T. & Ostfeld, R.S. (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468 (7324), 647-652. Doi: 10.1038/nature09575.

Keiser, J., N’Goran, E.K., Traore, M., Lohourignon, K.L., Singer, B.H. & Lengeler, C. (2002). Polyparasitism with *Schistosoma mansoni*, geohelminths, and intestinal protozoa in rural Côte d’Ivoire. *Journal of Parasitology*, 88 (3), 461–466.

Khan Payne, V., Lontua, F.R., Ngangnang, G.R., Megwi, L., Mbong, E. & Yamssi, C. (2017). Prevalence and Intensity of infection of gastro-intestinal parasites in Babadjou, west of Cameroon. *International Journal of Clinical and Experimental Medical Sciences*, 3(2), 14-22.

Kimbi, H.L., Chi Keka, F., Nyabeyeu, H., Ajeagah, H.U., Tonga, F.C., Lum, E., Gah, H.A. & Lehman, L.G. (2012a). An update of asymptomatic *Falciparum* malaria in school children in Muea, Southwest Cameroon. *Journal of Bacteriology and Parasitology*, 2:8.

Kimbi, H.L., Lum, E., Wanji, S., Mbuh, J.V., Ndamukong-Nyanga, J.L. & Eyong Ebanga, E.J. (2012b). Co-infections of Asymptomatic Malaria and Soil-Transmitted Helminths in School Children in Localities with Different Levels of Urbanisation in the Mount Cameroon Region. *Journal of Bacteriology & Parasitology*, 3, 2.

Kishida, N., Sakoda, Y., Eto, M., Sunaga, Y. & Kida, H. (2004). Co-infection of *Staphylococcus aureus* or *Haemophilus paragallinarum* exacerbates H9N2 influenza A virus

infection in chickens. *Archives of Virology*, 149(11), 2095–2104. Doi:10.1007/s00705-004-0372-1.

**Kosoy, M., Mandel, E., Green, D., Marston, E., Jones, D. & Chids, J. (2004).** Prospective studies of Bartonella of rodents. *Part II. Diverse infections in a single rodent community. Vector-Borne Zoonotic Disease*, 4(4), 296-305. Doi: 10.1089/vbz.2004.4.296.

**Lehman, L.G., Oyono M.G., Fosso S. & Bilong-Bilong, C.F. (2019).** *Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum* Co-infection in the Akonolinga Health District, Centre Region, Cameroon. *American Journal of Biomedical and Life Sciences*. 7(1), 6-21. doi: 10.11648/j.ajbls.20190701.14.

**Lehman, L.G., Kouadjip Nono, L. & Bilong Bilong, C.F. (2012).** Diagnostic des parasitoses intestinales à l'aide de la microscopie à fluorescence. *Médecine d'Afrique Noire*, 59, 7.

**Lello, J., Boag, B., Fenton, A., Stevenson, I.R. & Hudson, P. J. (2004).** Competition and mutualism among the gut helminthes on a mammalian host. *Nature*, 428 (6985), 840-844. Doi: 10.1038/nature02490

**Lello, J., Knopp, S., Mohammed, K.A., Khamis, I.S., Utzinger. J. & Viney, M. E. (2013).** The relative contribution of co-infection to focal infection risk in children. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280, 2012-2013. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2813>.

**Leriche, V. & Carpentier, B. (2000).** Limitation of adhesion and growth of *Listeria monocytogenes* on stainless steel surfaces by *Staphylococcus sciuri* biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, 88(4), 594-605. Doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.01000.x.

**Lymbery, A.J. & Thompson, R.C. (2012).** The molecular epidemiology of parasite infections: tools and applications. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 181 (2), 102-116. Doi: 10.1016/j.molbiopara.2011.10.006.

**M'bondoukwé, N.P., Kendjo, E., Mawili-Mboumba, D.P., Lengongo, K.J.V., Mbouoronde, O.C., Nkoghe, D., Touré, F. & Bouyou-Akotet, M.K. (2018).** Prevalence of and risk factors for malaria, filariasis, and intestinal parasites as single infections or co-infections in different settlements of Gabon, Central Africa. *Infectious Diseases of Poverty*, 7 (1), 6. Doi: 10.1186/s40249-017-0381-4.

**Magalhaes, J.R., Fançonny, C., Gamboa, D., Langa, A.J., Sousa, F.J.C., Clements, A.C.A. & Nery, S.V. (2013).** Extending helminths control beyond STH and schistosomiasis: The case of Human Hymenolepiasis. *Plos Neglected Tropical Disease*, 7(10).

**Mahiane, S.G., Nguéma, E.P.N., Pretorius, C. & Auvent, B. (2010).** Mathematical models for coinfection by two sexually transmitted agents: the human immunodeficiency virus and herpes simplex virus type 2 case. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 59(4), 547-572.

**Maizels, R.M., Balic, A., Gomez-Escobar, N., Nair, M., Taylor, M. D. & Allen, J. E. (2004).** Helminth parasites-masters of regulation, *Immunological Reviews*, 201, 89-116. Doi: 10.1111/j.0105-2896.2004.00191.x.

**Matowicka-Karna, J., Dymicka-Piekarska, V. & Kemon, H. (2009).** IFN-gamma, IL-5, IL-6 and IgE in patients infected with *Giardia intestinalis*. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 47, 93–97. Doi:10.2478/v10042-009-0013-3.

**McCullagh, P. & Nelder, J.A. (1989).** *Generalized linear models*. 2<sup>éd.</sup> New York: Chapman & Hall/CRC. 532p. ISBN-13: 978-0412317606.

**Merler, S., Poletti, P., Ajelli, M., Caprile, B. & Manfredi, P. (2008).** Coinfection can trigger multiple pandemic waves. *Journal of Theoretical Biology*, 254 (2), 499-507. Doi: 10.1016/j.jtbi.2008.06.004.

**Metenou, S., Dembele, B., Konate, S., Dolo, H., Coulibaly, Y.I., Diallo, A.A., Soumaoro, L., Coulibaly, M.E., Coulibaly, S.Y., Sanogo, D., Doumbia, S.S., Traoré, S.F., Mahanty, S., Klion, A. & Nutman, T.B. (2011).** Filariasis infection suppresses malaria-specific multifunctional Th1 and Th17 responses in malaria and filarial coinfections. *The Journal of Immunology*, 186 (8): 4725–4733. Doi: 10.4049/jimmunol.1003778.

**Mitchell, P.D., Reed, K.D. & Hofkes, J.M. (1996).** Immunoserologic evidence of coinfection with *Borrelia burgdorferi*, *Babesia microti*, and human granulocytic *Ehrlichia* species in residents of Wisconsin and Minnesota. *Journal of Clinical Microbiology*, 34 (3), 724-727.

**Moller, A., Merino, S., Brown, C. & Robertson, R. (2001).** Immune defense and host sociality: a comparative study of swallows and martins. *The American Naturalist*, 158, 136-145.

**Mousson, L., Martin, E., Zouache, K., Madec, Y., Mavingui, P. & Failloux, A. B. (2010).** Wolbachia modulates Chikungunya replication in *Aedes albopictus*. *Molecular Ecology*, 19(9), 1953-1964. Doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04606.x.

**Mousson, L., Zouache, K., Arias-Goeta, C., Raquin, V., Mavingui, P. & Failloux, A. B. (2012).** The native Wolbachia symbionts limit transmission of dengue virus in *Aedes albopictus*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6, 1989. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001989>.

**Nacher, M. (2004).** Interactions between worm infections and malaria. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 26 (2), 85-92.

**Ngo Ngué, N.T., Nkengazong, L., Nkoa, T., Adamou, M., Ngué, M., Motsebo, A., Moyou-Somo, R. & Nukenine, E.N. (2017).** Assessment of Anthelmintic efficacy of Mebendazole 500 mg against Soil-Transmitted Helminths in a High risk area of Cameroon. *International Journal of Tropical Disease & Health*, 25(3), 1-13.

**Ngui, R., Ishak, S., Chuen, C.S., Mahmud, R. & Lim, Y.A.L. (2011).** Prevalence and risk factors of intestinal parasitism in rural and remote West Malaysia. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5:1–7.

**Njunda, A.L., Fon, S.G., Assob, J.C., Nsagha, D.S., Kwenti, T.D. & Kwenti, T.E. (2014).** Coinfection with malaria and intestinal parasites, and its association with anaemia in children in Cameroon. *Infectious Diseases of Poverty*, 4, 43. Doi.org/10.1186/s40249-015-0078-5.

**Nkengazong, L., Tombi, J., Adamou, M., Essomba Abomo, J.S., Nyemkuna Ngombiga, I. & Moyou Sumo, R. (2015).** Relationship between intestinal parasitic infections and anemia among school children of Yoro villages, Central region, Cameroon. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3(6), 233-245.

**Nolan, T. J. & Smith, G. (1995).** Time series analysis of the prevalence of endoparasitic infections in cats and dogs presented to a veterinary teaching hospital. *Veterinary Parasitology*, 59(2), 87-96.

**Nyati, K.K. & Nyati, R. (2013).** Role of *Campylobacter jejuni* infection in the pathogenesis of Guillain-Barré syndrome: an update. *BioMedical Research International*, 852195. Doi: 10.1155/2013/852195.

**Olurongbe, O., Adegbayi, A.M., Bolaji, O.S., Akindele, A.A. & Adefioye, A.O. (2011).** Asymptomatic falciparum malaria and helminth co-infection among school children in Osogbo, Nigeria. *Journal of Research in Medical Sciences*, 16, 680-686.

**Organisation Mondiale de la Santé. (1994).** *Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux*. 23p. ISBN : 924254476 0.

**Organisation Mondiale de la Santé. (2013).** *La prise en charge du paludisme grave-guide pratique*. 3<sup>e</sup> édition, 92p. ISBN : 978 92 4 254852 5.

**Organisation Mondiale de la Santé. (2018).** *Rapport sur le paludisme dans le monde 2018* (201 p.). ISBN: 978 92 4 156565 3.

**Pedersen, A.B. & Fenton, A. (2007).** Emphasizing the ecology in parasite community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 22 (3), 133-139. Doi: 10.1016/j.tree.2006.11.005.

**Pedersen, A.B. & Greives, T.J. (2008).** The interaction of parasites and resources cause crashes in a wild mouse population. *Journal of Animal Ecology*, 77 (2), 370-377. Doi: 10.1111/j.1365-2656.2007.01321.x.

**Perez, C.J., Lymbery, A.J. & Thompson, R.C. (2014).** Chagas disease: the challenge of polyparasitism? *Trends in Parasitology*, 30 (4), 176-182. Doi: 10.1016/j.pt.2014.01.008.

**Perry, J.A. & Wright, G.D. (2013).** The antibioatic resistance “mobilome”: searching for the link between environment and clinic. *Frontiers in Microbiology*, 4, 138. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00138>.

**Petney, T.N. & Andrews, R.H. (1998)** Multiparasite communities in animals and humans: frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology*, 28 (3), 377-393. Doi: 10.1016/s0020-7519(97)00189-6.

**Poisot, T., Stanko, M., Miklisova, D. & Morand, S. (2013)**. Facultative and obligate parasite communities exhibit different network properties. *Parasitology*, 140(11), 1340–1345. Doi: 10.1017/S0031182013000851.

**Prenter, J., Macneil, C., Dick, J.T. & Dunn, A.M. (2004)**. Roles of parasites in animal invasions. *Trends Ecology and Evolution*, 19(7), 385-390. Doi: 10.1016/j.tree.2004.05.002.

**Råberg, L., Graham, A.L. & Read, A.F. (2009)**. Decomposing health: tolerance and resistance to parasites in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 37-49.

**Richner, H., Christe, P. & Oppliger, A. (1995)**. Paternal investment affects prevalence of malaria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92, 1192-1194.

**Ridley, J.W. (2012)**. *Parasitology for Medical and Clinical Laboratory Professionals* (336p.). Delmar, Cengage Learning, Library of Congress Control Number: 2011920100,

**Rigaud, T., Perrot-Minnot, M.J. & Brown, M.J.F. (2010)**. Parasite and host assemblages: embracing the reality will improve our knowledge of parasite transmission and virulence. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277 (1701), 3693-3702. Doi: 10.1098/rspb.2010.1163

**Riley, S. (2007)**. Large-scale spatial-transmission models of infectious disease. *Science*, 316 (5829), 1298–1301. Doi: 10.1126/science.1134695.

**Roosink, M.J. (2011)**. The good viruses: viral mutualistic symbioses. *Nat Rev Microbiology*, 9(2), 99-108. Doi: 10.1038/nrmicro2491.

**Rosa, G., Luginbuhl, A., Adjoua, C.A., Tian-Bi, N.T., Silue, K.D., Matthys, B., Vounatsou, P., Wang, Y., Dumas, M.E., Holmes, E., Singer, B. H., Tanner, M., N’goran, E. K. & Utzinger, J. (2004)**. Multiple parasite infections and their relationship to self-reported morbidity in a community of rural Cote d’Ivoire. *International Journal of Epidemiology*, 33, 1092–1102.

**Rosenzweig, M.L. (1995)**. *Species diversity in space and time*. Cambridge, England: Cambridge University Press. doi.org/10.1017/CBO9780511623387.

**Ruto, J. & Mulambalah, C.S. (2016)**. Epidemiology of parasitism and poly-parasitism involving intestinal helminths among school children from different residential settings in Nandi County, Kenya. *CHRISMED Journal of Health and Research*, 3 (3), 168-172. Doi: 10.4103/2348-3334.183730.

**Salvador, A.R., Guivier, E., Xuereb, A., Chaval, Y., Cadet, P., Poulle, M.L., Sironen, T., Voutilainen, L., Henttonen, H., Cosson, J.F. & Charbonnel, N. (2011)**. Concomitant

influence of helminth infection and landscape on the distribution of *Puumala hantavirus* in its reservoir, *Myodes glareolus*. *BMC Microbiology*, 11 - 30.

**Sayasone, S., Mak, T.K., Vanmany, M., Rasphone, O., Vounatsou, P., Utzinger, J., Akkhavong, K. & Odermatt, P. (2011).** Helminth and Intestinal Protozoa Infections, Multiparasitism and Risk Factors in Champasack Province, Lao People's Democratic Republic. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 5(4), 1037. Doi:10.1371/journal.pntd.0001037.

**Sherlock, C., Xifara, T., Telfer, S. & Begon, M. A. (2013).** A coupled hidden Markov model for disease interactions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C, Applied statistics*, 62(4), 609-627. Doi: 10.1111/rssc.12015.

**Simonsen, E.P., Onapa, W.A. & Asio, M.S. (2011).** *Mansonella perstans* filariasis in Africa. *Acta Tropica*, 120 (1), 109 – 120. Doi:10.1016/j.actatropica.2010.01.014.

**Sinka, M.E., Bangs, M.J., Manguin, S., Rubio-Palis, Y., Chareonviriyaphap, T. & Coetzee, M. (2012).** A global map of dominant malaria vectors. *Parasites and vectors*, 5:69.

**Sleator, R.D. (2010).** Probiotic therapy-recruiting old friends to fight new foes. *Gut pathogens*, 2(1), 5. Doi: 10.1186/1757-4749-2-5.

**Smith, D.L., Dushoff, J., Snow, R.W. & Hay, S.I. (2005).** The entomological inoculation rate and *Plasmodium falciparum* infection in African children. *Nature*, 438 (7067), 492–495. Doi: 10.1038/nature04024.

**Smith, J. W. (1985).** *Atlas of Diagnostic Medical Parasitology. Blood and Tissue Parasites*. American Society of Clinical Pathologists Press, Chicago.

**Snounou, G. & White, N.J. (2004).** The co-existence of *Plasmodium*: sidelights from falciparum and vivax malaria in Thailand. *Trends in Parasitology*, 20, 333-339.

**Stancampiano, L., Mughini, G.L. & Poglayen, G. (2010).** Spatial niche competition among helminth parasites in horse's large intestine. *Veterinary Parasitology*, 170 (1-2), 88-95. Doi: 10.1016/j.vetpar.2010.01.031.

**Staudacher, O., Heimer, J., Steiner, F., Kayonga, Y., Havugimana, J.M. & Ignatius, R. (2014).** Soil-transmitted helminths in southern highland Rwanda: associated factors and effectiveness of school-based preventive chemotherapy. *Tropical Medicine and International Health*, 19:812–824.

**Supali, T., Verweij, J.J., Wiria, A.E., Djuardi, Y., Hamid, F., Kaiser, M.M., Wammes, L.J., Van Lieshout, L., Luty, A.J., Sartono, E. & Yazdanbakhsh, M. (2010).** Polyparasitism and its impact on the immune system. *International Journal for Parasitology*, 40 (10), 1171-1176. Doi: 10.1016/j.ijpara.2010.05.003.

**Tanaka, M.M. & Feldman, M.W. (1999).** Theoretical considerations of cross-immunity, recombination and the evolution of new parasitic strains. *Journal of Theoretical Biology*, 198 (2), 145-163. Doi: 10.1006/jtbi.1999.0906.

**Tatuene, K.J., Fotsing, R.G., Nkoa, T., Mbougua, J.B., Djeunga, H.C., Bopda, J. & Kamgno, J. (2014).** Epidemiology of *Loa loa* and *Mansonella perstans* filariasis in the Akonolinga Health District, Centre Region. *Cameroon Journal of medicine and health sciences*, 15, 1–5.

**Taylor, L.H., Latham, S.M. & Mark E.J. (2001).** Risk factor for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356 (1411), 983-989. Doi: 10.1098/rstb.2001.0888.

**Tchuem Tchuente, L.A., Behnke, J.M., Gilbert F.S., Southgate, V.R. & Vercruysse, J. (2003).** Polyparasitism with *Schistosoma haematobium* and soil-transmitted helminth infections among school children in Loum, Cameroun. *Tropical Medicine & International Health*, 8 (11), 975-986.

**Tchuem Tchuente, L.A., Kamwa Ngassam, R.I., Sumo, L., Ngassam, P., Dongmo Noumedem, C., Nzu, D.D., Dankoni, E., Kenfack, C.M., Gipwe, N.F., Akame, J., Tarini, A., Zhang, Y. & Angwafo, F.F. 3rd. (2011).** Mapping of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in the regions of Centre, East and West Cameroon. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 6(3), 1553. Doi: 10.1371/journal.pntd.0001553.

**Thomas, F., Guégan, J.F. & Renaud, F. (2012).** *Ecologie et Evolution des systèmes parasites*. De Boeck & Lancier. 427p.

**Thompson, C., Spielman, A. & Krause, P.J. (2001).** Coinfecting deer-associated zoonoses: Lyme disease, babesiosis, and ehrlichiosis. *Clinical Infectious Diseases*, 33 (5), 676-685. Doi: 10.1086/322681.

**Thumbi, S.M., De Clare Bronsvort, B.M., Poole, E.J., Kiara, H., Toye, P.G., Mbole-Kariuki, M.N., Conradie, I., Jennings, A., Handel, I.G., Wynand-Coetzer, J.A., Steyl, J.C.A., Hanotte, O. & Woolhouse, M.E.J. (2014)** Parasite co-infections and their impact on survival of indigenous cattle. *PLoS One*, 9, 76324.

**Tsalefac, M., Hiol, H.F., Mahé, G., Laraque, A., Sonwa, D.J., Scholte, P., Pokam, W., Haensler, A., Beyene, T., Ludwig, F., Mkankam, F.K., Manetsa, D.V., Ndjatsana, M. & Doumenge, C. (2015).** *Climat de l'Afrique centrale : passé, présent et futur*. In : Les forêts du Bassin du Congo - Forêts et changements climatiques. Neufchâteau : Weyrich, 37-52.

**Uga, S., Tanaka, K. & Iwamoto, N. (2010).** Evaluation and modification of the formalin-ether sedimentation technique. *Tropical Biomedecine*, 27(2), 177-184.

**Ugbomoiko, U.S., Dalumo, V., Danladi, Y.K., Heukelbach, J. & Ofoezie, I.E. (2012).** Concurrent urinary and intestinal schistosomiasis and intestinal helminthic infections in schoolchildren in Ilobu, South-western Nigeria. *Acta Tropica*, 123 (1), 16–21. doi: 10.1016/j.actatropica.2012.03.002.

**Valeix, N. (2016).** *Parasitologie-Mycologie* (1<sup>ère</sup> Ed.). De Boeck Supérieur (112 p.). ISBN : 978-2-8073-0651-6.

**Vandemeulebroucke, E. & Jousserand, P. (1997).** *Diagnostic biologique des microfilaires sanguicoles africaines*. Développement et Santé, n° 132.

**Vaumourin, E., Gasqui, P., Buffet, J.-P., Chapuis, J.-L., Pisanu, B., Ferquel, E., Vayssier-Taussat, M. & Vourc'h, G. (2013).** A Probabilistic Model in Cross-Sectional Studies for Identifying Interactions between Two Persistent Vector-Borne Pathogens in Reservoir Populations. *PLoS One*, 8 (6), 66167. Doi: 10.1371/journal.pone.0066167.

**Vaumourin, E., Vourc'h, G., Gasqui, P. & Vayssier-Taussat, M. (2015).** The importance of multiparasitism: examining the consequences of co-infection for human and animal health. *Parasites & Vectors*, 8, 545. Doi 10.1186/s13071-015-1167-9.

**Vaumourin, E., Vourc'h, G., Telfer, S., Lambin, X., Salih, D. & Seitzer, U. (2014).** To be or not to be associated: power study of four statistical modeling approaches to identify parasite associations in cross-sectional studies. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 4, 62. Doi: 10.3389/fcimb.2014.00062.

**Wanji, S., Tayong, D.B., Layland, L.E., Poutcheu, D.F.R., Ndongmo, C.W.P., Kengne-Ouafo, A.J., Ritter, M., Amvongo-Adjia, N., Fombad, F.F., Njeshi, N.C., Nkwescheu, A.S., Enyong, P.A. & Hoerauf, A. (2016).** Update on the distribution of *Mansonella perstans* in the southern part of Cameroon: influence of ecological factors and mass drug administration with ivermectin. *Parasites & Vectors*, 9, 311. Doi: 10.1186/s13071-016-1595-1.

**White, N.J. (2008).** *Plasmodium knowlesi*: the fifth human malaria parasite. *Clin. Infect. Dis.* 46(2) :172-173.

**Wilkinson, D. A., Dietrich, M., Lebarbenchon, C., Jaeger, A., Le Rouzic, C., Bastien, M., McCoy K.D., Pascalis H., Le Corre M., Dellagi K. & Tortosa P. (2014).** Massive infection of seabird ticks with bacterial species related to *Coxiella burnetii*. *Applied Environmental Microbiology*, 80(11), 3327-3333. Doi: 10.1128/AEM.00477-14.

**Windsor, D.A. (2000).** Biocartels-units of ecology and evolution based on host-symbiont interrelationships. *Archives of the Sciences And esthetics Institute*, 1, 4-12.

**Wood, C.L., Byers, J.E., Cottingham, K.L., Donahue, M.J. & Blakeslee, A.M. (2007).** Parasites alter community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104 (22), 9335-9339. Doi: 10.1073/pnas.0700062104.

**Woolhouse, M.E., Dye, C., Etard, J.F., Smith, T., Charlwood, J.D., Garnett, G.P., Hagan, P., Hii, J.L., Ndhlovu, P.D., Quinnell, R.J., Watts, C.H., Chandiwana, S.K. & Anderson, R.M. (1997).** Heterogeneities in the transmission of infectious agents: implications for the design of control programmes. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 7, 338–342.

**World Health Organization (2010).** *Basic Malaria Microscopy* (2ème Ed.) Part I. Learner's Guide. ISBN: 9241547820.

**Zeukeng, F., Tchinda, V.H.M., Bigoga, J.D., Seumen, C.H.T., Ndzi, E.S., Abonweh, G., Makoge, V., Motsebo, A. & Somo Moyou, R. (2014).** Co-infections of malaria and Geohelminthiasis in two rural communities of Nkassomo and Vian in the Mfou Health District, Cameroon. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 8, 13–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003236>.

**Zhang, P., Sandland, G.J., Feng, Z., Xu, D. & Minchella, D.J. (2007).** Evolutionary implications for interactions between multiple strains of host and parasite. *Journal of Theoretical Biology*, 248 (2), 225-240. DOI: 10.1016/j.jtbi.2007.05.011.

# ANNEXES

## **Annexe 1:**

### **Notice d'information**

#### **3.1. Titre de l'étude : Etude du multiparasitisme et ses conséquences chez les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans) dans le Région du Centre Cameroun.**

**3.2. Investigateur Principal :** OYONO Martin Gaël, Etudiant en thèse de Doctorat/PhD à l'Université de Yaoundé I.

#### **3.3. Invitation**

Monsieur/Madame, nous vous invitons cordialement à donner votre consentement pour la participation de votre enfant à cette étude qui se déroule dans le cadre de nos travaux de thèse de Doctorat/PhD.

#### **3.4. Objectif de la recherche :**

Les objectifs de ce travail sont de déterminer l'importance des co-infections parasitaires dans la région du Centre et de mesurer les perturbations biologiques induites par ces co-infections chez les personnes porteuses. Les enfants de moins de 15 ans, en âge scolaire, étant les plus vulnérables aux infections parasitaires, ils constituent la cible pour notre travail.

#### **3.5. Période et Population d'étude**

Le présent travail sera réalisé sur une période d'un an. Cette période ira de juin 2017 à juin 2018. Il concernera les enfants en âge scolaire, âgés de moins de 15 ans, fréquentant les écoles primaires publiques de la Région du Centre. De cette population, sera un extrait un échantillon qui fera l'objet de l'étude.

#### **3.6. Procédure et devenir des échantillons :**

La participation à cette étude consistera à répondre à quelques questions (voir questionnaire) et à fournir un échantillon de selles fraîches et un échantillon de sang qui seront analysés au laboratoire à la recherche des parasites intestinaux et sanguins.

#### **3.7. Participation volontaire :**

La participation de votre enfant est volontaire. Vous avez le droit de refuser que votre enfant participe à l'étude et vous pouvez à tout moment retirer votre consentement à participer à la recherche sans risque aucun.

#### **3.8. Considération éthique :**

##### **3.8.1. Risques potentiels**

Tous les participants à cette étude ne courent aucun risque majeur en dehors d'une douleur passagère qu'ils auront lors du prélèvement sanguin ou de se salir les mains lors du prélèvement des selles.

##### **3.8.2. Minimisation des risques potentiels**

Afin de minimiser les risques potentiels, le prélèvement des échantillons sera effectué par un personnel paramédical formé et qualifié.

##### **3.8.3. Bénéfices**

Toutes les analyses biologiques qui seront réalisées lors de cette recherche seront entièrement à la charge de l'investigateur principal. S'il le désire, le participant pourra recevoir les résultats de ses analyses. Les participants recevront les informations sur les différentes maladies parasitaires.

### **3.8.4. Confidentialité et respect de la vie privée des participants**

Tous les résultats obtenus dans cette étude seront utilisés uniquement à des fins académiques. Chaque patient sera identifié par un numéro d'anonymat et donc aucune mention ne sera faite sur sa participation à l'étude ni dans le manuscrit de la thèse, ni dans les publications ou encore dans les conférences scientifiques.

### **3.9. Personnes à contacter en cas de nécessité :**

- **OYONO Martin Gaël**, Investigateur principal, UYI.

**Tel :** 696 44 71 66

**Email :** martingaelo@yahoo.fr

- Comité National d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CNERSH)

**Tel :** 243 67 43 39

**Email :** cnethique\_minsante@yahoo.fr

**Annexe 2:**

**Consentement parental**

Je soussigné Mr/Mme.....  
Parent ou Tuteur légal de l'élève :.....

J'atteste avoir reçu une invitation pour mon enfant à participer au travail de recherche intitulé «**Etude du multiparasitisme et ses conséquences chez les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans) dans le Région du Centre Cameroun** » menée par **M. OYONO Martin Gaël**, étudiant en Doctorat/PhD à l'Université de Yaoundé I.

En effet, j'ai bien compris la notice d'information qui m'a été remise concernant cette étude. J'ai bien compris le but et les objectifs de cette recherche et j'ai reçu toutes les réponses aux questions que j'ai posées. Les risques encourus par mon enfant ainsi que les bénéfices m'ont été présentés et expliqués. Aussi, j'ai bien compris que je suis libre d'accepter ou de refuser que mon enfant participe. Toutefois, mon consentement ne décharge pas l'investigateur principal de la recherche de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

J'accepte librement que mon enfant participe à cette recherche dans les conditions précisées dans la notice d'information, c'est-à-dire : de répondre aux questions de l'enquête et de fournir un échantillon de selles fraîches et un échantillon de sang.

Fait à..... le.....

Investigateur principal

Parent ou tuteur légal

OYONO Martin Gaël, 696 447 166

### Annexe 3

#### Assentiment

Je m'appelle :.....,

Élève en classe de :....., à l'école :.....

J'atteste avoir reçu une invitation pour ma participation à cet travail de recherche intitulé «**Etude du multiparasitisme et ses conséquences chez les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans) dans le Région du Centre Cameroun** » menée par **M. OYONO Martin Gaël**, étudiant en Doctorat/PhD à l'Université de Yaoundé I.

En effet, j'ai bien compris la notice d'information qui m'a été lu et remis concernant cette étude. J'ai bien compris le but et les objectifs de cette recherche et j'ai reçu toutes les réponses aux questions que j'ai posées. Les risques encourus par moi ainsi que les bénéfices m'ont été présentés et expliqués. Aussi, j'ai bien compris que je suis libre d'accepter ou de refuser de participer. Toutefois, mon consentement ne décharge pas l'investigateur principal de la recherche de leurs responsabilités et je conserve tous mes droits garantis par la loi.

J'accepte librement de participer à cette recherche dans les conditions précisées dans la notice d'information, c'est-à-dire : de répondre aux questions de l'enquête et de fournir un échantillon de selles fraîches et un échantillon de sang.

Fait à..... le.....

Investigateur principal

Participant

OYONO Martin Gaël, 696 447 166

## Annexe 4: Clairance éthique

### COMITE NATIONAL D'ETHIQUE DE LA RECHERCHE POUR LA SANTE HUMAINE

Arrêté N° 0977/A/MINSANTE/SESP/SG/DROS/ du 18 avril 2012 portant création, organisation et fonctionnement des comités d'éthique de la recherche pour la santé humaine au sein des structures relevant du Ministère en charge de la santé publique

N° 2018/01/968/CE/CNERSH/SP

Yaoundé, le 12 janvier 2018

[Cnethique\\_minsante@yahoo.fr](mailto:Cnethique_minsante@yahoo.fr)

#### CLAIRANCE ETHIQUE

Le Comité National d'Ethique de la Recherche pour la Santé Humaine (CNERSH), en sa session extraordinaire du 27 novembre 2017, a examiné le projet de recherche intitulé : «**Etude du multiparasitisme et ses conséquences chez les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans) dans la région du Centre, Cameroun**» soumis par **Monsieur OYONO Martin Gaël**, Investigateur Principal, étudiant à la Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1.

Le projet est d'un grand intérêt scientifique et social. L'objectif de cette étude est de contribuer à l'étude des interactions parasitaires prenant place lors de co-infections et des implications biologiques de celles-ci dans le système biologique constitué par les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans). La procédure de l'étude est bien documentée et claire. Les risques liés au prélèvement de sang sont précisés ainsi que les mesures pour les éviter et les minimiser. La notice d'information et les formulaires de consentement éclairé, en français et en anglais, sont bien élaborés et simples à comprendre. Les mesures prises pour garantir la confidentialité des données collectées sont présentes dans le document. Les CVs des Investigateurs les décrivent comme des personnes compétentes, capables de mener à bien cette étude. Pour toutes ces raisons, le Comité National d'Ethique approuve pour une durée d'un an, la mise en œuvre de la présente version du protocole.

L'étudiant **OYONO Martin Gaël** est responsable du respect scrupuleux du protocole approuvé et ne devrait y apporter aucun amendement aussi mineur soit-il, sans avis favorable du CNERSH. Les investigateurs sont appelés à collaborer pour toute descente du CNERSH pour le suivi de la mise en œuvre du protocole approuvé. Le rapport final du projet devra être soumis au CNERSH et aux autorités sanitaires du Cameroun.

La présente clairance peut être retirée en cas de non respect de la réglementation en vigueur et des recommandations susmentionnées.

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

#### Ampliations

- MINSANTE



Le Président

**Dr Lazare KAPTUE**

**N.B :** cette clairance éthique ne vous dispense pas de l'autorisation administrative de recherche (AAR), exigée pour mener cette étude sur le territoire camerounais. Cette dernière vous sera délivrée par le Ministère de la Santé Publique.

## Annexe 5 : Autorisation de recherche au CHUY

REPUBLIQUE DU CAMEROUN  
Paix – Travail – Patrie

MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE



CENTRE HOSPITALIER ET UNIVERSITAIRE DE YAOUNDE  
YAOUNDE UNIVERSITY TEACHING HOSPITAL

Tél. 231 21 03 / 231 25 66 Fax 231 25 67

DIRECTION GENERALE  
DIRECTION MEDICALE ET TECHNIQUE

REPUBLIC OF CAMEROON  
Peace – Work – Fatherland  
MINISTRY OF PUBLIC HEALTH

07 FEV 2018

N° 894 AR/CHUY/DG/DGA/DMT

### AUTORISATION DE RECHERCHE

Le Directeur Général du CHUY autorise **Monsieur OYONO Martin Gaël**, étudiant en Doctorat PhD en Sciences de la vie, Santé et Environnement à la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, à mener ses travaux de recherche au CHUY, sur le thème : « **Etude du multiparasitisme et ses conséquences chez les enfants en âge scolaire (de 5 à 15 ans) dans la Région du Centre, Cameroun** ».

Ces travaux s'effectueront au CHUY, sous la supervision de Monsieur le Docteur FOSSO Samuel.

**Copie :**

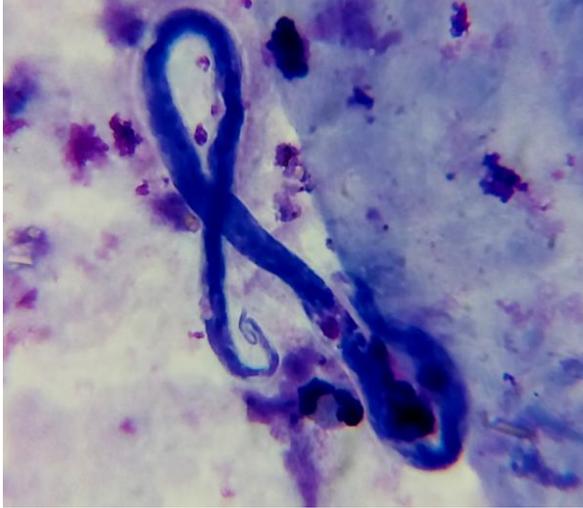
- DG (ATCR)
- DGA
- DR FOSSO
- B/STAGE
- CHRONO



Prof. Oudou Njoya

**Annexe 6 : Photos des formes parasitaires prises au CHUY**

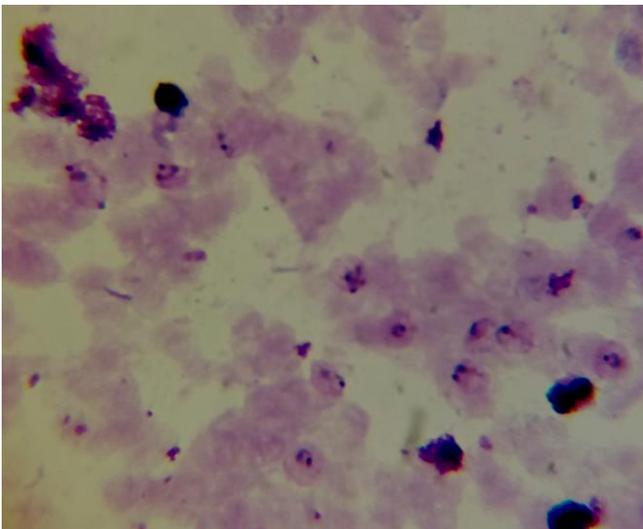
**Annexe 6a :** Microfiliare de *Loa loa* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6b :** Microfiliare de *Mansonella perstans* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6.c :** Trophozoite de *P. falciparum* au microscope Cyscope au CHUY



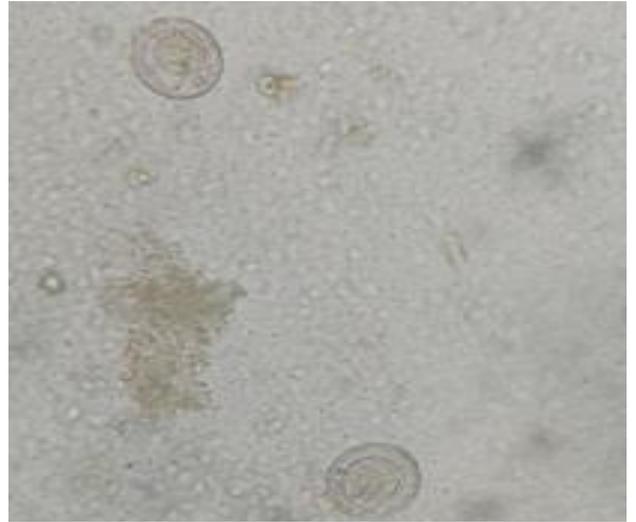
**Annexe 6.d :** Œuf de *N. americanus* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6.e:** Œuf de *T. trichiura* et Kystes de *E. coli* au microscope Cyscope au CHUY



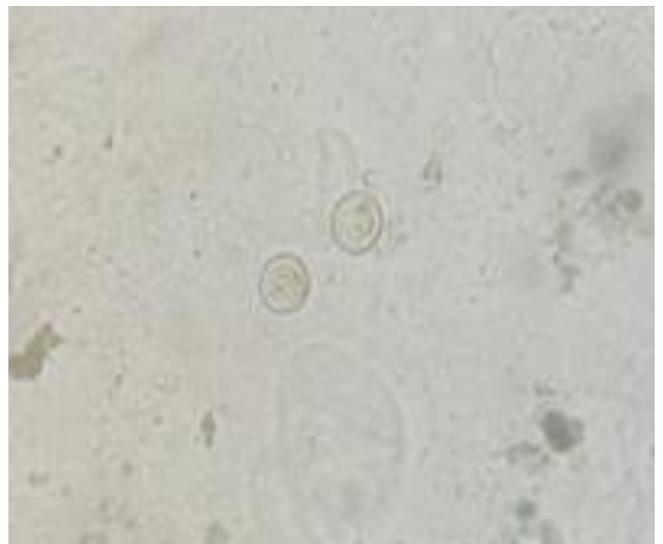
**Annexe 6.f :** Œuf de *Hymenolepis nana* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6.g:** Kyste de *G. lamblia* au microscope Cyscope au CHUY



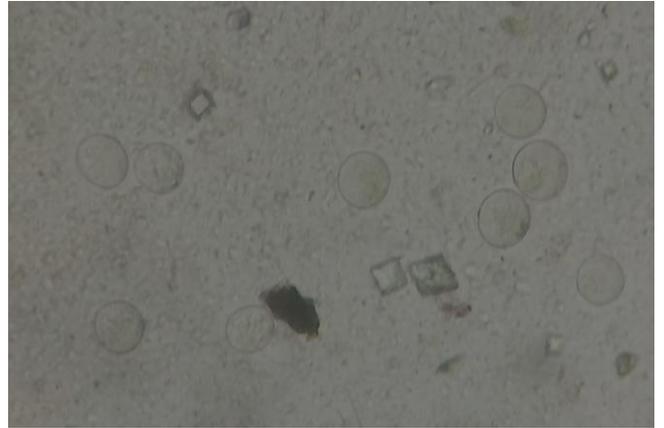
**Annexe 6.h :** Kystes d'*E. histolytica/dispar* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6.i** : Œufs d'*A. lumbricoides* et de *T. trichiura* au microscope Cyscope au CHUY



**Annexe 6.j** : Kystes d'*E. coli* au microscope Cyscope au CHUY



# **PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE**

---

# ***Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum* Co-infection in the Akonolinga Health District, Centre Region, Cameroon**

**Leopold Gustave Lehman<sup>1</sup>, Martin Gael Oyono<sup>2</sup>, Samuel Fosso<sup>3</sup>, Charles Félix Bilong Bilong<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Sciences, University of Douala, Douala, Cameroon

<sup>2</sup>Faculty of Sciences, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

<sup>3</sup>Faculty of Medicine and Biomedical Sciences, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

## **Email address:**

oyono.martingael@gmail.com (M. G. Oyono)

## **To cite this article:**

Leopold Gustave Lehman, Martin Gael Oyono, Samuel Fosso, Charles Félix Bilong Bilong. *Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum* Co-infection in the Akonolinga Health District, Centre Region, Cameroon. *American Journal of Biomedical and Life Sciences*. Vol. 7, No. 1, 2019, pp. 16-21. doi: 10.11648/j.ajbls.20190701.14

**Received:** February 25, 2019; **Accepted:** March 28, 2019; **Published:** April 13, 2019

---

**Abstract:** *Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum* are among the most common human parasites in Sub-Saharan Africa. They pass through the bloodstream during their life in human host. This study aimed at determining the prevalence, determinants of co-infection with *M. perstans* and *P. falciparum* and their possible interaction mechanism. A cross-sectional study was conducted in the Akonolinga Health District among pupils. Each of them was screened for the presence of peripheral blood parasites stages using Giemsa-stained thick and thin blood films. Socio-demographic information was documented using a questionnaire forms. A total of 416 pupils aged 4-15 years (average:  $9.17 \pm 0.27$ ) were recruited. The overall prevalence was 4.32% and 37.26% for *M. perstans* and *P. falciparum* respectively, and prevalence of co-infection was 1.92%. Mean parasite density was  $508.7 \pm 310.3$  (min: 430 - max: 1300)  $\mu\text{F}/\text{ml}$  for *M. perstans* and  $5240.38 \pm 2037.42$  (min: 857 - max: 10400) T/ $\mu\text{l}$  for *P. falciparum*. Risks of single infections (aOR = 0.46,  $P = 0.0264$  for *M. perstans* and aOR = 0.64,  $P = 0.0432$  for *P. falciparum*) and co-infection (aOR = 0.10,  $P = 0.0371$ ) were lower for pupils living in urban area than those living in rural area. Parasitemia of both parasite species were similar in single and co-infection situations ( $P > 0.05$ ). The interaction between these parasites could involve another mechanism than a competition for blood resources. This study outlined that *M. perstans* and *P. falciparum* are co-endemic in the Akonolinga health District. In order to guarantee future success in control and eradication of malaria, a bigger attention should be given to *M. perstans* or other filarial where it is co-endemic with *P. falciparum*.

**Keywords:** *Mansonella perstans*, *Plasmodium falciparum*, Co-infection, Interaction, Akonolinga

---

## **1. Introduction**

*Mansonella perstans* (Manson, 1891), causative agent of mansonellosis, is a vector-borne human filarial nematode [1]. It is transmitted by tiny blood-sucking midges of the genus *Culicoides*. It is one of the most prevalent human parasites, especially in Sub-Saharan Africa, where more than 14 million people are infected [2]. In high-prevalence countries such as Cameroon, mansonellosis mainly affects low-income populations living in rural areas [3]. Both *M. perstans* and other tissue-invasive helminth parasites have been shown to induce an immunosuppressed environment in the host

through the production of an immunomodulatory cytokine IL-10 [4, 5]. IL-10 is well known for its ability to induce the secretion of IFN-gamma and the activation of monocytes/macrophages, thereby down regulate T-helper 1 type immune response [6]. This immunomodulation makes the host vulnerable to infectious agents (whose immune response is dependent on the Th1-type cell activity) such as *Plasmodium falciparum* [7, 8].

*Plasmodium falciparum* (Welch, 1896) is the highly pathogenic and most deadly parasite causing malaria in humans [9]. It is transmitted to humans by the bite of infected female mosquitoes of the genus *Anopheles*. Despite

the efforts of the international community, malaria remains the major cause of morbidity and mortality worldwide. According to the World Health Organization (WHO), in 2016, there were an estimated 216 million cases of malaria, an increase of about 5 million cases over 2015. More than 81% of malaria cases and 90% of deaths occur in Sub-Saharan Africa. This situation can be justified by the fact that *P. falciparum*, the most dangerous species among human Plasmodia and responsible for the deadly form of the disease, predominates in this part of the world [10]. In Sub-Saharan Africa, the distribution of *P. falciparum* overlaps that of several other human parasites such as *M. perstans* [2].

In this area in particular, climatic and environmental conditions as well as poverty favor the development and persistence of several parasites species and the multiparasitism become the rule rather than the exception [11]. It is recognized that, parasites that occur concomitantly within the same host individual interact either directly in the exploitation of the host limited resources or indirectly via the host's immune system [12]. These interactions may influence the severity of the disease and the dynamics of transmission of infection with implications for the epidemiology of associated diseases [13, 14]. Thus, the knowledge of interaction mechanisms between co-infecting parasites species is necessary to understand the epidemiology of the infection and the diseases caused. The present study aimed at contributing to the knowledge of interaction mechanisms between *M. perstans* and *P. falciparum*, both human hemoparasites. Thus, we projected to i) determine the prevalence of single infections with *M. perstans* and *P. falciparum* and their co-infection, ii) identify the determinants of infection with both parasites and iii) determine the possible mechanism through which these parasites interact with each other.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Study Area

A cross-sectional study was conducted from September 2017 to July 2018 in the Akonolinga Health District, located in the Nyong et Mfoumou Division, in the Centre Region of Cameroon. Akonolinga is situated at 130 km from Yaoundé, and its Health District between 3°31' - 4°20' North latitudes and 11°55' - 12°30' East longitudes and covers a surface of 4,300 km<sup>2</sup> approximately with a bit more than 100,000 inhabitants [15]. The climate is typically equatorial with four discontinuous seasons. The annual average rainfall is 2,000 mm with an annual average temperature of 24°C [16]. The population, predominantly rural, essentially practices agricultural and forestry activities.

Five (05) Government schools were randomly selected: three in rural area (Essang-Ndibi, Kpwele, and Eboa) and two in urban area (Loum and Ecole publique annexe (EPA)).

### 2.2. Ethical Considerations

Ethical clearance and administrative authorization were obtained from the National Ethical Committee of Research for Human Health and the Yaoundé University Teaching Hospital respectively. Visits were made to the head teachers and teachers of the schools to explain the objectives and potential benefits of the study before giving out consent forms to pupils. The purpose and methodology of the survey were explained and arrangements with the teachers of each school were made on when to collect the samples. Informed consent forms were distributed to the children to take from parents/legal guardians their consent before sample collection.

### 2.3. Collection of Blood Samples

Before sample collection, demographic data such as name, age and sex of each pupil were documented in a structured questionnaire. After sterilizing the finger tip, 3 drops of blood were collected by pricking the finger. Two thick blood films were prepared from standardized 50 µl finger pricked blood using 75 µl non-heparinised capillary tubes. Smears were prepared by spreading the blood on clean slides covering an area of 1.5 × 2.5 cm and allowed to air-dry calibrated thick, and one thin blood film was prepared [17]. Air-dried slides were stored in slide boxes then transported to the laboratory of Parasitology, Mycology and Parasitic Immunology of the Yaoundé University Teaching Hospital for parasitological analysis.

### 2.4. Sample Analysis

Research and identification of *M. perstans* and *P. falciparum*: Detection and identification of blood stages of both parasites (microfilaria for *M. perstans* and trophozoites or gametocytes for *P. falciparum*) in peripheral blood were made by ordinary microscopy using routine Giemsa stained calibrated thick and thin blood films. Prepared thick films on the field were dehaemoglobinized using tap water for 10 min, fixed with methanol for 1 min, stained in 10% Giemsa for 30 min, rinsed in tap water and allowed to air-dry. Thin smears were stained in 10% Giemsa for 30 min after fixation in methanol for 1 min [18]. Slides were read at a magnification of x200 then under immersion (x1000) in a blind manner by two well-trained technicians using CyScope® microscope (Partec-System GmbH, Görlitz, Germany). Parasites were identified using identification keys available in the laboratory. *Mansonella perstans* microfilaria count was expressed as microfilariae per milliliter of blood (µF/ml). The density of *P. falciparum* was evaluated according to a formula specific of the laboratory and expressed as trophozoites per microliter of blood (T/µl). In case of discrepancy, a third well-trained technician was called to read the quarreled slides. Slides were negative in case of absence of any trophozoite after examination of at least 10 fields for *P. falciparum* or absence of microfilaria in entire slide for *M. perstans*.

## 2.5. Data Analysis

Statistical analyses were performed using the software SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Inc., IL, USA). Frequencies (%) of socio-demographic data (age group and gender) of pupils and of the presence of *M. perstans* and *P. falciparum* in case of monoparasitism and multiparasitism were determined. Chi-squared and Fisher's exact tests were used to compare proportions. The one-way ANOVA test was used to compare the main parasites densities. Adjusted odd ratios (aOR) and 95% confidence intervals were computed to assess the association between parasites species and other variables. Significance was set at  $P < 0.05$ .

## 3. Results

### 3.1. Description of the Study Population

During this study, a total of 416 pupils were recruited (209 in rural area and 207 in urban area). The age varied from 4 to 15 years old. The mean age of pupils was  $9.17 \pm 0.27$  years with 0.8 as a male-to-female sex-ratio. As presented in Table 1, gender-related distribution did not vary between schools ( $P = 0.12$ ). In the contrary most pupils ( $P < 0.001$ ) were aged 8-11 years, 62.50% in Kpwele, 56.25% in Eboa and 42.25% in EPA schools.

Table 1. General characteristics of the study population.

	Total population (N = 416)	Rural area (n = 209)			Urban area (n=207)		P
		Essang-Ndibi (n=73)	Kpwele (n=72)	Eboa (n=64)	EPA (n=76)	Loum (n=131)	
Gender %(n)							
Male	45.67 (190)	45.21 (33)	50.00 (36)	35.94 (23)	38.16 (29)	52.67 (69)	0.122
Female	54.33 (226)	54.79 (40)	50.00 (36)	64.06 (41)	61.84 (47)	47.33 (62)	
Age group (years) %(n)							
4 – 7	32.45 (135)	41.09 (30)	26.39 (19)	28.12 (18)	32.89 (25)	32.82 (43)	<0.001
8 – 11	40.63 (169)	34.25 (25)	62.50 (45)	56.25 (36)	42.11 (32)	23.67 (31)	
12 – 15	26.92 (112)	24.66 (18)	11.11 (8)	15.63 (10)	25.00 (19)	43.51 (57)	

N: Total number of pupils, n: number of pupils in the school; %: Frequency.

### 3.2. Prevalence of Single Parasite Species and Co-infection

Out of the 416 blood samples examined, 251 (60.34%) were negative, 157 (37.74%) harbored only one of both parasites (10 children harbored *M. perstans* alone while 147 pupils were only infected by *P. falciparum*), and 8 (1.92%) were co-infected by *M. perstans* and *P. falciparum*.

The prevalence of *M. perstans* and *P. falciparum* in the analyzed population were 4.32% (18 pupils infected) (95%CI= 2.76 - 6.74) and 37.26% (155 pupils infected) (95%CI = 32.75 - 42.00) respectively. The mean parasite densities were  $508.7 \pm 310.3$  (min: 430, max: 1300)  $\mu\text{F}/\text{ml}$  of blood for *M. perstans* and  $5240.38 \pm 2037.42$  (min: 857, max:

10400) T/ $\mu\text{l}$  of blood for *P. falciparum*. It should be noted that, microfilariae of *Loa loa* were also found among 2 (0.48%) children.

The prevalence of *M. perstans* ranged between 2.29% (Loum) and 8.34% (Kpwele) but did not statistically differ between these schools ( $P = 0.20$ ). Conversely, the prevalence of *P. falciparum* significantly varied ( $P = 0.006$ ) between schools with the lowest value in Loum (28.24%) and the highest one in Eboa (56.24%) (Table 2). The rate of the co-infection with both parasites was significant ( $P = 0.034$ ) higher in school from rural area (3.35%) compared to that of urban counterpart (0.48%).

Table 2. Prevalence of single infections and co-infection in different schools.

Area	Schools (Frequency)	Single infection		Co-infection
		<i>M. perstans</i> n (%)	<i>P. falciparum</i> n (%)	<i>M. perstans</i> and <i>P. falciparum</i> n (%)
Rural	Essang-Ndibi (73)	3 (4.11)	25 (34.24)	2 (2.74)
	Kpwele (72)	3 (4.17)	24 (33.33)	3 (4.17)
	Eboa (64)	0 (0.00)	34 (53.12)	2 (3.12)
Urban	EPA 1 (76)	2 (2.63)	28 (36.84)	0 (0.00)
	Loum (131)	2 (1.53)	36 (27.48)	1 (0.76)
	Total (416)	10 (2.40)	147 (35.33)	8 (1.92)

n: number of cases, %: prevalence

### 3.3. Factors Associated with the Infections

Results of logistic regression analysis outlined the significant influence of living area on the risk of either single infections or co-infection (Table 3). Indeed, pupils living in the urban area were lesser at risk for single infections (aOR = 0.46; 95%CI: 0.12-0.78;  $P = 0.0264$  and aOR = 0.64; 95%CI:

0.42-0.99;  $P = 0.0432$ ) for *M. perstans* and *P. falciparum* respectively and co-infection (aOR = 0.10; 95%CI: 0.01-0.87;  $P = 0.0371$ ). Besides, both age and gender of participants did not significantly influence the single infections or co-infection risk ( $P > 0.05$ ) as summarized in Table 3.

**Table 3.** Factors associated with single infections and co-infection with *M. perstans* and *P. falciparum*.

Variables	Single infection		Single infection		Co-infection	
	<i>M. perstans</i>		<i>P. falciparum</i>		<i>M. perstans</i> and <i>P. falciparum</i>	
	aOR [95%CI]	P	aOR [95%CI]	P	aOR [95%CI]	P
Gender						
Male	1		1		1	
Female	0.32 [0.08 – 1.28]	0.1066	0.90 [0.60 – 1.37]	0.6291	0.42 [0.10 – 1.85]	0.2531
Age group (years)						
4 - 7	1		1		1	
8 – 11	0.61 [0.13 - 2.88]	0.5351	1.58 [0.97 – 2.59]	0.0688	0.73 [0.14 – 3.77]	0.7023
12 – 15	1.04 [0.22 – 4.95]	0.9621	1.41 [0.81 – 2.45]	0.2273	1.19 [0.19 – 7.65]	0.8509
Area						
Rural	1		1		1	
Urban	0.46 [0.12 – 0.78]	0.0264*	0.64 [0.42 – 0.99]	0.0432*	0.10 [0.01 – 0.87]	0.0371*

aOR: Adjusted Odds Ratio; 95%CI: Confidence interval at 95%; P: P-value; \*: Significant

### 3.4. Association Between *M. perstans* and *P. falciparum* Infection

Co-infection with *M. perstans* and *P. falciparum* was less frequent than under the assumption of the independence ( $\chi^2 = 0.41$ ,  $P = 0.51$ ) indicating no statistical association between both parasites. Mean parasite density of *P. falciparum* did not vary significantly ( $P = 0.890$ ) between co-infection with *M. perstans* ( $4908.8 \pm 1569.17$  T/ $\mu$ l) compared to mono-infection ( $5582.4 \pm 2524.13$  T/ $\mu$ l). Likewise, the mean microfilariaemia of *M. perstans* did not vary significantly ( $P = 0.36$ ) between co-infection with *P. falciparum* ( $609.2 \pm 301.2$   $\mu$ F/ml) and mono-infection ( $592.9 \pm 290.7$   $\mu$ F/ml).

## 4. Discussion

This study showed the co-endemicity of *P. falciparum* and *M. perstans* in the Akonolinga Health District with a high frequency of *P. falciparum* but low frequencies of *M. perstans* and co-infection of both parasites. In general, many parasite species are endemic in tropical regions of the world and in sub-Saharan Africa in particular, where multiparasitism appears as the rule rather than the exception. Therefore, new approaches to easily detect and recognize multiple infections should be developed in this part of the world. Actually, the most exciting challenge for researchers, specific for disease ecologists is moving from “one parasite species - one host” system towards an ecosystem view “multiple parasites species - multiple hosts”, embracing the real complexity of natural systems [19]. Understanding parasitic interactions within-host and landscape level is necessary for good knowledge of the transmission and pathogenesis of diseases caused, and for developing more effective strategies to fight against parasitic diseases [20].

Mansonellosis is considered as a neglected tropical disease (NTD) because it afflicts the poorest people, those without access to safe water, sanitation and basic health services required in order to protect themselves against infections. Mansonellosis has not been linked with a clear and distinct clinical picture [2]. The prevalence of *M. perstans* obtained in this study is lower than those obtained by Tatuene *et al.* [21] 14.2% in the same region and by Wanji *et al.* [18] 70.0% and Drame *et al.* [22] 76% in other areas of Cameroon.

Conversely, it is higher than that found by M'bondoukwé *et al.* [23] 1.1% in Gabon. These discrepancies may be related mainly to difference in study design and area. These authors worked on the general population while this study focused on children. In endemic areas, it is thought that the prevalence and density of *M. perstans* microfilaraemia increase gradually with age, and reach highest levels in the adult individuals [2].

In this work, the prevalence was independent of gender and age groups but was dependent on living area. The prevalence of *M. perstans* was highest in rural area; this finding is in conformity with other reports by Bassene *et al.* [24] in Senegal and Debrah *et al.* [25] in Ghana. Indeed, it is known that high prevalence of *M. perstans* occurs mainly in areas where tropical forests alternate with large swamps and open ground [2]. This can explain why we obtain high prevalence in rural area.

The rate of the co-infection *M. perstans* - *P. falciparum* was lower in this study than those found by Tatuene *et al.* [21] 5.1% in general population in the same region and Hillier *et al.* [26] 2.29% among pregnant women in Uganda and by Drame *et al.* [22] 15.1% in the general population in eastern Cameroon. Differences can be explained by the different study population and diagnostic techniques. Molecular biology technique used by these authors is more sensitive than the microscopy technique used in this study.

It was assumed the existence of a competition for resource exploitation between *M. perstans* and *P. falciparum*, given that both parasite species share the same ecological niche in humans, namely the circulatory system. But no statistical association and no significant difference in parasitemia of these single infections and co-infection situations were found, thereby outlining the absence of any negative interaction between these pathogens agents. This finding is consistent with that of Fokom-Domgue *et al.* [27]. The interaction between these parasites could involve a mechanism other than a competition for blood resources. However, Metenou *et al.* [8] found that the presence of *M. perstans* was impairing the magnitude and quality of cell-mediated immunity to malaria parasites through depletion in CD4+ T cells and a complete absence of multifunctional Th1 cells. More investigations should be done to clearly

understand how these parasites interact.

## 5. Conclusion

The present study outlined that *M. perstans* and *P. falciparum* are co-endemic in the Akonolinga Health district with a high prevalence of *P. falciparum* but low frequencies of *M. perstans* and co-infection of both parasites. The study also outlined the influence of living area on the risk of single and co-infection and the absence of competitive interaction between *M. perstans* and *P. falciparum*. However, despite the fact that, this study outlined the absence of any negative interaction between these pathogens agents that share same ecological niche in human, we suggest a multidisciplinary study involving mathematicians that will be helpful for further analysis of interaction mechanisms between *P. falciparum* and *M. perstans* in co-endemic areas. In order to guarantee success in control and eradication of malaria in Africa, a bigger attention should be given to areas where *M. perstans* or other filarial species and *P. falciparum* are co-endemic.

## Acknowledgements

Authors thank Prof. SAME EKOBO Albert for his precious advice for the study design, Mrs. BILOA Carole for her help in sample collection and, Dr. Baiye William Abange and Mr. KIFACK Patrick for technical assistance during sample analysis.

## Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## Conflict of Interest

The authors declare having no competing interests regarding this publication.

## References

- [1] Farrar J., Hotez J. P., Junghass T., Kang G., Laloo D., White J. N. (2013). Manson's tropical diseases. E-book: Expert Consult - Online and Print, 1339p.
- [2] Simonsen E. P., Onapa W. A., Asio M. S. (2011). Mansonella perstans filariasis in Africa. *Acta Tropica* 120 (suppl 1): 109-120. doi: 10.1016/j.actatropica.2010.01.014.
- [3] Agbolade O. M., Akinboye D. O., Olateju T. M., Ayanbiyi O. A., Kuloyo O. O., Fenuga O. O. (2006). Biting of anthropophilic *Culicoides fulvithorax* (Diptera: Ceratopogonidae), a vector of *Mansonella perstans* in Nigeria. *Korean J Parasitol.*; 44: 67–72.
- [4] Adalid-Peralta L., Fragoso G., Fleury A., Scitutto E. (2011). Mechanisms underlying the induction of regulatory T cells and its relevance in the adaptive immune response in parasitic infections. *Int J Biol Sci.*; 7: 1412–26.
- [5] Ng T. H., Britton G. J., Hill E. V., Verhagen J., Burton B. R., Wraith D. C. (2013). Regulation of adaptive immunity; the role of interleukin-10. *Front Immunol.*; 4: 129.
- [6] Metenou S., Dembélé B., Konate S., Dolo H., Coulibaly Y. S., Coulibaly Y. I., Diallo A. A., Soumaoro L., Coulibaly M. E., Sanogo D., Doumbia S. S., Wagner M., Traoré S. F., Klion A., Mahanty S., Nutman T. B. (2009). Patent Filial infection modulates Malaria Specific type 1 cytokine responses in an IL-10 dependent manner in a filarial/malaria-coinfected population. *Journal of Immunology*, 183: 916-924. doi: 10.4049/jimmunol.0900257.
- [7] Wammes L. J., Hamid A. E., Wiria B., de Gier E., Sartono R. M., Maizels A. J., Luty Y., Fillie G. T., Brice T., Supali. (2010). Regulatory T cells in human geohelminth infection suppress immune responses to BCG and *Plasmodium falciparum*. *Eur. J. Immunol.* 40: 437–442.
- [8] Metenou S., Dembele B., Konate S., Dolo H., Coulibaly Y. I., Diallo A. A., Soumaoro L., Coulibaly M. E., Coulibaly S. Y., Sanogo D., Doumbia S. S., Traoré S. F., Mahanty S., Klion A., Nutman T. B. (2011). Filial Infection Suppresses Malaria-Specific Multifunctional Th1 and Th17 Responses in Malaria and Filial Coinfections. *The Journal of Immunology*. 186: 4725-4733.
- [9] Antinori S., Galimberti L., Milazzo L., Corbellino M. (2012). Biology of human malaria Plasmodia including *Plasmodium knowlesi*. *Mediterranean Journal of Hematology and Infectious Diseases*, 4 (1): e2012013. Doi: 10.4084/MJHID.2012.013.
- [10] World Health Organisation (2017). Word malaria Report (2017). Geneva, Switzerland, 186 p.
- [11] Molyneux D. H., Hotez P. J., Fenwick A. (2005). Rapid-impact interventions: how a policy of integrated control for Africa's neglected tropical diseases could benefit the poor. *PLoS Med* 2: e336.
- [12] Hellard E., Fouchet D., Vavre F., Pontier D. (2017). Parasite-Parasite Interactions in the Wild: How To Detect Them?. *Trends in Parasitology, Elsevier*, 2015.
- [13] Nacher M. (2001). Malaria vaccine trials in a wormy world. *Trends Parasitol* 17: 563–565.
- [14] Griffiths E. C., Pedersen A. B., Fenton A., Petchey O. L. (2011). The nature and consequences of coinfection in humans. *J. Infect.* 63: 200–206.
- [15] Bayaga H. N., Guedje N. M., Biye E. H. (2017). Approche entobotanique et ethnopharmacologique des plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli à Akonolinga (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (4): 1523-1541.
- [16] Zeukeng F., Tchinda V. H. M., Bigoga J. D., Seumen C. H. T., Ndzi E. S., Abonweh G. et al. Co-infections of malaria and geohelminthiasis in two rural communities of Nkassomo and Vian in the Mfou Health District, Cameroon. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2014; 8 (10): e3236.
- [17] Centers for Disease Control and Prevention. Mansonellosis treatment and diagnosis information. 2013. <http://www.cdc.gov/dpdx/mansonellosis/tx.html>.

- [18] Wanji S., Tayong D. B., Layland L. E., Poutcheu D. F. R., Ndongmo C. W. P., Kengne-Ouafo A. J., Ritter M., Amvongo-Adjia N., Fombad F. F., Njeshi N. C., Nkwescheu A. S., Enyong P. A., Hoerauf A. (2016). Update on the distribution of *Mansonella perstans* in the southern part of Cameroon: influence of ecological factors and mass drug administration with ivermectin. *Parasites & Vectors*, 9: 311.
- [19] Rigaud T., Perrot-Minnot M. J., Brown M. J. F. (2010). Parasite and host assemblages: embracing the reality will improve our knowledge of parasite transmission and virulence. *Proc. Biol. Sci.* 277: 3693-3702.
- [20] Lymbery A. J., Thompson R. C. (2012). The molecular epidemiology of parasite infections: tools and applications. *Mol. Biochem. Parasitol.* 181: 102–116.
- [21] Tatuene KJ, Fotsing RG, Nkoa T, Mbougua JB, Djeunga HC, Bopda J, Kamgno J. Epidemiology of Loa loa and Mansonella perstans filariasis in the Akonolinga Health District, Centre Region. *Cameroon Health Sci Dis.* 2014; 15: 1-5.
- [22] Drame P. M., Montavon C., Pion S. D., Kubofcik J., Fay M. P., Nutman T. B. (2016). Molecular Epidemiology of Blood-Borne Human Parasites in a *Loa loa*, *Mansonella perstans* and *Plasmodium falciparum*-Endemic Region of Cameroon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 94 (6): 1301-1308.
- [23] M'bondoukwé N. P., Kendjo E., Mawili-Mboumba D. P., Lengongo K. J. V., Mbouoronde O. C., Nkoghe D., Touré F., Bouyou-Akotet M. K. (2018). Prevalence of and risk factors for malaria, filariasis, and intestinal parasites as single infections or co-infections in different settlements of Gabon, Central Africa. *Infectious Diseases of Poverty*, 7: 6.
- [24] Bassene H., Sambou M., Fenollar F., Clarke S., Djiba S., Mourembou G., Badara A., Raoult D., Mediannikov O. (2015). High Prevalence of *Mansonella perstans* Filariasis in Rural Senegal. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 93 (3): 601–606.
- [25] Debrah B. L., Nausch N., Opoku S. V., Owusu W., Mubarik Y., Berko A. D., Wanji S., Layland E. L., Hoerauf A., Jacobsen M., Debrah Y. A., Phillips O. R. (2017). Epidemiology of *Mansonella perstans* in the middle belt of Ghana. *Parasites & Vectors*, 10: 15.
- [26] Hillier S. D., Booth M., Muhangi L., Nkurunziza P., Kihembo M., Kakande M., Sewankambo M., Kizindo R., Kizza M., Muwanga M., Elliott A. M. (2008). *Plasmodium falciparum* and helminth coinfection in a semi urban population of pregnant women in Uganda. *J. Infect. Dis.* 198: 920–927.
- [27] Fokom-Domgue J., Pion S. D., Gounoue R., Akame J., Nguipdop-Djomo P., Nana A. Y., Thylefors B., Boussinesq M., Kamgno J. (2014). Short Report: Absence of an Association between *Plasmodium falciparum* Infection and Post-Ivermectin Loa-Related Non-Neurologic Serious Adverse Events. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 90 (2): 335–338.

# Multiparasitism among Schoolchildren of Akonolinga, Nyong et Mfoumou Division, Centre Region of Cameroon

Martin Gael Oyono (Corresponding author)

Laboratory of Parasitology and Ecology, Faculty of Sciences, University of Yaoundé I,

P.O Box: 812 University of Yaoundé I, Yaoundé-Cameroon

Email: [oyono.martingael@gmail.com](mailto:oyono.martingael@gmail.com)

Leopold Gustave Lehman

Parasitology and Entomology Unit, Laboratory of Animal Biology and Physiology,  
Faculty of Sciences, University of Douala, P.O. Box: 2701 University of Douala,  
Douala-Cameroon

Email: [leopoldlehman@gmail.com](mailto:leopoldlehman@gmail.com)

Samuel Fosso

Laboratory of Parasitology, Mycology and Parasitic Immunology, Faculty of Medicine,  
and Biomedical Sciences, University of Yaoundé I, P.O. Box: 1364 Yaoundé Cameroon

Email: [fossosamuel@yahoo.fr](mailto:fossosamuel@yahoo.fr)

Charles Félix Bilong Bilong

Laboratory of Parasitology and Ecology, Faculty of Sciences, University of Yaoundé I,

P.O Box: 812 University of Yaoundé I, Yaoundé-Cameroon

Email: [bilong\\_bilong@yahoo.com](mailto:bilong_bilong@yahoo.com)

Received: June 9, 2019      Accepted: July 3, 2019

doi:10.5296/jbls.v10i2.14898      URL: <https://doi.org/10.5296/jbls.v10i2.14898>

## **Abstract**

In general, school-age children are the most vulnerable to parasitic infections and are particularly exposed to multi-parasitism and its potential consequences. This study aimed at determining the intensity of multi-parasitism in Nyong et Mfoumou Division. A cross-sectional study took place from September 2017 to July 2018 among pupils of five (05)

government schools from the Nyong et Mfoumou Division. Stool samples were collected from each child and examined for protozoan cysts, helminth eggs and larva while blood samples were collected for detection of *Plasmodium sp.* and filarial blood stages. In addition, socio-demographic information were documented. In total, 416 schoolchildren were recruited; out of which 309 (74.28%) were infected by at least one parasite species. 13 parasite species were found: 03 blood parasites and 10 intestinal parasites. *Plasmodium falciparum* was the main blood parasite (37.26%). Amongst intestinal parasites, *Entamoeba coli* were the most common among protozoa (29.33%) and *Ascaris lumbricoides* among helminths (21.39%). The frequency of multi-parasitism was 44.47% and the average species reach was  $1.43 \pm 0.01$  per individual. Four types of multi-parasitism were found (bi-parasitism, tri-parasitism, quadri-parasitism and penta-parasitism); the bi-parasitism (26.68%) was the most common. Significantly statistic associations were found between parasite species such as: *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica/dispar*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* can be explained by the same means of transmission. Association between *Ascaris lumbricoides* and *Mansonella perstans* could be a synergic interaction between these parasites. We conclude that the intensity of multiparasitism among schoolchildren in Nyong et Mfoumou Division is high with predominance in rural areas.

**Keywords:** multiparasitism, frequency, determinants, parasitic association, schoolchildren

## 1. Introduction

More than 80% of all living species described to date are parasites (Vaumourin *et al.*, 2015). They are great in diversity and parasitize a wide range of hosts they often share together. The concomitant presence of two or more parasite species in the same host, called multi-parasitism, appears as the rule than the exception in most biological systems including humans (Petney & Andrews, 1988).

In infected zones, more than 30% of infections are multiparasitism and this rate can reach up to 80% in some human populations (Petney & Andrews, 1988). Co-infective parasites interact directly or indirectly through several interspecific mechanisms. These interactions can affect the host's health because they modify a large number of factors including the host's susceptibility to other parasites, duration of infection, risks of transmission, clinical signs, therapeutic success and control strategies (Vaumourin *et al.*, 2015).

Multiparasitism results either from synergistic interactions between two or more parasite species infecting the same host or from a community of risk factors between these parasites, which thus creates statistical associations between them. These factors may be environmental, climatic, related to the host's behavior and physiological conditions, and the transmission means of these parasites (Lello *et al.*, 2013; Vaumourin *et al.*, 2015).

In the Nyong et Mfoumou Division, populations are predominantly rural. They have limited access to safe water, sanitation and basic health services. In addition, climatic and environmental conditions are favorable for the development and persistence of several parasite species. Everywhere in sub-Saharan Africa, school-age children are the most vulnerable segment of the population to parasitic infections, especially intestinal and malaria

parasites because of behavioral, hygienic and recreational reasons (Hamit *et al.*, 2013). School-age children infected with intestinal helminths undergo frequent physical and mental sufferings due to anemia, which result in a lack of attention, inability to assimilate knowledge and contribute to absenteeism and school dropouts. Intestinal worms are also responsible for a decreased immunity of children towards malaria (Hamit *et al.*, 2013). In addition, these children are thus most exposed to multiparasitism and its potential consequences (Brooker *et al.*, 2006). Little is known on the frequency and intensity of multiparasitism in Cameroon especially in the Akonolinga area. We therefore conducted a study with the aim to determine the frequency of multiparasitism, look for its determinants in Nyong et Mfoumou Division in the Centre Region of Cameroon and study parasitic associations among species.

## **2. Material and Methods**

### *2.1 Study Area*

We conducted a cross-sectional study from September 2017 to July 2018 in Akonolinga, the capital of Nyong et Mfoumou Division in the Centre Region of Cameroon. This division covers an area of 4,300 Km<sup>2</sup> approximately with a bit more than 100,000 inhabitants (Bayaga *et al.*, 2017). The climate is typically equatorial with two discontinuous dry and wet seasons. The annual average rainfall is 2000 mm with an annual average temperature of 24 °C (Zeukeng *et al.*, 2014). The hydrographic network is dense with two main rivers: Nyong and Mfoumou. Several economic activities are developed consisting mainly of agriculture, livestock, fishing, hunting and small businesses. Houses are built in semi-dur with crevices and open joints serving as hideouts for mosquitoes. These villages lack access to potable water. Toilet facilities, made up essentially of pit latrines, are in general poorly constructed and insufficient for the members of a household.

Several prospecting trips were organized on the study area. In order to recruit at least 250 participants in each living areas, we randomly selected five (05) Government schools: 3 in rural areas and 2 in urban areas for participant's recruitment.

## 2.2 Ethical Considerations

This study was approved by the National Ethical Committee of Research for Human Health (Ethical Clearance N<sup>o</sup>: 2018/01/968/CE/CNERSH/SP) and the Direction of Yaoundé University Teaching Hospital (Research Authorization N<sup>o</sup>: 894/AR/CHUY/DG/DGA/DMT). However, written informed consent was obtained from parents or legal guardians of all children prior to their inclusion in the study.

## 2.3 Sample Collection

Before sample collection, socio-demographic information (gender, age, class, living area and school's name) of each child data and school environment related information were collected with semi-structured questionnaire. Afterwards, each child was given a sterile and labeled stool container as well as instructions for the adequate collection of their stools. After collection, stool samples were fixed *in situ* with formalin solution diluted to 10%. Blood samples were collected from each child by pricking finger between 10:00 am and 4:00 pm for maximizing the chance of detection blood filarial. Three drops of blood were collected to realize two calibrated thick and one thin blood films which were then air-dried, stored in slide boxes and transported to the Laboratory of Parasitology, Mycology and Parasitic Immunology of the Yaoundé University Teaching Hospital for parasitological examinations.

## 2.4 Parasitological Examinations

Each stool sample was screened by direct examination (2 slides for each stool sample) and Formalin-ether concentration technique (at least 2 slides for each stool sample) (Uga *et al.*, 2010) for the presence of protozoa cysts and helminths eggs and larva. For each participant, two calibrated thick and one thin blood films were stained with May-Grünwald-Giemsa (WHO, 2010) and examined for the presence of *Plasmodium sp.* and filarial blood stages. All slides were read using the CyScope® microscope (Partec-Sysmex GmbH, Görlitz, Germany) in a blind manner by two qualified technicians. In case of discrepancy, a third qualified technician was called to read the quarreled slides. For blood smears, slides were negative in case of absence of any trophozoite after examination of at least 10 fields for *Plasmodium sp.* or absence of microfilaria in entire slide for blood filarial. The entire slides were examined for each stool slide and if any parasite forms was not observed, slides were reported negative.

## 2.5 Statistical Analysis

Data was keyed in a Microsoft Excels 2007 spreadsheet then exported to SPSS 16.0 (SPSS, Chicago, Inc., IL, USA) software for statistical analysis. Frequencies of socio-demographic data of participants, and the presence of parasites species were determined. To compare single parasite infections by gender, age groups and living areas,  $\chi^2$ -test was used to compare proportions. The frequency of multiparasitism was assessed and stratified by gender, age groups and living areas. Multivariable logistic regression was used to investigate associations between parasites and socio-demographic data. *P-value* less than 0.05 were considered statistically significant.

### 3. Results

#### 3.1 Study Population

In total, 416 schoolchildren, 209 from rural area and 207 from urban area, were included in the study. Females accounted for 54.33% (n = 226) of all participants giving a male-to-female sex ratio of 0.8. In addition, 117 and 109 females were reported in rural and urban areas respectively. The age of children ranged from 4 to 15 years with a mean value of  $9.17 \pm 0.27$  years. Children were grouped into 3 age sub-groups of 4 years interval (Table 1). Gender-distribution was similar with respect to these three age groups ( $\chi^2 = 1.49$ ;  $P = 0.47$ ). Children aged from 4 to 7 years and from 12 to 15 years be more frequent in urban areas with 68 and 76 children against 67 and 36 children in rural areas respectively. This pattern was inverted among those aged between 8-11 years where they were more frequent in rural areas than in urban ones (106 versus 63).

Table 1. General characteristics of the study population

	Total population (N = 416)	Rural area (n = 209)			Urban area (n=207)	
		GS Essang-Ndibi (n=73)	GS Kpwele (n=72)	GS Eboa (n=64)	EPA (n=76)	GS Loum (n=131)
Gender %(n)						
Male	45.67 (190)	45.21 (33)	50.00 (36)	35.94(23)	38.16(29)	52.67(69)
Female	54.33 (226)	54.79 (40)	50.00 (36)	64.06(41)	61.84(47)	47.33 (62)
Age sub-group (years) %(n)						
4 – 7	32.45(135)	41.09 (30)	26.39 (19)	28.12(18)	32.89(25)	32.82 (43)
8 – 11	40.63 (169)	34.25 (25)	62.50(45)	56.25(36)	42.11(32)	23.67 (31)
12 – 15	26.92 (112)	24.66 (18)	11.11 (8)	15.63(10)	25.00(19)	43.51 (57)

N: Total population, n: sub-population, GS: Government School

### 3.2 Frequencies of Parasite Species Among Pupils

Out of the 416 samples examined, 309 (74.28%) were infected with at least one parasite species. Thirteen (13) different parasite taxa including 3 blood parasites and 10 intestinal parasites (6 protozoa and 4 helminths) were recorded. One hundred and sixty-seven (167) individuals were infected with blood parasites (40.14%) and 250 (60.10%) with intestinal parasites. Table 2 below summarizes frequencies of different group and parasite species related to total population with regard to age groups, living area and gender. Pupils living in rural areas were more infected with blood parasites ( $P = 0.0047$ ) and intestinal parasites ( $P = 0.0000$ ) than those living in urban areas.

*Plasmodium falciparum* was the most common blood parasites followed by *Mansonella perstans* and *Loa loa*. More than one third (37.26%) of participants had an infection with *Plasmodium falciparum*. This infection was not influenced by age group nor gender but was significantly ( $P = 0.0139$ ) higher in rural areas than in urban areas. The overall prevalence of *Mansonella perstans* was 4.32 % and likewise was not influenced by age group nor gender as *Plasmodium* infection. *Loa loa* was found only in rural areas, with infection prevalence of 0.48%.

The prevalence of intestinal helminths was significantly higher in rural areas (51.19%,  $P < 0.0001$ ) and females (37.61%,  $P = 0.018$ ) compared to urban areas (13.52%) and males (26.31%). The highest infection rate among this group of parasites were found for *Ascaris lumbricoides* (21.39%); and its prevalence was also found to be higher in pupils of rural areas (33.49%,  $P < 0.0001$ ) and females (25.22%,  $P = 0.018$ ). Likewise, a high infection rate was reported for *Trichuris trichiura* with a value of 18.51%. Its prevalence was significantly higher in rural areas than in urban areas ( $P < 0.001$ ); participants' age did not influence the risk for infection with these both parasites ( $P > 0.05$ ). Hookworm and *Hymenolepis nana* were also found in this study with prevalence of 0.96% and 0.24% respectively (Table 2).

*Entamoeba coli* was the main intestinal protozoa reported in this study (29.33%) and its prevalence was significantly higher in rural areas (42.58% versus 15.9%;  $P = 0.0001$ ). The overall prevalence of *Entamoeba histolytica/dispar* was 23.80% and was significantly higher among schoolchildren aged from 12 to 15 years ( $P = 0.042$ ). Prevalence of *Giardia intestinalis*, *Endolimax nana* and *Blastocystis sp.* were 4.09%, 3.13% and 1.44% respectively. *Embadomonas intestinalis* was found only in rural areas with a prevalence of 0.24% (Table 2).

Table 2. Frequency of different parasite groups and species related to Total population, age groups, living area and gender

Groups of parasites	Total Population N (%)	Age groups			P	Area			P	Gender		
		4 – 7 n(%)	8 – 11 n(%)	12 – 15 n(%)		Rural n(%)	Urban n(%)	M n(%)		F n(%)	P	
<b>Hemoparasites</b>												
<i>P. falciparum</i>	155 (37.26)	42 (31.11)	72 (42.60)	41 (36.60)	0.1184	90 (43.06)	65 (31.40)	0.0139*	73 (38.42)	82 (36.28)	0.6532	
<i>M. perstans</i>	18 (4.32)	07 (5.18)	06 (3.55)	05 (4.46)	0.7821	13 (6.22)	05 (2.41)	0.0565	12 (6.31)	06 (2.65)	0.0675	
<i>L. loa</i>	02 (0.48)	00 (0.00)	02 (1.18)	00 (0.00)	/	02 (0.95)	00 (0.00)	/	01 (0.52)	01 (0.44)	/	
<b>Intestinal Parasites</b>												
<b>Protozoa</b>												
<i>E. coli</i>	122 (29.32)	42 (31.11)	51 (30.17)	29 (25.89)	0.6365	89 (42.58)	33 (15.94)	0.0001*	48 (25.26)	74 (32.74)	0.095	
<i>E.histolytica/dispar</i>	99 (23.79)	22 (16.29)	45 (26.62)	32 (28.57)	0.042*	46 (22.00)	53 (25.60)	0.389	38 (20.00)	61 (26.99)	0.095	
<i>G. intestinalis</i>	17 (4.08)	04 (2.96)	10 (5.91)	03 (2.67)	0.2943	13 (6.22)	04 (1.93)	0.0272*	13 (6.84)	04 (1.76)	0.027*	
<i>Blastocystis sp.</i>	06 (1.44)	03 (2.22)	01 (0.59)	02 (1.78)	0.4652	06 (2.87)	00 (0.00)	0.014*	02 (1.05)	04 (1.76)	0.541	
<i>Em. intestinalis</i>	01 (0.24)	01 (0.74)	00 (0.00)	00 (0.00)	/	01 (0.47)	00 (0.00)	/	01 (0.52)	00 (0.00)	/	
<i>En. nana</i>	13 (3.12)	06 (4.44)	04 (2.36)	03 (2.67)	0.5568	08 (3.82)	05 (2.41)	0.407	07 (3.68)	06 (2.65)	0.547	
<b>Helminths</b>												
<i>lumbricoides</i>	89 (21.39)	23 (17.04)	42 (24.85)	24 (21.42)	0.2559	70 (33.49)	19 (9.17)	0.0000*	32 (16.84)	57 (25.22)	0.0379*	
<i>T. trichiura</i>	77 (18.50)	30 (22.22)	33 (19.52)	14 (12.50)	0.1332	65 (31.10)	12 (5.79)	0.0000*	30 (15.78)	47 (20.79)	0.19	
<b>Hookworm</b>	04 (0.96)	03 (2.22)	01 (0.59)	00 (0.00)	/	02 (0.95)	02 (0.96)	/	01 (0.52)	03 (1.32)	/	
<i>H. nana</i>	01 (0.24)	00 (0.00)	01 (0.59)	00 (0.00)	/	00 (0.00)	01 (0.48)	/	00 (0.00)	01 (0.44)	/	

n : number of positive ; % : Frequency ;

P : P-value ; \* : Statistically significant at P-value less than 0.05;

P: *Plasmodium*;

M: *Mansonella*;

L: *Loa*; E: *Entamoeba*;

G: *Giardia*;

A: *Ascaris*;

T: *Trichuris*;

H: *Hymenolepis*;

Em: *Embadomona*; En: *Endolimax*

### 3.3 Parasitic Infra-Communities

Amongst 416 schoolchildren recruited, only 124 (29.80%) were infected with only one parasite species and up to 185 (44.47%) were infected with two and more parasites species. The maximum number of parasite species found in a host was 5 and the mean specific richness was  $1.43 \pm 0.01$  per individual. One hundred and eleven (26.68%) harbored two parasites species concurrently (bi-parasitism). There were 47 (11.29%) cases of 3 parasite infra-community (tri-parasitism); 24 (5.76%) cases of 4 parasites infra-community (quadri-parasitism); and 3 (0.72%) cases of 5 parasites infra-community (penta-parasitism). The Table 3 displays different parasitic infra-communities found in the study population.

Table 3. Different parasitic infra-communities observed according to the living area.

Type of infra-community	Parasite species	Rural		Urban		General	
		n	%	n	%	n	%
Biparasitism	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i>	07	1.68	03	0.72	10	2.40
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i>	05	1.20	01	0.24	06	1.44
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>M. perstans</i>	01	0.24	01	0.24	02	0.48
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1.20	03	0.72	08	1.92
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>T. trichiura</i>	07	1.68	02	0.48	09	2.16
	<i>Blastocystis</i> sp + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i>	11	2.64	5	1.20	16	3.84
	<i>E. coli</i> + <i>E. nana</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
	<i>E. coli</i> + <i>G. intestinalis</i>	06	1.44	02	0.48	08	1.92
	<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1.20	05	1.20	10	2.40
	<i>E. coli</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	04	0.96	16	3.84	20	4.80
	<i>E. nana</i> + <i>P. falciparum</i>	00	0.00	02	0.48	02	0.48
	<i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	01	0.24	02	0.48
	<i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	00	0.00	01	0.24	01	0.24
	Hookworm + <i>P. falciparum</i>	00	0.00	01	0.24	01	0.24
	<i>T. trichiura</i> + <i>L. loa</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>T. trichiura</i> + <i>P. falciparum</i>	07	1.68	01	0.24	08	1.92
	Total 1		66	15.86	45	10.81	111
Triparasitism	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. nana</i>	01	0.24	01	0.24	02	0.48
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i>	03	0.72	00	0.00	03	0.72
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>T. trichiura</i>	05	1.20	03	0.72	08	1.92
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
	<i>A. lumbricoides</i> + Hookworm + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A. lumbricoides</i> + Hookworm + <i>M. perstans</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A. lumbricoides</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	01	0.24	02	0.48

	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>E. nana</i>	01	0.24	01	0.24	02	0.48
	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	05	1.20	04	0.96	09	2.16
	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i>	04	0.96	00	0.00	04	0.96
	<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + hookworm	00	0.00	01	0.24	01	0.24
	<i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	05	1.20	00	0.00	05	1.20
	<i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>T. trichiura</i>	00	0.00	01	0.24	01	0.24
	<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i> + <i>G. intestinalis</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
Total 2		35	8.41	12	2.88	47	11.29
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>Blastocystis</i> sp. + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>Blastocystis</i> sp. + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
Quadriparasitism	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>T. trichiura</i>	03	0.72	00	0.00	03	0.72
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. nana</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. nana</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>M. perstans</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	06	1.44	00	0.00	06	1.44
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>G. intestinalis</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>Blastocystis</i> sp. + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. coli</i> + <i>E. histolytica/dispar</i> + Hookworm + <i>M. perstans</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>E. coli</i> + <i>G. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	02	0.48	00	0.00	02	0.48
Total 3		24	5.76	00	0.00	24	5.76
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. histolytica</i> / <i>dispar</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24

Pentaparasitism	<i>falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>A.lumbricoides</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. nana</i> + <i>M. perstans</i> + <i>P. falciparum</i>	01	0.24	00	0.00	01	0.24
	<i>Blastocystis sp.</i> + <i>E. coli</i> + <i>E. intestinalis</i> + <i>P. falciparum</i> + <i>T. trichiura</i>	03	0.72	00	0.00	03	0.72
Total 4		03	0.72	00	0.00	03	0.72

n : number of cases ; % : Frequency .

### 3.4 Risks Factors of Monoparasitism and Multiparasitism

Table 4 displays the results of the logistic regression analysis which identifies associated factors of monoparasitism and multiparasitism. Age group and living area were associated with a high risk of monoparasitism. In fact, schoolchildren aged from 8 to 11 years were almost twice as likely to be infected with single parasite compared to those aged from 4 to 7 years (aOR = 1.92 ; 95% CI: 1.03 - 3.59 ;  $P = 0.0403$ ). Schoolchildren living in urban areas were less likely to be infected with one parasite than those living in rural areas (aOR = 0.56; 95% CI: 0.32 - 0.99;  $P = 0.0492$ ). The risk of multiparasitism was significantly influenced by gender, age group and living areas. In fact, the risk was higher for females (aOR = 2.12; 95% CI: 1.26 - 3.57;  $P = 0.0046$ ) and schoolchildren aged from 8 to 11 years (aOR = 1.70; 95% CI: 1.09 - 3.15;  $P = 0.0089$ ) compared to males and those aged from 4 to 7 years, respectively. In contrast, the risk of multiparasitism was low among schoolchildren living in urban areas (aOR = 0.16; 95%CI: 0.09 - 0.28;  $P = 0.0001$ ) compared to those living in rural areas.

Table 4. Associated variables of risk of Monoparasitism and multiple Multiparasitism

Variables	Monoparasitism				Multiparasitism			
	Crude OR [95%CI]	P	Adjusted OR [95%CI]	P	Crude OR [95%CI]	P	Adjusted OR [95%CI]	P
<b>Gender</b>								
Male	1		1		1		1	
Female	1.23 [0.73-2.06]	0.4382	1.26 [0.74 -2.13]	0.3904	1.99 [1.22 -3.22]	0.0055*	2.12 [1.26 - 3.57]	0.0046*
<b>Age Group</b>								
4 - 7 ans	1		1		1		1	
8 - 11 ans	2.03 [1.10-3.77]	0.0243*	1.92 [1.03 - 3.59]	0.0403*	1.98 [1.12 - 3.50]	0.0192*	1.70 [1.09 - 3.15]	0.0089*
12 - 15 ans	1.20 [0.62-2.32]	0.5895	1.35 [0.69 - 2.65]	0.3805	1.24 [0.68 - 2.25]	0.4901	1.91 [1.02 - 3.71]	0.0551
<b>Living area</b>								
Rural	1		1		1		1	
Urban	0.53 [0.30 -0.92]	0.0246*	0.56 [0.32 - 0.99]	0.0492*	0.17 [0.10 - 0.28]	<0.0001*	0.16 [0.09 - 0.28]	<0.0001*

OR: Odd Ratio; 95%CI: 95% Confidence Interval; P: P-value; (\*): Significant

### 3.5 Parasitic Associations

All significant association ( $P < 0.05$ ) between parasites, gender, age groups and living areas resulting from multivariable logistic regression are summarized in Table 5. *Trichuris trichiura* showed a significant and positive association with *Ascaris lumbricoides* (aOR = 2.49; 95%CI = 1.39 - 4.43) and *Entamoeba coli* (aOR = 2.95; 95%CI = 1.70 - 5.13) but a significant and negative association with the urban area. A positive association was found between *Mansonella perstans* and *Ascaris lumbricoides* (aOR = 1.79; 95% CI = 1.06 - 5.09) but a negative association with the urban setting (aOR = 0.32; 95% CI = 0.11 - 0.94). *Entamoeba histolytica/dispar* showed a positive association with *Trichuris trichiura* (aOR =

2.10; 95% CI = 1.04 - 4.20), *E. coli* (aOR = 4.35; 95%CI = 2.61 - 7.25) and the age group between 8 and 11 years (aOR = 2.06; 95%CI = 1.11 - 3.85). A significant and negative association was found between *Plasmodium falciparum* and the urban environment (aOR = 0.62; 95%CI = 0.41 - 0.93).

Table 5. Association between a particular parasitic and gender, age group and any remaining parasites

Parasites	Co-variables	aOR (95%CI)	P
<i>T. trichiura</i>	<i>A. lumbricoides</i>	2.49 (1.39-4.43)	<0.001
	<i>E. coli</i>	2.95 (1.70-5.13)	<0.001
	Rural area	0.14 (0.07 – 0.26)	< 0.001
<i>Lumbricoides</i>	<i>E. coli</i>	4.95 (2.87 – 8.48)	0.011
	<i>M. perstans</i>	1.79 (1.06 – 5.09)	0.001
	Female	1.71 (1.03 – 2.85)	0.04
	Rural area	0.19 (0.10 – 0.33)	< 0.0001
<i>M. perstans</i>	Rural area	0.32 (0.11 – 0.94)	0.04
<i>E. histolytica/dispar</i>	<i>T. trichiura</i>	2.10 (1.04 – 4.20)	0.036
	<i>E. coli</i>	4.35 (2.61 – 7.25)	0.001
	[8 -11[ years	2.06 (1.11 – 3.85)	0.02
<i>E. coli</i>	Rural area	0.24 (0.15 – 0.40)	< 0.001
<i>P. falciparum</i>	Rural area	0.62 (0.41 – 0.93)	0.02

Adjusted OR: Odd Ratio; 95%CI: 95% Confidence Interval; P: P-value.

#### 4. Discussion

The study showed that the frequency of multiparasitism is higher than that of monoparasitism in Akonolinga, Nyong et Mfoumou Division, Centre Region of Cameroon. Approximately  $\frac{3}{4}$  of the population studied were infected with at least one parasitic species. This infection rate is lower than that found by Kimbi *et al.* (2012) more than 82%, among schoolchildren in the South-West Region of Cameroon. It is similar to that of Zeukeng *et al.* (2014) 77.2% among general population in the Centre Region of the same country. Conversely, our finding is higher than 26.6% obtained by Lehman *et al.* (2012), and 8.5% by Khan Payne *et al.* (2017) in Littoral, Centre and West regions of Cameroon respectively. This shows that despite the fact that schoolchildren are the main target of parasitic infection control strategies, they are still the segment of the population most vulnerable to parasitic infections. The highest prevalence was found in schoolchildren of rural areas. As we noticed in the rural area, drinking unsafe water, wearing open shoes and using latrines, if they existed, inappropriately maintained by children could justify these results.

A total of 13 parasitic species were found in this study population. Ten of them were also reported by M'bondoukwe *et al.* (2013) in Gabon (*Plasmodium falciparum*, *Loa loa*, *Mansonella perstans*, *Giardia intestinalis*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica/dispar*, *Blastocystis sp.*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* and hookworm). Similarly, Raso *et*

*al.* (2004) and Coulibaly *et al.* (2012) reported both in Côte d'Ivoire, nine and eight parasite species found in our study (Hookworm, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica/dispar*, *Blastocystis sp.*, *Endolimax nana*, *Giardia intestinalis* and *Plasmodium falciparum*). In the same country were found 8 species of intestinal parasites out of the 10 obtained in our study. These results confirm that in sub-Saharan Africa, environmental and climatic conditions are favorable for the development and persistence of several parasite species.

*Plasmodium falciparum* being the only species of that genus found and this study confirms that it is the main malarial agent in Cameroon as previously reported by Kimbi *et al.* (2012) and Khan Payne *et al.* (2017). Malaria prevalence was higher in the rural area; this is consistent with findings of Olurongbe *et al.* (2011) and Kimbi *et al.* (2012) and may be due to higher risk of contact with mosquito vectors as a result of a higher presence of their breeding sites, lower level of education and lower rate of preventive methods against malaria in this area compared with urban ones (Kimbi *et al.*, 2012).

*Entamoeba coli* (29.33%) and *Entamoeba histolytica/dispar* (23.80%) were the commonest intestinal protozoa found in this study. The prevalence of the former protozoa is similar to that reported by Coulibaly *et al.* (2012) in Côte d'Ivoire (31.8%) but higher than that obtained by M'bondoukwé *et al.* (2018) in Gabon (22.2%). As regards *Entamoeba histolytica/dispar*, its overall prevalence was higher than those obtained by the above mentioned authors who had values of 7.4 % and 9.3% respectively. The higher prevalence of amoebae in this study could be justified by the fact that study period coincided with the harvest and increased consumption of fruits such as mangoes. It should be noticed that a large proportion of children, especially in rural areas, were consuming fruits without prior washing them and/or washing their hands.

*Ascaris lumbricoides* (21.4%) and *Trichuris trichiura* (18.5%) were the main parasitic helminths found in this study. High prevalence of *Ascaris lumbricoides* and *Trichuris trichiura* observed among intestinal helminths could be explained by the fact that both are fecal-orally transmitted and their epidemiology dependent on individual and community hygienic habits and human waste disposal methods and then, subsequently affect the level of environmental contamination. Ova from both species are equipped with outer coat that enables them to resist adverse external environmental conditions and enhances their survival and higher probability of transmission (Ruto & Mulambalah, 2016). Besides, the prevalence of both soil transmitted helminths were higher than those reported by Khan Payne *et al.* (2017) in the West Region of Cameroon (*Ascaris lumbricoides* 4% and *Trichuris trichiura* 4.1%) and M'Bondoukwé *et al.* (2018) in Gabon (*Ascaris lumbricoides* 13.7% and *Trichuris trichiura* 11.8%). However, these findings are lower than those found by Kimbi *et al.* (2012) in the South West Region of Cameroon (*Ascaris lumbricoides* 30.21% and *Trichuris trichiura* 25.98%) and Ruto and Mulambalah (2016) in Kenya (*Ascaris lumbricoides* 55.8% and *Trichuris trichiura* 26.9%).

Approximately 45% of the study population was infected with two or more parasites. The maximum number of parasitic taxa found in a simple host was 5 and the mean specific

richness was  $1.43 \pm 0.01$  parasites per individual. Our finding agrees with Tchuem Tchuente *et al.* (2004) and Kimbi *et al.* (2012) in Cameroon; Raso *et al.* (2004) and Hürlimann *et al.* (2014) in Côte d'Ivoire; Ruto and Mulambalah (2016) in Kenya. These findings are in line with the statement of Petney and Andrews (1988) on the fact that: “multiparasitism is the rule rather than the exception in most biological systems and the co-infection rate can reach 80% in some human populations”. The biparasitism was the main parasitic association in this study with the association *Plasmodium falciparum* + *Entamoeba histolytica/dispar* primarily reported (18%) among children. This can be attributed to the high prevalence rates and local endemic of these parasites in the area.

Statistically significant associations were found between some parasitic taxa especially between *Ascaris lumbricoides* and *Trichuris trichiura* and between *Entamoeba coli* and *Entamoeba histolytica/dispar*. Such observations were also previously reported by Raso *et al.* (2004), Coulibaly *et al.* (2012) and Hürlimann *et al.* (2014). These parasitic taxa share the same routes of transmission to humans through ingestion of contaminated food or drinking water with parasite infesting development stages. The lack of hygiene and poor health conditions can also favor the transmission of these parasites. The significant association between *Ascaris lumbricoides* and *Mansonella perstans*, two helminths with different transmission mode (oral route for *Ascaris lumbricoides* and bite of midge arthropod for *Mansonella perstans*) and ecological niches in the host (Intestine for *Ascaris lumbricoides* and blood for *Mansonella perstans*), would mean a synergy between these parasites via host immunity. Indeed, all helminthiasis are chronic infections hallmarked by a strong immune response to Th2 cell-mediated dominated by an increase in anti-inflammatory cytokines (Bwanika *et al.*, 2018). Thus, the infection with a helminth specie would create conditions favorable to the infections of other helminths specie within the host.

## 5. Conclusions

Our study pointed out that parasitic infections are highly prevalent in Akonolinga especially *Plasmodium falciparum*, *Ascaris lumbricoides*, *Entamoeba coli* and *Entamoeba histolytica/dispar* infections. The frequency of multiparasitism is higher than that of monoparasitism in Akonolinga, Nyong et Mfoumou Division. Among parasitic infra-communities found, bi-parasitism was more frequent. The study also outlined many parasitic statistical associations. These findings should be helpful in defining and implementing more strong and effective parasitic disease control strategies in the Nyong et Mfoumou Division.

## Acknowledgments

The authors are grateful to all pupils who voluntarily accepted to participate in this study as well as their parents/guardians. The authors would like to acknowledge the valuable assistance of teachers and officials of schools where children were recruited. The technical assistance of the staff of the Laboratory of Parasitology, Mycology and Parasite Immunology of CHUY, especially Mrs. AMANA Carine, is greatly appreciated. Finally, we thank Prof. SAME EKOBO Albert who gave us precious advice for the study design.

## Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

## Conflict of Interest

There is no conflict of interest between the authors of this publication.

## References

- Bayaga, H. N., Guedje, N. M., & Biye, E. H. (2017). Approche enthobotanique et ethnopharmacologique des plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli à Akonolinga (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *11*(4).1523-1541. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.10>
- Brooker, S., Clements, A. C. A., Hotez, P. J., Hay, S. I., Tatem, A. J., Bundy, D. A. P., & et al. (2006). The co-distribution of *Plasmodium falciparum* and hookworm among African schoolchildren. *Malaria Journal*, *5*(99). <https://doi.org/10.1186/1475-2875-5-99>
- Bwanika, R., Kato, D. C., Welishe, J., & Mwandah, C. D. (2018). Cytokine profiles among patients co-infected with *Plasmodium falciparum* malaria and soil borne helminths attending Kampala International University Teaching Hospital, in Uganda. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, *14*(10). <https://doi.org/10.1186/s13223-018-0235-z>
- Coulibaly, J. T., Fürst, T., Silu é K. D., SKnopp, S., Hauri, D., Ouattara, M., & et al. (2012). Intestinal parasitic infections in schoolchildren in different settings of Côte d'Ivoire: effect of diagnostic approach and implications for control. *Parasites & Vectors*, *5*. 135. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-135>
- Hamit, M. A., Tidjani, A., Otchom, B. B., Tidjani, M. T., & Bilong, C. F. (2013). An Epidemiological Assessment of the Infectious forms of Intestinal Helminths in School Children from Chad. *Journal of Biology and Life Science*, *4*(2). <https://doi.org/10.5296/jbls.v4i2.4258>
- Hürlimann, E., Yapi, R. B., HOUNGbedji, C. A., Schmidlin, T., Kouadio, B. A., Silu é K. D., & et al. (2014). The epidemiology of polyparasitism and implications for morbidity in two rural communities of Côte d'Ivoire. *Parasites & Vectors*, *7*(81). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-81>
- Khan Payne, V., & Lontua, F. R., Ngangnang, G. R., Megwi, L., Mbong, E., Yamssi, C., & et al. (2017). Prevalence and Intensity of infection of gastro-intestinal parasites in Babadjou, west of Cameroon. *International Journal of Clinical and Experimental Medical Sciences*, *3*(2), 14-22. <https://doi.org/10.11648/j.ijcems.20170302.11>
- Kimbi, H. L., Lum, E., Wanji, S., Mbuh, J. V., Ndamukong-Nyanga, J. L., Eyong Ebanga, E. J., & et al. (2012). Co-infections of Asymptomatic Malaria and Soil-Transmitted Helminths in School Children in Localities with Different Levels of Urbanisation in the Mount Cameroon Region. *Journal of Bacteriology & Parasitology*, *3*, 2.

- Lehman, L. G., Kouadjip Nono, L., & Bilong, C. F. (2012). Diagnostic des parasitoses intestinales à l'aide de la microscopie à fluorescence. *Médecine d'Afrique Noire*, 59, 7.
- Lello, J., Boag, B., Fenton, A., Stevenson, I. R., & Hudson, P. J. (2013) Competition and mutualism among the gut helminthes on a mammalian host. *Nature*, 428, 840-844. <https://doi.org/10.1038/nature02490>
- M'bondoukwé, N. P., Kendjo, E., Mawili-Mboumba, D. P., Lengongo, K. J. V., Mbouoronde, O. C., Nkoghe, D., & et al. (2018). Prevalence of and risk factors for malaria, filariasis, and intestinal parasites as single infections or co-infections in different settlements of Gabon, Central Africa. *Infectious Diseases of Poverty*, 7, 6. <https://doi.org/10.1186/s40249-017-0381-4>
- Olurongbe, O., Adegbayi, A. M., Bolaji, O. S., Akindele, A. A., & Adefioye, A. O. (2011). Asymptomatic falciparum malaria and helminth co-infection among school children in Osogbo, Nigeria. *J Res Med Sci*, 16, 680-686. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(97\)00189-6](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(97)00189-6)
- Petney, T. N., & Andrews, R. H. (1988). Multiparasite communities in animals and humans: frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology*, 28, 377-393.
- Rosa, G., Luginbühl, A., Adjoua, C. A., Tian-Bi, T. N., Silu é D. K., Matthys, B., & et al. (2004). Multiple parasite infections and their relationship to self-reported morbidity in a community of rural Côte d'Ivoire. *International Journal of Epidemiology*, 33, 1092–1102. <https://doi.org/10.1093/ije/dyh241>
- Ruto, J., & Mulambalah, C. S. (2016). Epidemiology of parasitism and poly-parasitism involving intestinal helminths among school children from different residential settings in Nandi County, Kenya. *CHRISMED J Health Res*, 3, 168-172. <https://doi.org/10.4103/2348-3334.183730>
- Tchuem Tchuent é L. A., Behnke, J. M., Gilbert, F. S., Southgate, V. R., & Vercruysse, J. (2004). Polyparasitism with *Schistosoma haematobium* and soil-transmitted helminth infections among school children in Loum, Cameroon. *Tropical Medecine and International Health*, 8(11), 975-986. <https://doi.org/10.1046/j.1360-2276.2003.01120.x>
- Uga, S., Tanaka, K., & Iwamoto, N. (2010). Evaluation and modification of the formalin-ether sedimentation technique. *Tropical Biomedecine*, 27(2), 177-184.
- Vaumourin, E., Vourch, G., Gasqui, P., & Vayssier-Taussat, M. (2015). The importance of multiparasitism: examining the consequences of co-infection for human and animal health. *Parasites & Vectors*, 8, 545. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1167-9>
- World Health Organization. (2010). *Basic Malaria Microscopy*. Part I. Learner's Guide, Second Edition.
- Zeukeng, F., Tchinda, V. H. M., Bigoga, J. D., Seumen, C. H. T., Ndzi, E. S., Abonweh, G., & et al. (2014). Co-infections of malaria and geohelminthiasis in two rural communities of

---

Nkassomo and Vian in the Mfou Health District, Cameroon. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(10), e3236. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003236>

### **Copyright Disclaimer**

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).