

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ECOLOGIE

LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

**Etude épidémiologique de la schistosomiase urinaire et des helminthiases
intestinales chez les écoliers dans deux zones écologiques du Tchad :
caractérisation des associations parasitaires et impact sur l'état nutritionnel**

THESE

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de

Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux

Option : Parasitologie et Ecologie

Par

KEMBA Samafou

Matricule : 14U2306

Maître ès-Sciences



Soutenue publiquement le 25 Avril 2024 devant le jury composé de :

Président : **FOMENA Abraham**, Professeur, Université de Yaoundé 1 ;

Rapporteurs : **BILONG BILONG Charles Félix⁺**, Professeur, Université de Yaoundé 1 ;

HAMIT MAHAMAT Alio, Maître de Conférences, Université de N'Djaména ;

NACK Jacques, Maître de Conférences, Université de Douala

Membres : **NJIOKOU Flobert**, Professeur, Université de Yaoundé 1 ;

LEHMAN Léopold Gustave, Professeur, Université de Douala ;

MAHOB Raymond Joseph, Maître de Conférences, Université de Yaoundé 1.

Année : 2024

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
FACULTE DES SCIENCES

B.P. 812 Yaoundé
Tél: (237) 242239584
Fax: (237) 242234496



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
FACULTY OF SCIENCE

P.O. BOX 812 Yaounde
Phone: (237) 242239584
Fax: (237) 242234496

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

ATTESTATION DE CORRECTION

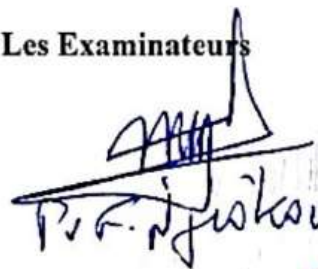
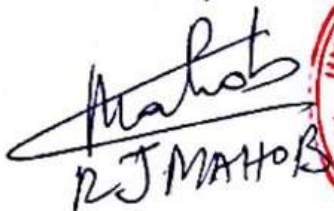
Nous soussignés, membres du jury de soutenance de la Thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux, Option : Parasitologie et Ecologie, de Monsieur KEMBA Samafou, matricule 14U2306, soutenance autorisée par la correspondance N° 24-0761/UYI/VREPDTIC/DAAC/DA-AAC/DRD/SR/CB-ER du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 02 avril 2024 sur le sujet intitulé : « Etude épidémiologique de la schistosomiase urinaire et des helminthiases intestinales chez les écoliers dans deux zones écologiques du Tchad : caractérisation des associations parasitaires et impact sur l'état nutritionnel », attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation, qui a eu lieu le Jeudi 25 Avril 2023 dans la salle Multimédia de la Faculté des Sciences, ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

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

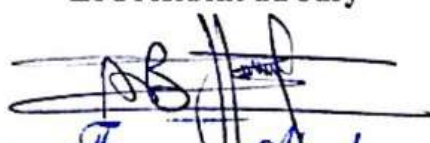
Fait à Yaoundé, le..... 05 JUL 2024

Les Examineurs

Le Président du Jury


P. F. Njifou

R. J. MAHOR




Fomeng Abraham
Professeur

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

ANNÉE ACADEMIQUE 2023/2024
(Par Département et par Grade)
DATE D'ACTUALISATION 04 Juin 2024
ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Professeur*

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

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

VICE-DOYEN / DRC : NOUNDJEU Pierre, *Maître de Conférences*

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

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

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (43)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
4.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
5.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	NGUEFACK Julienne	Professeur	En poste
7.	NJAYOU Frédéric Nico	Professeur	En poste
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste

9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	<i>Chef DAF / FS</i>
13.	DAKOLE DABOY Charles	Maître de Conférences	En poste
14.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Maître de Conférences	En poste

15.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
16.	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Maître de Conférences	En poste
17.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	<i>VD/FS/Univ Ebwa</i>
18.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
19.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
20.	LUNGA Paul KEILAH	Maître de Conférences	En poste
21.	MANANGA Marlyse Joséphine	Maître de Conférences	En poste
22.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Maître de Conférences	En poste
23.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	<i>Doyen FS / UDs</i>
24.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
25.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
26.	Palmer MASUMBE NETONGO	Maître de Conférences	En poste
27.	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Maître de Conférences	En poste
28.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste

29.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
30.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
31.	BEBOY EDJENGUELE Sara N.	Chargé de Cours	En poste
32.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
33.	FOUPOUAPOUOGNIGNI Yacouba	Chargé de Cours	En poste
34.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
35.	MBOUCHE FANMOE Marceline J.	Chargé de Cours	En poste
36.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
37.	WILFRED ANGIE ABIA	Chargé de Cours	En poste

38.	BAKWO BASSOGOG Christian Bernard	Assistant	En Poste
39.	ELLA Fils Armand	Assistant	En Poste
40.	EYENGA Eliane Flore	Assistant	En Poste
41.	MADIESSE KEMGNE Eugenie Aimée	Assistant	En Poste
42.	MANJIA NJIKAM Jacqueline	Assistant	En Poste
43.	WOGUIA Alice Louise	Assistant	En Poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (49)

1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
3.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
4.	DZEUFIT DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
5.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>CD et Vice</i>

			<i>Doyen/FMSB/UYI</i>
6.	KEKEUNOU Sévilor	Professeur	<i>Chef de Département(a.i)</i>
7.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
10.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service / Coord.Progr./MINSANTE</i>
11.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste

12.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Vice Doyen/ Uté Ebwa</i>
13.	ATSAMO Albert Donatien	Maître de Conférences	En poste
14.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline épse FOTSING	Maître de Conférences	En poste
17.	JATSA BOUKENG Hermine épse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
18.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Maître de Conférences	En poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MAHOB Raymond Joseph	Maître de Conférences	En poste
21.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
22.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
23.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Maître de Conférences	En poste
24.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Maître de Conférences	En poste
25.	MONY Ruth épse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
26.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Maître de Conférences	En poste
27.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
28.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
29.	TAMSA ARFAO Antoine	Maître de Conférences	En poste
30.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste

31.	AMBADA NDZENGUE GEORGIA ELNA	Chargé de Cours	En poste
32.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
33.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
34.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
35.	FOKAM Alvine Christelle Epse KENGNE	Chargé de Cours	En poste
36.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste
37.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
38.	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
39.	MAPON NSANGOU Indou	Chargé de Cours	En poste

40.	METCHI DONFACK MIREILLE FLAURE EPSE GHOU MO	Chargé de Cours	En poste
41.	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
42.	NJUA Clarisse YAFI	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
43.	NWANE Philippe Bienvenu	Chargé de Cours	En poste
44.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
45.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
46.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste

47.	KODJOM WANCHE Jacguy Joyce	Assistante	En poste
48.	NDENGUE Jean De Matha	Assistant	En poste
49.	ZEMO GAMO Franklin	Assistant	En poste

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

1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	NDONGO BEKOLO	Professeur	En poste
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste

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

17.	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
18.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargé de Cours	En poste
19.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20.	MANGA NDJAGA JUDE	Chargé de Cours	En poste
21.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
22.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
23.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL ANNIE CLAUDE	Chargé de Cours	<i>En détachement/UNESCO</i>

			<i>MALI</i>
24.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
25.	KABELONG BANAHO Louis-Paul-Roger	Chargé de Cours	En poste
26.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
27.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
28.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
29.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
30.	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste
31.	DIDA LONTSI Sylvere Landry	Assistant	En poste
32.	METSEBING Blondo-Pascal	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (27)

1.	GHO GOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé de Mission PR</i>
2.	NANSEU NJIKI Charles Péguy	Professeur	En poste
3.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
4.	NENWA Justin	Professeur	En poste
5.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
6.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Professeur	En poste
7.	NJOYA Dayirou	Professeur	En poste

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

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

6- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (34)			
1.	Alex de Théodore ATCHADE	Professeur	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
2.	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UYI</i>
3.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>
4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Recteur UBertoua/ Chef de Département</i>
5.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
6.	MKOUNGA Pierre	Professeur	En poste
7.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Professeur	<i>Doyen /FS/ UYI</i>

8.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
9.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
10.	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
11.	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
12.	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
13.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
15.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
16.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E.A/ MINESUP</i>
17.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>Dir ENS/Uté Bertoua</i>
18.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
19.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
20.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
21.	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Maître de Conférences	En poste
22.	ZONDEGOUMBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste

23.	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
24.	MUNVERA MFIFEN Aristide	Chargé de Cours	En poste
25.	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
26.	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
27.	NONO NONO Éric Carly	Chargé de Cours	En poste

28.	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Chargée de Cours	En poste
29.	SIELINOU TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
30.	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
31.	TSAFFACK Maurice	Chargé de Cours	En poste
32.	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
33.	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste

34.	NDOGO ETEME Olivier	Assistant	En poste
-----	---------------------	-----------	----------

6- DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES (ER) (1)			
1.	BODO Bertrand	Professeur	<i>Chef de Département</i>

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

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef de Division des SI/ MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Inspecteur Général Académique/ MINESUP</i>

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

5.	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Chef de Cellule MINFOPRA</i>
6.	AMINOU HALIDOU	Chargé de Cours	<i>Chef de Département</i>
7.	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
8.	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Chargé de Cours	En poste
9.	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10.	HAMZA Adamou	Chargé de Cours	En poste
11.	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Chargé de Cours	En poste
12.	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
13.	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
14.	MESSI NGUELE Thomas	Chargé de Cours	En poste
15.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
16.	NZEKON NZEKO'O ARMEL JACQUES	Chargé de Cours	En poste
17.	OLLE OLLE Daniel Claude Georges Delort	Chargé de Cours	<i>Directeur Adjoint ENSET Ebolowa</i>

18.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
19.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
20.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21.	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	<i>Directeur CUTI</i>
22.	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)

1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<i>Chef de Département</i>
----	-----------------------	------------	----------------------------

2.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
3.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
4.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	<i>Chef de Division/ENSPY</i>
5.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	<i>Chef de Département de modélisation et applications industrielles/ENSPY</i>
6.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>VDRC/FS/UYI</i>
7.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
8.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
9.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste

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

23	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
24	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
25	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
26	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Chargé de Cours	En poste
27	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
28	TETSADJIO TCHILEPECK M. Eric.	Chargé de Cours	En poste

29	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
30	GUIDZAVAI KOUCHERE Albert	Assistant	En poste
31	MANN MANYOMBE Martin Luther	Assistant	En poste
32	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
33	NYOUMBI DLEUNA Christelle	Assistant	En poste

9- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (24)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
3.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Professeur	En poste

4.	ASSAM ASSAM Jean Paul	Maître de Conférences	En poste
5.	BOUGNOM Blaise Pascal	Maître de Conférences	En poste
6.	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
7.	KOUITCHEU MABEKU Epse KOUAM Laure Brigitte	Maître de Conférences	En poste
8.	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
9.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Maître de Conférences	En poste
10	TCHIKOUA Roger	Maître de Conférences	<i>Chef de Service de la Scolarité</i>

11	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
----	---------------------	-----------------	----------

12	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
13	MEYIN A EBONG Solange	Chargé de Cours	En poste
14	MONI NDEDI Esther Del Florence	Chargé de Cours	En poste
15	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
16	NKOUÉ TONG Abraham	Chargé de Cours	En poste
17	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargé de Cours	En poste
18	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Chargé de Cours	En poste
19	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste

20	EZO'O MENGO Fabrice Télésfor	Assistant	En poste
21	EHETH Jean Samuel	Assistant	En poste
22	MAYI Marie Paule Audrey	Assistant	En poste
23	NGOUE NAM Romial Joël	Assistant	En poste
24	NJAPNDOUNKE Bilkissou	Assistant	En poste

10. DEPARTEMENT DE PHYSIQUE(PHY) (42)

1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	BIYA MOTTO Frédéric	Professeur	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
3.	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Professeur	En poste
4.	EKOBENA FOUDA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
5.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
6.	EYEBE FOUDA Jean sire	Professeur	En poste
7.	HONA Jacques	Professeur	En poste
8.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
9.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
10.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
11.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
12.	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
13.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>

14.	SIMO Elie	Professeur	En poste
15.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FSUniv/Bda</i>
16.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
17.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
18.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste

19.	ENYEGUE A NYAM épse BELINGA	Maître de Conférences	<i>Chef de Division de la formation continue et à distance</i>
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	FOUEJIO David	Maître de Conférences	<i>Chef Cell. MINADER</i>
22.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
23.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
24.	MELI'I Joelle Larissa	Maître de Conférences	En poste
25.	MVOGO ALAIN	Maître de Conférences	En poste
26.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
27.	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
28.	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
29.	WAKATA née BEYA Annie Sylvie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/UYI</i>
30.	WOULACHE Rosalie Laure	Maître de Conférences	<i>En stage depuis février 2023</i>

31.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
32.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
33.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
34.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
35.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
36.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Chargé de Cours	En poste
37.	LAMARA Maurice	Chargé de Cours	En poste
38.	NGA ONGODO Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
39.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	Directeur Unité de production des réactifs/IMPM
40.	TEYOU NGOUPO Ariel	Chargé de Cours	En poste
41.	WANDJI NYAMSI William	Chargé de Cours	En poste
42.	SOUFFO TAGUEU Merimé	Assistant	En poste

11- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (43)

1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA /Uds</i>
2.	EKOMANE Emile	Professeur	<i>Chef Div./Uté Ebolowa</i>
3.	GANNO Sylvestre	Professeur	En poste

4.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
5.	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
7.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
9.	ONANA Vincent Laurent	Professeur	<i>Chef de Département/Uté. Eb.</i>
10.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Professeur	<i>Chef Div. /MINTP</i>

11.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	En poste
12.	Elisé SABABA	Maitre de Conférences	En poste
13.	EYONG John TAKEM	Maître de Conférences	En poste
14.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT(ai)</i>
15.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Div. /Uté Bertoua</i>
16.	MBIDA YEM	Maitre de Conférences	En poste
17.	MBESSE Cécile Olive	Maitre de Conférences	En poste
18.	METANG Victor	Maître de Conférences	En poste
19.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/MINIMDT</i>
20.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
21.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	<i>CEA/MINRESI</i>
22.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
23.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
24.	TCHAKOUNTE Jacqueline épse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef. Cell /MINRESI</i>
25.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
26.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
27.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>

28.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
29.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
30.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
31.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle, épouse BITOM	Chargée de Cours	En poste
32.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Chef Serv./Uté Maroua</i>
33.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
34.	NGO'O ZE ARNAUD	Chargé de Cours	En poste
35.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
36.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargée de Cours	En poste
37.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
38.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste

39.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
40.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste

41.	KOAH NA LEBOGO Serge P.	Assistant	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste
43.	TENE DJOUKAM Joëlle Flore, épouse KOUANKAP NONO	Assistante	En poste

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (01)	20 (12)	9 (04)	6 (05)	43 (22)
BPA	11 (01)	19 (09)	16 (05)	3 (02)	49 (17)
BPV	6 (01)	10 (02)	14 (08)	2 (00)	32 (11)
CI	7 (01)	14 (04)	5 (01)	1 (00)	27 (06)
CO	7 (01)	15 (05)	11 (05)	1 (00)	34 (11)
ER	1 (00)		/	/	1 (0)
IN	2 (00)	2 (00)	14 (01)	4 (00)	22 (01)
MAT	1 (00)	8 (00)	19 (02)	5 (01)	33 (03)
MIB	3 (01)	7 (03)	9 (05)	5 (02)	24 (11)
PHY	18 (01)	12 (04)	11 (01)	1 (00)	42 (06)
ST	10 (00)	17 (03)	13 (03)	3 (01)	45 (09)
Total	74 (07)	124 (42)	121 (35)	31 (11)	350 (95)

Soit un total de	350 (95) dont :
- Professeurs	74 (07)
- Maîtres de Conférences	124 (42)
- Chargés de Cours	121 (35)
- Assistants	31 (11)
() = Nombre de Femmes	95

DÉDICACE

À

Mes parents, Monsieur et Madame Samafou

Ce travail est le fruit de vos prières et de vos immenses efforts déployés pour ma réussite

REMERCIEMENTS

Le chemin qui mène à la réussite est truffé d'embûches qu'un seul homme ne peut baliser. Qu'il me soit permis de remercier les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail, et aussi celles qui, sans le savoir, m'ont été une source d'inspiration.

Ma plus profonde et respectueuse gratitude va au Professeur Bilong Bilong Charles Félix, de regretté mémoire pour avoir guidé ce travail de bout en bout. Toujours ouvert, disponible, humble, accueillant et bon conseiller, sa rigueur scientifique nous a imposé une grande admiration et un profond respect. Travailler avec lui sur cette thèse a été pour moi une expérience enrichissante dans tous les domaines de ma vie. Il m'a enseigné à donner le meilleur de moi-même, chaque minute, chaque jour, et dans chaque tâche entreprise. Je m'y efforcerai jusqu'au bout. J'espère avoir répondu à ses attentes. Que son âme repose en paix.

Je présente ma plus profonde sympathie et mes remerciements les plus sincères à mes codirecteurs, les professeurs Hamit Mahamat ALIO et NACK Jacques, pour leur précieux encadrement. Leurs remarques pertinentes, leurs savoir-faire et leurs dévouements m'ont permis d'atteindre le but de cette étude. Ces professeurs m'ont initié au travail scientifique dès le master. Je n'oublierai jamais leur apport dans ma vie. Nos nombreuses discussions ont permis de faire évoluer le projet dans la meilleure direction. Je suis fier d'être compté parmi leurs premiers étudiants. Qu'ils veuillent trouver dans ces lignes, l'expression de ma profonde gratitude. Puisse Dieu les bénir richement.

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements aux membres de mon comité de thèse, en l'occurrence les Professeurs NJIOKOU Flobert et FOMENA Abraham, pour les orientations et conseils qu'ils m'ont procurés durant cette thèse.

J'adresse toute ma reconnaissance aux enseignants dévoués, consciencieux et chevronnés qui ont contribué à ma formation universitaire. Qu'ils veuillent trouver ici l'expression de ma gratitude pour les enseignements qu'ils m'ont prodigués. Je pense aux Professeurs MIMPFOUNDI Rémy, LEHMAN Léopold Gustave, KEKEUNOU Sévilor, TCHUEM TCHUENTE Louis Albert, etc. Par leurs remarques et conseils, ils m'ont doté d'un bagage sans lequel ce travail n'aurait pas sa véritable valeur.

Je remercie de tout cœur les autorités administratives de la Faculté des Sciences de l'université de Yaoundé I, et celle du Département de Biologie et Physiologie Animales pour avoir rendu ce travail possible.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit du Professeur LHAGADANS Foumsou, Doyen de la Faculté des Sciences de la Santé Humaine de N'Djaména, pour m'avoir permis d'accéder au Laboratoire de Parasitologie dudit établissement.

Mes vifs remerciements aux délégués provinciaux, aux inspecteurs départementaux, aux directeurs et enseignants des écoles primaires visitées, pour leurs autorisations, leur accueil chaleureux et leur disponibilité qui ont facilité ce travail ; je leur dis infiniment merci.

Un merci particulier aux membres du Laboratoire de Parasitologie et Écologie de l'Université de Yaoundé I, ainsi qu'à ceux du Laboratoire de Parasitologie de la Faculté des Sciences de la Santé Humaine de l'Université de N'Djaména. Je pense à mes aînés les Docteurs OYONO Martin Gaël, BASSOCK BAYIHA Etienne Didier, LAWANE Abakar Idriss, et à mes camarades ISSA RAMAT Adam, BASGA Parfait Laurent et KOUMNA Abéga pour m'avoir soutenu tout au long de mes travaux.

Que mes camarades dont les conseils et la compagnie m'ont été d'un grand réconfort trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et de ma sympathie.

Je tiens à remercier ma famille et mes amis pour leur fidèle soutien durant toutes ces années. C'est à mes parents que je dois la plus grande reconnaissance. Si j'ai pu réaliser ce travail, c'est parce qu'ils ont toujours été là quand j'en avais besoin ; surtout, ils ont toujours cru en moi, et cela a été ma plus grande motivation. Je pense ainsi à ma grande sœur IMIGUE Samafou, mes frères PENABEI Samafou, TENNA Samafou et KOUMLA Samafou, à ma fiancée KOUMNOTEY Sarah Rama, et à mon fils KOUSTOGUE Christian Samafou. Que tous trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude.

Mes infinis remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette thèse. Je leur témoigne ma gratitude car ce travail est en partie le fruit de leur soutien.

Enfin, je tiens à remercier les membres du Jury pour avoir accepté d'examiner ce travail, et pour m'avoir donné l'opportunité de le présenter.

Louange, honneur et gloire soient à Dieu le tout puissant, fondement de cette œuvre.
--

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	xv
REMERCIEMENTSDÉDICACE.....	xv
REMERCIEMENTS.....	xvi
SOMMAIRE.....	xviii
LISTE DES TABLEAUX.....	xx
LISTE DES FIGURES.....	xxii
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....	xxiii
RÉSUMÉ.....	xxiv
ABSTRACT.....	xxvi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	5
I.1. Généralités sur quelques helminthes et pathologies induites retrouvés au Tchad.....	6
I.1.1. Définition des helminthes	6
I.1.2. Classification des helminthes parasites de l’homme.....	6
I.1.3. Description des embranchements.....	6
I.2. Polyparasitisme.....	24
I.2.1. Causes du polyparasitisme	24
I.2.2. Conséquences des polyinfections.....	27
I.2.3. Etude du polyparasitisme	28
I.3. Malnutrition.....	29
I.3.1. Evaluation de la malnutrition	29
I.3.2. Classification de la malnutrition	31
I.3.3. Déterminants de la malnutrition.....	32
I.3.4. Malnutrition et maladies infectieuses.....	33
CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE, MATERIEL ET METHODES.....	35
II.1. Cadre géographique.....	36
II.1.1. Situation géographique du Tchad	36
II.1.2. Sites d’étude.....	39
II.2. Matériel et méthodes.....	41
II.2.1. Echantillonnage	41
II.2.2. Examens parasitologiques des selles et des urines	43
II.2.3. Classification des charges ovulaires et du niveau d’infestation helminthique	45
II.2.4. Terminologie.....	46
II.2.5. Analyses des données	46
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	49
III.1. Résultats.....	50
III.1.1. Caractéristiques de la population d’étude.....	50

III.1.2. Richesse spécifique et abondance parasitaire.....	53
III.1.3. Prévalences parasitaires générales.....	54
III.1.4. Comparaison des taux d'infestations parasitaires entre les zones écologiques.....	55
III.1.5. Comparaison des taux d'infestations parasitaires entre provinces d'une même zone écologique.....	56
III.1.6. Comparaison des taux d'infestations parasitaires par école.....	58
III.1.7. Comparaison des taux d'infestation des élèves par genre.....	62
III.1.8. Comparaison des taux d'infestations des écoliers entre les tranches d'âges.....	63
III.1.9. Fréquences du monoparasitisme et du polyparasitisme dans la population d'étude.	65
I.1.10. Facteurs associés au monoparasitisme et au polyparasitisme.....	67
III.1.11. Fréquences des différents types d'infrapopulations et d'infracommunautés retrouvés dans la population d'étude.....	68
III.1.12. Niveau d'implication des espèces parasites dans les associations.....	70
III.1.13. Caractérisation des associations parasitaires à l'aide des indices écologiques.....	72
III.1.14. Evaluation des charges ovulaires parasitaires chez les écoliers.....	74
III.1.15. Relation entre degré de coloration des urines et présence d'hématurie.....	81
II.1.16. Perception et connaissance de la schistosomiase urinaire.....	83
III. 1.17. Malnutrition et helminthiases.....	85
III.2. Discussion.....	90
III.2.1. Diversité biologique des parasites chez les écoliers (helminthes intestinaux et celui affectant l'appareil urinaire).....	90
III.2.2. Caractéristiques épidémiologiques des parasitoses diagnostiquées.....	91
III.2.3. Relations parasitaires interspécifiques.....	98
III.2.4. Facteurs de risque des infestations parasitaires et de la malnutrition.....	100
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	104
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	109
ANNEXES.....	127
PUBLICATION ISSUE DE LA THESE.....	135

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : sites d'étude.....	41
Tableau II : Classes d'intensité des géohelminthes et des schistosomes.....	46
Tableau III : répartition des échantillons de selles et d'urines selon les zones écologiques, les provinces et les écoles	51
Tableau IV : Liste et classification des espèces parasites retrouvées au sein de la population.....	53
Tableau V : Prévalences parasitaires par province: analyse intrazonale	57
Tableau VI : Prévalence de la schistosomiase urinaire par province: analyse intrazonale.....	58
Tableau VII : Prévalences des helminthiases intestinales par école: analyse intrazonale	60
Tableau VIII : Prévalence de la bilharziose urinaire par école: analyse intrazonale	62
Tableau IX : Prévalences parasitaires spécifiques selon le genre de l'élève.....	63
Tableau X : Prévalences parasitaires spécifiques selon les tranches d'âges	64
Tableau XI : Types d'associations parasitaires selon les zones écologiques	66
Tableau XII : Résultats de l'analyse de régression logistique dans les cas du monoparasitisme et du polyparasitisme et selon les différentes variables étudiées.	67
Tableau XIII : Fréquences des différents types d'infrapopulations observées au sein de la population d'étude.....	68
Tableau XIV : Fréquences des différents types d'infracommunautés observées au sein de la population d'étude et dans les zones écologiques.....	71
Tableau XV : Participation des espèces parasites dans les différents types d'associations parasitaires	72
Tableau XVI : Niveau d'association binaire des espèces parasites du petit intestin et du gros intestin	73
Tableau XVII : Niveau d'association entre les schistosomes et les autres espèces parasites retrouvées au cours de cette étude	74
Tableau XVIII : Charges ovulaires parasitaires par zone écologique.....	75
Tableau XIX : Charges ovulaires parasitaires entre provinces: analyse intrazonale	77
Tableau XX : Charges ovulaires parasitaires entre genres des écoliers.....	78
Tableau XXI : Charges ovulaires des parasites intestinaux selon les tranches d'âges.....	79
Tableau XXII : Charges ovulaires de <i>S. haematobium</i> en fonction des genres, tranches d'âges et zones écologiques	80
Tableau XXIII : Charges ovulaires de <i>S. haematobium</i> entre provinces: analyse intrazonale	81
Tableau XXIV : Microhématurie selon la couleur des urines	81
Tableau XXV : Relation entre les taux de microhématurie et d'infestation par <i>S. haematobium</i> en fonction des genres, des tranches d'âges des écoliers, et des provinces	82
Tableau XXVI : Relation entre niveau d'infection (charges ovulaires) par <i>S. haematobium</i> et la microhématurie.....	83

Tableau XXVII : Niveaux de connaissance du mode de transmission de <i>S. haematobium</i> :	
analyse intrazonale	84
Tableau XXVIII : Statut nutritionnel des élèves par genre, tranches d'âge et zone écologique ..	86
Tableau XXIX : Statut nutritionnel des élèves en fonction des provinces	87
Tableau XXX : Facteurs associés (facteurs de risque et facteurs protecteurs) à la malnutrition..	88
Tableau XXXI : Charges ovulaires parasitaires et malnutrition	89

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification des helminthes parasites de l'homme.....	6
Figure 2 : Cycle biologique de <i>Ascaris lumbricoides</i>	8
Figure 3 : Cycle de développement de <i>Ancylostoma</i> spp.	10
Figure 4 : Cycle de <i>Hymenolepis nana</i>	13
Figure 5 : Cycle biologique de <i>Taenia saginata</i> et <i>Taenia solium</i>	15
Figure 6 : Cycle biologique de <i>S. haematobium</i> et <i>S. mansoni</i>	18
Figure 7 : Cycle de vie de <i>Fasciola hepatica</i>	20
Figure 8 : Carte administrative (provinces) du Tchad.	38
Figure 9 : Zones écologiques et réseaux hydrographiques du Tchad.	39
Figure 10 : Sites d'étude.	40
Figure 11 : Nombre et fréquence des échantillons de selles et d'urines obtenus par genre et selon la zone écologique.....	52
Figure 12 : Fréquences d'isolement des œufs des helminthes intestinaux.	54
Figure 13 : Prévalences parasitaires selon les zones écologiques.	55
Figure 14 : Prévalence de la bilharziose urinaire selon les tranches d'âges.....	65
Figure 15 : Fréquences du monoparasitisme et du polyparasitisme au sein de la population d'étude et dans les deux zones écologiques.	66

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

ANOFEL :	Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie Médicales
ATIH :	Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation
CNAR :	Centre National d'Appui à la Recherche Scientifique
CDC:	Center for Disease Control and Prevention
IDH :	Indice de Développement humains
INSEED :	Institut National de la Statistique des Etudes Economiques et Démographiques
RGPH :	Rapport du 2 ^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat
MGO :	Moyenne Géométrique des Œufs
MINFOPTE :	Ministère de la Fonction Publique, du Travail et de l'Emploi
MSP :	Ministère de la Santé Publique et de la Solidarité Nationale
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
OPG :	Œufs par Gramme de Selles
PMI:	Protection Maternelle et Infantile
UNESCO:	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNICEF :	Fond des Nations Unies pour l'Enfance
USAID:	United States Agency for International Development
WHO :	World Health Organisation

RÉSUMÉ

Les parasites pathogènes sont à l'origine d'innombrables infections et constituent un problème majeur de santé publique. Du fait de leur diversité biologique et de leur omniprésence dans divers environnements, la plupart de ces organismes infestent simultanément leurs hôtes. Parmi tous les agents pathogènes, les helminthes parasites qui sont des métazoaires vermiformes, sont ubiquistes et cosmopolites. Chez l'homme, leur prévalence atteint 20% pour l'ensemble des agents pathogènes, et 51,7% des taxons recensés sont parasites du tractus intestinal. Ils infestent approximativement 1,5 milliard de personnes dans l'hémisphère sud. Par leurs actions spoliatrices, ils interfèrent avec l'alimentation, aggravant ainsi la malnutrition chez les enfants. Au Tchad, la plupart des études qui y ont été effectuées concernent le diagnostic des helminthes parasites et la recherche des facteurs favorisant leur propagation ; malheureusement elles ne font guère état des interactions qui peuvent exister entre ces différentes espèces d'helminthes. Dans ce travail, il s'est agi d'une étude transversale et descriptive qui s'est déroulée de septembre 2021 à février 2022 (6 mois) dans les zones soudanienne et sahéenne du Tchad. Elle a été entreprise pour caractériser les associations helminthiques (helminthes intestinaux et ceux affectant l'appareil urinaire) et les interactions potentielles qui en découleraient chez les enfants en âge scolaire des zones sahéenne et soudanienne. Un total de 1443 élèves ont été recrutés dans 19 écoles primaires (6 en zone sahéenne et 13 en zone soudanienne) grâce à un échantillonnage en grappe à trois niveaux. Les échantillons de selles prélevés ont été examinés par la méthode quantitative de kato-katz, tandis que les échantillons d'urines ont subi deux (2) analyses à savoir : le test à la bandelette réactive et l'examen microscopique. Les associations parasitaires ont été caractérisées grâce aux indices écologiques d'association à savoir : les indices de Dice et de Forbes, et le coefficient tétrachorique. Au total, 10 morpho-espèces regroupées en trois classes ont été identifiées dans cette étude. Il s'agit de trois (3) Nématodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. et *Enterobius vermicularis*), trois (3) trématodes (*Schistosoma haematobium*, *Schistosoma mansoni* et *Fasciola hepatica*), et quatre (4) cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphyllobotrium latum*, *Taenia saginata* et *Taenia solium*). *Schistosoma haematobium*, *A. lumbricoides*, *S. mansoni*, et *H. nana* étaient majoritairement diagnostiquées chez les élèves avec des prévalences respectives de 45,46%, 16,41%, 14% et 6,53%. Des taux de 35,87% et 45,46% ont respectivement été obtenues pour les helminthiases intestinales et la schistosomiase urinaire. Mis à part *S. mansoni* pour lequel les filles étaient significativement plus souvent infestées que les garçons, aucune autre différence d'infestation significative n'a été trouvée entre les genres pour les autres parasites. Les élèves de la tranche des 5 à 9 ans étaient relativement plus souvent infestés par *E. vermicularis* comparés à ceux de 10 ans

et plus. Le polyparasitisme a été mis en évidence chez 23,08% de tous les élèves infestés, avec des fréquences significativement plus élevées dans la zone soudanienne (26,47%) qu'en zone sahélienne (16,42%). Les élèves ont hébergé 1 à 5 espèces parasites/individu infesté avec une moyenne de $1,46 \pm 0,81$ espèce par individu porteur. L'analyse de régression logistique a révélé que les élèves de la tranche d'âges de 10 à 14 ans, et ceux habitant dans la zone soudanienne, courent significativement plus de risques d'être concomitamment infestés par 2 ou plusieurs espèces parasites. Un total, 29 types d'infracommunautés ont été dénombrés dans notre population d'étude avec 14, 9, 5 et 1 de ces infracommunautés constituées respectivement de 2, 3, 4, et 5 espèces parasites. L'analyse des associations interspécifiques binaires par les indices écologiques a montré que la majorité des associations étaient très faibles ou faibles ; elles apparaissaient plus fréquemment que prévu par les lois du hasard, et ne révélait aucune interaction positive ou négative entre deux taxons quelconques. Les charges ovulaires moyennes des différentes espèces de parasites intestinaux dans les deux zones écologiques ont été modérées, sauf pour *A. lumbricoides* dont l'OPG moyen ($\overline{OPG}$) a été léger dans la zone sahélienne. Quant aux Moyennes Géométriques des Œufs (MGO) de *Schistosoma haematobium*, elles ont été légères dans les deux zones écologiques. Parmi les 656 élèves infestés, 495 (soit 75,46%) étaient positifs à l'hématurie, alors que 24,54% positifs à la microhématurie n'étaient pas infectés par *S. haematobium*. Les urines claires étaient hématuriques à 11,55% et les urines rouges à 89,39%. Aussi, 40,75% des enfants malnutris étaient infestés par au moins une espèce d'helminthe, c'est-à-dire 69,97% par *S. haematobium*, et 38,49% concomitamment par 2 ou plusieurs espèces parasites. De tout ce qui précède, il convient de noter que les zones soudanienne et sahélienne du Tchad hébergent une multitude d'espèces parasites. Cette richesse spécifique est à l'origine du taux élevé du polyparasitisme dans cette partie du pays. L'Etat, à travers le Ministère de la Santé Publique devrait prendre toutes ses responsabilités, en promulguant des mesures de lutte efficace contre la bilharziose urinaire et les helminthiases intestinales. Il serait important de mettre sur pied un programme de lutte contre les parasitoses ciblées avec un cahier de charge bien défini.

Mots clés : Polyparasitisme, helminthiases intestinales, bilharziose urinaire, zone soudanienne, zone sahélienne, programme national de lutte.

ABSTRACT

Pathogenic parasites are the cause of countless infections and constitute a major public health problem. Because of their specific diversity and their ubiquity in various environments, most of these organisms infest their hosts simultaneously. Among all pathogens, helminth parasites, which are vermiform metazoans, are ubiquitous and cosmopolitan. In humans, their prevalence reaches 20% for all pathogens, and 51.7% of the taxa listed are parasites of the intestinal tract. They infest approximately 1.5 billion people in the southern hemisphere. Through their spoliating actions, they interfere with feeding, thus aggravating malnutrition in children. In Chad, most of the studies carried out concern the description of helminthiasis as well as the factors favoring their propagation, but hardly mention the interactions that may exist between these different helminth species. This was a cross-sectional and descriptive study that took place from September 2021 to February 2022 in the Sudanian and Sahelian zones of Chad. It was undertaken to characterize helminthic associations (intestinal helminths and *S. haematobium*) and resulting interactions in school-aged children in the Sahelian and Sudanian zones. A total of 1443 pupils were recruited from 19 elementary school (6 in the Sahelian zone and 13 in the Sudanian zone) using three-level cluster sampling. Stool samples collected were examined by the quantitative kato-katz method; while urine samples underwent two (2) analyses namely: dipstick test and centrifugation. The parasitic associations were characterized thanks to the ecological indices of association namely: Dice, Forbes and the tetrachoric coefficient. A total of 10 morpho-species grouped into three classes were identified in this study. These are three (3) Nematodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenalis* and *Enterobius vermicularis*), three (3) trematodes (*Schistosoma haematobium*, *Schistosoma mansoni* and *Fasciola hepatica*), and four (4) cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphilobotrium latum*, *Taenia saginata* and *Taenia solium*). *Schistosoma haematobium* (45.46%), *A. lumbricoides* (16.41%), *S. mansoni* (14%), and *H. nana* (6.53%) were predominantly diagnosed in pupils. Prevalences of 35.87% and 45.46% were obtained for intestinal helminthiasis and urinary schistosomiasis respectively. Except for *S. mansoni* for which girls were significantly more often infested than boys, no other significant gender differences in infestation were found for the other parasites. Pupils in the 5-9 age group were relatively more often infested with *E. vermicularis* compared to those aged 10 years and older. Polyparasitism was found in 23.08% of all infested students, with significantly higher frequencies in the Sudanian zone (26.47%) than in the Sahelian zone (16.42%). Pupils harbored 1 to 5 parasite species/infested individual with an average of 1.46 ± 0.81 species per carrier individual. Logistic regression analysis revealed that students in the 10-14 age group and those living in the Sudanian zone were

significantly more likely to be concomitantly infested with 2 or more parasite species. A total of 29 types of infracommunities were counted in our study population with 14, 9, 5, and 1 of these infracommunities consisting of 2, 3, 4, and 5 parasitic species respectively. Analysis of binary interspecific associations by ecological indices showed that the majority of associations were very weak and weak, appeared more frequently than expected by the laws of chance, with no positive or negative interactions between any two taxa. The mean ovule loads of the different species of intestinal parasites in both ecological zones were moderate, except for *A. lumbricoides* whose mean EPG ($\overline{EPG}$) was light in the Sahelian zone. Geometric Mean Eggs (GME) of *S. haematobium* were light in both ecological zones. Of the 656 infested pupils, 495 (75.46%) were hematuria positive, while 24.54% microhematuria positive were not infected with *S. haematobium*. Clear urine was hematuric in 11.55% and red urine in 89.39%. Also, 40.75% of malnourished children were infested by at least one species of helminth, 69.97% by *S. haematobium*, and 38.49% concomitantly by 2 or more species of parasites. From all of the above, it should be noted that the Sudanian and Sahelian zones of Chad are home to a multitude of parasitic species. This specific richness is at the origin of the high rate of polyparasitism in this part of the country. The State, through the Ministry of Public Health, must assume all its responsibilities in order to promulgate effective control measures against bilharzia and intestinal helminthiasis. It would be important to set up a specialized control program with a well-defined schedule of conditions.

Key words: Polyparasitism, intestinal helminthiasis, urinary bilharzia, Sudanian zone, Sahelian zone, national control program.

INTRODUCTION

Tous les organismes vivants hébergent des parasites dont la diversité est considérable tant en nombres d'espèces, de cycles et de modes de vie, qu'en taille (Morand & Deter, 2007). Les impacts des parasites sur la reproduction, la croissance ou la survie de leurs hôtes en font potentiellement des agents importants de régulation des communautés et des écosystèmes. Combes *et al.* (2018) définissent le parasite comme un organisme qui profite d'un autre organisme pour son habitat et en tire sa substance. Windsor (2000) quant à lui désigne un parasite comme 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. Cette situation est à l'origine des systèmes hôtes-parasites complexes, régis par des interactions durables (Combes, 2018). En effet, plus de 80% des espèces connues, rangées dans de très nombreux taxons, sont considérées comme parasites (Windsor, 2000). Parmi ceux-ci, seule une minorité d'espèces ont un pouvoir pathogène qui peut s'exprimer suivant les conditions environnementales liées à l'hôte. Par exemple, l'amibe infeste l'homme au départ sans lui causer des dommages. Cependant, suite aux changements des conditions du milieu (tube digestif) comme le pH, cette amibe devient hématophage et crée de sérieux problèmes à son hôte (Aubry & Bernard-Alex, 2016). Les parasites « pathogènes » sont à l'origine d'innombrables infections et constituent un problème majeur de santé publique. Plus de 1400 espèces de parasites, incluant les virus, les bactéries, les helminthes, les protozoaires et champignons, ont été recensées chez l'homme (Taylor *et al.*, 2001). Du fait de leur diversité biologique et de leur omniprésence dans divers environnements, la plupart de ces organismes infestent simultanément leurs hôtes ; on parle alors du polyparasitisme (Cassier *et al.*, 1998) dont les prévalences peuvent régulièrement atteindre 30%, et même 80% dans certaines populations humaines (Petney & Andrews, 1998) ; ce qui remet en question le dogme « un parasite – un hôte ». Le polyparasitisme est donc, plus que le monoparasitisme, la règle (Thumbi *et al.*, 2014). En effet, longtemps négligé, le polyparasitisme est maintenant reconnu comme une réalité très fréquente (Keesing *et al.*, 2010), et son importance a été mise en exergue dans diverses pathologies humaines et animales. La cooccurrence de plusieurs espèces de parasites chez un même individu hôte peut résulter :

- 1°) des phénomènes interactifs entre parasites. En effet, les interactions entre parasites jouent un rôle majeur dans la structuration des populations d'hôtes mais aussi celles des parasites, au niveau inter- et intra-hôtes. Ce concept d'interaction parasitaire a pris une importance majeure en écologie des parasites. Selon Connell (1971), les interactions parasitaires désignent les équilibres dynamiques complexes qui peuvent guider le fonctionnement et

l'évolution, dans l'espace et dans le temps, des systèmes vivants hôtes-parasites (ou des symbiotes) à l'échelle des gènes, des espèces et des communautés d'espèces. Certaines espèces apparaissent a priori nuisibles ou gênantes ; toutefois leurs interactions avec d'autres espèces ou avec l'écosystème peuvent jouer un rôle majeur dans la gestion des grands équilibres écologiques tels que le contrôle des dynamiques de populations et le maintien à long terme de la diversité génétique et de la biodiversité en limitant notamment les risques d'exclusion compétitive. Vaumourin *et al.* (2015) argue aussi que ces interactions sont très importantes du fait qu'elles peuvent altérer la susceptibilité de l'hôte, la durée d'infection, le risque de transmission et les symptômes. L'interaction du parasite avec son hôte est un phénomène qui s'installe dans la durée, le plus souvent jusqu'à ce que la mort d'un des protagonistes vienne l'interrompre (Combes *et al.*, 1995). A cet effet, selon Vaumourin *et al.* (2015), les parasites peuvent agir de deux façons à savoir : (1) en synergie, c'est-à-dire que la présence de l'un favorise l'infection ultérieure de l'hôte par une ou plusieurs autres espèces parasites, et (2) en antagonistes, c'est-à-dire que la présence de l'un inhibe l'infection ultérieure de l'hôte par une ou plusieurs autres espèces parasites ;

- 2°) de facteurs de risque communs, qui créent des associations statistiques entre les parasites, c'est-à-dire que ces derniers seront présents de façon plus ou moins fréquente que cela est attendu, sans qu'il y ait pourtant de réelles interactions biologiques entre-eux. Ces facteurs de risque peuvent être entre autres : les similarités de l'environnement, la densité d'hôtes, le climat, le comportement ou la susceptibilité physiologique de l'hôte. Holmes & Price (1986) ont, à ce sujet, suggéré que les interactions entre espèces parasites au sein d'une population d'hôtes devraient être plus fortes entre les espèces parasites communes et abondantes qu'entre les espèces de parasites rares.

Le défi actuel est donc de comprendre la dynamique des systèmes épidémiologiques qui impliquent plusieurs espèces de parasites (Holt *et al.*, 2003). Cependant, dans la littérature, les travaux ont été jusqu'ici plus focalisés dans les études épidémiologiques des parasites, sans tenir compte du polyparasitisme. De plus, si l'aspect descriptif et biologique du parasitisme est depuis longtemps étudié et analysé, il n'en est pas de même de son rôle en écologie (Combes *et al.*, 1995). Pour obtenir un maximum d'informations sur les communautés parasitaires, comme celles concernant les interactions entre parasites, certains écoparasitologues suggèrent d'étudier les parasites au niveau de l'infracommunauté, c'est-à-dire au niveau de l'ensemble des infrapopulations ou encore des populations parasites d'un individu hôte (Holmes & Price, 1986). Ces auteurs soutiennent que c'est en cela que les caractéristiques ayant des effets potentiels sur

les communautés parasitaires peuvent être identifiées. Toutes les approches qui permettent de lutter contre les parasites à différents niveaux doivent donc être développées car une politique sanitaire efficace a besoin d'intégrer l'ensemble des niveaux d'étude.

Parmi tous les agents pathogènes, les helminthes parasites, qui sont des métazoaires vermiformes, sont ubiquistes et cosmopolites (Cleaveland *et al.*, 2001 ; VanderWaal *et al.*, 2014). Chez l'homme, leur prévalence atteint 20% pour l'ensemble des agents pathogènes (Cleaveland *et al.*, 2001) ; de plus 51,7% des taxons recensés sont parasites du tractus intestinal (Crompton, 1999). Ce chiffre démontre l'importance de ces parasites dans les pathologies humaines. En effet, ils constituent l'une des premières causes de morbidité dans le monde. Selon l'OMS (2019), approximativement 1,5 milliard de personnes sont infestées par des géohelminthes dans l'hémisphère sud. Il est aussi connu que les infections helminthiques réduisent la capacité du corps à utiliser les protéines et à absorber les graisses, aggravant ainsi la malnutrition protéino-énergétique (Niokhor *et al.*, 2020). Leur répartition est ubiquitaire avec un gradient Nord-Sud flagrant, signant leur tropisme particulier pour les régions pauvres et tropicales où les conditions écologiques, climatiques, hygiéniques, ainsi que les comportements de l'homme sont favorables au développement et à la coexistence de plusieurs taxons parasites intestinaux (Brooker *et al.*, 2006). A côté de ces causes, d'autres facteurs comme les migrations des populations, les changements environnementaux, l'agriculture et l'élevage (Rosenthal, 2009) sont connus comme favorables à la transmission de ces parasitoses.

Au Tchad, la littérature sur l'étude des helminthes parasites de l'homme est relativement récente. Quelques données épidémiologiques, bien que parcellaires, révèlent la présence de plusieurs espèces d'helminthes intestinaux, dont les prévalences sont fortes en zones soudanienne et sahélienne. En guise d'exemple, citons Hamit *et al.* (2013) qui ont identifié huit (8) espèces d'helminthes chez les écoliers des zones soudanienne et sahélienne du Tchad. Une décennie avant, Brooker *et al.* (2002) avaient noté que 32,7% de la population rurale tchadienne était infestée par *Ancylostoma* spp.. La plupart des études qui y sont effectuées concernent le diagnostic des helminthiases ainsi que des facteurs favorisant leur propagation, mais ne font guère état des interactions qui peuvent exister entre ces différentes espèces d'helminthes.

Le présent travail représente l'une des premières contributions à la connaissance des interactions parasitaires au Tchad. Son objectif principal est de caractériser les associations helminthiques (helminthes intestinaux et *Schistosoma haematobium*), et les interactions qui en découlent chez les enfants en âge scolaire des zones sahélienne et soudanienne. Ces associations entre les helminthes intestinaux d'une part, et entre les schistosomes (*Schistosoma mansoni* et

Schistosoma haematobium) d'autre part sont analysées en raison des facteurs de risque et des habitats communs de ces parasites dans l'hôte.

Pour atteindre cet objectif principal, quatre objectifs spécifiques ont été définis à savoir :

- dresser un inventaire faunistique des parasites (helminthes intestinaux et celui affectant l'appareil urinaire) présents chez les écoliers des zones soudanienne et sahélienne du Tchad ;
- déterminer les caractéristiques épidémiologiques des parasitoses diagnostiquées ;
- caractériser les relations parasitaires interspécifiques ;
- enfin déterminer les facteurs de risque de la malnutrition chez ces élèves infestés.

Outre cette introduction, la conclusion et les recommandations, ce mémoire est subdivisé en trois chapitres. Le premier chapitre qui est une revue de littérature porte sur l'épidémiologie de quelques helminthiases retrouvées au Tchad, le polyparasitisme, et la relation entre la malnutrition et les helminthiases intestinales. Le deuxième chapitre présente les zones d'étude et les différentes techniques utilisées pour atteindre nos objectifs. Enfin, le troisième chapitre est réservé à la présentation des résultats obtenus et à leur discussion.

I.1. Généralités sur quelques helminthes et pathologies induites retrouvés au Tchad

I.1.1. Définition des helminthes

Les helminthes forment un super embranchement de vers parasites des animaux et des plantes. Chez l'homme, ils sont tous endoparasites, et appartiennent au sous-règne animal des métazoaires (êtres pluricellulaires possédant des tissus différenciés). Ce sont des métazoaires triploblastiques, dépourvus de coelome véritable et de pattes. Ils ont une symétrie bilatérale et sont dotés d'un squelette hydrostatique. Ces parasites, qui déterminent des maladies dites helminthiases, ont une importance de premier plan dans les pathologies humaines. Les helminthes représentent environ 20% de l'ensemble des agents pathogènes (Cleaveland *et al.*, 2001).

I.1.2. Classification des helminthes parasites de l'homme

Selon Rey *et al.* (2005), les helminthes parasites de l'homme se répartissent en deux embranchements : les Némathelminthes (avec la classe des Nématodes) et les Plathelminthes (avec les classes des Trématodes et Cestodes) tel que montre la Figure 1.

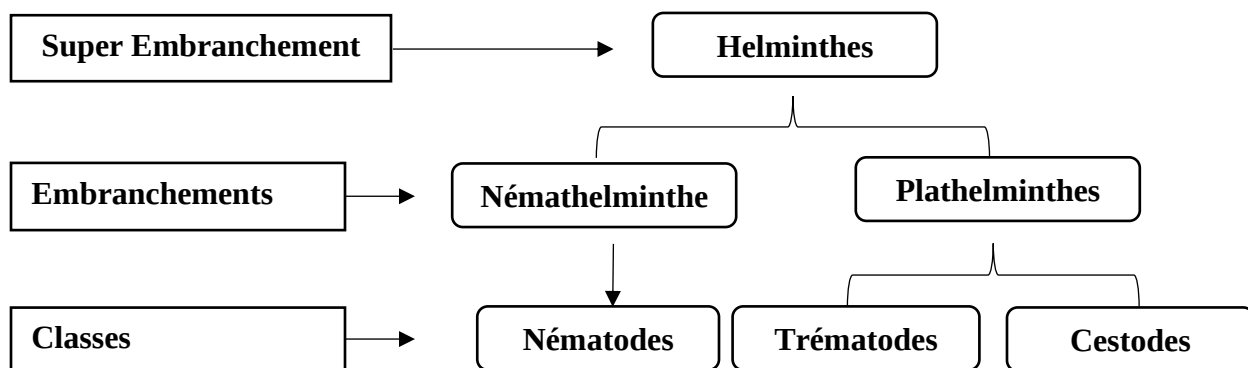


Figure 1 : Classification des helminthes parasites de l'homme (Rey *et al.*, 2005).

I.1.3. Description des embranchements

I.1.3.1. Embranchement des Némathelminthes

Selon Basdevant *et al.* (2001), les Némathelminthes sont des vers ronds à corps non segmenté, possédant : (1) un tube digestif simple, rectiligne, comprenant une bouche (souvent avec des crochets), un pharynx, un œsophage, un intestin, un anus ventral (pas de glandes digestives), et (2) un système nerveux. Le mâle est reconnaissable grâce à l'organe de copulation situé à son extrémité postérieure. La respiration des Némathelminthes est cutanée car ils sont dépourvus de système respiratoire proprement dit. Leur paroi externe est faite d'une cuticule très résistante aux sécrétions enzymatiques de leurs hôtes et dont la rigidité nécessite des mues

successives du parasite au cours de sa croissance. Cet embranchement ne comporte qu'une classe de parasites de l'homme, celle des Nématodes.

Les vers adultes vivent fixés à la muqueuse intestinale. Ils sont généralement sexués. Dans les selles, selon les espèces en cause, ils seront observables à différents stades de développement : œuf immature, œuf embryonné : l'embryon étant parfois déjà transformé en larve. Cet embranchement comprend de nombreuses espèces pathogènes telles que : *Ascaris lumbricoides* (Linnaeus, 1758), *Ancylostoma* spp. (Dubini, 1843), *Enterobius vermicularis* (Linnaeus, 1758), *Trichuris trichiura* (Linnaeus, 1771), *Strongyloides stercoralis* (Bavay, 1876) et *Trichinella spiralis* (Owen, 1835).

I.1.3.1.1. Description de quelques espèces de Nématodes déjà inventoriées au Tchad

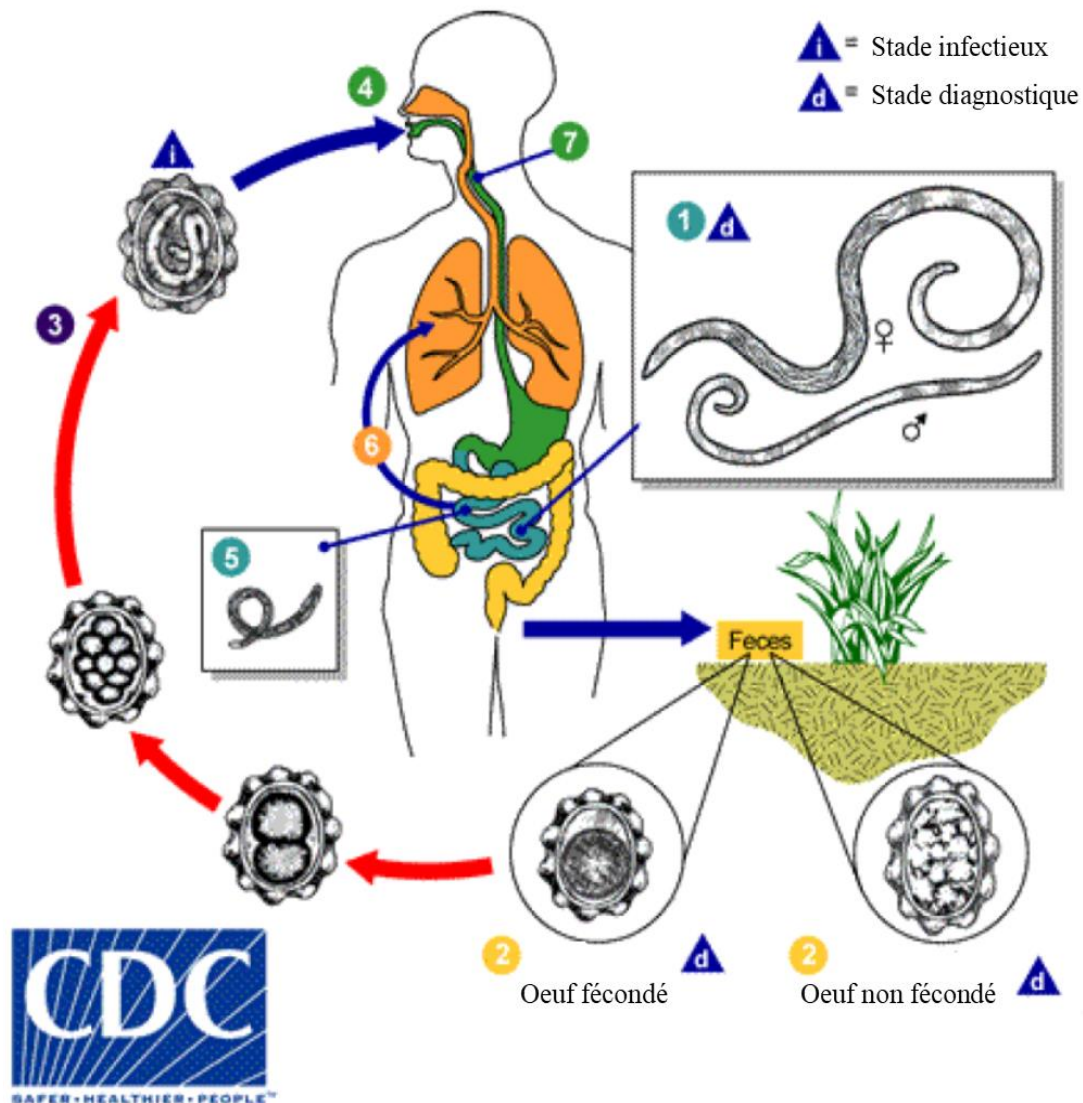
I.1.3.1.1.1. *Ascaris lumbricoides*

*** Définition**

Selon Aubry & Gauzère (2021a) et Holland (2013), *Ascaris lumbricoïdes* mesure de 12 à 30 cm de long sur 2 à 4 mm de diamètre pour le mâle, et de 20 à 35 cm sur 3 à 6 mm pour la femelle. Il vit dans le jéjunum de l'homme. Le nombre de vers hébergés par un individu hôte est variable, et peut dépasser la centaine. Il est responsable de l'Ascariidiose.

*** Cycle de développement et mode de transmission**

Selon Holland (2013), *Ascaris lumbricoides* a un cycle évolutif direct, c'est-à-dire à un seul hôte (Figure 2). Les femelles fécondées pondent des œufs qui sont éliminés dans le milieu extérieur avec les fèces. Dans ce milieu extérieur, ces œufs s'embryonnent dans des conditions de température élevée (28 à 32°C) et de forte humidité (étape 2 de la figure 2). L'œuf embryonné ingéré (étape 4) avec de l'eau ou des aliments souillés libère une larve (étape 5), qui traverse la paroi intestinale, gagne le foie par la veine porte, puis le cœur droit, l'artère et les capillaires pulmonaires en 3 à 4 jours (étape 6). Au bout d'une semaine, elle franchit la paroi alvéolo-capillaire, passe dans l'arbre trachéo-bronchique, est déglutie (étape 7) ; il arrive au niveau du jéjunum et se transforme en ver adulte (étape 1). Six à huit semaines plus tard, les femelles commencent à pondre et ce cycle recommence. Une femelle d'ascaris peut pondre en moyenne 200 mille œufs par jour ; un ascaris adulte peut vivre jusqu'à 2 ans. Le cycle dure 60 à 90 jours.



Légende : 1 : vers adulte dans le jéjunum ; 2 : œufs émis dans les fécès ; 3 : 4 : œuf embryonné ingéré ; 5 : larve libéré par l'œuf ingéré ; 6 : migration de larve jusqu'à l'artère et les capillaires pulmonaire ; 7 : déglutition de la larve après migration dans l'arbre trachéo-bronchique.

Figure 2 : Cycle biologique de *Ascaris lumbricoides* (CDC, 2019a) traduit.

* Fréquence de la maladie

Selon l'OMS (2012), la prévalence de l'ascaridiose est très variable selon les régions. Si l'ascaridiose tend à disparaître des régions tempérées, où elle fut d'ailleurs habituellement bénigne, elle continue à sévir à des taux importants dans les pays chauds du tiers-monde, où elle pèse lourdement sur le taux de mortalité infantile. Toujours selon l'OMS (2012), parmi les 1 450 millions de personnes infectées par *Ascaris lumbricoides*, 350 millions seraient gravement

atteintes de cette verminose cosmopolite qui occasionne 60.000 décès annuels. Il s'agit essentiellement d'une maladie de l'enfant ou de l'adulte jeune ; sa fréquence baisse avec l'âge.

*** Signes cliniques**

Les données ici présentées sont extraites de Bourrée (1991) et Mbuh *et al.* (2010). Les signes cliniques de l'ascaridiose sont essentiellement pulmonaires lors de la migration trachéo-bronchique de la larve dans la phase d'infestation. Il s'agit de la toux, la dyspnée, d'une légère élévation de la température, d'une infiltration pulmonaire radiologique et d'une hyperéosinophilie sanguine qui réalisent le syndrome de Löeffler. A la phase d'état, c'est-à-dire 60 jours post-infestation, on observe des troubles digestifs non spécifiques tels que la nausée, les vomissements et la diarrhée. Dans de rares cas d'infestation massive se produisent des complications qui nécessitent des interventions chirurgicales ; il s'agit des occlusions intestinales, de la cholécystite, de la péritonite par perforation, d'un ictère par obturation des voies biliaires. Parfois la maladie est asymptomatique. Chez les enfants, les troubles nerveux sont dominants car les excréta et les secréta des ascaris sont toxiques. Il est aussi connu que *A. lumbricoides* peut entraîner une déficience nutritionnelle et un retard de croissance chez les enfants parce qu'il interfère avec l'absorption des protéines, des graisses, des glucides, et de la vitamine A.

I.1.3.1.1.2. *Ancylostoma* spp.

*** Définition**

Selon Peter *et al.* (2004), les ankylostomes mesurent environ 10 mm de long. Les adultes vivent dans le duodéno-jéjunum de l'homme. Ils sont attachés à la muqueuse intestinale par les lames tranchantes et les crochets de leur capsule buccale, avec lesquels ils broutent la muqueuse et la font saigner. Deux espèces sont impliquées dans la pathologie humaine nommée Ankylostomosose ; il s'agit de *Ancylostoma duodenale*, Dubini, 1843 et de *Necator americanus*, Stiles, 1902.

*** Cycle de développement et mode de transmission**

La description du présent cycle est extraite de Chelsea & William (2022) et CDC (2019b). Les ankylostomes ont un cycle de type monoxène semi-direct (Figure 3). Ils infestent l'homme et les animaux tels que le cochon et l'hyène. Les œufs émis dans les selles sont non embryonnés. Ils s'embryonnent dans le milieu extérieur selon certaines conditions de température, soit 22 à 26°C pour *Ancylostoma duodenale* et 27 à 30°C pour *Necator americanus* ; ceci explique leurs répartitions géographiques différentes. Les embryons se

transforment en larves rhabditoïdes L1, ensuite en larves strongyloïdes L2 puis L3 infectantes. Ces dernières larves sont très résistantes dans le milieu extérieur, c'est-à-dire pendant 2 à 10 mois sur le sol et pendant 18 mois dans l'eau. La contamination se fait via la terre, les boues et l'eau douce fécalisées, le plus souvent au niveau des pieds. Les larves L3 pénètrent par voie cutanée, gagnent par voie sanguine ou lymphatique le cœur, le poumon, et la trachée avant d'être dégluties dans le tube digestif. Dans le duodénum, la larve se transforme en ver adulte. Le cycle dure entre 50 à 60 jours. La transmission est exclusivement cutanée pour *Necator americanus*, cutanée, mais possiblement aussi par voie buccale, transplacentaire ou lors de l'allaitement pour *Ancylostoma duodenale*.

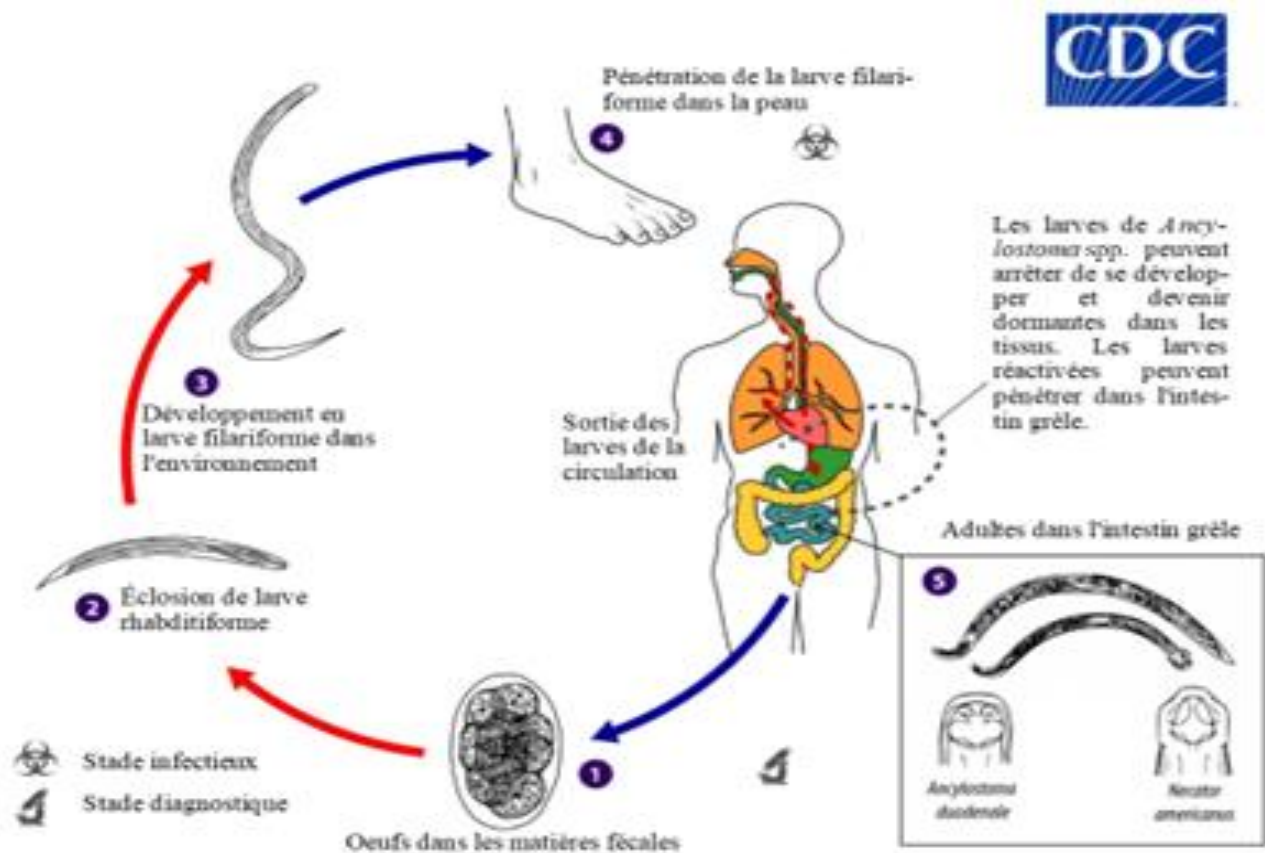


Figure 3 : Cycle de développement de *Ancylostoma* spp. (CDC, 2019b) traduit.

* Fréquence de la maladie

Selon l'OMS (2004), 1,3 milliard de personnes sont infestées par ces vers, dont 150 millions seraient gravement atteintes, conduisant à 65 000 décès annuels.

*** Signes cliniques**

Selon Aubry & Bernard-Alex (2021a), on peut reconnaître trois phases cliniques de l'ankylostomiase en rapport avec le cycle ; il s'agit de la pénétration cutanée, de la migration larvaire, enfin de l'action des vers adultes au niveau intestinal.

La phase de pénétration cutanée est caractérisée par une dermite prurigineuse, un érythème maculo-prurigineux fugace, qui se voit au cours de la primo-invasion.

La phase larvaire d'invasion entraîne une irritation des voies aériennes supérieures ou catarrhe des gourmes, des manifestations allergiques traduites par une dyspnée asthmatiforme, un syndrome de Loëffler.

Enfin, la phase d'état intestinale est caractérisée par des troubles digestifs (douleurs épigastriques, pesanteur ou ballonnement abdominal, diarrhée faite de 5 à 10 selles par jour), et une anémie (asthénie, vertiges, œdèmes mous, etc.)

I.1.3.2. Embranchement des Plathelminthes

Il s'agit dans le cas présent de Cestodes et de Trématodes. Les informations suivantes sont extraites de Yeng-Giang (2007). Les cestodes intestinaux sont des vers plats vivant dans l'intestin de l'homme. Leur corps est segmenté en anneaux ou proglottis qui prennent origine au niveau du scolex. Le scolex se fixe à la muqueuse intestinale par l'intermédiaire de crochets et/ou des ventouses ou des fentes. Les anneaux grandissent au fur et à mesure qu'ils s'éloignent du scolex. Ils finissent par se détacher du corps (ou strobile) et sont éliminés dans les selles. Les cestodes sont hermaphrodites et possèdent un cycle dixène ou trixène selon les espèces. Au Tchad, les principales espèces parasites de l'homme sont : *Taenia solium* (Linnaeus, 1758), *Taenia saginata* (Goeze, 1782), *Hymenolepis nana* (Siebold, 1852) et *Diphyllobothrium latum* (Linnaeus, 1757).

Quant aux trématodes intestinaux, ce sont des vers mésentériques intestinaux (exemple : *S. mansoni*) ou vésicaux (exemple : *S. haematobium*). Leurs œufs se retrouvent principalement dans les selles et dans les urines respectivement. Dans ce travail, nous nous intéressons aux schistosomes ou bilharzies et aux douves. Les douves adultes possèdent le plus souvent une forme lancéolée, sont pourvues d'une ou plusieurs ventouses afin d'adhérer aux organes infestés. À la différence des nématodes, les trématodes adultes sont des parasites obligatoires.

I.1.3.2.1. Description de quelques cestodes déjà inventoriés au Tchad

I.1.3.2.1.1. *Hymenolepis nana*

*** Définition**

Selon Desoubieux & Duong (2011), *Hymenolepis nana* est le plus petit tenia de l'homme. Il peut mesurer de 1 à 10 cm mais sa taille habituelle, dans les infestations massives, varie de 2 à 3 cm. Son scolex porte quatre ventouses et une couronne de 20 à 30 crochets sur un rostre rétractile; ce scolex est suivi d'un cou très fin et d'une chaîne de 100 à 200 anneaux plus larges que hauts, à pores génitaux situés tous du même côté du corps. Cette espèce est responsable de l'hyménolépiase.

*** Cycle de développement et mode de transmission**

Le texte qui suit est tiré de Golvan & Ambroise (1984). Le cycle de développement de *H. nana* peut ou non comporter un hôte intermédiaire invertébré (Figure 4). L'homme peut se contaminer de trois manières. Dans le premier cas, c'est par ingestion de puce ou ver de farine porteur de cysticercoïdes. Dans le second cas, c'est par ingestion des œufs via l'eau polluée, les mains et aliments contaminés. Pour le troisième cas, il s'agit d'une auto infestation. Le cycle dure environ 15 jours.

▲ = Stade infectieux
 ▲ = Stade diagnostique

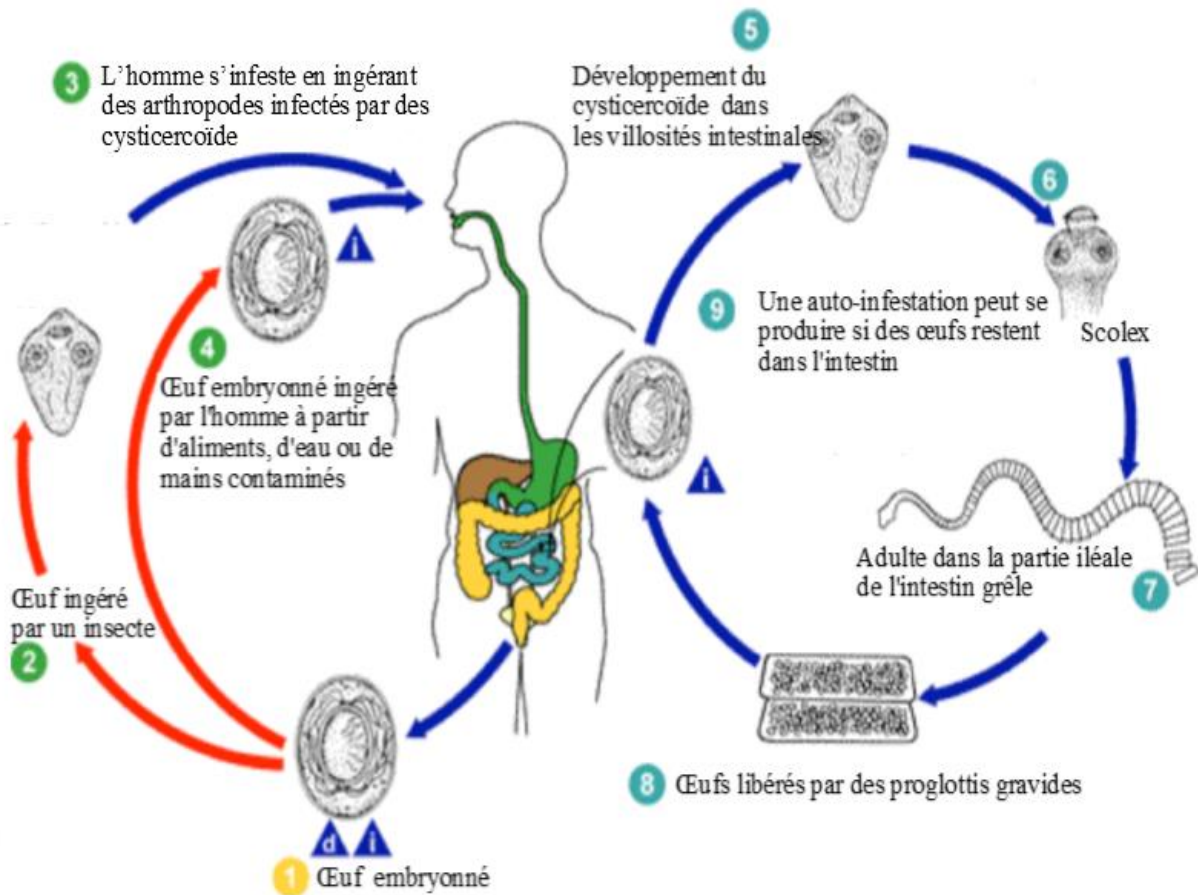


Figure 4 : Cycle de *Hymenolepis nana* (CDC, 219) traduit.

* Fréquence de la maladie

Maladie du péril fécal, la taille de la population mondiale atteinte de *H. nana* est d'environ 75 millions personnes. C'est une espèce cosmopolite, plus fréquente dans les pays chauds et humides (Anonyme, 2023).

* Signes cliniques

Les signes de l'hyménolepiase sont très marqués du fait du parasitisme intense : il s'agit d'une congestion de la muqueuse intestinale accompagnée d'une infiltration lymphoïdale et de petites ulcérations par lesquelles de faibles quantités de sang s'éliminent dans les selles (ATIH, 2021).

I.1.3.2.1.2. *Taenia saginata* et *Taenia solium*

*** Définition**

Les ténias parasitent l'intestin humain. Ils sont constitués d'une succession de forme rubanée de 1000 à 2000 anneaux. *Taenia solium* et *T. saginata* sont des vers longs, pouvant atteindre respectivement 8 - 10 m. Ils sont responsables du téniasis (OMS, 2018).

*** Cycle de vie et mode de transmission**

Le développement de ces vers comporte 2 stades (Figure 5) : un stade adulte et un stade larvaire (ou cysticerque). Les œufs de ténias, présents dans le milieu extérieur, sont ingérés par le porc (cas de *T. solium*) ou le bœuf (cas de *T. saginata*). Ils éclosent dans l'intestin de ces animaux. Les larves hexacanthès se disséminent ensuite dans tout l'organisme de l'animal via la voie sanguine ou lymphatique. Ils finissent leur course dans le tissu musculaire où a lieu la maturation en larves cysticerques (Mehlhorn, 2008). L'homme se contamine par ingestion de larves cepticerques présentes dans la charcuterie ou la viande mal cuite de porc ou de bœuf contaminée. Cette larve devient adulte dans l'intestin grêle en 3 mois. Le ver est toujours en mouvement, et renouvelle chaque jour environ 16 anneaux. Quelques anneaux matures sont expulsés quotidiennement soit dans les selles (pour *T. solium*), soit spontanément (puisqu'ils sont retrouvés dans les sous-vêtements ou la literie, pour *T. saginata*). Ainsi, une fois dans le milieu extérieur ces anneaux se dégradent et libèrent des œufs prêts à contaminer de nouveau un animal récepteur (Mehlhorn, 2008).

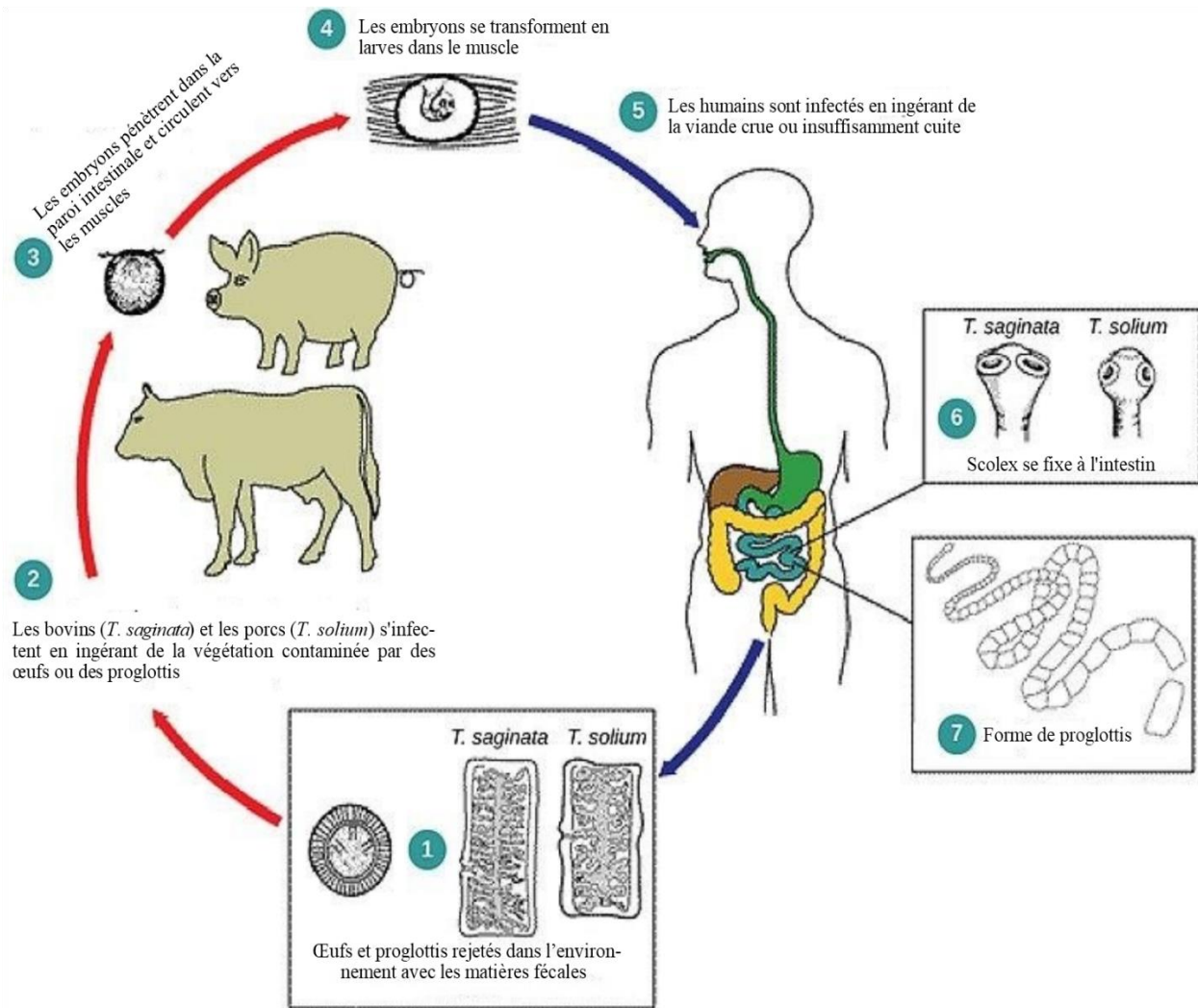


Figure 5 : Cycle biologique de *Taenia saginata* et *Taenia solium* (Mehlhorn, 2008).

* Signes cliniques

Le plus souvent, le taeniasis est cliniquement latent et révélé par la découverte d'anneaux dans les sous-vêtements ou la literie. Lorsque le taeniasis est symptomatique, les signes cliniques sont surtout présents pendant les premiers mois d'évolution. Ils sont variés à savoir : l'anorexie ou la boulimie, les nausées, l'alternance diarrhée-constipation, les douleurs abdominales de sièges variés ; l'asthénie, la perte de poids, les signes extra-digestifs en particulier neuro-psychiatriques (troubles du sommeil et du caractère), les signes cutanés (urticaire), les signes cardio-vasculaires (palpitations) ou respiratoires (dyspnée). Les complications sont exceptionnelles et sont l'appendicite, l'occlusion, la perforation, les abcès hépatiques, les pancréatites (Mehlhorn, 2008).

*** Prévalence**

La prévalence mondiale du taeniaisis est mal connue bien qu'il s'agisse d'une parasitose cosmopolite. Les contrôles vétérinaires et l'art culinaire africain qui consiste à bien cuire la viande du porc ou du bœuf ont limité la diffusion de ce parasite (Bourée, 2007).

I.1.3.2.2. Description de quelques trématodes déjà inventoriés au Tchad

I.1.3.2.2.1. *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium*

*** Définition**

Le texte suivant est extrait de ANOFEL (2014). Les schistosomes sont des vers plats à sexes séparés, dont les adultes vivent dans le système circulatoire de l'homme, en particulier dans les veines splanchniques où ils se nourrissent de sang. Les mâles adultes mesurent entre 10 et 15 mm de long sur 1mm de large. Leur corps courbé en gouttière forme le canal gynécophore où se loge la femelle dont le corps, de section cylindrique, est plus long de 15 à 30 mm sur 0,1 à 0,2 mm de large. Les schistosomes possèdent une ventouse ventrale permettant la fixation au tissu hôte. Les femelles libèrent de très nombreux œufs qui, grâce aux enzymes lytiques, peuvent gagner une cavité intestinale ou vésicale. Certains n'y parviennent pas et restent bloqués dans les tissus, y créant une inflammation avec formation de kystes par calcification et de nombreuses lésions. Les œufs éliminés dans le milieu extérieur libèrent des larves miracidium qui vont parasiter des mollusques d'eau douce. La contamination de l'homme a lieu par effraction cutanée en milieu aquatique par des larves furcocercaires libérées de ces hôtes intermédiaires. Les principales espèces de schistosomes parasitant l'homme sont : *Schistosoma mansoni* qui cause la schistosomiase intestinale, *Schistosoma haematobium* agent de la schistosomiase urinaire, *Schistosoma intercalatum* + *S. guinensis* agents de la schistosomiase rectale et génitale, et *Schistosoma mekongi* qui provoque la schistosomiase intestinale

Les œufs de *S. haematobium* et de *S. mansoni* sont ovalaires et mesurent 115 à 170 µm de long sur 40 à 70 µm de large. La coque de l'œuf est lisse, épaisse, transparente, et percée de nombreux pores ultramicroscopiques ; elle entoure un embryon cilié et mobile : le miracidium. Le miracidium présente, dans sa région postérieure, de nombreuses cellules germinales. Les œufs de *S. haematobium* portent, à un des pôles, un éperon caractéristique (éperon apical ou terminal). Ils sont pondus par paquets, dans la sous-muqueuse vésicale et sont éliminés avec les urines. Les œufs de *S. mansoni* présentent, sur une des faces latérales, un éperon proéminent. Ils sont pondus un par un dans la sous-muqueuse intestinale et sont éliminés avec les matières fécales.

*** Cycle de développement et mode de transmission**

Pour traiter de cette sous-section, nous nous appuyons sur le document de Aubry & Bernard-Alex (2021b). Le schistosome adulte est un ver gonochorique qui vit en couple avec son partenaire dans les vaisseaux sanguins, surtout dans la veine porte. Son cycle de développement est dixène, c'est à dire qu'il passe par deux hôtes (Figure 6): l'homme (hôte définitif) et le mollusque gastéropode (hôte intermédiaire). L'homme expulse les œufs de schistosomes dans le milieu extérieur à travers les selles pour *S. mansoni* ou les urines pour *S. haematobium* (étape 1). Ces œufs éclosent dans l'eau douce si les conditions favorables (température 25 - 30°C, ensoleillement, pH (neutre)) sont réunies. Ils libèrent une larve ciliée et mobile : le miracidium (étape 2). Ce dernier nage à la recherche d'un mollusque réceptif, aidé en cela par le chimiotropisme du mucus de ce mollusque. Il ne dispose que de 24 heures au maximum pour trouver et se fixer à cet hôte intermédiaire très spécifique, et y entrer par un mécanisme enzymatique. La suite du développement s'effectue dans l'hépatopancréas du mollusque et aboutit à la formation de furcocercaires (étapes 3, 4 et 5). L'homme s'infecte par contact avec une eau infestée par les cercaires. Ces dernières s'attachent à sa peau et lorsqu'elle sèche, ils pénètrent activement dans l'épiderme grâce aux sécrétions protéolytiques produites par les glandes qu'elles possèdent (étape 6). A ce moment, ces larves perdent leur queue et deviennent des schistosomules (étape 7), qui sont transportés par voie sanguine ou lymphatique vers le cœur, les poumons (étape 8), le système porte hépatique où elles atteignent la maturité (étape 9). Les schistosomes vivent accouplés dans les vaisseaux du système porte (la femelle se trouvant dans le canal gynécophore du mâle) (étape 10). Après la fécondation, le couple se dirige vers les veines de l'intestin pour *S. mansoni* ou vers celles du système urinaire pour *S. haematobium* ; la femelle commence à y pondre des œufs en continu, ceux-ci seront expulsés dans le milieu extérieur via les selles ou les urines et le cycle recommence.

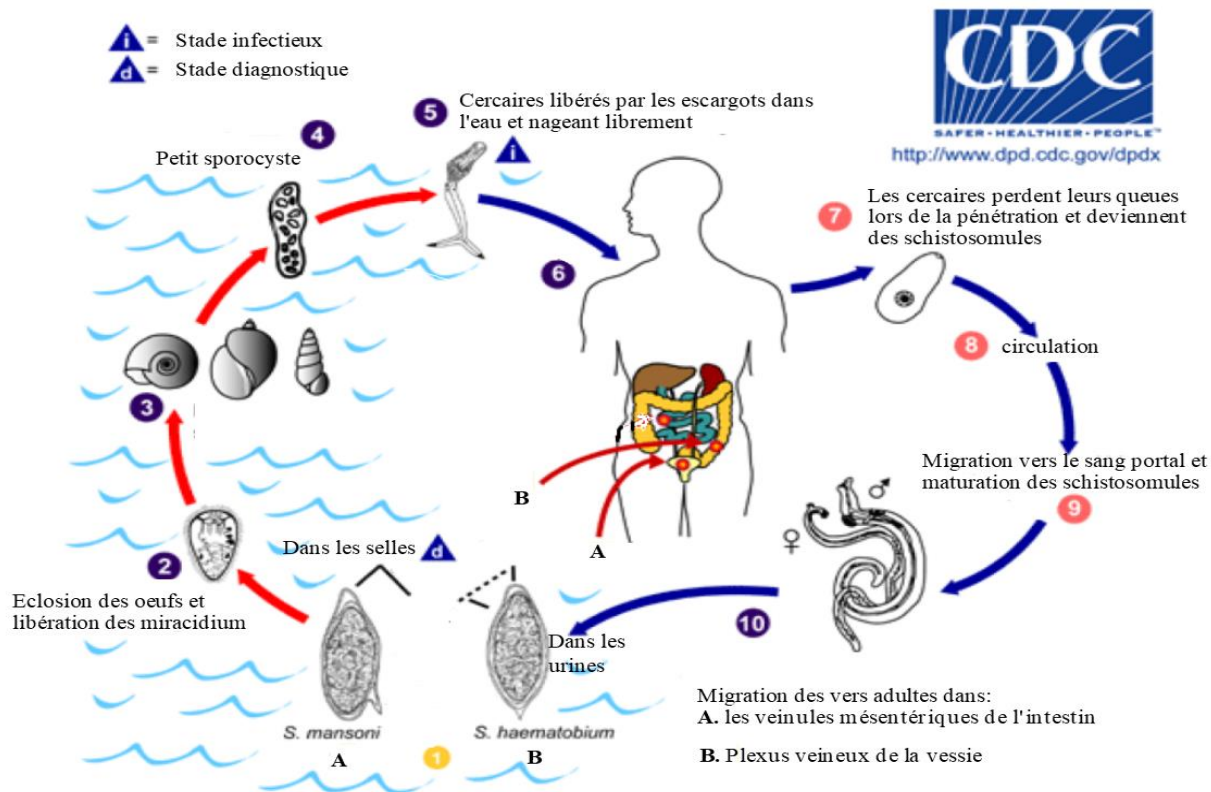


Figure 6 : Cycle biologique de *S. haematobium* et *S. mansoni* (CDC, 2019d) traduit.

* Prévalence et mortalité parasitaire

Selon l'OMS (2012), les schistosomoses constituent la deuxième endémie parasitaire mondiale après le paludisme car 230 millions de personnes dans 52 pays requièrent un traitement annuel. Parmi ces dernières, 80 à 90% d'entre-elles vivent en Afrique. Près de 800 millions de personnes sont exposées au risque d'infection. Les schistosomoses sont responsables de 800 000 décès par an.

* Signes cliniques

Selon Aubry & Bernard-Alex (2021b), les manifestations cliniques comprennent les douleurs abdominales, la toux, la diarrhée, l'éosinophilie, la fièvre, la fatigue, l'hépatosplénomégalie, c'est-à-dire l'élargissement du volume du foie et de la rate. La schistosomiase hépatique est la deuxième cause la plus fréquente de varices œsophagiennes à travers le monde.

Outre ces symptômes, la schistosomiase est responsable des lésions génitales qui augmenteraient la vulnérabilité à l'infection par le VIH. Des symptômes cutanés sont aussi notés lors de la maladie, surtout au début de l'infection. En effet, une légère démangeaison et une dermatite papuleuse des pieds et d'autres parties sont notées après une baignade dans les rivières

polluées contenant des cercaires. L'hématurie (ou sang dans les urines) est le signe classique de la schistosomiase urogénitale.

Parfois, des lésions du système nerveux central peuvent se produire ; la maladie granulomateuse cérébrale peut être causée par des œufs ectopiques de *S. japonicum* dans le cerveau, et des lésions granulomateuses autour des œufs extra-utérins dans la moelle épinière. Les infections à *S. haematobium* et *S. mansoni* peuvent entraîner une myélite transverse avec paraplégie flasque.

L'infection peut provoquer des réactions granulomateuses et une fibrose dans les organes touchés, ce qui peut entraîner des manifestations qui incluent :

- une polypose colique avec diarrhée sanglante due à *S. mansoni* la plupart du temps ;
- une hypertension portale avec hématomèse et une splénomégalie dues *S. mansoni* et *S. japonicum* ;
- une cystite et urétérite causées par *S. haematobium*, avec une hématurie, qui peut évoluer en cancer de la vessie appelé aussi carcinome épidermoïde ;
- une hypertension artérielle pulmonaire causée par *S. mansoni*, *S. japonicum*, et plus rarement *S. haematobium* ;
- une glomérulonéphrite ;
- et des lésions du système nerveux central.

I.1.3.2.2.2. Les Douves (cas de *Fasciola hepatica*)

*** Définition**

D'une manière générale, les douves sont des trématodes de tailles variables, de quelques millimètres à quelques centimètres, en forme de feuille (Raynaud & Kerboeuf, 1981). Elles vivent au niveau des voies biliaires, de l'intestin ou des poumons. Hermaphrodites, ces vers libèrent des œufs qui, en milieu aquatique, poursuivent leur évolution nécessitant deux hôtes intermédiaires. L'espèce *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) est la grande douve du foie. Elle infecte le foie et les voies biliaires de l'homme. Les adultes ont un corps aplati et foliacé, d'une longueur de 20 à 30 mm et d'une largeur de 7 à 14 mm ; ils sont pourvus d'une ventouse orale et d'une ventouse ventrale qui servent d'organes de fixation (Raynaud & Kerboeuf, 1981).

*** Cycle de développement et mode de transmission**

Le texte qui suit est une synthèse de CDC (2019). Le ver adulte, *Fasciola hepatica* parasite les voies biliaires (intra- et extra-hépatiques) des hôtes définitifs qui sont des bovins ou

des ovins, et accidentellement l'homme (Figure 7). Il pond des œufs qui sont émis dans l'environnement par les selles. Ces œufs évoluent dans de l'eau douce vers une forme d'embryon cilié appelé miracidium. Ce dernier infeste un hôte intermédiaire qui est un mollusque d'eau douce appelé limnée (par exemple : *Galba truncatula*). Chez cet hôte intermédiaire, le miracidium se multiplie. L'hôte libère ensuite de très nombreuses cercaires (formes larvaires) qui sont capables de se déplacer. Ces cercaires évoluent vers une forme « métacercare enkystée », qui leur permet de résister au milieu extérieur. Il s'agit également de la forme infectante du parasite. L'hôte définitif se contamine par ingestion de végétaux sur lesquels sont « fixées » des métacercaires. Celles-ci sont ensuite libérées par l'action de la digestion de l'hôte définitif. Elles évoluent vers une forme immature de douve qui migre vers le foie en traversant la paroi intestinale. Cette migration se termine dans les voies biliaires où les douves deviennent adultes trois mois après la contamination.

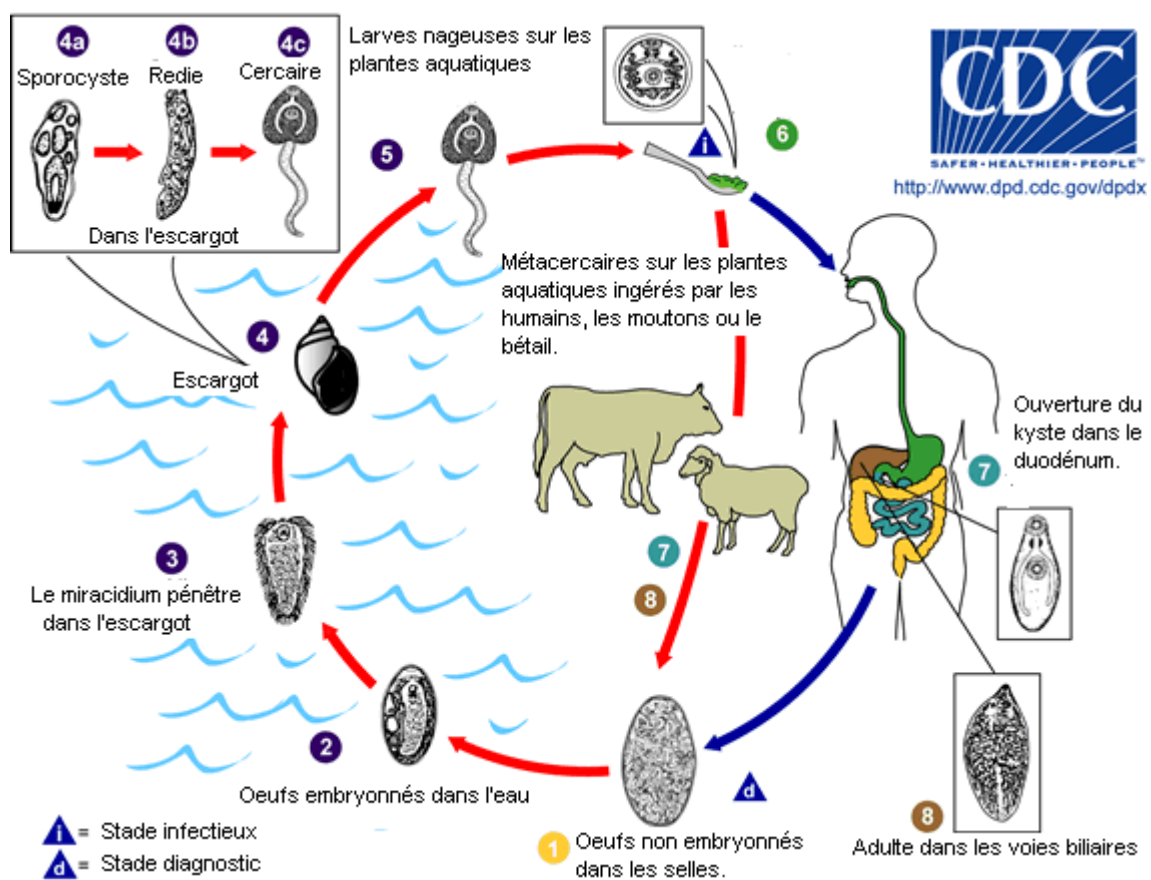


Figure 7 : Cycle de vie de *Fasciola hepatica* (CDC, 2019).

* Fréquence et mortalité parasitaire

Selon CDC (2019), la fasciolose est une parasitose cosmopolite, qui pose un problème majeur de santé dans plus de 80 pays. Elle est plus fréquente dans les régions humides des zones tempérées d'Europe, d'Amérique du Nord, du Sud et d'Afrique. Elle est intimement liée au péril

fécal, à l'hygiène générale et à l'accès à l'eau. Entre 2,5 et 17 millions de personnes sont infestées dans le monde.

*** Signes cliniques**

La présentation de cette sous-section s'appuie sur Sabourin (2019). Il est admis que plus de 50 % des infections à *F. hepatica* sont asymptomatiques. La fasciolose peut se révéler quelques jours après l'infection ou plusieurs années après. Classiquement, la fasciolose suit deux phases successives.

La phase hépatique correspond à la migration des douvules (douvees immatures) dans le foie, qui provoque des lésions se traduisant par des symptômes tels que de la fièvre, des nausées et des vomissements, de l'urticaire, des douleurs abdominales dans le quadrant supérieur droit, une hépatomégalie, une hypergammaglobulinémie, une anémie et une hyperéosinophilie. Parmi les autres signes figurent une hépatite bénigne, une hémorragie subcapsulaire sévère et une nécrose hépatique franche.

La phase biliaire ou chronique correspond à la présence de douves adultes dans les canaux biliaires, qui entraîne une douleur intermittente dans le quadrant supérieur droit, avec ou sans cholangite ou cholestase, une inflammation chronique des canaux biliaires et des infections ectopiques pouvant intéresser l'intestin, le foie et les canaux biliaires. L'observation d'une éosinophilie absolue, d'une fièvre et d'une infection ayant d'autres sièges que le foie (par exemple au cœur, cerveau, aux intestins, aux poumons et à la peau) peut également être rattachée à l'infection à *F. hepatica*.

I.1.3.2.3. Diagnostic

I.1.3.2.3.1. Diagnostic de la bilharziose urinaire

Le diagnostic repose sur l'identification des œufs caractéristiques présents dans les urines ou dans les biopsies (OMS, 2004). Des tests sérologiques ou antigéniques peuvent être sensibles et spécifiques ; toutefois, ils ne procurent aucune information sur la charge parasitaire ou l'état clinique. A cet effet, la recherche des œufs dans les urines peut se faire par filtration ou après centrifugation de 10 ml.

I.1.3.2.3.2. Diagnostic des helminthiases intestinales

Le diagnostic biologique est d'importance capitale car il détermine le traitement à mettre en place, et permet d'en contrôler l'efficacité (OMS, 2004). Hormis les éléments fournis par le clinicien, certains éléments permettent d'orienter le diagnostic vers une parasitose donnée. Ce

diagnostic sera confirmé par la découverte des formes parasitaires (œufs, larves, adultes) à l'examen coprologique.

Dans le diagnostic des helminthiases intestinales, on peut être guidé par le diagnostic de présomption et le diagnostic de certitude.

*** Diagnostic de présomption**

Le diagnostic de présomption est basé sur des arguments hématologiques et des arguments sérologiques (OMS, 2004).

**** Arguments hématologiques**

L'hémogramme ou numération de la formule sanguine est un examen quantitatif et qualitatif des éléments figurés du sang. Il peut révéler :

- une anémie hypochrome microcytaire évocatrice d'une infestation par des vers hématophages tels que l'ankylostome et le trichocéphale ;
- une anémie normochrome qui évoque une bilharziose intestinale ;
- une anémie macrocytaire faisant penser à une bothriocéphalose (cause d'une anémie de Biermer) ;
- une hyperéosinophilie sanguine (nombre de polynucléaires supérieur à 500 éléments par microlitre de sang) évoquant une helminthose.

**** Arguments sérologiques**

Les examens sérologiques permettent de rechercher les anticorps antiparasitaires induits par le parasite lui-même. Ces examens sont justifiés dans deux circonstances à savoir :

- la mise en évidence par un examen direct, du parasite est impossible ou aléatoire ;
- le diagnostic direct est prématuré à la phase initiale d'une helminthose, c'est-à-dire que le temps de latence est long entre la contamination et la maturité du ver adulte, ce qui est le cas de la bilharziose ou la distomatose.

*** Diagnostic de certitude**

Le diagnostic de certitude permet d'affirmer la présence du parasite (sous forme d'œufs, de larves, ou d'adultes) dans les matières fécales. Les techniques de recherche sont alors :

- l'examen microscopique direct pour révéler la présence d'œufs d'helminthes ;
- la technique de Kato-Katz pour la quantification des œufs d'helminthes ;
- la technique de Baermann pour rechercher les larves d'ankylostomides et d'anguillules ;
- la technique de Graham employée pour la mise en évidence des œufs d'oxyure et des embryophores de *Tænia* ;

- la technique de Ritchie simplifiée pour révéler la présence des œufs et des larves d'helminthes.

I.1.3.2.4. Prophylaxie

La prophylaxie désigne l'ensemble des moyens destinés à prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation des maladies (OMS, 2008). Elle se présente sous deux formes : les prophylaxies individuelle et collective (OMS, 2012).

*** Prophylaxie collective**

La prophylaxie collective s'articule autour du dépistage et du traitement des sujets parasités, de la lutte contre la pollution par les excréta en construisant les latrines, de la mise à disposition de la population d'eau potable, de la lutte contre les excréta humains utilisés comme engrais dans les cultures maraîchères, de l'élimination des dépôts sauvages d'ordures et de l'éducation sanitaire dès l'âge scolaire par des schémas simples, pour vulgariser les mesures de prophylaxie individuelles mais aussi par la distribution des médicaments antiparasitaires dans les écoles primaires (Hamit *et al.*, 2013).

*** Prophylaxie individuelle**

Celle-ci repose sur une bonne hygiène individuelle et s'articule autour des principes suivants :

- le lavage des mains avant les repas et après défécation ;
- la protection des aliments contre des mouches et des animaux domestiques ;
- le lavage soigneux des fruits et légumes ;
- la consommation d'une eau potable, filtrée ou bouillie préalablement ;
- l'évitement de la marche pieds nus sur la terre ou dans la boue ;
- l'évitement des plages polluées et les eaux douces douteuses ;
- la consommation de la viande de porc ou de bœuf bien cuite ; ce comportement se heurte souvent aux préférences culinaires ;
- l'administration préventive des médicaments aux sujets effectuant un court séjour en zone d'endémie ;
- la construction et l'entretien des latrines publiques et à domicile ;
- la lutte contre le péril fécal.

I.2. Polyparasitisme

Bien que les associations parasitaires soient connues depuis quelques décennies, leur fonctionnement et leurs impacts écologiques sont restés longtemps ignorés (Lebarbenchon *et al.*, 2007). Selon Combes (1995), le parasitisme est un schéma d'interactions universel ; celles-ci peuvent être d'une complexité variable, avec souvent plusieurs parasites pour un même individu hôte.

I.2.1. Causes du polyparasitisme

La littérature documente beaucoup de causes du polyparasitisme. Toutefois, les deux principales causes sont les facteurs favorables liés à l'hôte (susceptibilité) et ceux liés aux parasites.

I.2.1.1. Rencontre facilitée par l'hôte

Vaumourin *et al.* (2015) soulignent que le polyparasitisme peut résulter de facteurs de risque communs qui créent des associations ou assemblages statistiques entre la présence de parasites chez un individu hôte, sans qu'il y ait pourtant de réelles interactions biologiques. Ces facteurs qui favorisent la cooccurrence de parasites peuvent être la répartition spatiale de l'hôte (1) et ses traits de vie (2).

I.2.1.1.1. Répartition spatiale de l'hôte

Une distribution spatiale hétérogène des hôtes définitifs et intermédiaires est considérée comme une caractéristique particulière en épidémiologie (Eckert & Deplazes 2004). En fonction des aires de distribution, les hôtes sont plus ou moins exposés à une grande diversité de parasites. Ainsi, plus la distribution de l'hôte est large, plus le risque de cooccurrence entre parasites est élevé (Vaumourin *et al.*, 2015). Ce risque d'être concomitamment infesté par plusieurs espèces parasites est plus grand lorsque l'hôte utilise une niche écologique dans laquelle sont présents plusieurs parasites. Par exemple, du fait de la grande dispersion des géohelminthes dans les zones tropicales, l'homme qui y vit court conséquemment plus le risque d'être infesté par plusieurs parasites, comparé à celui qui vit dans les zones tempérées. De plus, les hôtes sont de plus en plus exposés à de multiples parasites du fait qu'aujourd'hui, les distances se réduisent par les progrès technologiques dans les transports (avion, bateau) et par les effets de la mondialisation (Vaumourin *et al.*, 2015).

I.2.1.1.2. Traits de vie de l'hôte

Les traits d'histoire de vie des hôtes correspondent à la distribution des événements majeurs au cours de la vie d'un individu, qui contribuent directement à la production et la survie de ses descendants (Winemiller, 1989). Plusieurs caractéristiques liées aux traits de vie d'un hôte influencent le polyparasitisme. Nous pouvons citer entre autres :

- les conditions environnementales : la condition physiologique d'un hôte est directement impactée par l'environnement qui l'entoure, et le rendant, par exemple, stressé ou malnutri et donc plus ou moins permissif aux parasites (Vaumourin *et al.*, 2015) ;
- la durée de vie : il est connu qu'un hôte avec une grande longévité est amené à accumuler plus de parasites qu'un hôte ayant une espérance de vie courte (Dobson & Roberts 1994) ;
- le comportement social : les hôtes qui vivent en groupes, comme par exemple les humains, 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 ou les loups qui, lors de leur migration, sont peu exposés à de multiples parasites.
- l'investissement immunitaire de l'hôte : l'investissement immunitaire de l'hôte mène soit à la résistance, soit à la tolérance face aux parasites. Certaines espèces d'hôtes maintiennent un haut niveau de défenses immunitaires pour contrôler ou limiter les multiples infections parasitaires ; ils mettent en place des phénomènes de résistance (Raberg *et al.*, 2007 ; 2009). Plus un individu hôte est infesté par des espèces de parasites différentes, plus son investissement immunitaire est important (Møller *et al.*, 2001 ; Šimková *et al.*, 2008 ; Bordes & Morand, 2011).

I.2.1.2. Rencontre facilitée par le parasite

Les caractéristiques des parasites qui favorisent les infections multiples sont d'ordres généraux et spécifiques.

I.2.1.2.1. Caractéristiques générales

La répartition spatiale des parasites joue un rôle majeur dans le polyparasitisme. Selon leurs aires de distribution, les parasites seront plus ou moins en contact avec une grande diversité d'autres espèces parasites (Vaumourin *et al.*, 2015). Les parasites généralistes, qui sont en mesure d'exploiter un grand nombre d'espèces hôtes, ont plus de chances d'être cooccurrents avec une grande diversité de parasites. A l'opposé, les parasites spécialistes, en exploitant une gamme étroite d'espèces hôtes, ont moins de chances d'être cooccurrents avec une grande

diversité de parasites. Aussi, les relations phylogéniques entre les parasites influencent le polyparasitisme (Barry & Turner, 1991 ; Snounou & White, 2004). Par exemple, *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* ont plus de chances d'infester les mêmes individus hôtes.

I.2.1.2.2. Caractéristiques spécifiques

Les caractéristiques spécifiques sont de trois ordres à savoir : les mécanismes liés à l'entrée du parasite dans l'hôte, à l'utilisation de l'hôte, et à la réponse de l'hôte.

I.2.1.2.2.1. Entrée du parasite dans l'hôte

Les modes de transmission des parasites sont très variés. Ils peuvent être par voie orale, par pénétration transcutanée (active ou par piqûres d'arthropodes), par voie transplacentaire, etc. En pénétrant dans l'hôte, certains parasites facilitent l'entrée d'autres parasites chez le même individu hôte. C'est le cas de certains endoparasites qui entraînent des lésions de la muqueuse et qui facilitent donc l'entrée d'autres parasites ; c'est le cas pour le virus de l'herpès simplex de type 2 (VHS-2) et le virus du SIDA (VIH) (Cunningham *et al.*, 1985 ; Koelle *et al.*, 1994). C'est aussi le cas de la myase sous-cutanée chez l'homme due aux larves de certaines familles de diptères (Oestridae, Sarcophagidae, Calliphoridae, etc.), qui est une porte ouverte pour la pénétration d'autres parasites dans l'organisme.

I.2.1.2.2.2. Exploitation de l'hôte

La compétition directe ou indirecte entre les espèces parasites dans un hôte donné joue un rôle important dans les mécanismes d'infection liés à l'exploitation de ce dernier (Pedersen & Fenton, 2007).

La compétition parasitaire au sein d'un individu hôte peut être spatiale ou moléculaire. La compétition spatiale concerne deux espèces qui partagent la même localisation dans l'hôte (Stancampiano *et al.*, 2010). Elle peut soit amener à la coexistence des parasites via une modification des niches écologiques des parasites concernés, soit limiter le taux de croissance des espèces (Frontera *et al.*, 2005), la charge parasitaire (Lello *et al.*, 2004), la transmission ou la virulence des parasites (Vautrin & Vavre, 2009 ; Mousson *et al.*, 2012). Ainsi, lorsque les ressources communes ne sont pas en quantité suffisante, les organismes concurrents se nuisent (Barbault, 1981).

La compétition moléculaire s'effectue par la production, par certains parasites, de toxines qui peuvent réduire ou augmenter la croissance et la virulence d'autres espèces présentes (Bridier *et al.*, 2014 ; Stacy *et al.*, 2014). Aussi, la proximité d'une grande diversité de parasites au sein d'un hôte peut affecter la probabilité d'échanges de gènes via, par exemple, des plasmides et des

phénomènes de recombinaison. Cela peut permettre aux parasites d'acquérir de nouvelles fonctions les rendant par exemple plus virulents ou résistants (Dantas & Sommer, 2012 ; Forsberg *et al.*, 2012 ; Perry & Wright, 2013).

I.2.1.2.2.3. Réponse de l'hôte à l'infestation

Chacun des parasites qui infecte un hôte doit pouvoir s'y maintenir malgré ce dernier et son système immunitaire, et notamment sa mémoire immunitaire. Cette mémoire immunitaire impacte fortement les probabilités de réinfections. Une infection (présente ou passée) par un parasite peut avoir d'importantes conséquences sur les infections ultérieures d'autres parasites (Beldomenico & Begon, 2010). Une telle situation met en lumière l'importance de l'ordre d'infection des hôtes surtout dans un contexte de polyparasitisme (Lohr *et al.*, 2010). Il en découle que les interactions ont lieu par l'intermédiaire de molécules du système immunitaire de l'hôte, comme les anticorps, les cytokines ou l'activation du complément (Cox, 2001 ; Supali *et al.*, 2010). Toutefois, certains parasites ont mis en place des mécanismes d'échappement au système immunitaire de l'hôte.

I.2.2. Conséquences des polyinfections

Les conséquences du polyparasitisme résultent des interactions entre parasites au sein des hôtes (Fonseca *et al.*, 2005 ; Hermann *et al.*, 2013). Dans ce cadre, Vaumourin *et al.* (2015) évoquent trois types de conséquences du polyparasitisme, à savoir : les conséquences sur les symptômes, la durée d'infection et le traitement des maladies infectieuses, les conséquences sur la transmission et le diagnostic des maladies infectieuses, les conséquences de l'exposition des hôtes à de multiples parasites sur la prévention des maladies infectieuses.

I.2.2.1. Conséquences du polyparasitisme sur les symptômes

Les symptômes sont la résultante de la virulence du parasite (Cirimotich *et al.*, 2011) et de la susceptibilité (ou sensibilité au parasite) de l'hôte. En effet, plusieurs auteurs indiquent que la virulence est modulée par les interactions entre les différentes espèces de parasites présentes dans l'hôte, agissant essentiellement sur la durée des infections et la multiplication des parasites (Gershwin *et al.*, 2005 ; Ives *et al.*, 2011 ; Dantas & Sommer, 2012). Selon Cirimotich *et al.* (2011), les conséquences de telles variations peuvent être négatives (comme la présence de symptômes atypiques, l'accélération de la mortalité des individus hôtes), ou positives (comme l'inhibition de la croissance d'un parasite particulier, la diminution des risques de mortalité des individus hôtes). C'est pourquoi en réponse au polyparasitisme, la multi-thérapie peut être mise en place pour traiter différentes parasitoses induites en même temps. Il est également possible

d'utiliser les interactions antagonistes entre certains parasites pour lutter contre d'autres parasites d'importance médicale (Stiehm, 2006).

I.2.2.2. Conséquences du polyparasitisme sur la transmission et le diagnostic des maladies

Ces conséquences sont directement liées à l'incidence de la maladie, c'est-à-dire au nombre de nouveaux cas d'infections d'une maladie par unité de temps et de lieu. Du fait des différents mécanismes d'interactions, l'incidence d'une maladie peut être intimement liée à celle d'une autre. Ceci est principalement dû au fait que la présence d'un ou plusieurs parasites modifie positivement ou négativement la probabilité d'infection d'un autre parasite, le taux de transmission des parasites, et la sensibilité des hôtes (Holmes, 1961 ; Beldomenico & Begon, 2010). Ce sont évidemment les cas d'interactions positives qui sont les plus connus. Cela peut conduire à l'émergence ou à la réémergence de maladies (Marva *et al.*, 2015).

I.2.2.3. Conséquences de l'exposition des hôtes à de multiples espèces parasites sur la prévention des maladies infectieuses

Trois moyens de prévention peuvent être utilisés contre les parasites, à savoir :

- le vaccin ou le déparasitage ;
- le contrôle de la dispersion des agents pathogènes par les vecteurs via l'utilisation des interactions antagonistes entre certains parasites ;
- la compétition entre parasites pour limiter le nombre d'agents pathogènes infectant un hôte.

I.2.3. Etude du polyparasitisme

Les méthodes d'étude du polyparasitisme se basent en premier sur des observations, qu'elles soient effectuées en milieux naturels ou en milieux contrôlés. Ces deux grandes sources d'informations sont complémentaires et les hypothèses ou résultats issus de chacune nourrissent la réflexion lors de la mise en pratique de l'autre (Poulin, 2001).

I.2.3.1. Observations en milieux naturels

Les observations effectuées dans les systèmes naturels peuvent être réalisées selon plusieurs types de protocoles, dont ceux des études longitudinales et transversales (Poulin, 2001).

Dans le cadre des études longitudinales, les mêmes individus sont observés sur de longues périodes. Cela nécessite de nombreuses contraintes dont la principale est de reconnaître les individus précédemment étudiés. Cette reconnaissance peut se faire via des marquages spécifiques, comme dans le cadre des études de Capture-Marquage-Recapture (Brown & Brown,

2004). Toutefois, il faut noter que ce système de reconnaissance est peu adapté aux suivis d'animaux de petites tailles comme, par exemple, les arthropodes vecteurs qui sont pourtant des hôtes de grande importance en épidémiologie.

Dans les études transversales par contre, ce sont des individus différents qui sont observés sur de courtes périodes. Donc, plus que des données individuelles, ce sont des données populationnelles qui sont obtenues.

I.2.3.2. Observations en milieux contrôlés

Les observations effectuées en milieux expérimentaux ou contrôlés permettent d'étudier l'impact du polyparasitisme et de mettre en avant les interactions antagonistes ou synergiques entre divers parasites tels que les helminthes, les protozoaires, et les champignons, chez différents hôtes. Ces observations peuvent aussi être réalisées selon les protocoles d'études longitudinales ou transversales (Roossinck, 2011). Les observations effectuées en milieux expérimentaux sont avantageuses car elles permettent de mieux comprendre les facteurs de risque communs comme la condition des hôtes, et les facteurs de l'infection comme les prévalences des agents pathogènes. Elles permettent également d'étudier des paramètres variés comme la croissance, la fécondité et la durée de vie des hôtes. Toutefois, Roossinck (2011) fait remarquer que, bien que les données obtenues par ces études en milieux expérimentaux puissent permettre de confirmer ou d'infirmer les hypothèses soulevées lors des études effectuées dans les milieux naturels, leurs résultats méritent d'être relativisés car ils diffèrent de ceux des infections naturelles, et ceci limite leurs extrapolations hors du contexte du laboratoire.

I.3. Malnutrition

Selon l'OMS (2007), la faim et la malnutrition demeurent des fléaux très répandus dans le monde. Si dans les pays développés, c'est la sur-nutrition qui prédomine avec ses corollaires de maladies métaboliques et cardio-vasculaires, dans les pays en développement c'est plutôt la malnutrition carencielle qui sévit. La malnutrition est définie comme un état physiopathologique résultant de l'influence combinée de la sur- ou sous-nutrition (déficience ou excès de calories ou d'un ou plusieurs nutriments) et d'autres facteurs (génétiques, inflammatoires...) sur la composition du corps et sur ses fonctions biologiques (Akre, 1989).

I.3.1. Evaluation de la malnutrition

L'évaluation de la malnutrition s'effectue selon plusieurs procédés, à savoir : l'interrogatoire et le carnet de santé de l'enfant, l'examen physique de l'enfant, et les mesures anthropométriques (OMS, 2007). Nous nous intéresserons ici aux mesures anthropométriques.

I.3.1.1. Mensurations anthropométriques

Les mensurations anthropométriques faites chez les enfants donnent des indications objectives sur leur état nutritionnel, et sont relativement faciles à réaliser. Les données nécessaires sont : l'âge en mois, le poids en kilogrammes, la taille (debout) en centimètres si l'enfant a 24 mois ou plus, la taille (couchée) en centimètres si l'enfant a moins de 24 mois (Cogill, 2003).

Concernant le poids, Cogill (2003) indique qu'on peut recouvrir à trois types de balances, à savoir : la balance pèse-bébé SECA, la balance Salter pour la prise du poids chez l'enfant, la balance pèse-personne mère/enfant. Cette dernière est une balance électronique qui permet, après l'avoir tarée (remise à zéro), de peser la mère puis l'enfant.

Quant à la taille, au-dessus de 2 ans, on utilise une toise verticale. La toise horizontale est utilisée pour les enfants de moins de 2 ans. Dans la pratique, ayant ôté ses chaussures, le sujet se tient debout sur une surface plane, contre la tige verticale, les pieds parallèles, les talons, les fesses, les épaules et l'arrière de la tête touchant la tige. La tête doit être tenue droite, le bord inférieur de l'orbite de l'œil se trouvant sur le même plan horizontal que l'ouverture du conduit auditif externe (ligne de Francfort), les bras tombants naturellement. La partie supérieure de l'appareil, qui peut être une équerre métallique ou un bloc de bois (ou curseur de la toise) est abaissée jusqu'à aplatir les cheveux ; elle entre en contact avec le sommet du crâne pour les enfants de plus de 2 ans. La précision de la mesure doit être de 0,5 cm (USAID, 2018).

La prise du poids et de la taille nécessite la présence de deux personnes : un opérateur et son assistant.

I.3.1.2. Définition des indices anthropométriques

La description ci-dessous est tirée de USAID (2018) et Cogill (2003).

I.3.1.2.1. Rapport poids/Taille

Il exprime le poids d'un enfant en fonction de sa taille et met en évidence la maigreur ou malnutrition aiguë appelée émaciation. Cet indice présente l'avantage d'être indépendant de l'âge souvent difficile à obtenir.

I.3.1.2.2. Rapport poids/âge

L'indice poids/âge exprime le poids d'un enfant en fonction de son âge. Il est utilisé dans les consultations de PMI (Centre de Protection Maternelle et Infantile) car c'est un bon moyen d'apprécier l'évolution nutritionnelle d'un enfant, d'une consultation à l'autre.

I.3.1.2.3. Rapport taille/âge

L'indice taille/âge exprime la taille d'un enfant en fonction de son âge. Il met en évidence un retard de croissance ou une malnutrition chronique.

I.3.1.2.4. Indice de masse corporelle (IMC)

Cet indice, défini comme le rapport poids/taille, mesure la minceur du corps rapportée au poids corporel et à la superficie du corps, plutôt qu'à la taille. Théoriquement, on constate que la plupart des individus ont un IMC allant de 16 à 21. Les individus ayant un IMC supérieur à 27 sont considérés comme obèses et ceux ayant un IMC inférieur à 16 comme maigres.

I.3.2. Classification de la malnutrition

Dans la pratique, il existe trois niveaux de malnutrition qui sont : la malnutrition aiguë, la malnutrition chronique, et la malnutrition globale.

I.3.2.1. Malnutrition aiguë ou émaciation

Elle est mesurée par l'indice poids/ taille, et est due à un manque d'apport alimentaire qui entraîne des pertes récentes et rapides de poids avec un amaigrissement extrême. Il n'y a pas de déficit en vitamines. Un apport alimentaire en 4 semaines permet de rétablir une bonne santé. C'est la forme la plus fréquente dans les situations d'urgence et de soudure. L'émaciation traduit un problème conjoncturel ; elle touche près de 10% des enfants de 0 à 59 mois, et un peu moins de 1% dans sa forme sévère selon les régions. Cependant, l'indice poids/taille présente quelques insuffisances ; en effet, il ne permet pas de différencier un enfant trop petit pour son âge (parcequ ayant souffert de la Malnutrition Proteino-Calorique dans son enfance) d'un enfant de taille satisfaisante. La malnutrition aigüe sévère peut être divisée en trois grandes entités cliniques à savoir : le marasme, le kwashiorkor, et le kwashiorkor-marasmique (forme mixte).

I.3.2.2. Malnutrition chronique ou retard de croissance

Elle est aussi mesurée par l'indice taille/âge, et se caractérise par des enfants rabougris (trop petits pour leurs âges). Elle peut être causée par un déficit chronique in utero ou des infections multiples. Elle apparaît au-delà de 24 mois et est irréversible (Mario *et al.* (2009). Elle traduit en générale un problème constitutionnel. L'indice taille/âge ne permet cependant pas de différencier deux enfants de même taille et de même âge, dont l'un serait trop maigre (émacié) et l'autre trop gros (obèse).

I.3.2.3. Malnutrition globale ou insuffisance pondérale

Selon l'OMS (2007), cette forme de malnutrition est également mesurée par l'indice poids/âge pour identifier un enfant ayant un faible poids selon son âge. Cet indice est utilisé en consultation pour le suivi individuel de l'enfant. L'indice Poids/Âge ne permet malheureusement pas de différencier deux enfants, de même poids et de même âge dont l'un serait grand et maigre (émacié) et l'autre plus petit et plus gros (retard de croissance).

I.3.3. Déterminants de la malnutrition

Dans la pratique, on reconnaît trois types de déterminants de la malnutrition qui sont : les déterminants : socio-économiques, socio-culturels, et politico-sanitaires.

I.3.3.1. Déterminants socio-économiques

En 2001, Aderman *et al.* ont démontré que dans plusieurs pays et principalement au niveau des ménages, une croissance soutenue du revenu peut réduire de façon appréciable la sous-nutrition dans la décennie suivante. Ces auteurs ont affirmé qu'en maintenant une croissance constante des infrastructures domestiques, le taux de malnutrition (traduit par de faibles valeurs de l'indice poids/âge) devrait diminuer si les pays atteignent une bonne croissance du revenu par habitant de 2,5 % par an. Ceci permettrait aux infrastructures communautaires et aux ménages d'atteindre, avec le temps, une réduction de 34 % des taux nationaux d'insuffisance pondérale.

I.3.3.2. Déterminants socio-culturels

L'analyse socio-culturelle des facteurs de la malnutrition met l'accent sur le principe de diffusion des connaissances, du savoir-être et du savoir-faire, qu'apporte l'éducation moderne en terme d'éveil, de liberté de communication, d'interrelations, d'acculturation ou d'assimilation des pratiques adéquates des soins ou de nutrition aussi bien au niveau des ménages qu'à celui de la communauté (Edoum & Mongbo, 2020). Cette approche culturelle de l'analyse des déterminants de la malnutrition a néanmoins des limites ; en effet, elle se focalise sur le rôle de l'éducation ou des connaissances de la femme. Pourtant l'ignorance des parents sur la malnutrition des enfants est un problème majeur. Dans les sociétés très traditionnelles des pays du Sahel, les différences de niveaux d'éducation entre la femme et l'homme auraient certainement un impact en termes de connaissances de l'importance de la malnutrition de l'enfant, de l'amélioration des pratiques nutritionnelles, ainsi que de la prise de décision pour le recours aux soins thérapeutiques dans un centre de santé (Edoum & Mongbo, 2020).

I.3.3.3. Déterminants politico-sanitaires

La littérature précise que la volonté manifeste et l'engagement des décideurs politiques d'un pays à lutter contre la malnutrition des enfants sont indispensables. Ils doivent se traduire par la définition des priorités et des buts clairs et précis, la définition des règles adéquates, la mobilisation des investissements financiers requis, l'opérationnalisation effective des stratégies et des plans d'actions par des institutions fonctionnelles établies (USAID, 2018).

Dans son rapport annuel de 2012 sur la situation alimentaire et nutritionnelle mondiale, la FAO indique que l'engagement politique et les investissements publics sont les piliers pour obtenir des progrès dans la production agricole et l'accessibilité alimentaire afin de réduire la sous-nutrition.

La situation sanitaire est caractérisée par la prévalence des maladies à potentiel épidémique, telles que le choléra et la rougeole, aggravée par la faiblesse du système de santé, des mauvaises pratiques d'hygiène et par le faible accès à l'eau et l'assainissement (USAID, 2018). De ce fait, la faiblesse du système de santé, le problème d'accessibilité aux centres de soins, à la pharmacie et à l'eau, constituent des déterminants essentiels de la malnutrition.

I.3.4. Malnutrition et maladies infectieuses

La relation entre la malnutrition et les infections a fait l'objet de plusieurs études à travers le monde (Latham, 2001). Ceux des travaux portant sur la mortalité des enfants ont montré que dans la plupart des pays pauvres, les problèmes nutritionnels liés aux infections sont les causes directes de morbidité ou de mortalité chez les enfants. Ainsi selon l'OMS (2004), plusieurs études menées en milieu hospitalier confirment l'étroite relation entre la malnutrition et les infections telles que les parasitoses intestinales, les maladies respiratoires, la rougeole et le Sida, même si l'état nutritionnel de l'enfant avant la maladie est mal connu. Ces études révèlent que le risque de décès dû à la rougeole, au paludisme ou à d'autres infections graves, augmente lorsqu'un enfant de moins de cinq ans présente un mauvais état nutritionnel au moment de l'hospitalisation. Dans ce cas, la malnutrition joue le rôle de facteur associé. Dans le même ordre d'idée, Latham (2001) soutient qu'il s'agit plutôt d'une interrelation qui s'explique par le fait qu'une mauvaise nutrition accentue la gravité des maladies infectieuses, de même que les infections aggravent la malnutrition chez les enfants. Ainsi, Latham argue que : la présence simultanée de la malnutrition et des infections a des conséquences plus sérieuses sur l'hôte que si les deux fonctionnent séparément. L'OMS (2004) aussi indique que

dans de nombreux pays en développement, surtout dans les familles pauvres, les enfants qui ne reçoivent pas une nourriture de qualité et en quantité suffisante perdent du poids et leur croissance ralentit. De plus, en cas d'infection leur état favorise des épisodes plus longs, plus graves et plus fréquents de la maladie. Il est d'ailleurs évident que lorsqu'un individu souffre de malnutrition, son organisme n'a plus les mêmes capacités à se défendre que quand il était en bonne santé (Stephenson *et al.*, 2000). Ces auteurs insistent sur le fait que les maladies dues aux carences alimentaires peuvent avoir une conséquence néfaste sur le système immunitaire ; dans ces cas, certains mécanismes de défense naturelle de l'organisme sont altérés et ne fonctionnent plus correctement. D'un autre côté, les infections entraînent souvent des vomissements accompagnés de fièvre chez l'enfant ; ceci peut entraîner une perte d'appétit, des difficultés d'absorption de nutriments auxquelles s'ajoutent des troubles du métabolisme et parfois du comportement chez ce dernier (Stephenson *et al.*, 2000).

CHAPITRE II : CADRE GEOGRAPHIQUE, MATERIEL ET METHODES

II.1. Cadre géographique

II.1.1. Situation géographique du Tchad

Le Tchad est un pays de l'Afrique Centrale entièrement enclavé. Il est situé au cœur du continent entre les 7^{ème} et 24^{ème} degré de latitude nord et les 13^{ème} et 24^{ème} degré de longitude Est (INSEED, 2012). Il couvre une superficie de 1.284.000 Km² et est limité : au Nord par la Libye, au Sud par la République Centrafricaine, à l'Ouest par le Cameroun, le Nigeria et le Niger, à l'Est par le Soudan et le Soudan du Sud (Figure 8). Le réseau hydrographique de ce pays est dominé par deux fleuves, le Chari et le Logone, et cinq lacs (le lac Tchad, le lac Fitri, le lac Iro, le lac Léré, et le lac Tekem) (Figure 9). Les eaux de ces fleuves et lacs sont très poissonneuses mais sont rendues dangereuses par plusieurs maladies qu'on peut contracter dont, par exemple, la bilharziose. Le Tchad est administrativement organisé en 23 provinces, 61 départements, 300 sous-préfectures, de milliers de cantons et villages (Figure 8). Avec un taux de croissance actuel de 3,6%, la population tchadienne est passée de 11 175 915 habitants en 2009 à plus de 16,6 millions d'habitants en 2019 ; la population rurale représente un peu plus de 78% des tchadiens (INSEED, 2019). Malgré l'exploitation du pétrole depuis octobre 2003, ce pays présente des indicateurs sociaux très bas. En 2014, il occupait le 183^{ième} rang sur 186 avec un indice de développement humain (IDH) de 0,39. Le système national de santé est peu performant à cause de l'insuffisance des ressources humaines qualifiées, et du manque ou de l'insuffisance des infrastructures hospitalières et routières (OMS, 2017). Le Tchad est subdivisé en trois zones écologiques (Figure 9) : la zone saharienne, la zone sahélienne et la zone soudanienne (Ministère de l'Agriculture/MINAGRI, 2013).

La zone saharienne, au nord, couvre une superficie de 780 000 km² avec une pluviométrie pratiquement nulle (Inférieure à 250 mm/an) (MINAGRI, 2013). Elle est caractérisée par la permanence des vents desséchants et des températures élevées en journée (13°C à 29°C en janvier et 25°C à 44°C en mai). Dans cette zone de palmiers dattiers et d'élevage des camélins, l'agriculture se pratique autour des points d'eau appelés oasis.

La zone sahélienne, au centre, couvre une superficie de 374 000 km² avec des précipitations annuelles variant entre 300 et 650mm (MINAGRI, 2013). Bien que confrontée à une insuffisance d'eau, cette zone produit de la gomme arabique, des céréales (mil, sorgho, maïs), des oléagineux (arachides, sésame, voandzou), et quelques plantes tuberculeuses (patate douce, manioc). Son climat est de type sahélien. C'est une zone de cultures maraîchères et d'élevage extensif des bovins et de petits ruminants.

La zone soudanienne, au Sud, couvre 130 000 km² de superficie. C'est la partie la plus arrosée au Tchad car elle reçoit entre 650 mm et 1200 mm de pluies par an (MINAGRI, 2013). Son climat, de type tropical, est favorable à la culture du coton, des oléagineux et des légumes (arachides, niébé, sésame, voandzou ou pois de terre, et plus récemment du soja), des céréales (mil, sorgho, riz), des tubercules (manioc, patate douce, igname, taro), etc. Les cultures maraîchères y sont également bien développées ainsi que celles de décrue le long des cours d'eau.

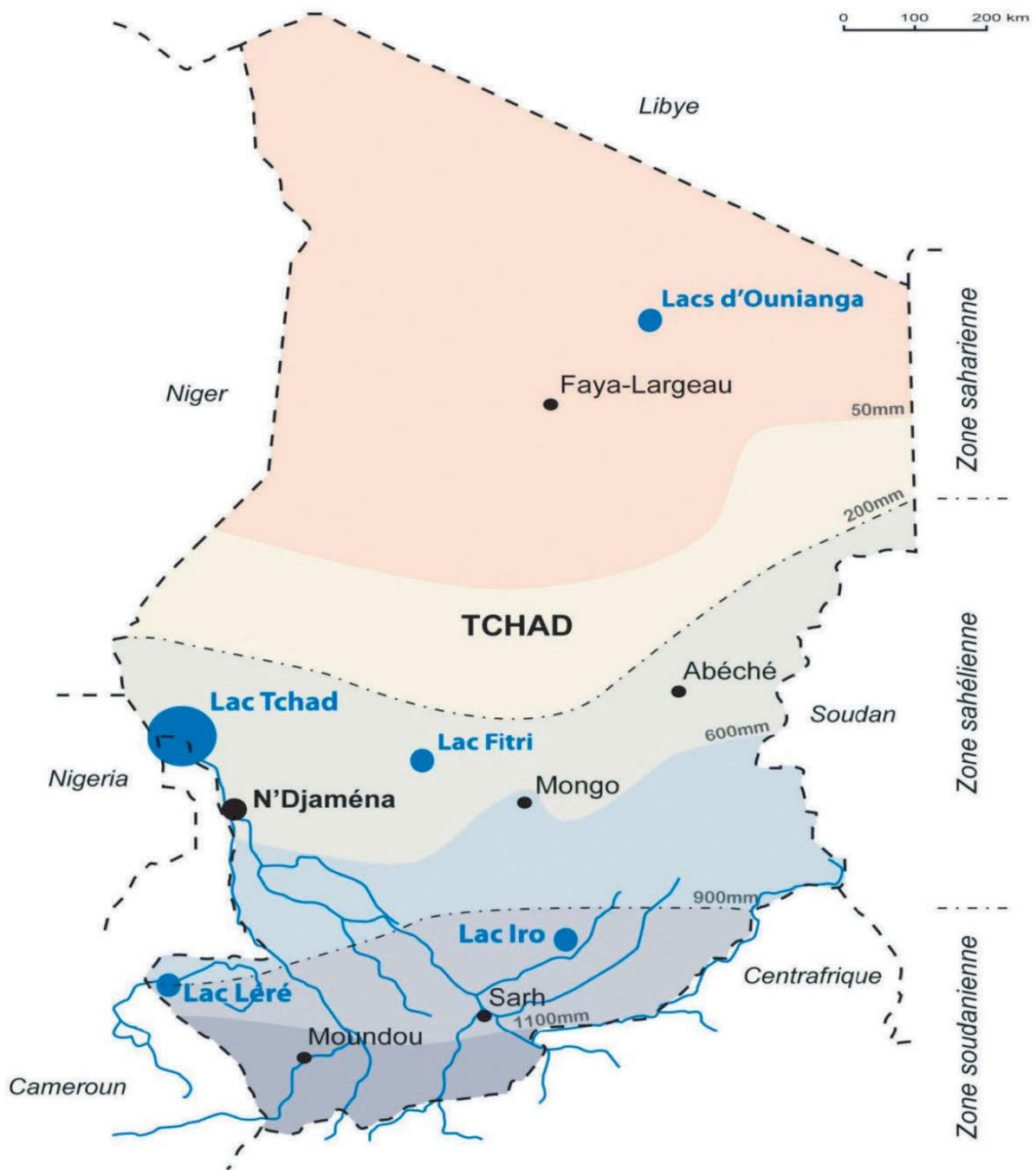


Figure 9 : Zones écologiques et réseaux hydrographiques du Tchad (Anonyme, 2023).

II.1.2. Sites d'étude

La présente étude a été menée dans deux des trois zones écologiques du Tchad à savoir : les zones sahélienne et soudanienne. Deux provinces (le Chari-Baguirmi et N'Djaména) ont été retenues dans la zone sahélienne, et 5 autres (le Logone occidental, le Logone oriental, le Mayo-kebbi Est, le Moyen-Chari, et la Tandjilé) dans la zone soudanienne (Figure 10). Dans chaque chef-lieu de province, une (1) à cinq (5) écoles en milieu rural ont été aléatoirement choisies pour les enquêtes. Au total, dix-neuf (19) écoles dont treize (13) dans la zone soudanienne et six

(6) dans la zone sahélienne ont été retenues (Tableau I) pour l'enrôlement des écoliers et donc la collecte des échantillons biologiques (selles et urines). Les examens parasitologiques des selles et des urines ont été réalisés dans le laboratoire de l'hôpital provincial de chaque site d'étude, hormis pour les échantillons de la province de N'Djaména et ceux du Chari-baguirmi, qui ont été analysés au Laboratoire de Parasitologie et Mycologie de la Faculté des Sciences de la Santé Humaine de l'Université de N'Djaména.



Figure 10 : Sites d'étude (Anonyme, 2023).

Tableau I : Coordonnées des sites d'étude

Zones écologiques	Provinces	Ecoles	Coordonnées GPS		
			Latitudes	Longitudes	Altitudes (m)
Zone sahélienne	Chari-Baguirmi	Marmatodji	11°59'30.98''N	15°08'23.66''E	297
		Adassakine	12°11'21.14''N	14°59'19.97''E	299
		Boutalwali	12°10'08.52''N	14°58'42.00''E	295
	N'Djaména	Gaoui	12°10'38.68''N	15°8'42;00''E	293
		Gardolé	12°2'56.98''N	15°5'5.63''E	297
		Zaraf	12°8'26.02''N	14°57'39.66''E	298
Zone soudanienne	Logone Occidental	Koutou	08°36'44.56N	16°03'49.40 ^E	319
		Internant	08°34'48.92''N	16°01'47.69''E	321
		Bedobna	8°72063339	16°8508531	332
		Bessama	8°6438234N	16°9140955	330
	Logone Oriental	Nankéssé	8°7268595	16°8083002	331
		Djarabou	N10°20.441'	E15°26.203'	324
	Mayo Kebbi-Est	Guisédé	N10°17.872'	E015°28.272'	343
		Tchinvogo	N10°21.441'	E015°26.717'	333
	Moyen-Chari	Bezo	9°1343062N	18°3742147 ^E	325
		Elibongo	9°265766N	18°3157748E	323
	Tandjilé	Guidjina	N09°19.850'	E016°13.652'	362
		Tamyo	N09°14.538'	N016°17.207'	364
		Tchoua	N09°19.218'	E016°04.966'	370

II.2. Matériel et méthodes

Le matériel utilisé dans ce travail sera présenté ou cité lors de la description des méthodes d'analyse utilisées.

II.2.1. Echantillonnage

II.2.1.1. Considérations éthiques

Le protocole de la présente étude a été approuvé par le Comité National de Bioéthique du Tchad, sous le numéro : 014/PR/MESRI/DGM/CNBT/SG/2021 (Annexe 3). Les autorisations nécessaires pour la bonne conduite de ce travail ont été obtenues auprès du Ministère de la Santé Publique et de la Solidarité Nationale (Annexe 4) puis auprès du Ministère de l'Education Nationale et de la Promotion Civique (Annexe 5). Un consentement éclairé a été obtenu, par écrit, auprès du parent ou du tuteur légal de chaque participant avant son inclusion dans l'étude.

II.2.1.2. Période et population d'étude

Cette étude transversale et descriptive a été menée en deux phases. La première phase s'est déroulée entre les mois de mars et avril 2021. Elle a consisté en la prospection des lieux et la sélection des 19 écoles publiques incluses dans ce travail (Tableau I). La deuxième phase a été celle de la collecte et de l'analyse parasitologique des échantillons biologiques ; elle a été réalisée de septembre 2021 à février 2022. L'âge des élèves a varié de 5 à 18 ans suivant les recommandations de l'OMS (2004) pour la mise en œuvre d'une telle étude. Les participants étaient soumis à des critères d'inclusion et de non inclusion.

*** Critères d'inclusion**

Était inclus dans l'étude tout sujet masculin ou féminin régulièrement inscrit dans l'une des 19 écoles sélectionnées, résidant dans la zone d'étude depuis au moins 6 mois, n'ayant pas été déparasité dans les 3 mois précédant notre arrivée dans son établissement scolaire, et que le parent ou tuteur a donné un accord d'inscription.

*** Critères de non inclusion**

Était exclu de cette étude, tout enfant non inscrit dans l'une des 19 écoles primaires sélectionnées, inscrit dans l'une des écoles mais déparasité moins de trois mois avant notre arrivée dans son établissement scolaire, ou dont le parent ou le tuteur n'a pas donné un accord d'inscription.

II.2.1.3. Recrutement des participants

La technique de recrutement des participants utilisée est celle en grappes, à trois niveaux (Fleis, 1981). Le premier degré de sondage a consisté à choisir deux zones écologiques sur les trois que compte le Tchad. Le choix des deux zones écologiques (zone soudanienne et zone sahélienne) a été fait en tenant compte des conditions écologiques, hygiéniques et climatiques, favorables à la transmission, au développement et à la persistance des helminthes intestinaux. Le deuxième niveau de sondage a consisté à recenser les provinces de chaque zone et d'y effectuer un tirage au hasard. Le troisième degré de sondage a consisté à tirer de façon aléatoire une (1) à cinq (5) école (s) dans chaque capitale provinciale. Enfin, dans chaque école retenue, 2 à 3 classes ont été tirées au sort tout comme les élèves à inclure dans l'étude. Cette technique d'échantillonnage a permis de recruter 1443 élèves dans les 19 écoles des zones sahélienne (6) et soudanienne (13) retenues pour cette étude. Deux jours avant le recrutement des participants et la collecte des échantillons de selles et d'urines, une visite a été organisée dans chaque école retenue. Des informations sur les objectifs de l'étude, la procédure, les risques potentiels

encourus, les bénéfices éventuels et la confidentialité des résultats ont été données aux responsables administratifs, aux enseignants et aux élèves. Après cet entretien, une fiche d'enquête (concernant les données socio-démographiques et anthropologiques, annexe 1) et une fiche de consentement éclairé (adressée au parent ou au tuteur, annexe 2) ont été remises à chaque élève inclus dans l'étude. Le jour du prélèvement, les deux fiches ont été récupérées et un numéro d'anonymat a été attribué à chaque élève enrôlé dans l'étude. Dans le cadre de cette étude poids de chaque élève a été mesuré à l'aide d'une balance numérique portable (Marque INEVIFIT), et sa taille à l'aide d'un mètre ruban.

La taille minimale N de l'échantillon a été déterminée grâce à la formule de Lorentz (Zineb *et al.*, 2020) : $N = \frac{t^2 P(1-p)^2}{m^2}$ où :

- p est la prévalence des helminthiases ; ici nous nous sommes référés aux travaux de Hamit *et al.* (2013) qui rendent les prévalences globales des helminthiases dans les zones soudanienne (68,4%) et sahélienne (49,1%) du Tchad ;
- t est la valeur associée à un niveau de confiance dans la table de l'écart réduit, soit 1,96 ;
- m est la marge d'erreur à 5%, soit 0,05.

Ainsi, les tailles minimales des échantillons sont : $N_{So} = \frac{1,96^2 \times 0,684 \times (1-0,684)^2}{0,05^2} = 338$

participants en zone soudanienne ; $N_{Sa} = \frac{1,96^2 \times 0,491 \times (1-0,491)^2}{0,05^2} = 384$ participants en zone sahélienne.

II.2.1.4. Collecte et transport des échantillons biologiques

À la suite de l'enrôlement, deux (2) pots stériles de 60 ml, à fermeture hermétique et étiquetés du même numéro anonyme, ont été remis à chaque participant. Des informations sur les précautions à prendre au moment du recueil des selles et des urines lui ont été données. Les échantillons (de selles et des urines) recueillis ont été rassemblés et introduits dans une glacière contenant des blocs de glace, et transportés jusqu'au laboratoire pour les analyses ultérieures.

II.2.2. Examens parasitologiques des selles et des urines

II.2.2.1. Examen des selles

L'examen parasitologique des selles a été macroscopique puis microscopique utilisant la méthode quantitative de Kato-katz (OMS, 1994).

*** Examen macroscopique**

L'examen macroscopique consistait à rechercher la présence éventuelle des vers adultes dans la selle, et à noter la couleur (blanche, brune, noire) et la consistance (molle, dure, diarrhéique, glaireuse et pâteuse) de celle-ci.

*** Examen microscopique par la méthode quantitative de kato-katz**

La méthode de Kato Katz (OMS, 1994) a permis de concentrer et d'identifier les œufs ou larves d'helminthes intestinaux, et d'évaluer leurs charges ovulaires. Pour ce faire, une portion de selle tamisée a servi à remplir soigneusement le trou (6 mm de diamètre sur 1,5 mm d'épaisseur) du gabarit placé sur une lame porte-objet propre. Après le retrait du gabarit, la matière fécale posée sur la lame a été recouverte d'un rectangle de cellophane préalablement trempé dans une solution de kato (vert de malachite) préparée au moins 24h avant. À l'aide d'un tube à essai, la matière fécale placée entre la lame et le papier cellophane a été répartie uniformément de façon qu'il soit possible de lire des caractères d'un journal au travers. L'excès de la solution de Kato a été essuyé avec un morceau de papier hygiénique. Au bout de 30 minutes, les œufs de *Ancylostoma* spp. ont été recherchés au microscope, ensuite ceux des autres parasites après un temps d'éclaircissement suffisant (OMS, 1994). L'observation microscopique a été faite à l'objectif x10 puis à l'objectif x40 pour mieux apprécier le contraste des éléments. L'identification des formes parasitaires a été faite à l'aide des plaques d'identification des parasites intestinaux (OMS, 1994) et sous le contrôle d'un laborantin expérimenté.

II.2.2.2. Examen des urines

Chaque échantillon d'urine a, tour à tour, subi un examen macroscopique, un test à la bandelette urinaire, et un examen microscopique après centrifugation comme indiqué dans la page suivante.

*** Examen macroscopique**

L'examen macroscopique a permis de noter la couleur et l'aspect (trouble, translucide et hématurique) de chaque échantillon d'urine.

*** Test à la bandelette réactive urinaire**

Ce test utilise une bandelette qui présente des zones réactives de chimie sèche permettant de reconnaître dans l'urine, la présence de leucocytes, des érythrocytes, de nitrites, des protéines, etc. (Latini *et al.*, 2009). Dans le cadre de cette étude, l'accent a été mis uniquement sur la présence ou l'absence des érythrocytes, grâce aux bandelettes réactives UroColorTM10. Dans la

pratique, on immerge une bandelette (1 seconde au maximum) dans de l'urine fraîchement émise en humectant entièrement toutes les zones réactives. Ensuite on élimine l'excédent d'urine sur du papier absorbant et on lit le résultat après une minute. Cette lecture est en fait la comparaison de la couleur obtenue sur la bandelette à celle se trouvant sur le flacon (Latini *et al.*, 2009). Selon les recommandations du fabricant, trois niveaux de microhématurie sont définis : + : faible hématurie, ++ : hématurie moyenne, +++ : forte hématurie.

*** Centrifugation des urines**

Après homogénéisation de chaque échantillon d'urine prélevé, un volume de 10 ml a été introduit dans un tube à fond conique qui a subi une centrifugation à 5000 tours/min pendant 5 minutes. Le surnageant a été éliminé et le culot entièrement lu entre lame et lamelle à l'objectif 10X puis à l'objectif 40X.

II.2.3. Classification des charges ovulaires et du niveau d'infestation helminthique

Dans le cas des helminthiases intestinales, un élève était considéré parasité lorsqu'il avait éliminé un ver adulte ou lorsque l'examen microscopique de sa selle avait révélé la présence d'au moins une larve ou un œuf d'helminthe. Concernant la bilharziose urinaire, un élève était considéré positif à l'infection lorsque l'examen microscopique de son urine avait révélé la présence d'au moins un œuf de *Schistosoma haematobium*.

Les charges ovulaires ont été catégorisées suivant les recommandations de l'OMS (2004). Cette classification ne concerne que les géohelminthes (*A. lumbricoides*, *Ancylostoma* spp) et les schistosomes (*S. mansoni* et *S. haematobium*). Les charges ovulaires d'une espèce d'helminthe donnée peuvent être légères, modérées ou fortes après l'examen par la méthode de Kato-katz (Tableau II). En ce qui concerne le niveau de prévalence, lorsque celle d'une espèce d'helminthe est supérieur ou égal à 70%, elle est dite forte ; lorsqu'elle est comprise entre 50% et 69%, elle est dite modérée ; enfin lorsque le taux d'infestation est strictement inférieur à 50%, il est dit faible (OMS, 2004). Dans le cas des infestations à schistosomes, un taux d'infestation supérieur ou égal à 50% est dit élevé ; s'il est compris entre 10% et 49%, il est considéré modéré ; et lorsqu'il est inférieur à 10%, il est dit faible (OMS, 2004).

Tableau II : Classes d'intensité des géohelminthes et des schistosomes (OMS, 2004)

Parasites	Niveaux d'infestation		
	Infection légère	Infection modérée	Infection fortes
<i>A. lumbricoides</i>	1 - 4999 œufs/g	5000 - 49999 œufs/g	≥50000 œufs/g
<i>Ancylostoma</i> spp	1 - 1999 œufs/g	2000 à 3999 œufs/g	≥4000 œufs/g
<i>S. mansoni</i>	1 à 99 œufs/g	100 à 399 œufs/g	≥400 œufs/g
<i>S. haematobium</i>	1 - 50 œufs/10ml		>50 œufs/10ml d'urine (ou hématurie visible)

II.2.4. Terminologie

La Prévalence est le rapport du nombre n d'échantillons infestés par une espèce d'helminthe donnée dans une population d'hôtes, multiplié par 100, puis divisé par le nombre total N d'échantillons examinés. Sa formule est : $P = \frac{n}{N} \times 100$ (Bush *et al.*, 1997 ; Bouyer *et al.*, 2003). Cette prévalence est synonyme de taux d'infestation.

L'infrapopulation représente tous les individus d'une espèce parasite présents sur ou dans un seul individu hôte (Combes, 1995).

La xénopopulation est l'ensemble des infrapopulations d'une espèce hôte en un temps et lieu donné (Combes, 1995).

L'infracommunauté est l'ensemble des individus parasites, toutes espèces confondues, vivant sur ou dans un seul individu hôte (Combes, 1995).

II.2.5. Analyses des données

Les données acquises ont été saisies dans un tableur Microsoft Excel 2016 qui a également servi à la construction des graphiques ; elles ont ensuite été transférées dans le logiciel SPSS 25.0 pour des analyses statistiques. Les fréquences de présence des œufs, larves, et adultes des différentes espèces parasites ont été déterminées. Le test de chi carré (χ^2) a permis de comparer les fréquences d'isolement des différentes espèces parasites entre : les zones écologiques, les provinces, les écoles, les genres et les tranches d'âges. Pour des effectifs inférieurs à 5, le test χ^2 corrigé de Yates et le test exact de Fisher ont été utilisés pour comparer les proportions.

Vu que l'hypothèse de normalité n'a pas été vérifiée dans nos échantillons, le test de Kruskal-Wallis a servi à comparer les charges ovulaires entre 3 ou plusieurs variables ou modalités. Lorsque cette comparaison multiple a révélé une différence significative, le test de Mann-Whitney a permis de parachever la comparaison 2 x 2.

L'analyse des associations parasitaires interspécifiques a été faite par le calcul des indices écologiques suivants : l'indice D de Dice, le coefficient de corrélation de point ϕ , et l'indice F de Forbes.

L'indice D de Dice mesure le degré d'associations interspécifiques binaires. Il donne le rapport du nombre de cas où deux espèces de parasites P_1 et P_2 sont associées sur le nombre total de cas où P_1 et P_2 sont associés ou non associés (Combes, 1983).

Sa formule est : $D = \frac{2a}{2a+b+c}$ où

a = nombre d'individus hôtes chez lesquels les deux espèces parasites P_1 et P_2 se retrouvent ensemble ;

b = nombre d'individus hôtes n'hébergeant que l'espèce P_1 ;

c = nombre d'individus hôtes n'hébergeant que l'espèce P_2 .

Lorsque $D \leq 0,09$, l'association est très faible ; lorsque $0,10 \leq D \leq 0,24$: l'association est faible ; lorsque $0,25 \leq D \leq 0,49$, l'association est moyenne ; lorsque $D \geq 0,5$ l'association est très forte (Combes, 1983).

Le coefficient de corrélation de point ϕ mesure la déviation du degré d'association parasitaire par rapport au hasard (Combes, 1983). Sa formule est : $\phi = \frac{ad-bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(c+d)(b+d)}}$ où

a = nombre d'individus hôtes hébergeant les deux espèces de parasites P_1 et P_2 en même temps ;

b = nombre d'individus hôtes hébergeant uniquement l'espèce de parasite P_1 ;

c = nombre d'individus hôtes hébergeant uniquement l'espèce de parasite P_2 ;

d = nombre d'individus n'hébergeant aucune des deux espèces de parasites P_1 et P_2 .

Le coefficient de corrélation de point ϕ varie de -1 à +1, et vaut 0 lorsque le nombre de coïncidences répond aux lois du hasard. Si $\phi = -1$, il y a exclusion parfaite ; c'est à dire la présence de l'une des espèces de parasites exclut celle de l'autre espèce et vice versa. Lorsque $\phi = +1$, il y a association parfaite entre les deux espèces de parasites, la présence de l'une implique celle de l'autre. Le test de X^2 ($X^2 = n\phi^2$, $ddl = 1$) permet d'évaluer le degré de cette corrélation.

L'indice de Forbes mesure la déviation des doubles-présences (parasites 2 à 2) par rapport au hasard (Combes, 1983). Sa formule est : $F = \frac{an}{(a+b)(a+c)}$ où

a = nombre d'individus où l'on a rencontré les deux 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.

F varie de 0 à +n. Si F= 1, l'association répond aux lois du hasard ; si F=2, il y a 2 fois plus de coïncidences positives que prévu ; si F=0,5, il y en a deux fois moins de coïncidences, etc. La signification de la déviation par rapport au hasard est évaluée grâce au test de χ^2 . Toute valeur de probabilité $P < 0,05$ indique que la différence notée dans un test est statistiquement significative.

L'indice de masse corporelle (IMC) en fonction de la taille est utilisé dans le dépistage de la malnutrition d'un sujet, enfant ou adolescent de 5 à 18 ans (OMS, 2007). La détermination de l'état nutritionnel de chaque enfant a été faite en deux étapes. L'IMC de chaque élève a été d'abord déterminé selon la formule suivante : $IMC = \frac{Poids (Kg)}{T^2 (m)}$ (OMS, 2007) avec T = taille de l'enfant. Par la suite, son état nutritionnel a été déterminé grâce à la valeur de l'IMC-pour-âge, selon son sexe. La valeur de l'IMC-pour-âge a été obtenue en projetant la valeur de l'IMC calculée pour chaque enfant dans le tableau de l'IMC-pour-âge (annexe 6).

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, 1510 élèves ont été approchés pour prendre part à la présente étude. Parmi eux, 1408 ont procuré, chacun, deux échantillons (selles et urines) ; 35 autres n'ont, chacun, donné que l'échantillon d'urines. Ainsi, le nombre d'échantillons d'urines prélevés était de 1443.

Parmi les 1443 élèves ayant fourni un échantillon d'urines, 490 ont été enrôlés dans la zone sahélienne et 953 dans la zone soudanienne. L'âge des participants a varié de 5 à 18 ans pour une moyenne de $12,17 \pm 2,43$ ans (médiane 12 ans). Trois classes d'âges ont été définies, à savoir celles des écoliers de 5 à 9 ans, 10 à 14 ans et 15 à 18 ans. Les sujets de sexe masculin représentaient 63,06% ($N_m = 910$) de l'échantillon total et ceux de sexe féminin 36,94% ($N_f = 533$). Ainsi, la sex ratio était de 1,70 en faveur du genre masculin. Les élèves de la tranche d'âges de 10 à 14 ans ont fourni plus d'échantillons, soit 1093 (75,74%) contre 152 (10,53%) pour la tranche d'âges de 5 à 9 ans, et 198 (13,72%) pour celle de 15 à 18 ans.

III.1.1.2. Répartition des échantillons selon les zones écologiques

Dans la zone sahélienne, 490 participants ont été recrutés dans six (6) écoles primaires dont cinq (5) dans la province de N'Djaména et une (1) dans celle du Chari-Baguirmi (Tableau III). Ces deux provinces ont fourni respectivement 79,18% ($N_i=388$) et 20,82% ($N_i=102$) des échantillons de cette zone écologique. L'âge des élèves y a varié de 5 à 18 ans avec une moyenne de $12,48 \pm 2,29$ ans (médiane : 13 ans). Par ordre décroissant du nombre d'échantillons biologiques fournis, les élèves de la tranche d'âges de 10 à 14 ans en ont rendu 388, soit 79,18% ; Ils étaient suivis de ceux des 15 à 18 ans avec 64 échantillons, soit 13,06%, et ceux des 5 à 9 ans avec 38 échantillons, soit 7,75%. Par ailleurs, 32,24% ($N_i=158$) des 490 élèves étaient du genre féminin et 67,76% ($N_i=332$) du genre masculin, soit une sex ratio dans cette zone écologique de 2,10 en faveur des garçons.

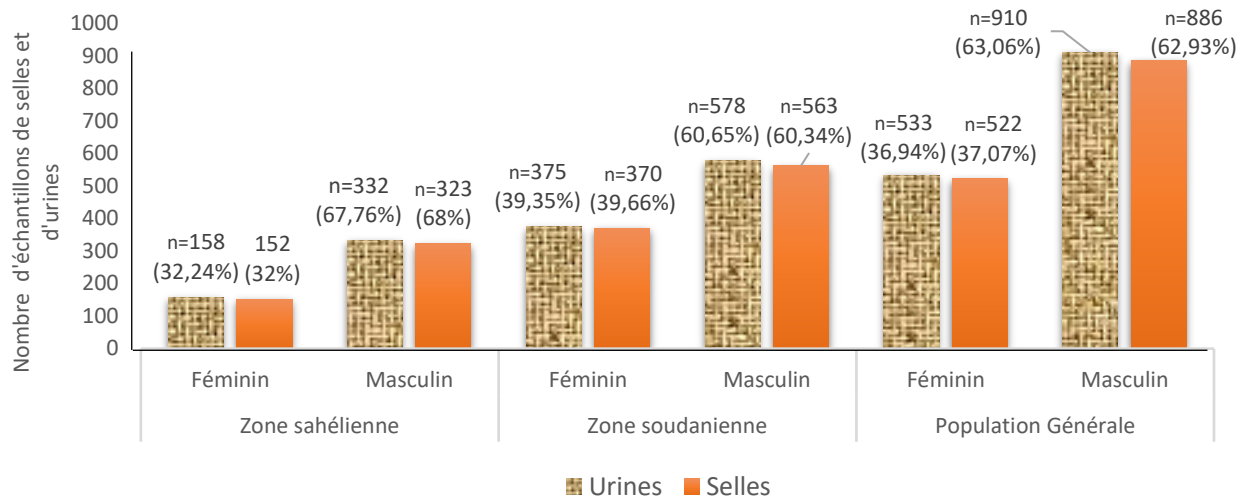
En zone soudanienne, 953 participants ont été recrutés dans 13 écoles primaires de cinq (5) provinces, à savoir : 289 (30,33%) dans la Tandjilé, 250 (26,23%) dans le Logone Oriental, 186 (19,52%) dans le Mayo Kebbi-Est, 142 (14,90%) dans le Logone Occidental, et 86 (9,02%) dans le Moyen-Chari. La répartition des participants par tranche d'âges a donné le profil suivant : 114 (11,96%) élèves dans la tranche des 5 à 9 ans, 705 (73,98%) dans la tranche des 10 à 14 ans, et 134 (14,06%) dans la tranche des 15 à 18 ans. Dans cette zone soudanienne, l'âge moyen des élèves enrôlés était de $12,01 \pm 2,48$ (médiane : 12ans). Les élèves du genre masculin étaient plus représentés avec 578 (60,65%) garçons contre 375 (39,35%) filles, soit une ratio de 1,54 en

faveur des garçons (Figure 11). La répartition de l'ensemble des échantillons (de selles et d'urines) est présentée dans le Tableau suivant.

Tableau III : Répartition des échantillons de selles et d'urines selon les zones écologiques, les provinces et les écoles

Zones écol.	Provinces	Echantillons par Ecole			Sous-total par Province		Sous-total par Zone écologique	
		Ecoles	Urines	Selles	Urines	Selles	Urines	Selles
			n _u (%)	n _s (%)	n _u (%)	n _s (%)	n _u (%)	n _s (%)
Zsa	ChBa	Marm	102 (7,07)	97 (6,89)	102 (7,07)	97 (6,89)	490 (33,96)	475 (33,74)
		Adas	78 (5,40)	75 (5,33)				
	NDja	Bout	78 (5,40)	76 (5,40)				
		Gard	82 (5,68)	79 (5,61)	388 (26,89)	378 (26,85)		
		Gaou	94 (6,51)	93 (6,61)				
		Zara	56 (3,88)	55 (3,91)				
Sous total 1		6 écoles	490 (33,96)	475 (33,74)	490 (33,96)	475 (33,74)		
Zso	LOcc	Inte	88 (6,09)	86 (6,11)	142 (9,84)	139 (9,87)	953 (66,04)	933 (66,26)
		Kout	54 (3,74)	53 (3,76)				
	LOri	Bedo	74 (5,13)	71 (5,04)				
		Bess	86 (5,95)	83 (5,89)	250 (17,32)	241 (17,12)		
	MaKE	Nank	90 (6,23)	87 (6,18)				
		Djar	68 (4,71)	66 (4,69)				
	Mchar	Guis	52 (3,60)	52 (3,69)	186 (12,89)	183 (13,00)		
		Tchi	66 (5,57)	65 (4,62)				
	Tand	Bezo	30 (2,07)	30 (2,13)	86 (5,96)	86 (6,11)		
		Elib	56 (3,88)	56 (3,98)				
		Guid	95 (6,58)	92 (6,53)				
		Tamy	96 (6,65)	95 (6,75)	289 (20,03)	284 (20,17)		
Tcho		98 (6,80)	97 (6,89)					
Sous total 2			953 (66,04)	933 (66,26)	953 (66,04)	933 (66,26)		
Total	7	19	1443	1408	1443 (100)	1408 (100)	1443 (100)	1408 (100)

Zones écol. : Zones écologiques ; Zsa : zone sahélienne ; Zso : zone soudanienne ; ChBa : Chari-Baguirmi ; LOcc : Logone occidentale ; LOri : Logone orientale ; MaKE : Mayo-Kebbi Est ; Mchar : Moyen-Chari ; NDja : N'Djaména ; Tand : Tandjilé ; Adas : Adassakine ; Bedo : Bedobna ; Bess : Bessama ; Bout : Boutalwali ; Bezo : Bezo ; Djar : Djarabou ; Elib : Elibongo ; Gaou : Gaoui ; Gard : Gardolé Djédid ; Guid : Guidjina ; Guis : Guiséde ; Inte: Internant ; Kout : Koutou ; Marm : Marmatodji ; Nank : Nankéssé ; Tamy : Tamy ; Tcho : Tchoua ; Tchi : Tchinvogo ; Zara : Zaraf ; n_u : nombre d'échantillons d'urines; n_s: nombre d'échantillons de selles.



n=nombre d'élèves examinés ; (%)= pourcentage

Figure 11 : Nombre et fréquence des échantillons de selles et d'urines obtenus par genre et selon la zone écologique.

III.1.1.3. Diversité biologique parasitaire au sein de la population d'étude

Au total, 10 morpho-espèces regroupées en 8 familles, 6 ordres, 3 classes, et 2 embranchements ont été recensées suivant la classification de Garcia (1999). L'embranchement des Plathelminthes a été le plus diversifié avec 7 espèces parasites (Tableau IV).

Tableau IV : Liste et classification des espèces parasites retrouvées au sein de la population (Garcia, 1999).

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Espèces
Némathelminthes	Nematoda (Phasmidea)	Ascaridida	Ascarididae	<i>Asacris lumbricoides</i> Linnaeus, 1758
			Oxyuridae	<i>Enterobius vermicularis</i> Linnaeus, 1758
		Strongylida	Ancylostomidae	<i>Ancylostoma</i> spp. Dubini, 1843
Plathelminthes	Cestoda	Cyclophyllidea	Hymenolepididae	<i>Hymenolepis nana</i> , Siebold, 1852
			Taeniidae	<i>Taenia saginata</i> Goeze, 1782; <i>Taenia solium</i> Linnaeus, 1758
		Diphyllobothriidea	Diphyllobothriidae	<i>Diphyllobothrium latum</i> Linnaeus, 1757
	Trematoda	Plagiorchiida	Fasciolidae	<i>Fasciola hepatica</i> Linnaeus, 1758
		Diplostomida	Schistosomatidae	<i>Schistosoma haematobium</i> Bilharz, 1852; <i>Schistosoma mansoni</i> Sambo, 1907

III.1.2. Richesse spécifique et abondance parasitaire

Au total 10 espèces d'helminthes parasites ont été diagnostiquées dans l'ensemble des deux zones écologiques : il s'agit de trois (3) Nématodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. et *Enterobius vermicularis*), trois (3) Trématodes (*Schistosoma mansoni*, *Schistosoma haematobium* et *Fasciola hepatica*), et quatre (4) Cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphyllobothrium latum*, *Taenia saginata* et *Taenia solium*). Toutes ont été retrouvées dans la zone soudanienne ; par contre, *Fasciola hepatica* n'a pas été diagnostiqué dans la zone sahélienne. Au sein de la population générale, les élèves ont hébergé 1 à 5 espèces parasites/individu infesté avec une moyenne de $1,46 \pm 0,81$ espèce/porteur. En tenant compte des zones écologiques, cette richesse spécifique moyenne a été légèrement plus élevée en zone soudanienne ($1,57 \pm 0,88$ espèce parasite par individu infesté, avec un maximum de 5 espèces) qu'en zone sahélienne ($1,25 \pm 0,59$ espèce parasite par individu infesté, avec un maximum de 4 espèces).

III.1.3. Prévalences parasitaires générales

III.1.3.1. Helminthes intestinaux

Au total, 505 élèves sur les 1408 échantillonnés étaient porteurs d'au moins une espèce d'helminthe intestinal, soit une prévalence globale de 35,87% (Figure 12). En général, le taux d'infestation par les géohelminthes était inférieur à 50%, donc faible. *Schistosoma mansoni* a infesté modérément les écoliers ($10\% \leq \text{Pr} < 50\%$). Les œufs de *A. lumbricoides* et de *S. mansoni* ont été le plus souvent isolés, soit respectivement chez 16,41% et 14% d'élèves. Les taux de prévalence des autres espèces parasites étaient, par ordre décroissant de : 6,53% pour *H. nana*, 3,98% pour *D. latum*, 3,41% pour *Ancylostoma* spp., 2,98% pour *T. solium*, 2% pour *T. saginata*, 0,71% pour *E. vermicularis*, et 0,36% pour *F. hepatica*.

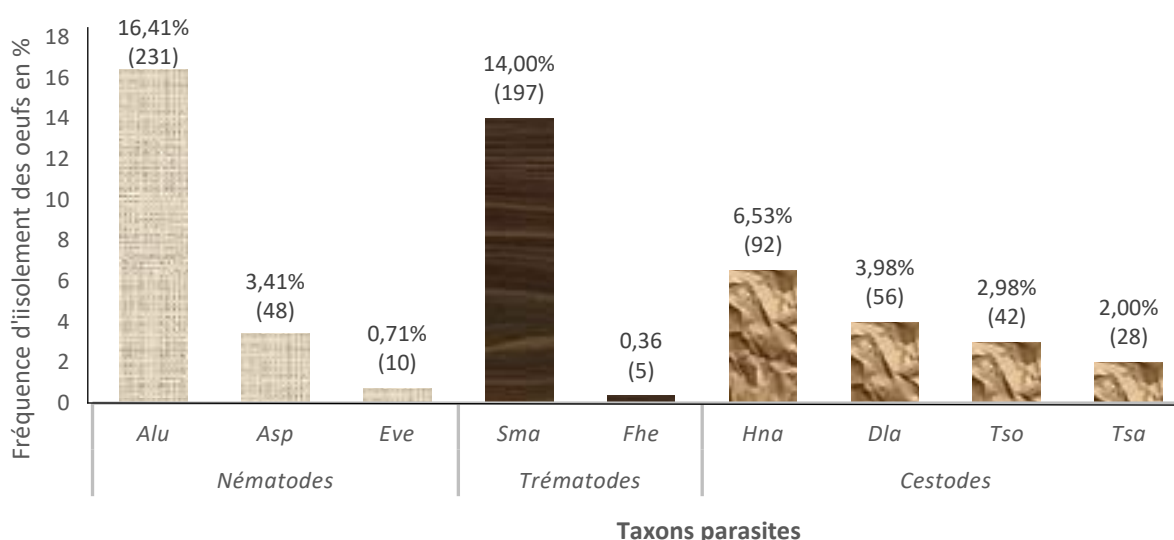


Figure 12 : Fréquences d'isolement des œufs des helminthes intestinaux.

Alu : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* spp. ; *Dla* : *Diphyllobotrium latum* ; *Eve* : *Enterobius vermicularis* ; *Fhe* : *Fasciola hepatica* ; *Hna* : *Hymenolepis nana* ; *Sma* : *Schistosoma mansoni* ; *Tsa* : *Taenia saginata* ; *Tso* : *Taenia solium*. Le nombre d'individus infestés par l'espèce parasite est entre parenthèses.

III.1.3.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Sur les 1443 enfants ayant remis leurs urines, les œufs de *Schistosoma haematobium* ont été retrouvés chez 656 élèves ($\text{Pr} = 45,46\%$) ; la prévalence globale de la bilharziose urinaire était donc modérée pour les deux zones écologiques réunies.

III.1.4. Comparaison des taux d'infestations parasites entre les zones écologiques

III.1.4.1. Helminthes intestinaux

L'espèce *Fasciola hepatica* a été retrouvée chez cinq (5) enfants de la zone soudanienne contre zéro (0) enfant en zone sahélienne (Figure 13). Les taux d'infestations par les autres espèces parasites ont été comparables entre les deux zones écologiques, excepté pour *Schistosoma mansoni* ($P = 0,003$) et *Hymenolepis nana* ($P = 0,02$) plus prévalents en zone soudanienne d'une part et, d'autre part, *Taenia saginata* ($P=0,0001$) plus diagnostiqué en zone sahélienne. Les niveaux d'infestations helminthiques ont été globalement faibles ($Pr < 50\%$) dans les deux zones écologiques, sauf pour *S. mansoni* dont le niveau d'infestation était modéré ($10\% \leq Pr < 50\%$) en zone soudanienne, et faible en zone sahélienne ($Pr = 9,47\% < 10\%$).

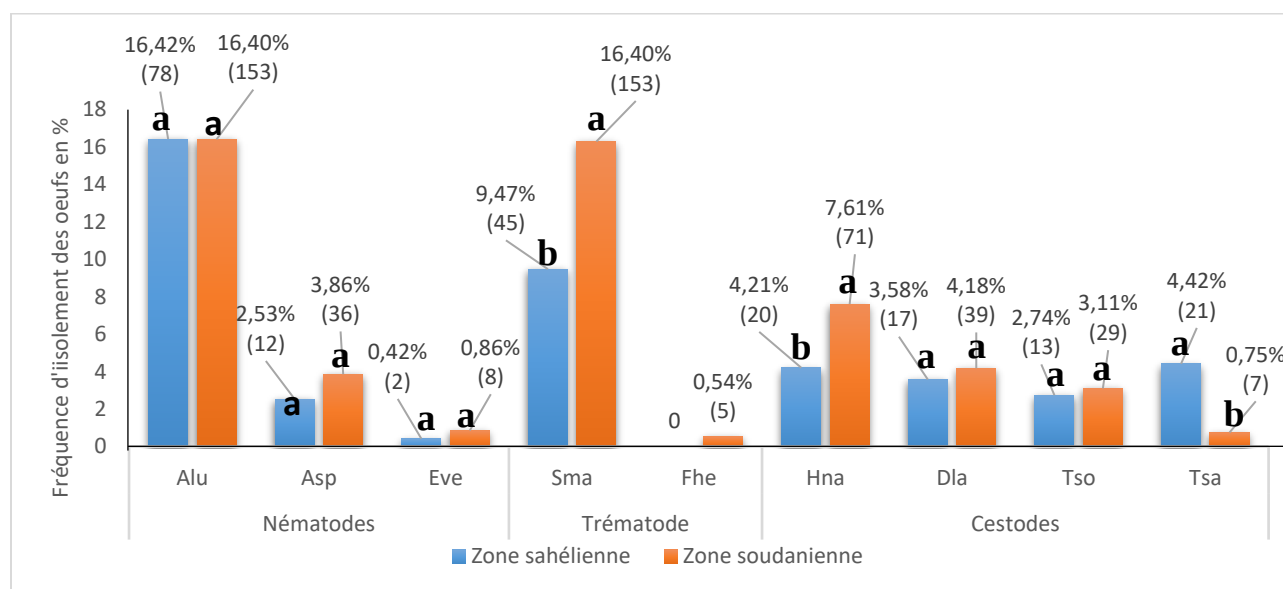


Figure 13 : Prévalences parasites selon les zones écologiques.

Alu : *Ascaris lumbricoides* ; Asp : *Ancylostoma* sp ; Dla : *Diphyllobotrium latum* ; Eve : *Enterobius vermicularis* ; Fhe : *Fasciola hepatica* ; Hna : *Hymenolepis nana* ; Sma : *Schistosoma mansoni* ; Tsa : *Taenia saginata* ; Tso : *Taenia solium*. Les barres flaquées de la même lettre ont des prévalences statistiquement non significatives ($P > 0,05$). NB : le nombre d'enfants examinés était de $N_1 = 933$ en zone soudanienne, et $N_2 = 475$ en zone sahélienne. Les nombres entre parenthèses représentent les individus infestés par chaque parasite.

III.1.4.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Les œufs de *Schistosoma haematobium* ont été relativement plus souvent isolés en zone sahélienne (chez 43,27% des écoliers ; $N_2 = 490$) qu'en zone soudanienne (chez 46,59% des enfants, $N_1=953$) ; sans aucune différence significative de taux d'infestation ($P=0,46$).

III.1.5. Comparaison des taux d'infestations parasitaires entre provinces d'une même zone écologique

III.1.5.1. Helminthes intestinaux

Des neuf (9) espèces d'helminthes parasites intestinaux identifiées, trois (3) n'ont guère été diagnostiquées chez les élèves de certaines provinces (Tableau V). C'était le cas de *T. saginata* (non diagnostiqué dans le Mayo-kebbi-Est), de *E. vermicularis* (non trouvé à N'Djaména), enfin de *F. hepatica* (non observé dans les échantillons de selles des élèves du Chari-baguirmi, de N'Djaména, du Logone Oriental, et de la Tandjilé). En général, les taux d'infestations parasitaires ont été inférieurs à 50%, donc faibles pour tous les parasites dans les différentes provinces, excepté pour *S. mansoni* dont la prévalence a dépassé 50% dans la province du Moyen-chari ($Pr = 56,98\%$) ; elle était donc forte. Entre les deux provinces de la zone sahélienne, le taux de prévalence n'a varié ($P = 0,006$, $\chi^2 = 7,49$, ddl = 1) que pour *S. mansoni*, étant plus élevé dans le Chari-Baguirmi (14,43%) versus 8,20% à N'Djaména. Dans la zone soudanienne, les différences de prévalences parasitaires entre provinces étaient statistiquement significatives pour :

- *Schistosoma mansoni* ($P < 0,0001$, $\chi^2 = 127,03$, ddl = 4) dont la prévalence était plus élevée dans le Moyen-Chari (56,98%) et plus basse dans le Logone oriental (7,88%) et le Logone occidental (7,19%).
- *Ascaris lumbricoides* ($P = 0,001$, $\chi^2 = 17,53$, ddl = 4) avec une prévalence plus élevée dans la Tandjilé (21,83%) et plus basse dans le Logone oriental (8,71%) ;
- *H. nana* ($P = 0,003$, $\chi^2 = 19,52$, ddl = 4) plus prévalent dans le Mayo Kebbi-Est (12,02%) et le Moyen-Chari (16,28%).
- enfin *Ancylostoma* spp. ($P = 0,01$, $\chi^2 = 11,81$, ddl = 4) dont la prévalence était plus élevée (10,47%) dans le Moyen-Chari que dans les autres provinces.

Tableau V : Prévalences des parasites intestinaux par province : analyse intrazonale

Zones écologiques	Provinces	Enfants infestés N ni (%)	Espèces parasites diagnostiquées								
			<i>Sma</i> ni (%)	<i>Alu</i> ni (%)	<i>Hna</i> ni (%)	<i>Tsa</i> ni (%)	<i>Tso</i> ni (%)	<i>Asp</i> ni (%)	<i>Eve</i> ni (%)	<i>Dla</i> ni (%)	<i>Fhe</i> ni (%)
Zsa	ChBa (97)	32 (32,99) ^a	14 (14,43) ^a	21 (21,65) ^a	3 (3,09) ^a	4 (4,12) ^a	2 (2,06) ^a	3 (3,09) ^a	2 (2,06)	2 (2,06) ^a	/
	NDja (378)	122 (32,28) ^a	23 (8,20) ^b	57 (15,08) ^a	17 (4,50) ^a	17 (4,50) ^a	11 (2,91) ^a	9 (2,38) ^a	/	14 (3,70) ^a	/
	P-value	0,89	0,006	0,11	0,53	0,87	0,65	0,69	/	0,42	/
Zso	LOcc (139)	42 (30,22) ^{bc}	10 (7,19) ^c	21 (15,11) ^{ab}	8 (5,76) ^{ab}	3 (2,16) ^a	4 (2,88) ^a	5 (3,60) ^b	1 (0,55) ^a	4 (2,88) ^a	2 (1,44) ^a
	LOri (241)	58 (24,06) ^c	19 (7,88) ^c	21 (8,71) ^b	13 (5,39) ^b	1 (0,41) ^a	6 (2,49) ^a	9 (3,73) ^b	2 (0,83) ^a	7 (2,90) ^a	/
	MaKe (183)	73 (39,90) ^b	34 (18,58) ^b	32 (17,49) ^a	22 (12,02) ^a	/	6 (3,28) ^a	6 (3,28) ^b	1 (0,55) ^a	7 (3,83) ^a	2 (1,09) ^a
	MCha (86)	67 (77,91) ^a	49 (56,98) ^a	17 (19,77) ^a	14 (16,28) ^a	2 (2,33) ^a	3 (3,49) ^a	9 (10,47) ^a	1 (1,16) ^a	4 (3,09) ^a	1 (1,16) ^a
	Tand (284)	111 (39,08) ^b	40 (14,08) ^{bc}	62 (21,83) ^a	14 (4,93) ^b	1 (0,41) ^a	10 (3,52) ^a	7 (2,42) ^b	3 (1,06) ^a	17 (5,99) ^a	/
	P-value	<0,0001	<0,0001	0,001	0,003	0,12	0,96	0,01	0,97	0,40	0,96

Zsa : zone sahélienne ; Zso : Zone soudanienne ; ChBa : Chari-baguirmi ; LOcc : Logone occidentale ; LOri : Logone oriental ; MaKE : Mayo Kebbi-Est ; MCha : Moyen-chari ; NDja : N'Djaména ; Tand : Tandjilé ; *Alu* : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* spp. ; *Dla* : *Diphyllobotrium latum* ; *Eve* : *Enterobius vermicularis* ; *Fhe* : *Fasciola hépatica* ; *Hna* : *Hymenolepis nana* ; *Sma* : *Schistosoma mansoni* ; *Tsa* : *Taenia saginata* ; *Tso* : *Taenia solium* ; ni : nombre d'individus infestés par un parasite ; N : nombre d'enfants examinés par province ; Les pourcentages flaqués de la même lettre dans une colonne ne sont pas statistiquement significatifs (P>0,05).

III.1.5.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Dans la zone sahélienne, aucune différence significative de taux d'infestation par *S. haematobium* n'a été trouvée entre les provinces ($P = 0,42$). Quant à la zone soudanienne, les valeurs de la prévalence de la bilharziose urinaire ne sont comparables qu'entre les provinces de la Tandjilé, du Mayo Kebbi-Est et du Moyen Chari, où elles sont plus élevées d'une part, et entre les provinces du Logone occidental et du Logone oriental où elles sont plus basses d'autre part (Tableau VI). Dans l'ensemble des zones écologiques, les taux d'infestation ont été modérés ($10\% \leq \text{Pr} < 50\%$) dans les provinces du Logone oriental (15,20%), du Logone occidental (23,94%), de N'Djaména (41,7%) et du Chari-Baguirmi (49,02%). Ils ont été élevés ($\geq 50\%$) dans les provinces du Moyen-Chari (58,14%), du Mayo-Kebbi-Est (61,30%), et de la Tandjilé (71,97%).

Tableau VI : Prévalence de *Schistosoma haematobium* par province : analyse intrazonale

Zones [Taille de l'échantillon]	Provinces	Nombre d'enfants examinés	Nombre d'enfants infestés (%)	Valeur de P
Zone sahélienne [490]	Chari-Baguirmi	102	50 (49,02) ^a	0,42
	N'Djaména	388	162 (41,17) ^a	
Zone soudanienne [953]	Logone occidental	142	34 (23,94) ^b	<0,0001
	Logone oriental	250	38 (15,20) ^b	
	Mayo Kebbi-Est	186	114 (61,30) ^a	
	Moyen Chari	86	50 (58,14) ^a	
	Tandjilé	289	208 (71,97) ^a	
Total		1443	656 (45,46)	

Zsa : Zone sahélienne ; Zso : zone soudanienne ; Les pourcentages flaqués de la même lettre ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$).

III.1.6. Comparaison des taux d'infestations parasitaires par école

III.1.6.1. Helminthes intestinaux

Dans la zone sahélienne, aucun enfant n'a émis les œufs de *F. hepatica*. Les œufs de *E. vermicularis* n'ont été isolés que des selles de deux enfants fréquentant l'école de Marmatodji. Aucun émetteur d'œufs de *D. latum* n'a été identifié à Gaoui ; aucun porteur d'*Ancylostoma* spp. n'a été trouvé à Gardolé, aucun porteur d'œufs de *H. nana* n'a été recensé à Adassakine ni à Zaraf (Tableau VII). Des différences de taux d'infestations interscolaires ont été notées pour *S. mansoni* ($P = 0,01$, $\chi^2 = 13,23$, ddl = 5), *A. lumbricoides* ($P = 0,001$, $\chi^2 = 15,52$, ddl = 5), *H. nana* ($P = 0,01$, $\chi^2 = 9,06$, ddl = 5) et *T. saginata* ($P = 0,003$, $\chi^2 = 14,51$, ddl = 5). Dans cette zone, les taux d'infestations helminthiques ont été en général faibles pour tous les parasites, exception faite pour

S. mansoni dont les taux d'infestations ont été d'une part modérés ($10\% \leq \text{Pr} < 50\%$) dans les écoles de Gaoui (10,75%) et Marmatodji (14,43%) et, d'autre part, faibles ($\text{Pr} < 10\%$) dans les écoles de Adassakine (9,33%), Gardolé (8,86%), Boutalwali (7,89%) et Zaraf (1,82%).

Concernant la zone soudanienne, seuls quelques échantillons de selles étaient positifs pour l'espèce *F. hepatica*, soit 2 (2,33%), 2 (3,03%) et 1 (3,33%) respectivement à Internant, Djarabou et Elibongo. De plus, *D. latum* et *T. solium* n'ont pas été diagnostiqués à Guiséde, ni *E. vermicularis* à Bezo, Guidjina, Guiséde, Internant, Nankéssé et Tchinvogo. Enfin, les œufs de *T. saginata* aussi n'ont guère été isolés chez les enfants de Bedobna, Bessama, Djarabou, Guidjina, Guiséde, Internant, Tamyo et Tchinvogo. Des différences de prévalences parasitaires interscolaires ont été relevées pour *S. mansoni* ($P < 0,0001$, $\chi^2 = 185,38$, ddl = 12), *A. lumbricoides* ($P = 0,001$, $\chi^2 = 27,42$, ddl = 12) et *H. nana* ($P = 0,001$, $\chi^2 = 21,35$, ddl = 12). Les taux d'infestations helminthiques ont été faibles pour tous les parasites, sauf pour *S. mansoni* dont une forte prévalence ($\geq 50\%$) a été trouvée à l'école d'Elibongo (80,36%) ; des prévalences modérées ($10\% \leq \text{Pr} < 50\%$) ont été notées dans les écoles de Tamyo (11,58%), Bezo (13,33%), Tchoua (14,43%), Guiséde (15,38%), Guidjina (16,30%), Djarabou (18,18%) et Tchinvogo (21,54%) ; enfin des prévalences faibles ($< 10\%$) ont été trouvées pour les écoles de Nankéssé (4,60%), Koutou (5,66%), Internat (8,14%), Bessama (9,64%) et Bedobna (9,86%).

Tableau VII : Prévalences des helminthes intestinaux par école : analyse intrazonale

Zones écologiques	Ecoles (N)	Enfants infestés (Ni)	Espèces parasites diagnostiquées								
			<i>Sma</i> ni (%)	<i>Alu</i> ni (%)	<i>Hna</i> ni (%)	<i>Tsa</i> ni (%)	<i>Tso</i> ni (%)	<i>Asp</i> ni (%)	<i>Eve</i> ni (%)	<i>Dla</i> ni (%)	<i>Fhe</i> ni (%)
Zsa	Adassakine (75)	24 (32,00) ^a	7 (9,33) ^{ab}	12 (16,00) ^{ab}	/	7 (9,33) ^{ab}	1 (1,33) ^a	5 (6,67) ^a	/	3 (4,00) ^a	/
	Boutalwali (76)	26 (34,21) ^a	6 (7,89) ^{ab}	14 (18,42) ^a	6 (7,89) ^{ab}	1 (1,32) ^b	2 (2,63) ^a	1 (1,32) ^a	/	3 (3,95) ^a	/
	Gaoui (93)	36 (38,70) ^a	10 (10,75) ^{ab}	16 (17,20) ^a	10 (10,75) ^a	2 (2,15) ^{ab}	3 (3,23) ^a	1 (1,08) ^a	/	/	/
	Gardolé (79)	22 (27,84) ^a	7 (8,86) ^{ab}	12 (15,19) ^{ab}	1 (1,27) ^b	1 (1,27) ^b	2 (2,53) ^a	/	/	5 (6,33) ^a	/
	Marmatodji (97)	32 (32,98) ^a	14 (14,43) ^a	21 (21,65) ^a	3 (3,09) ^{ab}	4 (4,12) ^{ab}	2 (2,06) ^a	3 (3,09) ^a	2 (2,06)	3 (3,09) ^a	/
	Zaraf (55)	14 (25,45) ^a	1 (1,82) ^b	3 (5,45) ^b	/	6 (10,91) ^a	3 (5,45) ^a	2 (3,64) ^a	/	3 (5,45) ^a	/
	P-value	0,86	0,01*	0,001*	0,01*	0,003*	0,80	0,17	/	0,87	/
Zso	Bedobna (71)	17 (23,94) ^{cd}	7 (9,86) ^{bd}	4 (5,63) ^c	3 (4,23) ^b	/	3 (4,23) ^a	2 (2,82) ^a	1 (1,41) ^a	3 (4,23) ^a	/
	Bessama (83)	21 (25,30) ^{cd}	8 (9,64) ^c	8 (9,64) ^{bc}	7 (8,43) ^{ab}	/	1 (1,20) ^a	2 (2,41) ^a	1 (1,20) ^a	3 (3,61) ^a	/
	Bezo (30)	15 (50,00) ^{bc}	4 (13,33) ^{bd}	5 (16,67) ^{ac}	3 (10,00) ^{ab}	1 (3,33) ^a	2 (6,67) ^a	3 (10,00) ^a	/	1 (3,33) ^a	/
	Djarabou (66)	20 (30,30) ^{cd}	12 (18,18) ^{bc}	6 (9,09) ^{bc}	6 (9,09) ^{ab}	/	4 (6,06) ^a	2 (3,03) ^a	1 (1,52) ^a	4 (6,06) ^a	2 (3,03) ^a
	Elibongo (56)	52 (92,85) ^a	45 (80,36) ^a	12 (21,43) ^{ab}	11 (19,64) ^a	1 (1,79) ^a	1 (1,79) ^a	6 (10,71) ^a	1 (1,79) ^a	3 (5,36) ^a	1 (3,33) ^a
	Guidjina (92)	35 (38,04) ^{bc}	15 (16,30) ^{bc}	12 (13,04) ^{bc}	5 (5,43) ^b	/	7 (7,61) ^a	2 (2,17) ^a	/	5 (5,43) ^a	/
	Guisédé (52)	28 (53,85) ^b	8 (15,38) ^{bc}	12 (23,08) ^{ab}	9 (17,31) ^a	/	/	2 (3,85) ^a	/	/	/
	Internant (86)	25 (29,07) ^{cd}	7 (8,14) ^c	13 (15,12) ^b	5 (5,81) ^b	/	3 (3,49) ^a	4 (4,65) ^a	/	3 (3,49) ^a	2 (2,33) ^a
	Koutou (53)	17 (32,07) ^{cd}	3 (5,66) ^c	8 (15,09) ^{bc}	3 (5,66) ^b	3 (5,66) ^a	1 (1,89) ^a	1 (1,89) ^a	1 (1,89) ^a	1 (1,89) ^a	/
	Nankéssé (87)	20 (22,98) ^d	4 (4,60) ^d	9 (10,34) ^{bc}	3 (3,45) ^b	1 (1,15) ^a	2 (2,30) ^a	5 (5,75) ^a	/	1 (1,15) ^a	/
	Tamyo (95)	40 (42,10) ^{bc}	11 (11,58) ^{bd}	27 (28,42) ^a	6 (6,32) ^b	/	2 (2,11) ^a	3 (3,16) ^a	2 (2,11) ^a	7 (7,37) ^a	/
	Tchinvogo (65)	25 (38,46) ^{bc}	14 (21,54) ^b	14 (21,54) ^{bc}	7 (10,77) ^{ab}	/	2 (3,08) ^a	2 (3,08) ^a	/	3 (4,62) ^a	/
	Tchoua (97)	36 (37,11) ^c	14 (14,43) ^{bc}	23 (23,71) ^{ab}	3 (3,09) ^b	1 (1,03) ^a	1 (1,03) ^a	2 (2,06) ^a	1 (1,03) ^a	5 (5,15) ^a	/
	P-value	<0,0001	<0,0001	0,001	0,001	0,36	0,33	0,28	0,98	0,85	0,90

Zsa : zone sahélienne, Zso : zone soudanienne ; *Alu* : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* sp ; *Dla* : *Diphyllobotrium latum* ; *Eve* : *Enterobius vermicularis* ; *Fhe* : *Fasciola hépatica* ; *Hna* : *Hymenolepis nana* ; *Sma* : *Schistosoma mansoni* ; *Tsa* : *Taenia saginata* ; *Tso* : *Taenia solium* ; N : nombre d'enfants examinés par école ; Ni : nombre d'enfants positifs par école ; ni : nombre d'individus infestés par un parasite donné ; Les pourcentages flaqués de la même lettre dans la même colonne ne sont pas statistiquement significatifs (P>0,05).

III.1.6.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Dans les deux zones écologiques et selon les écoles (Tableau VIII), les prévalences de la bilharziose urinaire ont été faibles ($< 10\%$), moyennes ($10 \leq \text{Pr} < 50\%$) et élevées ($\geq 50\%$). La seule prévalence faible a été retrouvée à l'école de Bedobna (8,10%). Des prévalences modérées ont été trouvées dans les écoles de Bessama (11,62%), Zaraf (17,07%), Koutou (18,51%), Nankéssé (24,44%), Bezo (26,67%), Internant (27,27%), Gardolé (32,14%), Gaoui (42,55%), Boutalwali (38,46%), Marmatodji (49,02%) et Tchoua (44,90%). Enfin, des prévalences élevées ont été révélées dans les écoles de Djarabou (52,94%), Guisédi (61,54%), Tchinvogo (69,69%), Adassakine (76,92%), Tamyo (82,10%), Elibongo (75,00%) et Guidjina (89,58%).

La comparaison intrazonale des taux d'infestations a permis de regrouper les écoles selon des niveaux de prévalences. Dans la zone sahélienne, les écoles peuvent être classées en deux catégories (prévalence modérée vs prévalence élevée) selon les proportions d'enfants atteints de la bilharziose urinaire. Par ordre croissant de la prévalence, le groupe des prévalences modérées est ici subdivisé en sous-groupe A (Prévalence $\leq 32,14\%$) réunissant les écoles de Zaraf et Gardolé, sous-groupe B ($38,46\% \leq \text{prévalence} \leq 42,55\%$) formé des écoles de Gaoui et Boutawali, et sous-groupe C pour l'école de Marmatodji (prévalence = 49,02%). Le groupe de prévalence élevée concerne seulement l'école d'Adassakine (prévalence = 76,92%).

Dans la zone soudanienne, on peut aussi réunir les écoles en trois (3) groupes : le groupe 1 est constitué de l'école de Bedobna (prévalence faible : 8,10%) et celle de Bessama (bien que de prévalence modérée, 11,62%) du simple fait qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre ces deux prévalences. Le groupe 2 des prévalences modérées est subdivisé en sous-groupe A avec des prévalences comprises entre 18,51% et 26,67% (Koutou, Nankéssé et Bezo), sous-groupe B avec une prévalence de 27,27% (Internant), sous-groupe C avec une prévalence de 44,90% (Tchoua). Le groupe 3 des prévalences élevées ($P \geq 50\%$) intègre les écoles de Djarabou (Pr = 52,94%), Tchinvogo (Pr = 69,69%), Elibongo (Pr = 75%), Tamyo (Pr = 82,10%) et Guidjina (Pr = 89,58%).

Tableau VIII : Prévalence de *Schistosoma haematobium* par école : analyse intrazonale

Zones [taille de l'échantillon]	Ecoles officielles	Nombre d'élèves examinés N	Nombre d'élèves infestés n _i (%)	Valeur de P
Zone sahélienne [490]	Adassakine	78	60 (76,92) ^a	<0.0001*
	Boutalwali	78	30 (38,46) ^b	
	Gaoui	94	40 (42,55) ^b	
	Gardolé	56	18 (32,14) ^c	
	Marmatodji	102	50 (49,02) ^{cb}	
	Zaraf	82	14 (17,07) ^c	
Zone soudanienne [953]	Bedobna	74	6 (8,10) ^c	<0.0001*
	Bessama	86	10 (11,62) ^c	
	Bezo	30	8 (26,67) ^{bc}	
	Djarabou	68	36 (52,94) ^a	
	Elibongo	56	42 (75,00) ^a	
	Guidjina	96	86 (89,58) ^a	
	Guisédé	52	32 (61,54) ^a	
	Internant	88	24 (27,27) ^b	
	Koutou	54	10 (18,51) ^{bc}	
	Nankéssé	90	22 (24,44) ^{bc}	
	Tamyo	95	78 (82,10) ^a	
	Tchinvogo	66	46 (69,69) ^a	
	Tchoua	98	44 (44,90) ^{ab}	
Total		1443	656 (45,46)	

N : nombre d'enfants examinés par école ; n_i : nombre d'individus infestés par école ; Les pourcentages flaqués de la même lettre ne sont pas statistiquement significatifs (P > 0,05).

III.1.7. Comparaison des taux d'infestation des élèves par genre

III.1.7.1. Helminthes intestinaux

Dans l'ensemble de l'échantillon d'étude, les taux d'infestations par les différentes espèces de parasites isolées étaient statistiquement similaires entre les genres masculin et féminin (Tableau VIX), excepté pour *S. mansoni* qui a été significativement plus diagnostiqué (P = 0,01) chez les filles (17,62%) que chez les garçons (11,85%).

Tableau IX : Prévalences parasitaires spécifiques selon le genre de l'élève

Espèces Parasites	Nombre d'enfants positifs N _i	Genres		Valeur de P
		Féminin (N=522)	Masculin (N=886)	
		ni (%)	ni (%)	
<i>A. lumbricoides</i>	231	91 (17,43) ^a	140 (15,80) ^a	0,50
<i>S. mansoni</i>	197	92 (17,62) ^a	105 (11,85) ^b	0,01
<i>H. nana</i>	91	39 (7,47) ^a	52 (5,87) ^a	0,31
<i>D. latum</i>	56	23 (4,41) ^a	33 (3,72) ^a	0,56
<i>Ancylostoma</i> spp.	48	21 (4,02) ^a	27 (3,05) ^a	0,35
<i>T. solium</i>	42	16 (3,07) ^a	26 (2,93) ^a	0,89
<i>T. saginata</i>	28	9 (1,72) ^a	19 (2,14) ^a	0,69
<i>E. vermicularis</i>	10	5 (0,96) ^a	5 (0,56) ^a	0,5
<i>F. hepatica</i>	5	1 (0,19) ^a	4 (0,45) ^a	0,65

A. lumbricoides : *Ascaris lumbricoides* ; *Ancylostoma* spp. : *Ancylostoma* spp. ; *D. latum* : *Diphyllobotrium latum* ; *E. vermicularis* : *Enterobius vermicularis* ; *F. hepatica* : *Fasciola hépatica* ; *H. nana* : *Hymenolepis nana* ; *S. mansoni* : *Schistosoma mansoni* ; *T. saginata* : *Taenia saginata* ; *T. solium* : *Taenia solium* ; N_i : nombre d'enfants positifs à un parasite donné dans la population générale ; n_i : nombre d'enfants infestés par un parasite donné selon le genre ; Les pourcentages flaqués de la même lettre dans la même ligne ne sont pas statistiquement significatifs (P>0,05).

III.1.7.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Dans l'ensemble des échantillons d'étude, les taux d'infestations par *S. haematobium* ont été comparables ($P \geq 0,05$) entre les genres féminin et masculin, soit 45,40% chez les filles et 45,49% chez les garçons.

III.1.8. Comparaison des taux d'infestations des écoliers entre les tranches d'âges

III.1.8.1. Helminthes intestinaux

L'analyse de l'infestation par les helminthes intestinaux selon les tranches d'âges des élèves a montré que *T. saginata* et *E. vermicularis* n'ont pas été diagnostiqués chez les élèves de 15 à 18 ans, tout comme *F. hepatica* chez les enfants de 10 à 14 ans (Tableau X). Le taux de prévalence n'a varié entre les tranches d'âges que pour *E. vermicularis* ($P = 0,0009$) ; il était plus élevé, soit 4,17%, chez les plus jeunes écoliers (5 à 9 ans) que 0,37% chez ceux de 10 à 14 ans. Hormis pour *Ancylostoma* spp., *H. nana* et *F. hepatica* qu'on a relativement ($P > 0,05$) plus souvent retrouvés

chez les écoliers de 15 à 18 ans, les jeunes élèves (5 à 9 ans) étaient relativement ($P > 0,05$) plus fréquemment infestés par les différentes espèces parasites.

Tableau X : Prévalences parasitaires spécifiques selon les tranches d'âges

Espèces Parasites	Tranches d'âges				Valeur de P
	5 à 9 ans (N=152)	10 à 14 ans (N=1093)	15 à 18 ans (N=198)		
	N _i	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	
<i>A. lumbricoides</i>	231	25 (17,36) ^a	176 (16,49) ^a	30 (15,23) ^a	0,9
<i>S. mansoni</i>	197	22 (15,28) ^a	150 (14,06) ^a	25 (12,69) ^a	0,85
<i>H. nana</i>	91	10 (6,94) ^a	65 (6,09) ^a	16 (8,12) ^a	0,6
<i>D. latum</i>	56	8 (5,56) ^a	40 (3,75) ^a	8 (4,06) ^a	0,61
<i>Ancylostoma</i> spp.	48	5 (3,47) ^a	33 (3,09) ^a	10 (5,08) ^a	0,4
<i>T. solium</i>	42	7 (4,86) ^a	27 (2,53) ^a	8 (4,06) ^a	0,23
<i>T. saginata</i>	28	5 (3,47) ^a	23 (2,16) ^a	/	0,36
<i>E. vermicularis</i>	10	6 (4,17) ^a	4 (0,37) ^b	/	0,0009
<i>F. hepatica</i>	5	2 (1,39) ^a	/	3 (1,52) ^a	0,9

A. lumbricoides : *Ascaris lumbricoides* ; *D. latum* : *Diphyllobotrium latum* ; *E. vermicularis* : *Enterobius vermicularis* ; *F. hepatica* : *Fasciola hépatique* ; *H. nana* : *Hymenolepis nana* ; *S. mansoni* : *Schistosoma mansoni* ; *T. saginata* : *Taenia saginata* ; *T. solium* : *Taenia solium* ; N_i : nombre de cas par tranches d'âge ; N : nombre d'enfants examiné par tranche d'âge ; n_i : nombre d'enfants infestés par un parasite donné selon les tranches d'âges ; Les pourcentages flaqués de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$)

III.1.8.2. Helminthe affectant l'appareil urinaire

Les élèves les plus âgés ont été relativement ($P > 0,05$) plus infestés par *S. haematobium*, soit 54,54% pour la tranche d'âges des élèves de 15 à 18 ans, 44,46% pour ceux de 10 à 14 ans et 40,79% pour les écoliers de 5 à 9 ans (Figure 14).

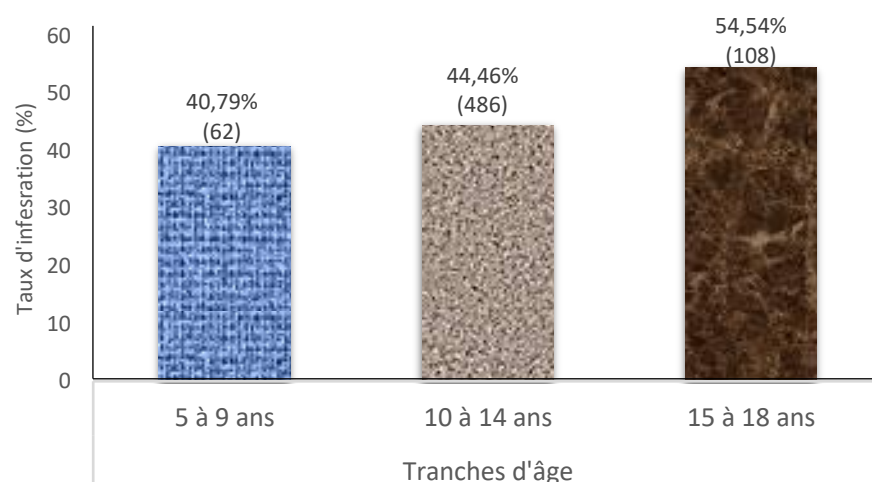


Figure 14 : Prévalence de la bilharziose urinaire selon les tranches d'âges.

NB : les valeurs entre parenthèses représentent le nombre des élèves infestés par tranches d'âges.

III.1.9. Fréquences du monoparasitisme et du polyparasitisme dans la population d'étude

Parmi les 1408 participants à cette étude et ayant procuré en même temps des échantillons de selles et d'urines, 559 (39,70%) ont été porteurs, chacun, d'une seule espèce parasite tandis que 325 (23,08%) ont hébergé deux ou plusieurs espèces parasites (Figure 15). Cette différence entre la fréquence du monoparasitisme et celle du polyparasitisme dans l'ensemble de la population d'étude a été significative ($P < 0,0001$). Dans la zone sahélienne, les fréquences du polyparasitisme (16,42%) et du monoparasitisme (48,21%) étaient aussi statistiquement différentes ($P < 0,05$). Il en a été de même dans la zone soudanienne ($P < 0,0001$) où 35,37% des écoliers étaient infestés par une seule espèce de parasite tandis que 26,47% l'étaient par 2 ou plusieurs espèces parasites.

Au total, 5 types d'associations parasitaires (Tableau XI) ont été retrouvés dans l'ensemble de la population d'étude à savoir : le monoparasitisme, les associations par 2 espèces différentes, 3 espèces différentes, 4 espèces différentes, et 5 espèces différentes. Ce dernier mode d'association n'a pas été observé dans la zone sahélienne. Les fréquences des différents types d'associations parasitaires étaient de 39,70% (559 élèves) pour le monoparasitisme, 16,26% (229 élèves) pour les associations de 2 espèces, 4,40% (62 élèves) pour les associations de 3 espèces, 1,77% (25 élèves) pour les associations de 4 espèces, et 0,64% (9 élèves) pour les associations de 5 espèces (Tableau X). Si le monoparasitisme a été plus ($P < 0,0001$) fréquent avec une prévalence $Pr = 48,21\%$ en zone sahélienne qu'en zone soudanienne ($Pr = 35,36\%$), les associations parasitaires par 2 espèces et 4 espèces ont plus ($P < 0,05$) prévalu en zone soudanienne qu'en zone sahélienne. Les fréquences

des associations parasites par 3 espèces par contre étaient comparables ($P = 0,80$) entre les deux zones écologiques comme l'indique le Tableau XI.

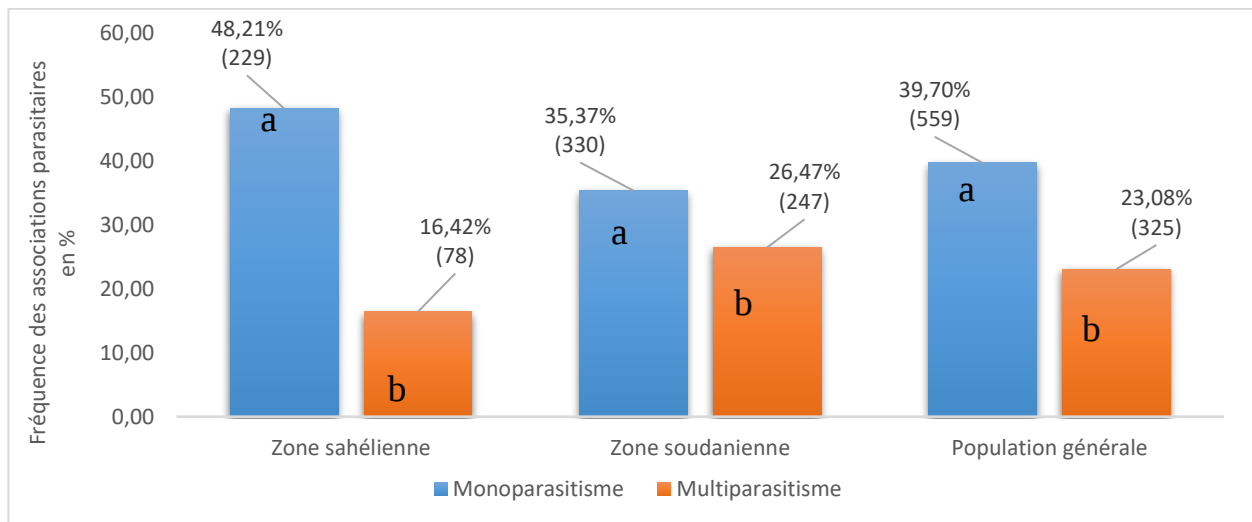


Figure 15: Fréquences du monoparasitisme et du polyparasitisme au sein de la population d'étude et dans les deux zones écologiques.

NB : Les barres de chaque section flaquées de lettres différentes indiquent des différences statistiquement significatives ($P < 0,05$). Le nombre d'élèves infestés dans chaque échantillon est inscrit entre parenthèses.

Tableau XI : Types d'associations parasites selon les zones écologiques

Types d'associations parasites		Population générale	Zones écologiques		Valeur de P
			Zsa (N=475)	Zso (N=933)	
		N _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	
Monoparasitisme		559 (39,70)	229 (48,21) ^a	330 (35,36) ^b	$P < 0,0001$
Associations par	2 espèces	229 (16,26)	55 (11,58) ^b	174 (18,64) ^a	0,0006
	3 espèces	62 (4,40)	20 (4,21) ^a	42 (4,40) ^a	0,80
	4 espèces	25 (1,77)	3 (0,63) ^b	22 (2,35) ^a	0,01
	5 espèces	9 (0,64)	/	9 (0,96)	/

n_i : nombre de cas par zone ; N_i : nombre de cas dans la population générale ; N=nombre de sujet examiné par zone écologique ; Les pourcentages flaqués de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$).

I.1.10. Facteurs associés au monoparasitisme et au polyparasitisme

Dans cette étude de régression logistique, deux principaux facteurs étaient rapportés tant au risque du monoparasitisme qu'à celui du polyparasitisme, à savoir la tranche d'âges et la zone écologique (Tableau XII). Dans le cas du monoparasitisme, le facteur de risque identifié a été la zone sahélienne dans laquelle le risque ($ORa = 1,60$; IC à 95% : 1,32 - 2,07 ; $P = 0,0001$) d'être infesté par une seule espèce de parasite a été significativement plus élevé qu'en zone soudanienne. En situation de polyparasitisme, la tranche d'âges de 10 à 14 ans a été associée au risque d'être infesté par au moins deux espèces de parasites. En effet, ce risque ($ORa = 1,4$; IC à 95% : 1,05 - 2,10 ; $P = 0,02$) d'être infesté par deux ou plusieurs parasites chez les élèves de cette tranche d'âges a été significativement plus élevé comparé à ceux des autres tranches d'âges. Dans la zone sahélienne par conte, les élèves courent deux fois moins le risque ($ORa = 0,55$; IC à 95% : 0,41 - 0,73 ; $P = 0,02$) d'être concomitamment infestés par deux ou plusieurs espèces parasites qu'en zone soudanienne.

Tableau XII: Résultats de l'analyse de régression logistique dans les cas du monoparasitisme et du polyparasitisme et selon les différentes variables étudiées.

Variables	Monoparasitisme				Polyparasitisme			
	OR brut (IC95%)	P	ORa (IC95%)	P	OR brut (IC95%)	P	ORa (IC95%)	P
Genres								
Féminin	0,99 (0,798 - 1,238)	0,95	0,97 (0,77 - 1,21)	0,79	1,18 (0,91 - 1,52)	0,19	0,85 (0,69 - 1,10)	0,22
Masculin	1		1		1		1	
Tranches d'âges								
5 à 9 ans	0,94 (0,66 - 1,33)	0,74	1,02 (0,66 - 1,58)	0,91	1,21 (0,82 - 1,78)	0,32	1,20 (0,74 - 1,94)	0,45
10 à 14 ans	1,03 (0,80 - 1,31)	0,84	1,02 (0,74 - 1,39)	0,90	0,71 (0,54 - 0,94)	0,017	1,4 (1,05 - 2,10)	0,02
15 à 18 ans	1		1		1	1	1	
Zones écologiques								
Zsa	1,22 (1,11 - 1,35)	0,0001	1,60 (1,32 - 2,07)	0,0001	0,88 (0,83 - 0,93)	0,0001	0,55 (0,41 - 0,73)	0,0001
Zso	1		1		1		1	

OR brut: Odds ratio brut; ORa: Odds ratio ajustées.

III.1.11. Fréquences des différents types d'infrapopulations et d'infracommunautés retrouvés dans la population d'étude

III.1.11.1. Infrapopulations

Dans le cadre du monoparasitisme, dix infrapopulations ont été retrouvées au sein de notre population d'étude (Tableau XIII). Par ordre décroissant de représentation, nous avons le profil suivant : *S. haematobium* (379 élèves), *A. lumbricoides* (59 élèves), *S. mansoni* (51 élèves), *H. nana* (24 élèves), *D. latum* (15 élèves), *T. solium* (11 élèves), *Ancylostoma* spp. (8 élèves), *T. saginata* (5 élèves), *E. vermicularis* (4 élèves), et *F. hepatica* (3 élèves). En général, les fréquences des infrapopulations (ou mieux des xénopopulations) ont été plus élevées en zone sahélienne qu'en zone soudanienne, avec des différences statistiquement significatives ($P < 0,05$) pour les infrapopulation retrouvées chez les individus porteurs des espèces parasites suivantes : *S. haematobium*, *A. lumbricoides*, *H. nana*, et *D. latum*.

Tableau XIII : Fréquences des différents types d'infrapopulations observées au sein de la population d'étude

Infrapopulations	Zones écologiques		Valeur de P	Population générale Ni (%)
	Zsa (Ni=475)	Zso (Ni=933)		
	ni (%)	ni (%)		
<i>S. haematobium</i>	153 (32,21) ^a	226 (24,22) ^b	0,001	379 (26,92)
<i>A. lumbricoides</i>	28 (5,89) ^a	31 (3,32) ^b	0,02	59 (4,19)
<i>S. mansoni</i>	11 (2,32) ^a	40 (4,29) ^a	0,06	51 (3,62)
<i>H. nana</i>	14 (2,95) ^a	10 (1,07) ^b	0,01	24 (1,70)
<i>D. latum</i>	10 (2,11) ^a	5 (0,54) ^b	0,006	15 (1,07)
<i>T. solium</i>	4 (0,84) ^a	7 (0,75) ^a	0,85	11 (0,78)
<i>Ancylostoma</i> sp	3 (0,63) ^a	5 (0,54) ^a	0,82	8 (0,57)
<i>T. saginata</i>	5 (1,05)	/	/	5 (0,36)
<i>E. vermicularis</i>	1 (0,21) ^a	3 (0,32) ^a	0,71	4 (0,28)
<i>F. hepatica</i>	/	3 (0,32)	/	3 (0,21)
Total	229 (48,21) ^a	330 (35,37) ^b	0,0001	559 (39,70)

Zsa : zone sahélienne ; Zso : zone soudanienne ; ni : nombre de cas ; N: taille de l'échantillon.

III.1.11.2. Infracommunautés

En situation du polyparasitisme, au total, 29 types d'infracommunautés, sur les 627 possibles, ont été dénombrés chez les enfants des deux zones écologiques réunies (Tableau XIV). Nous avons mis en évidence 14 infracommunautés (sur 45 possibles) à 2 espèces parasites chez 229 individus, 9 (sur 120 possibles) à 3 espèces parasites chez 62 individus, 5 (sur 210 possibles) à 4 espèces parasites chez 25 individus, et 1 (sur 252 possibles) à 5 espèces parasites chez 9 individus.

Dans les 14 types d'infracommunautés à 2 espèces parasites retrouvés, celle constituée de *S. haematobium* + *S. mansoni*, mise en évidence chez 66 (4,69%) élèves dont 54 (5,79%) en zone soudanienne et 12 (2,52%) en zone sahélienne, a été la plus représentée. Elle était suivie par celle constituée de *S. haematobium* + *A. lumbricoides*, retrouvée chez 64 (4,55%) élèves dont 53 (5,68%) en zone soudanienne et 11 (2,31%) en zone sahélienne, et le binôme constitué de *S. mansoni* + *A. lumbricoides* retrouvé chez 25 (1,77%) élèves dont 14 (1,50%) en zone soudanienne et 11 (2,32) en zone sahélienne. Les infracommunautés constituées d'une part de *S. haematobium* + *T. saginata* et, d'autre part, *S. haematobium* + *T. solium*, ont été les moins observées, notamment chez 4 (0,28%) et 2 (0,14%) élèves respectivement. Par ailleurs, les infracommunautés constituées par *S. haematobium* + *H. nana* ; *S. haematobium* + *F. hepatica* ; *D. latum* + *Ancylostoma* spp., ont été retrouvées exclusivement en zone soudanienne. Des différences significatives ont été trouvées entre les fréquences d'observation dans les deux zones pour les infracommunautés composées de *S. haematobium* + *S. mansoni* ($P = 0,006$) et *S. haematobium* + *A. lumbricoides* ($P = 0,004$).

Les 6 types d'infracommunautés constituées de 3 espèces parasites et observés au cours de cette étude étaient dominés par l'association de *S. haematobium* + *S. mansoni* + *A. lumbricoides*. Ces trois espèces parasites étaient simultanément hébergées par 24 élèves (1,70%) dont 08 (1,78%) dans la zone sahélienne et 16 (1,71%) dans la zone soudanienne. Cette association est de loin suivie, en termes de fréquence, par celle composée de *S. haematobium* + *T. solium* + *D. latum*, retrouvée chez 8 (0,57%) élèves dont 3 (0,63%) dans la zone sahélienne et 5 (0,54%) dans la zone soudanienne. Les infracommunautés constituées de *S. haematobium* + *S. mansoni* + *E. vermicularis*, *S. haematobium* + *A. lumbricoides* + *H. nana*, *H. nana* + *T. solium* + *D. latum*, et *S. haematobium* + *D. latum* + *Ancylostoma* spp., ont été exclusivement retrouvées en zone soudanienne et respectivement chez 3 (0,21%), 6 (0,43%), 3 (0,21%) et 2 (0,14%) participants. Par contre, celle constituée de *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp. + *T. saginata*, n'a été retrouvée que chez 4 (0,28%) élèves dans la zone sahélienne. Aucune différence statistiquement significative de

fréquences n'a été trouvée entre les zones sahélienne et soudanienne pour ce qui est des fréquences des différentes infracommunautés à 3 espèces parasites.

Quatre (4) des cinq (5) infracommunautés constituées de 4 espèces parasites mises en évidence au cours de cette étude ont été retrouvées dans la zone soudanienne. Il s'agit de celles composées de *S. haematobium* + *S. mansoni* + *H. nana* + *A. lumbricoides*, *S. haematobium* + *D. latum* + *Ancylostoma* spp. + *A. lumbricoides*, *S. haematobium* + *H. nana* + *T. solium* + *D. latum*, et *S. mansoni* + *H. nana* + *Ancylostoma* spp. + *A. lumbricoides*, hébergées par 8 (0,57%), 2 (0,14%), 9 (0,64%) et 3 (0,21) élèves respectivement. Par contre, l'infracommunauté constituée de *S. haematobium* + *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp. + *T. saginata* n'a été retrouvée qu'en zone sahélienne, chez 3 élèves (0,21%).

Enfin, la seule infracommunauté constituée de 5 espèces parasites, à savoir de *S. haematobium* + *S. masoni* + *H. nana* + *Ancylostoma* spp. + *A. lumbricoides*, n'a été observée qu'en zone soudanienne chez 9 (0,64%) élèves.

III.1.12. Niveau d'implication des espèces parasites dans les associations

Parmi les 29 types d'infracommunautés dénombrées dans cette étude, les espèces parasites impliquées dans les associations à 2 espèces peuvent être subdivisées en 3 sous-groupes suivant leur taux de participation (Tableau XV). Le sous-groupe 1 est représenté par l'espèce *S. haematobium* avec un taux de participation de 57,14% ; le sous-groupe 2 est constitué des espèces parasites dont les taux de participation allaient de 21,43% à 28,57%, à savoir *A. lumbricoides*, *D. latum* et *S. mansoni* ; le sous-groupe 3 est celui constitué des espèces dont les taux de participation étaient compris entre 7,14% à 14,28%, à savoir *Ancylostoma* spp., *E. vermicularis*, *F. hepatica* et *H. nana*.

Les parasites impliqués dans les associations à trois espèces peuvent aussi être subdivisés en 3 sous-groupes. Le sous-groupe A est représenté par l'espèce *S. haematobium* avec 66,66% de taux de participation. Le sous-groupe B est constitué par les espèces ayant des taux de participation compris entre 22,22% à 55,55%, à savoir *A. lumbricoides*, *D. latum*, *H. nana*, *S. mansoni*, *T. saginata*, et *T. solium*. Enfin, le sous-groupe C est composé des espèces parasites remarquables par leur faible taux de participation (11,11%) ; il s'agit de *Ancylostoma* spp. et *E. vermicularis*. *Diphyllbothrium latum*, *T. saginata* et *T. solium* n'ont pas été retrouvés dans les associations à 5 espèces. *Enterobius vermicularis* n'a pas été observé que dans les associations à 4 espèces et à 5 espèces. Enfin, *F. hepatica* était absent des associations à 3, 4 et 5 espèces. Les espèces impliquées dans ces deux derniers types d'associations ont des taux de participation statistiquement comparables.

Tableau XIV : Fréquences des différents types d'infracommunautés observées au sein de la population d'étude et dans les zones écologiques

Type d'infracommunautés (associations)	Espèces parasites Impliquées	Zones écologiques			Population générale Ni (%)
		Zsa (Ni=475)	Zso (Ni=933)	Valeur de p	
		n (%)	n (%)		
Par 2 espèces	Sha + Sma	12 (2,52) ^b	54 (5,79) ^a	0,006	66 (4,69)
	Sha + Alu	11 (2,31) ^b	53 (5,68) ^a	0,004	64 (4,55)
	Sma + Alu	11 (2,32)	14 (1,50)	0,28	25 (1,77)
	Sha + Hna	/	17 (1,82)	/	17 (1,21)
	Sha + Asp	2 (0,42)	10 (1,07)	0,35	12 (0,85)
	Sha + Dla	2 (0,42)	6 (0,64)	0,72	8 (0,57)
	Alu + Hna	4 (0,84)	3 (0,32)	0,23	7 (0,50)
	Sha + Tso	4 (0,84)	3 (0,32)	0,23	7 (0,50)
	Alu + Tsa	4 (0,84) ^a	1 (0,11) ^b	0,04	5 (0,36)
	Dla + Asp	/	5 (0,54)	/	5 (0,36)
	Sha + Tsa	2 (0,42)	2 (0,21)	0,60	4 (0,28)
	Tso + Dla	2 (0,42)	2 (0,21)	0,60	4 (0,28)
	Sma + Eve	1 (0,21)	2 (0,21)	1,00	3 (0,21)
	Sha + Fhe	/	2 (0,21)	/	2 (0,14)
Sous total 1		55 (11,58) ^b	174 (18,64) ^a	0,0006	229 (16,26)
Par 3 espèces	Sha + Sma + Alu	8 (1,68)	16 (1,71)	0,9	24 (1,70)
	Sha +Tso + Dla	3 (0,63)	5 (0,54)	0,9	8(0,57)
	Sha +Alu + Tsa	3 (0,63)	4 (0,43)	0,69	7 (0,50)
	Sha + Alu + Hna	/	6 (0,64)	/	6 (0,43)
	Sma + Hna + Alu	2 (0,42)	3 (0,32)	0,9	5 (0,35)
	Alu + Asp + Tsa	4 (0,84)	/	/	4 (0,28)
	Hna + Tso + Dla	/	3 (0,32)	/	3 (0,21)
	Sha +Sma + Eve	/	3 (0,32)	/	3 (0,21)
	Sha + Dla + Asp	/	2 (0,21)	/	2 (0,14)
Sous total 2 (9)		20 (4,21)	42 (4,50)	0,80	62 (4,40)
Par 4 espèces	Sha + Hna + Tso + Dla	/	9 (0,96)	/	9 (0,64)
	Sha + Sma + Hna + Alu	/	8 (0,85)	/	8 (0,57)
	Sha + Alu + Asp + Tsa	3 (0,63)	/	/	3 (0,21)
	Sma + Hna + Asp + Alu	/	3 (0,32)	/	3 (0,21)
	Sha + Dla + Asp + Alu	/	2 (0,21)	/	2 (0,14)
Sous total 3		3 (0,63) ^b	22 (2,36) ^a	0,01	25 (1,77)
Par 5 espèces	Sha + Sma + Hna + Asp + Alu	/	9 (0,64)	/	9 (0,64)
Sous total 4		/	9 (0,64)	/	9 (0,64)
Total élèves infestés	(29)	307 (64,63%)	577 (61,84)		884 (62,78)

Zsa: zone sahélienne; Zso: zone soudanienne; *Alu* : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* spp. ; *Dla* : *Diphyllobotrium latum* ; *Eve* : *Enterobius vermicularis* ; *Fhe* : *Fasciola hépatica* ; *Hna* : *Hymenolepis nana* ; *Sha* : *Schistosoma haematobium* ; *Sma* : *Schistosoma mansoni* ; *Tsa* : *Taenia saginata* ; *Tso* : *Taenia solium* ; n : nombre de cas ; N: taille de l'échantillon.

Tableau XV: Participation des espèces parasites dans les différents types d'associations parasitaires

Taxons	Types d'associations parasitaires				Total
	à 2 espèces	à 3 espèces	à 4 espèces	à 5 espèces	
<i>A. lumbricoides</i>	4 (28,57) ^{ab}	5 (55,55) ^{ab}	3 (60) ^a	1 (100) ^a	13 (44,82) ^{ab}
<i>Ancylostoma</i> spp.	2 (14,28) ^b	1 (11,11) ^b	3 (60) ^a	1 (100) ^a	7 (24,13) ^{cb}
<i>D. latum</i>	3 (21,43) ^{ab}	3 (33,33) ^{ab}	2 (40) ^a	/	8 (27,58) ^{cb}
<i>E. vermicularis</i>	1 (7,14) ^b	1 (11,11) ^b	/	/	2 (6,90) ^{cd}
<i>F. hepatica</i>	1 (7,14) ^b	/	/	/	1 (3,44) ^d
<i>H. nana</i>	2 (14,28) ^b	3 (33,33) ^{ab}	3 (60) ^a	1 (100) ^a	9 (31,03) ^b
<i>S. haematobium</i>	8 (57,14) ^a	6 (66,66) ^a	4 (80) ^a	1 (100) ^a	19 (65,51) ^a
<i>S. mansoni</i>	3 (21,43) ^{ab}	3 (33,33) ^{ab}	2 (40) ^a	1 (100) ^a	9 ((31,03) ^b
<i>T. saginata</i>	2 (14,28) ^b	2 (22,22) ^{ab}	1 (20) ^a	/	5 (17,24) ^c
<i>T. solium</i>	2 (14,28) ^b	2 (22,22) ^{ab}	1 (20) ^a	/	5 (17,24) ^c
P-value	0,04	0,04	0,63	1,00	<0,0001

Les pourcentages flaqués de la même lettre sur la même colonne ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$).

III.1.13. Caractérisation des associations parasitaires à l'aide des indices écologiques

III.1.13.1. Associations entre espèces parasites de l'intestin grêle, et entre espèces parasites du côlon

Entre deux espèces parasites données de l'intestin grêle, le calcul de l'indice D de Dice a permis d'observer trois niveaux d'associations interspécifiques (Tableau XVI) : une association très faible ($D \leq 0,09$), une majorité d'associations faibles ($0,10 \leq D \leq 0,24$), et une association moyenne ($0,25 \leq D \leq 0,49$). La cooccurrence de *A. lumbricoides* et *D. latum* chez deux écoliers (en réalité simultanément infestées par *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp. + *S. haematobium* + *D. latum*) est une association binaire très faibles ($D = 0,01$), moins fréquente qu'elle est attendue par la loi du hasard ($F = 0,22$) ; de plus aucun de ces deux taxons n'exerce une influence sur l'autre ($\varphi = -0,07$). Quant à *T. solium* et *D. latum*, ils ont été trouvés ensemble dans les infracommunautés suivantes : *T. solium* + *D. latum* (4 écoliers), *D. latum* + *S. haematobium* + *T. solium* (8 écoliers), *D. latum* + *H. nana* + *T. solium* (3 écoliers), enfin *D. latum* + *H. nana* + *S. haematobium* + *T. solium* (9 écoliers). Cette association qu'on peut qualifier de moyenne ($D = 0,27$) est retrouvée plus fréquemment qu'elle est attendue selon la loi du hasard ($F = 9,89$). Toutefois, ces deux espèces semblent peu s'influencer l'une sur l'autre ($\varphi = 0,26$). Pour les autres binômes, le tableau XVI ci -dessous

indique que ces associations sont faibles ($0,10 \leq D < 0,24$), apparaissent plus fréquemment qu'elles sont attendues ($F > 1$), et que vraisemblablement aucune interaction intra-hôte, positive ou négative, est manifeste entre deux taxons (φ est proche de 0).

Tableau XVI : Niveau d'association binaire des espèces parasites du petit intestin et du gros intestin

Site de vie	Associations entre espèces parasites	Valeurs des indices écologiques			
		Dice	φ	F	χ^2
Intestin grêle	<i>A. lumbricoides</i> x <i>Ancylostoma</i> spp.	0,15	0,13	2,83	23,80
	<i>A. lumbricoides</i> x <i>H. nana</i>	0,24	0,014	2,55	0,28
	<i>A. lumbricoides</i> x <i>T. saginata</i>	0,15	0,19	4,14	50,83
	<i>A. lumbricoides</i> x <i>D. latum</i>	0,01	-0,07	0,22	6,90
	<i>Ancylostoma</i> spp. x <i>H. nana</i>	0,17	0,14	3,83	27,60
	<i>Ancylostoma</i> spp. x <i>T. saginata</i>	0,18	0,169	7,33	40,21
	<i>Ancylostoma</i> spp. x <i>D. latum</i>	0,17	0,14	4,71	27,60
	<i>H. nana</i> x <i>T. solium</i>	0,18	0,15	4,37	31,68
	<i>H. nana</i> x <i>D. latum</i>	0,16	0,12	3,28	20,28
	<i>T. solium</i> x <i>D. latum</i>	0,27	0,26	9,89	95,18
Côlon	<i>S. mansoni</i> x <i>E. vermicularis</i>	0,06	0,11	4,29	17,04

D : Coefficient de Dice ; F : indice de Forbes ; Khi-II : Chi carré ; φ : coefficient tétrachorique.

III.1.13.2. Associations entre *Schistosoma mansoni* et *Schistosoma haematobium*

Pour les schistosomes évoluant dans le système circulatoire sanguin, nous avons également évalué l'association *S. mansoni* et *S. haematobium*. Ces deux espèces parasites ont coinfesté des enfants dans cinq types d'infracommunautés comme le montre le tableau XIV, à savoir : *S. mansoni* + *S. haematobium* (66 écoliers), *A. lumbricoides* + *S. haematobium* + *S. mansoni* (24 écoliers), *E. vermicularis* + *S. haematobium* + *S. mansoni* (3 écoliers), *A. lumbricoides* + *S. mansoni* + *S. haematobium* + *H. nana* (8 écoliers) et *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp. + *H. nana* + *S. haematobium* + *S. mansoni* (9 écoliers). Les valeurs des indices écologiques indiquent dans notre étude que *S. haematobium* et *S. mansoni* apparaissent ensemble plus fréquemment que cela est attendu par la loi du hasard ($F = 1,23$), que cette association est modérée ($D = 0,26$), mais qu'ils n'ont aucune influence intra-hôte l'un sur l'autre ($\varphi = 0,084$).

III.1.13.3. Associations entre parasites de l'intestin grêle d'une part, ceux du gros intestin, de l'appareil urinaire et de la cavité biliaire d'autre part

Les valeurs de l'indice ϕ indiquent que dans aucun binôme d'espèces parasites différentes, une interaction intra-hôte est positive ou négative ($\phi \neq 0$). On peut aussi noter que hormis l'association entre *Ancylostoma* spp. + *S. mansoni*, qui est apparue moins fréquemment que le prévoit les lois du hasard ($F < 1$), toutes les autres associations binaires étaient plus fréquemment observées que prévues ($F > 1$). De plus, hormis les associations *A. lumbricoides* + *S. mansoni*, et *A. lumbricoides* + *S. haematobium* qui sont moyennes, toutes les autres sont faibles à très faibles (Tableau XVII).

Tableau XVII : Niveau d'association entre les schistosomes et les autres espèces parasites retrouvées au cours de cette étude

Associations entre espèces parasites	Valeurs des indices écologiques			χ^2
	Dice	ϕ	F	
<i>A. lumbricoides</i> x <i>S. mansoni</i>	0,35	0,23	2,29	74,48
<i>A. lumbricoides</i> x <i>S. haematobium</i>	0,28	0,069	1,17	6,70
<i>Ancylostoma</i> spp. x <i>S. mansoni</i>	0,10	0,059	0,00	4,90
<i>Ancylostoma</i> spp. x <i>S. haematobium</i>	0,08	0,048	1,28	3,24
<i>D. latum</i> x <i>S. haematobium</i>	0,08	0,026	1,14	0,95
<i>H. nana</i> x <i>S. haematobium</i>	0,13	0,041	1,17	2,37
<i>T. saginata</i> x <i>S. haematobium</i>	0,04	0,013	1,10	0,24
<i>T. solium</i> x <i>S. haematobium</i>	0,07	0,041	1,26	2,37

D : Coefficient de Dice ; F : indice de Forbes ; χ^2 : Chi carré ; ϕ : coefficient tétrachorique

III.1.14. Evaluation des charges ovulaires parasitaires chez les écoliers

III.1.14.1. Œufs d'helminthes intestinaux par gramme de selle

III.1.14.1.1. Charges ovulaires parasitaires par zone écologique

Dans les deux zones écologiques, les charges ovulaires individuelles (OPG) de *S. mansoni* et d'*Ancylostoma* spp. ont été légères à fortes (Tableau XVII). Bien que les valeurs des OPG moyens ($\overline{OPG}$) pour toutes les espèces soient modérées dans les deux zones écologiques, sauf pour *A. lumbricoides* pour lequel l' $\overline{OPG}$ est léger en zone sahélienne, celles de la zone soudanienne sont : (1) significativement plus élevées ($P = 0,0008$), soit $321,36 \pm 385,38$ **OPG** contre $183,48 \pm 198,95$ en zone sahélienne pour *S. mansoni* ; et (2) statistiquement égales ($P = 0,75$), soit $2.737,87 \pm 1.886,11$ **OPG** contre $2.975,68 \pm 1.214,56$ pour *Ancylostoma* spp. Quant à *A. lumbricoides*, les

valeurs des OPG individuels ont été légères à modérées. Toutefois, en terme d' $\overline{OPG}$, cette valeur était modérée ($6.497,99 \pm 7.539,1$) en zone soudanienne et plutôt légère ($4.369,40 \pm 5.182,88$) en zone sahélienne.

Tableau XVIII : Charges ovulaires parasitaires par zone écologique

Espèces parasites	Zone sahélienne			Zone soudanienne			Valeur de P
	Variation	$\overline{OPG}$	Ecart-type	Variation	$\overline{OPG}$	Ecart-type	
<i>Sma</i>	24 – 792	183,48 ^b	±198,95	24 – 1320	321,36 ^a	±385,38	0,0008
<i>Alu</i>	192 – 25584	4369,40 ^b	±5182,88	144 – 29784	6497,99 ^a	±7539,1	0,002
<i>Asp</i>	1464 – 5304	2975,68 ^a	±1214,56	288 – 7632	2737,87 ^a	±1886,11	0,75

$\overline{OPG}$: Moyenne géométriques du nombre d'œufs ; les moyennes géométriques flaquées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives ($P > 0,05$). *Alu* : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* spp ; *Sma* : *Schistosoma mansoni*.

III.1.14.1.2. Charges ovulaires parasitaires par province : analyse intrazonale

Dans la zone sahélienne, les charges ovulaires individuelles (OPG) ont été légères à fortes dans les deux provinces pour *S. mansoni* ; modérées dans le Chari-Baguirmi, et légères à fortes à N'Djaména pour *Ancylostoma* spp. (Tableau XIX). Elles ont été légères à modérées dans les deux provinces pour *A. lumbricoides*. Quant aux valeurs de l' $\overline{OPG}$, il est léger ($1 < \overline{OPG} < 4999$ œufs/g) pour *A. lumbricoides*, et modéré (respectivement $2000 < \overline{OPG} < 3999$ œufs/g et $100 < \overline{OPG} < 399$ œufs/g) pour *Ancylostoma* spp. et *S. mansoni*. De plus, ces $\overline{OPG}$ ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) entre les deux provinces du Chari-Baguirmi et N'Djaména. Dans la zone soudanienne, les charges ovulaires individuelles (OPG) ont été : légères à fortes pour *S. mansoni*, excepté dans le Logone occidental où elles étaient légères à modérées ; légères à fortes pour *Ancylostoma* spp. sauf dans le Mayo-Kebbi Est où elles étaient modérées à fortes ; légères à modérées pour *A. lumbricoides*. Les $\overline{OPG}$ ont significativement varié ($P < 0,05$) entre les cinq provinces pour les trois espèces parasites. L' $\overline{OPG}$ est plus élevé (respectivement 9085,67 œufs/g et 13985,26 œufs/g) au Mayo Kebbi-Est et Moyen-Chari pour *A. lumbricoides*, plus élevé (681,48 œufs/g) dans le Moyen-Chari et plus bas (99,17 œufs/g) au Logone occidental pour *S. mansoni*, plus élevé (3850,78 œufs/g) au Mayo Kebbi-Est et plus bas (2412,63 œufs/g) au Logone oriental pour *Ancylostoma* spp. Ces $\overline{OPG}$ étaient légers ($1 < \overline{OPG} < 4999$ œufs/g) dans le Logone occidental et le Logone oriental

mais modérés ($5000 < \overline{\text{OPG}} < 49999$ œufs/g) dans les autres provinces pour *A. lumbricoides* ; modérés ($2.000 < \overline{\text{OPG}} < 3.999$ œufs/g) dans toutes les provinces pour *Ancylostoma spp.* ; légers ($1 < \overline{\text{OPG}} < 99$ œufs/g) dans le Logone occidental, fortes ($\overline{\text{OPG}} \geq 400$ œufs/g) dans le Moyen-Chari, et modérés ($100 < \overline{\text{OPG}} < 399$ œufs/g) dans les autres provinces pour *S. mansoni*.

Tableau XIX : Charges ovulaires parasitaires entre provinces : analyse intrazonale

Zones écologiques	Provinces	<i>A. lumbricoides</i>			<i>Ancylostoma</i> spp.			<i>S. mansoni</i>		
		Variation OPG	$\overline{OPG}$		Variation OPG	$\overline{OPG}$		Variation OPG	$\overline{OPG}$	
Zsa	ChBa	748-16704	4622,62	$\pm 3688,01^a$	2928-3144	3014,59	$\pm 113,41^a$	72-600	186,63	$\pm 181,28^a$
	NDja	192-25584	4481,18	$\pm 5630,51^a$	1464-5304	2892,88	$\pm 1381,09^a$	24-792	182,02	$\pm 209,39^a$
	P-value		0,73			0,85			0,99	
Zso	LOcc	288-9648	4419,39	$\pm 2418,57^b$	1248-7488	2693,34	$\pm 2728,46^{ab}$	24-288	99,17	$\pm 74,18^d$
	Lori	144-16920	4891,39	$\pm 5029,17^b$	1248-4536	2412,63	$\pm 1078,65^b$	24-480	145,87	$\pm 155,20^{cd}$
	MaKE	552-29760	9085,67	$\pm 9098,6^a$	2088-6672	3850,78	$\pm 1956,59^a$	72-1080	372,88	$\pm 311,35^b$
	MCha	696-29784	13985,26	$\pm 9621,2^a$	288-7632	2864,49	$\pm 2297,08^{ab}$	96-1320	681,48	$\pm 378,31^a$
	Tand	288-22944	5557,11	$\pm 5199,92^b$	1248-4320	2295,61	$\pm 1082,01^{ab}$	48-1056	220,17	$\pm 277,88^c$
	P-value		<0,0001			0,04			<0,0001	

Zsa : zone sahélienne ; Zso : Zone soudanienne ; ChBa : Chari-baguirmi ; LOcc: Logone occidentale ; LOri : Logone oriental ; MaKE : Mayo Kebbi-Est ; MCha : Moyen-chari ; NDja : N'Djaména ; Tand : Tandjilé ; *Alu* : *Ascaris lumbricoides* ; *Asp* : *Ancylostoma* sp ; *Sma* : *S. mansoni* ; $\bar{X}$ OPG : Moyenne Géométrique des œufs par gramme de selles ; les moyennes géométriques flaquées de la même lettre dans une même colonne ne sont pas statistiquement significatives ($P > 0,05$).

III.1.14.1.3. Charges ovulaires des parasites intestinaux par genre

Dans cette analyse, les charges ovulaires parasitaires spécifiques ont été légères à fortes pour *S. mansoni* et *Ancylostoma* spp., mais légères à modérées pour *A. lumbricoides* dans les deux genres (Tableau XX). Les **OPG** ont été modérés pour les trois espèces parasites mais seulement statistiquement différents pour *Ancylostoma* spp. entre les 2 genres. Dans ce dernier cas, les garçons ont significativement émis plus ($P = 0,02$) d'œufs dans leurs selles ($\overline{\text{OPG}} = 3386,09$ œufs/g) que les filles ($\overline{\text{OPG}} = 2162,64$ œufs/g).

Tableau XX : Charges ovulaires parasitaires entre genres des écoliers

Espèces parasites	Féminin			Masculin			Valeur de P
	Variation OPG	$\overline{\text{OPG}}$		Variation OPG	$\overline{\text{OPG}}$		
<i>S. mansoni</i>	24 – 1320	292,08	± 383,67 ^a	24 – 1296	275,87	± 346,84 ^a	0,67
<i>A. lumbricoides</i>	264 – 25296	5079,39	± 5576,25 ^a	144 – 29784	6098,82	± 7660,18 ^a	0,11
<i>Ancylostoma</i> spp.	288 – 4536	2162,64	± 1311,77 ^b	1800 – 7632	3386,09	± 1845,21 ^a	0,02

OPG : Moyenne géométrique du nombre d'œufs ; les moyennes géométriques flaquées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives ($P > 0,05$).

III.1.14.1.4. Charges ovulaires des parasites intestinaux par tranche d'âges

L'analyse des valeurs des OPG individuelles selon les tranches d'âges a montré qu'elles étaient (Tableau XXI) : légères à fortes et légères à modérées respectivement pour *S. mansoni* et *A. lumbricoides* dans toutes les tranches d'âges ; légères à modérées chez les écoliers de 5 à 9 ans puis légères à fortes dans les deux autres classes d'âges pour *Ancylostoma* spp. Quant aux valeurs de l'**OPG**, il était léger ($1 < \overline{\text{OPG}} < 4999$ œufs/g) pour *A. lumbricoides* chez les enfants de 5 à 9 ans, et modérés ($5000 < \overline{\text{OPG}} < 49999$ œufs/g) dans les autres classes d'âges. Toutefois, aucune différence statistiquement significative n'a été trouvée pour ces **OPG** entre les tranches d'âges, et ce pour les trois espèces parasites.

Tableau XXI : Charges ovulaires des parasites intestinaux selon les tranches d'âges

Espèces parasites	5 à 9 ans			10 à 14 ans			15 à 18 ans			Valeur de P
	Variations OPG	$\overline{OPG}$		Variations OPG	$\overline{OPG}$		Variations OPG	$\overline{OPG}$		
<i>S. mansoni</i>	72 – 1228	311,20	± 394,29 ^a	24-1320	271,60	± 367,19 ^a	24-1200	337,78	± 326,65 ^a	0,50
<i>A. lumbricoides</i>	864 – 22488	4955,35	± 4568,92 ^a	144-29784	5647,33	± 7302,06 ^a	288-28896	6554,12	± 6503,23 ^a	0,47
<i>Ancylostoma</i> spp.	1248 – 3744	2069,39	± 1102,51 ^a	1248-7632	3009,70	± 1689,85 ^a	288-7488	2492,32	± 2064,52 ^a	0,33

$\overline{OPG}$: Moyenne géométrique du nombre d'œufs ; les moyennes géométriques flaquées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives (P > 0,05).

III.1.14.2. Œufs de *Schistosoma haematobium* par 10 ml d'urine

Le dénombrement des œufs de *S. haematobium* dans les urines des écoliers a indiqué que les charges ovulaires individuelles étaient légères (≤ 50 œufs /10 ml d'urine) à fortes (> 50 œufs /10 ml d'urine) dans les différents genres, tranches d'âges et zones écologiques. Cependant, elles ont été, en terme moyen, toujours légères. Alors que les moyennes géométriques des nombres d'œufs (MGO) étaient statistiquement similaires ($P = 0,39$) entre les trois tranches d'âges (Tableau XXII), elles étaient significativement plus élevées ($P = 0,004$) chez garçons (MGO = $26,60 \pm 33,41$ œufs/5ml d'urine) que chez filles (MGO = $17,65 \pm 35,43$) d'une part, et plus élevées en zone sahélienne (MGO = $40,60 \pm 34,85$) comparée à la zone soudanienne (MGO = $17,40 \pm 31,77$) d'autre part. Dans toutes les provinces de notre aire d'étude, les charges ovulaires individuelles de *S. haematobium* étaient légères à fortes alors que les valeurs moyennes (MGO) étaient toujours légères. Toutefois, dans la zone soudanienne, des différences statistiquement significatives ont été trouvées entre les MGO provinciales. Ainsi, le tableau XXIII montre que le niveau d'élimination des œufs de *S. haematobium* a suivi le profil décroissant suivant : Moyen-Chari (MGO = $43,03 \pm 40,02$) > Mayo Kebbi-Est (MGO = $28,16 \pm 31,22$) > Tandjilé (MGO = $14,60 \pm 27,39$) > Logone oriental (MGO = $8,35 \pm 20,91$) = Logone occidentale (MGO = $5,96 \pm 16,85$).

Tableau XXII : Charges ovulaires de *S. haematobium* en fonction des genres, tranches d'âges et zones écologiques

Paramètres		Variation du nombre d'œufs	MGO	Valeur de P
Genres	Féminin	1-139	$17,65 \pm 35,43^b$	0,004
	Masculin	1-137	$26,60 \pm 33,41^a$	
Tranches d'âges (années)	5 à 9 ans	1-139	$26,28 \pm 38,76^a$	0,39
	10 à 14 ans	1-137	$22,10 \pm 33,84^a$	
	15 à 18 ans	1-123	$24,64 \pm 33,83^a$	
Zones écologiques	Zone sahélienne	1-139	$40,60 \pm 34,85^a$	<0,0001
	Zone soudanienne	1-139	$17,40 \pm 31,77^b$	

MGO : Moyenne géométrique des œufs par 5 ml d'urine ; Les moyennes géométriques flaquées de la même lettre dans la même colonne ne sont pas statistiquement significatives ($P > 0,05$).

Tableau XXIII : Charges ovulaires de *S. haematobium* entre provinces : analyse intrazonale

Zone écologiques	Provinces	Variation du nombre d'œufs	MGO	Valeur de P
Zone sahélienne	Chari-baguirmi	5-121	44,67 ±35,75 ^a	0,45
	N'Djaména	1-139	39,42 ±34,65 ^a	
Zone soudanienne	Logone occidental	1-67	5,96 ±16,85 ^d	<0,0001
	Logone oriental	1-92	8,35 ±20,91 ^d	
	Mayo kebbi-Est	1-123	28,16 ±31,22 ^b	
	Moyen-chari	5-139	43,03 ±40,02 ^a	
	Tandjilé	1-97	14,60 ±27,39 ^c	

MGO : Moyenne géométrique des œufs ; Les moyennes géométriques flaquées de la même lettre dans la même colonne ne sont pas statistiquement significatives ($P > 0,05$).

III.1.15. Relation entre degré de coloration des urines et présence d'hématurie

Quatre niveaux de coloration des urines ont été mis en évidence au cours de ce travail chez les écoliers examinés, à savoir les urines : claires (3,60%), jaune claire (59,81%), jaune foncé (32,02%), et rouges (4,57%). De tous ces écoliers, 601 (41,65%) ont rendu des urines tachées de sang. Le taux d'hématurie a augmenté significativement ($P < 0,0001$) et progressivement avec le renforcement de la coloration des urines, passant de 11,54% chez les élèves ayant émis des urines claires à 89,39% chez ceux dont les urines étaient rouges (Tableau XXIV).

Tableau XXIV : Microhématurie selon la couleur des urines

Couleur des urines	Nombre d'enfants du groupe (%)	Présence d'hématurie (%)	Valeur de P
Claire	52 (3,60)	6 (11,54) ^b	< 0,0001
Jaune claire	863 (59,81)	216 (25,03) ^b	
Jaune foncée	462 (32,02)	320 (69,26) ^a	
Rouge	66 (4,57)	59 (89,39) ^a	
Total	1443	601 (41,65)	

Les pourcentages flaqués des mêmes lettres ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$).

L'analyse des taux de microhématurie chez les élèves infestés par *S. haematobium* a permis de relever des différences significatives entre les genres et entre les provinces de la zone

soudanienne. Les élèves du genre masculin (81,40%) avaient significativement ($P < 0,0001$) plus émis des urines teintées de sang que ceux du genre féminin (65,29%). Dans la zone soudanienne, les élèves des provinces du Mayo Kebbi-Est (89,47%) et du Moyen-Chari (84%) ont émis plus d'urines hématuriques ; ceux du Logone occidental (41,18%) et du Logone oriental (47,37%) avaient en revanche émis moins d'urines sanguinolentes (Tableau XXV).

Tableau XXV: Relation entre les taux de microhématurie et d'infestation par *S. haematobium* en fonction des genres, des tranches d'âges des écoliers, et des provinces

Caractéristiques			Nombre d'élèves infestés	Elèves infestés + % d'hématurie
Genres	Féminin		242	158 (65,29) ^b
	Masculin		414	337 (81,40) ^a
	P-Value			0,0001
Tranches d'âge	5 à 9		62	48 (77,42) ^a
	10 à 14 ans		486	367 (75,51) ^a
	15 à 18 ans		108	80 (74,07) ^a
	P-value			0,88
Zones écologiques	Zsa	Chari-baguirmi	50	46 (92,00) ^a
		N'Djaména	162	149 (91,98) ^a
		P-value		0,99
	Zso	Logone occidental	34	14 (41,18) ^c
		Logone oriental	38	18 (47,37) ^c
		Mayo kebbi-Est	114	102 (89,47) ^a
		Moyen-chari	50	42 (84,00) ^a
		Tandjilé	208	124 (59,62) ^b
		P-value		0,0001

Zsa : zone sahélienne ; Zso : zone soudanienne

Chez les 383 enfants ayant des infections légères, c'est-à-dire avec moins de 50 œufs de *S. haematobium*/5ml d'urines, aucune différence significative ($P = 0,11$) n'a été trouvée entre les différents niveaux de microhématurie (faible, moyenne et élevée). Par contre chez ceux dont l'infection était forte, c'est-à-dire avec plus de 50 œufs/ 10 ml d'urine, le tableau XXVI ci-dessous

montre des différences significatives ($P < 0,0001$) entre les taux d'hématurie ; les élèves ayant une forte hématurie (86,44%) étaient aussi ceux ayant émis plus d'œufs de *S. haematobium*.

Tableau XXVI : Relation entre niveau d'infection (charges ovulaires) par *S. haematobium* et la microhématurie

Intensité d'infection	Nombre d'enfants infestés N_i	Microhématurie			Valeur de P
		H+	H++	H+++	
		n_i (%)	n_i (%)	n_i (%)	
Infections légères	383	89 (23,23) ^a	66 (17,23) ^a	79 (20,60) ^a	0,11
Fortes infections	273	7 (2,56) ^c	18 (6,60) ^b	236 (86,44) ^a	<0,0001

Infection légère : 1 à 49 œufs/10 ml d'urines ; Forte infection : ≥ 50 œufs/10 ml d'urines ; H+ : faible hématurie ; H++ : hématurie moyenne ; H+++ : forte hématurie ; Les pourcentages flaqués de la même lettre en ligne ne sont pas statistiquement significatifs ($P > 0,05$).

II.1.16. Perception et connaissance de la schistosomiase urinaire

Dans la présente étude, les élèves enquêtés ont rendu plusieurs types de réponses à la question de savoir "comment contracte-t-on la bilharziose urinaire ?". Seuls, 581 (40,26%) parmi tous ont su que cette maladie est contractée lors d'un contact (baignade par exemple) avec une eau de marigots ou de fleuves souillée (Tableau XXVII). Une forte disparité de réponses ($P = 0,0001$) a été notée entre les deux zones écologiques. En effet, 117 (23,88%) et 464 (48,69%) élèves ont donné la bonne réponse respectivement dans les zones sahélienne et soudanienne. Dans la zone sahélienne, les participants de la province du Chari-Baguirmi ont été significativement mieux ($P = 0,0001$) informés (45,10%) que ceux de N'Djaména (18,30%). Dans la zone soudanienne, aucune différence statistique ($P = 0,10$) n'a été trouvée entre les proportions de bonne réponse des élèves des différentes provinces.

Tableau XXVII : Niveaux de connaissance du mode de transmission de *S. haematobium*: analyse intrazonale

Zones écologiques	Provinces	Forte chaleur	Baignade dans fleuve/marigot souillés	Consommatio n eau marigot	Consommation escargots	Consommation grenouilles	Bain irrégulier	Pas de réponse
	[N _i]	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)
Zone sahélienne 117/490 (23,88%)	ChBag [102]	33 (32,35)	46 (45,10) ^a	12 (11,76)	/	/	/	11 (10,78)
	NDjam [388]	268 (69,07)	71 (18,30) ^b	18 (4,64)	2 (0,52)	2 (0,52)	9 (2,32)	18 (4,64)
	P-value		0,0001					
Zone soudanienne 464/953 (48,69%)	Locci [142]	/	68 (47,89) ^a	18 (12,68)	/	1 (0,70)	4 (2,82)	51 (35,92)
	Lorie [250]	/	92 (36,80) ^a	15 (6,00)	/	/	/	143 (57,20)
	MaKEs [186]	17 (9,14)	100 (53,76) ^a	24 (12,90)	17 (9,14)	8 (4,30)	12 (6,45)	8 (4,30)
	Mchar [86]	/	49 (56,98) ^a	16 (18,60)	/	/	/	25 (8,65)
	Tandj [289]	2 (0,69)	155 (53,63) ^a	35 (12,11)	35 (12,11)	18 (6,23)	19 (6,57)	21 (24,42)
	P-value		0,10					

n_i : nombre d'individus ayant donné cette réponse ; N_i: nombre d'élèves par province. La comparaison a été limitée pour les pourcentages de la bonne réponse.

III. 1.17. Malnutrition et helminthiases

Sur la base du calcul de l'indice de masse corporelle (IMC), trois statuts nutritionnels ont été retrouvés dans notre échantillon à savoir : les élèves en déficit nutritionnel (malnutrition sévère et malnutrition modérée), élèves avec un statut nutritionnel normal, et les élèves en surpoids.

III.1.17.1. Statut nutritionnel des élèves selon le sexe, la tranche d'âges, et la zone écologique

Les résultats acquis montrent une différence significative de proportions entre filles et garçons malnutris d'une part et, d'autre part, en surpoids (Tableau XXVIII). En effet, la proportion des garçons malnutris (30,99%) était significativement supérieure ($P = 0,009$) à celle des filles (24,58%). Par contre, le pourcentage des filles en surpoids (5,63%) dépassait nettement ($P = 0,0005$) celui des garçons (2,20%).

En tenant compte des tranches d'âges, on note que les distributions de fréquences des enfants dans trois catégories du statut nutritionnel étaient aussi différentes. Ainsi, les plus jeunes (14 ans ou moins) étaient significativement ($P = 0,0001$) plus malnutris que les aînés (16,16%). Le pourcentage des aînés (15 à 18 ans) ayant un statut nutritionnel normal était conséquemment supérieur ($P = 0,0002$) à celui des 14 ans et moins. Une proportion intermédiaire (4,04%) des enfants de 15 à 18 ans en surpoids a été trouvée entre les pourcentages de 7,24% et 2,84% correspondant respectivement à ceux des élèves en surpoids de 5 à 9 ans et 10 à 14 ans.

Entre les deux zones écologiques prospectées, aucune différence significative n'a été trouvée dans la distribution des fréquences des enfants dans les trois catégories du statut nutritionnel. Il est toutefois important de relever que dans chaque zone écologique, moins de 4% d'élèves étaient en surpoids et la majorité (66 à 68,5%) avaient un statut nutritionnel normal.

Tableau XXVIII : Statut nutritionnel des élèves par genre, tranches d'âge et zone écologique

Caractéristiques	Nombre d'élèves examinés	Statut nutritionnel des élèves		
		Enfants malnutris	Statut normal	Surpoids
	N _i	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)
Genres				
Féminin	533	131 (24,58) ^b	372 (69,79) ^a	30 (5,63) ^a
Masculin	910	282 (30,99) ^a	608 (66,81) ^a	20 (2,20) ^b
	P-value	0,009	0,24	0,0005
Tranches d'âges (ans)				
5 à 9	152	47 (30,92) ^a	94 (61,84) ^b	11 (7,24) ^a
10 à 14	1093	334 (30,56) ^a	728 (66,61) ^b	31 (2,84) ^b
15 à 18	198	32 (16,16) ^b	158 (79,80) ^a	8 (4,04) ^{ab}
	P-value	0,0001	0,0002	0,01
Zones écologiques				
Sahélienne	490	145 (29,59) ^a	328 (66,94) ^a	17 (3,47) ^a
Soudanienne	953	268 (28,12) ^a	652 (68,42) ^a	33 (3,46) ^a
	P-value	0,55	0,56	0,99

III.1.17.2. Statut nutritionnel des élèves par provinces

L'analyse du statut nutritionnel des élèves de la zone soudanienne n'a révélé aucune différence significative dans toutes les provinces, entre les pourcentages des enfants regroupés dans les trois catégories du statut nutritionnel (Tableau XXIX). Dans la zone sahélienne, le pourcentage des enfants ayant un statut nutritionnel normal était supérieur ($P = 0,01$) à N'Djaména (69,59%) comparé à celui dans le Chari-Baguirmi (56,86%). Par contre celui de ses élèves en surpoids (2,32%) était inférieur ($P = 0,006$) comparé à celui dans le Chari-Baguirmi (7,84%). Dans la zone soudanienne, aucun écart significatif de distribution de fréquences n'a été observé entre les provinces.

Tableau XXIX : Statut nutritionnel des élèves en fonction des provinces : analyse intrazonale

Zones écologiques	Provinces	Nombre d'élèves examinés	Statut nutritionnel des élèves		
			Enfants malnutris	Statut normal	Surpoids
		N _i	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)
Zsa	ChBa	102	36 (35,29) ^a	58 (56,86) ^b	8 (7,84) ^a
	NDja	388	109 (28,09) ^a	270 (69,59) ^a	9 (2,32) ^b
		P-value	0,16	0,01	0,006
	Locci	142	32 (22,54) ^a	106 (74,65) ^a	4 (2,84) ^a
Zso	Lori	250	62 (24,80) ^a	182 (72,80) ^a	6 (2,40) ^a
	MaKE	186	57 (30,65) ^a	123 (66,13) ^a	6 (3,23) ^a
	Mcha	86	26 (30,23) ^a	54 (62,79) ^a	6 (6,98) ^a
	Tand	289	91 (31,49) ^a	187 (64,71) ^a	11 (3,81) ^a
		P-value	0,20	0,08	0,36

III.1.17.3. Facteurs associés à la malnutrition

L'analyse de régression logistique a permis d'identifier deux types de facteurs associés à la malnutrition (Tableau XXX) : les facteurs protecteurs et les facteurs de risque. L'unique facteur protecteur contre la malnutrition a été la tranche d'âges de 15 à 18 ans. Les aînés de cette tranche d'âges courent deux fois moins de risque (ORa = 0,43 ; IC à 95% : 0,26 – 0,72 ; P = 0,001) d'être atteints de la malnutrition, comparés à ceux des autres tranches d'âges. En revanche, les facteurs de risque de malnutrition retrouvés dans cette étude sont : le genre (masculin), les porteurs des helminthes intestinaux, les individus souffrant de bilharziose urinaire, et le polyparasitisme. Ainsi, les élèves de sexe masculin courent significativement plus de risque (ORa = 1,57 ; IC à 95% : 1,21 – 2,04 ; P = 0,001) d'être affectés par la malnutrition que ceux de sexe féminin. Il en est de même des élèves porteurs d'helminthes intestinaux (ORa = 4,21 ; IC à 95% : 3,29 – 5,38 ; P = 0,001), de ceux qui souffrent de la bilharziose urinaire qui courent 4 fois plus de risque (ORa = 4,21 ; IC à 95% : 3,29 – 5,38 ; P = 0,001) d'être affectés par la malnutrition que ceux qui en sont indemnes. Pour finir, les individus polyparasités courent également significativement plus de risque (ORa = 1,34 ; IC à 95% : 1,06 – 1,7 ; P = 0,012) d'être malnutris que ceux qui sont monoparasités.

Tableau XXX : Facteurs associés (facteurs de risque et facteurs protecteurs) à la malnutrition

Variables	Malnutrition		Odd Ratio Ajusté (IC 95%)	Valeur de P
	Oui	Non		
Genres				
Féminin	131 (31,72)	402 (39,03)	1	0,001
Masculin	282 (68,28)	628 (60,97)	1,57 (1,21 - 2,04)	
Tranches d'âges (ans)				
5 à 9	47 (11,38)	105 (10,19)	1	0,92
10 à 14	334 (80,87)	759 (73,69)	0,98 (0,68 - 1,42)	
15 à 18	32 (7,75)	166 (16,12)	0,43 (0,26 - 0,72)	0,001
Zones écologiques				
Zone sahélienne	145 (35,11)	345 (33,50)	1	0,49
Zone soudanienne	268 (64,89)	685 (66,50)	1,09 (0,843 - 1,425)	
Porteurs d'helminthes intestinaux				
Non	202 (50,25))	701 (69,68)	1	0,0001
Oui	200 (49,75)	305 (30,32)	2,23 (1,76 - 2,82)	
Souffrant de bilharziose urinaire				
Non	124 (30,02)	663 (64,37)	1	0,0001
Oui	289 (69,98)	367 (35,63)	4,21 (3,29 - 5,38)	
Types de parasitisme				
Monoparasitisme	254 (61,50)	864 (83,88)	1	0,012
Polyparasitisme	159 (38,50)	166 (16,12)	1,34 (1,06 - 1,7)	

III.1.17.3. Relations entre charges ovulaires parasitaires et malnutrition

L'analyse de régression logistique a montré une différence significative entre les niveaux d'infestation helminthiques (par *S. mansoni*, *A. lumbricoides*, et *S. haematobium*), et la malnutrition (Tableau XXXI). Les élèves modérément infestés par *A. lumbricoides* courent deux fois plus de risque d'être atteints de malnutrition (OR = 2,36 ; IC à 95% : 1,350 – 4,136 ; P = 0,002), comparés à ceux qui sont faiblement parasités. Les élèves fortement infestés par *S. mansoni* courent deux fois

plus de risque (OR = 2,20 ; IC à 95% : 1,007 – 4,82 ; P = 0,04) d’être malnutris que ceux qui en sont faiblement ou moyennement infestés. De même, les enfants ayant une hématurie courent deux fois plus de risque d’être malnutris (OR = 2,23 ; IC à 95% : 1,526 – 3,269 ; P = 0,0001).

Tableau XXXI : Relation entre niveau d’infestation parasitaire et malnutrition

Caractéristiques	Malnutrition		Odds Ratio (IC à 95%)	Valeur de P
	Oui	Non		
<i>Ancylostoma spp</i>				
Infection faible	6 (21,43)	5 (25,00)	1	
Infection modérée	14 (50,00)	9 (45,00)	0,771 (0,181 – 3,297)	0,72
Infection sévère	8 (28,57)	6 (30,00)	0.90 (0,183 – 4,415)	0,89
<i>Ascaris lumbricoides</i>				
Infection faible	27 (25,96)	58 (45,31)	1	
Infection modérée	77 (74,04)	70 (54,69)	2,36 (1,350 – 4,136)	0,002
<i>Schistosoma mansoni</i>				
Infection faible	19 (24,68)	20 (16,81)	1	
Infection modérée	33 (42,86)	41 (34,45)	1.2 (0,542 – 2,568)	0,67
Infection sévère	25 (32,47)	58 (48,74)	2.20 (1,007 – 4,82)	0,04
<i>Schistosoma haematobium</i>				
Hématurie -	48 (16,61)	113 (30,79)	1	
Hématurie +	241 (83,39)	254 (69,21)	2,23 (1,526 – 3,269)	0,0001

III.2. Discussion

Le présent travail visait quatre objectifs spécifiques : (1) dresser un inventaire faunistique des parasites (helminthes intestinaux et *Schistosoma haematobium*) présents chez les écoliers des zones soudanienne et sahélienne du Tchad, (2) déterminer les caractéristiques épidémiologiques des parasitoses diagnostiquées, (3) caractériser les relations parasitaires interspécifiques, et (4) déterminer les facteurs de risque de la malnutrition chez ces élèves. Un total de 1443 élèves ont été enrôlés dans cette étude. Parmi ceux-ci, 1408 ont procuré, chacun, deux échantillons (selles et urine) alors que 35 autres n'ont, chacun, donné que l'échantillon d'urine ; ainsi l'effectif total des échantillons d'urines a été 1443. La zone soudanienne a fourni plus d'échantillons, soit 953 (66,04%), comparée à la zone sahélienne 490 (33,96%). Le nombre élevé des participants en zone soudanienne est dû au grand nombre de ses provinces impliquées dans l'étude, soit 5 provinces contre seulement 2 en zone sahélienne. Ce déséquilibre observé entre le nombre de provinces par zone écologique résulte d'un problème infrastructurel et d'accessibilité. Les sujets masculins ont représenté 63,06% de la taille de l'échantillon total contre 36,94% pour les sujets féminins. Ce résultat (prédominance des garçons) est similaire à ceux de Hamit *et al.* (2020) à N'Djaména (Tchad) et Nkengazong *et al.* (2010) au Sud-Ouest Cameroun. Il diffère toutefois de ceux obtenus par Ould *et al.* (2012) en Mauritanie (garçons : 43% ; filles : 57%), Savadogo *et al.* (2014) au Burkina Faso (garçons : 50,1% ; filles : 49,9%), et Ntonifor *et al.* (2012) dans la région du Sud-Ouest Cameroun (garçons : 47,5% ; filles : 52,5%). La disproportion en termes de représentativité des genres serait corrélée au taux de scolarisation des filles inférieur à celui des garçons, 43% contre 65,6%, au niveau national d'une part (MINFOPTE, 2015) et, d'autre part, lié à la réticence des filles à donner leurs selles et urines lors des prélèvements des échantillons. Elles avancent en général des raisons culturelles. Les élèves de la tranche d'âges de 10 à 14 ans ont fourni plus d'échantillons, soit 1093 (75,74%) contre 152 (10,53%) pour la tranche d'âges de 5 à 9 ans, et 198 (13,72%) pour celle des 15 à 18 ans. Ces pourcentages, proches de ceux rendus par Hamit *et al.* (2013) au Tchad et par Tagajdid *et al.* (2012) au Maroc, sont la conséquence du retard de scolarisation des enfants tchadiens, surtout en milieu rural (Salé, 2012).

III.2.1. Diversité biologique des parasites chez les écoliers (helminthes intestinaux et celui affectant l'appareil urinaire)

Les œufs de dix (10) espèces d'helminthes ont été retrouvés lors de cette étude, c'est-à-dire trois (3) Nématodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. et *Enterobius vermicularis*), trois (3) Trématodes (*Schistosoma haematobium*, *Schistosoma mansoni* et *Fasciola hepatica*), et quatre (4)

Cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphilobotrium latum*, *Taenia saginata* et *Taenia solium*). Cette richesse spécifique est du même ordre (10) que ce qu'ont rapporté Zeleke *et al.* (2016) dans le Sud-Ouest de l'Ethiopie, pays à climat tropical nuancé par l'altitude (de Rochebrune & Sablayrolles, 2000) mais un peu supérieur à 8 taxons d'helminthes intestinaux diagnostiqués par Hamit *et al.* (2013) au Tchad. Par contre, elle est légèrement inférieure à 12 taxons diagnostiqués par Kouassi *et al.* (2019) en Côte d'Ivoire, pays à climat subéquatorial et tropical (de Rochebrune & Sablayrolles, 2000). Les observations issues de ces deux pays semblent confirmer qu'en Afrique subsaharienne, les conditions environnementales (eaux stagnantes et polluées, présence des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes etc.), hygiéniques et climatiques sont favorables à la transmission, au développement et à la persistance de plusieurs espèces d'helminthes intestinaux/urinaires (Brooker *et al.*, 2006).

III.2.2. Caractéristiques épidémiologiques des parasitoses diagnostiquées

En dehors de *S. haematobium* porté par 45,46% d'écoliers, trois espèces parasites intestinaux étaient majoritairement diagnostiquées chez les élèves avec des prévalences indiquées : il s'agit de *Ascaris lumbricoides* (16,41%), *Schistosoma mansoni* (14%), et *Hymenolepis nana* (6,53%). Ce constat a été également fait pour *A. lumbricoides*, entre autres, par Goodman *et al.* (2007) à Zanzibar, Hamit *et al.* (2008 ; 2017) à N'Djaména, Leta *et al.* (2020) en Ethiopie, et Zephania *et al.* (2010) et Oyono *et al.* (2020) au Cameroun. Dans le même sens, Lehman *et al.* (2012) ont noté qu'à Njombé au Cameroun, *S. mansoni* et *A. lumbricoides* étaient prépondérants parmi les helminthes isolés. La raison de la prédominance de *A. lumbricoides* dans toutes ces études pourrait être liée à la longue durée de vie du ver femelle (2ans environ) et à un taux de fécondité exceptionnel (entre 134.000 à 360.000 œufs pondus par jour pendant environ 300 jours), et au manque d'hygiène (Tahir *et al.*, 2022). De plus, la paroi relativement solide des œufs de *A. lumbricoides* lui permet une meilleure résistance aux conditions environnementales défavorables. Le taux d'infestation élevé de *A. lumbricoides* dans notre étude confirme les propos de Montresor *et al.* (2002), Tchuem Tchuente *et al.* (2012), et Hamit *et al.* (2013) que cette espèce est l'une des plus répandues au monde parmi les helminthes intestinaux. Quant au taux d'infestation élevé de *S. haematobium* comparé à celui de *S. mansoni* dans la présente étude, il pourrait être relié à une contamination plus facile des points d'eau, très fréquentés dans les milieux chauds et arides, dans la journée, par ses œufs éliminés dans les urines, comparée à la dispersion, de ceux de *S. mansoni* (contenus dans les selles) par un lessivage après des pluies rares (Saotoing *et al.*, 2011) mais aussi par des tempêtes de vents.

Au total, 505 élèves sur les 1408 ayant procuré un échantillon de selles se sont révélés porteurs d'au moins une espèce d'helminthe intestinal, soit un taux d'infestation global de 35,87%. Cette prévalence est comparable à 36,7% obtenue à Kékem dans l'Ouest-Cameroun par Dankoni *et al.* (2014), plutôt dans une zone de climat équatorial. Elle est cependant inférieure à celles antérieurement obtenues au Tchad par Béchir *et al.* (2012), soit 60%, et Hamit *et al.* (2013), soit 57,1%. Cette différence est attribuable à l'écart de temps (une décennie) qui sépare notre étude des précédentes. Une baisse de prévalence témoigne d'une amélioration de l'assainissement grâce aux efforts des agents de vulgarisation sanitaire. Elle résulte aussi de l'efficacité des récentes distributions, bien que sporadiques, des antihelminthiques par le Ministère de la santé publique (Nadjilar, com. pers.). Ce taux d'infestation indique par ailleurs que les communautés des zones soudanienne et sahélienne du Tchad résident dans des environnements fortement contaminés par les parasites. En effet, nous avons noté que la plupart des élèves, surtout en milieu rural, défèquent à l'air libre, dans les buissons voisins entourant leurs écoles et leurs maisons, faute des toilettes. Lorsque ces toilettes existent, elles sont souvent mal construites, mal entretenues, et donc non utilisées par les enfants. Lors des pluies et pendant les tempêtes, cette pratique entraîne la dispersion des œufs de parasites et la contamination de tout l'environnement (Aribodor *et al.*, 2019). En effet, Dankoni *et al.* (2014) soutiennent que l'assainissement et l'amélioration du cadre de vie réduisent significativement la transmission des helminthiases, et de la schistosomiase en particulier. Comparée à d'autres études, des taux de prévalence des helminthiases intestinales plus élevés ont été rapportés dans la littérature, par exemple 52,1% dans le Sud-Ouest de l'Ethiopie par (Zelege *et al.*, 2016) et 64,4% dans l'Etat d'Enugu au Nigeria (Aribodor *et al.*, 2019). Concernant la schistosomiase urinaire, 656 sur les 1443 écoliers reçus y ont été déclarés positifs, soit une prévalence globale de 45,46%. Cette prévalence est très inférieure à 94% obtenue dans le district du delta du Tana au Kenya (Kariuki *et al.*, 2016), et 78% obtenue dans la région du Sud-Ouest Cameroun (Ntonifor *et al.*, 2012). Elle est par contre nettement supérieure à 3,2% obtenue dans quatre régions du Cameroun (Tchuem Tchuente *et al.*, 2013), 20% en Guinée-Bissau (Botelho *et al.*, 2016), 23,6% à Bamako (Cheick, 2021), 26,85% au Nord Cameroun (Saotoing *et al.*, 2014), et 26,4% à N'Djaména (Hamit *et al.*, 2020).

Longtemps perçue comme une maladie principalement concentrée dans le Sud du Tchad (Ballivet *et al.*, 2012), notre étude soulève la problématique de la cartographie de transmission de la bilharziose au Tchad. En effet, notre étude montre que les foyers de transmission de la bilharziose se situent au-delà de la zone soudanienne. Ces foyers que l'on peut qualifier de nouveaux pourraient être une des conséquences directes des migrations/déplacements de populations (dont certains

membres sont porteurs de la maladie) à l'intérieur du pays en quête d'une vie meilleure ou pour des raisons de sécurité. A cet effet, une cartographie nationale complète de la bilharziose urinaire et des géohelminthiases au Tchad est nécessaire pour une intervention ciblée plus efficace.

Mis à part *S. mansoni* pour lequel les filles étaient significativement plus souvent infestées que les garçons, aucune autre différence d'infestation significative n'a été trouvée entre les genres pour les autres parasites. Notre résultat est superposable à ceux de Daryani *et al.* (2012) dans Nord de l'Iran, Nxasana *et al.* (2013) en Afrique du Sud, et Dankoni *et al.* (2014) au Cameroun. Ces auteurs ont tous montré que l'infestation n'était non plus fonction du genre. Notre résultat diffère cependant de ceux de Traoré *et al.* (2011) en Côte d'Ivoire, Ould *et al.* (2012) en Mauritanie et Hamit *et al.* (2013) au Tchad, qui ont tous noté des différences des taux d'infestations entre les genres. Concernant la schistosomiase urinaire, Tagajdid *et al.* (2012) au Maroc et Ibikounlé *et al.* (2013) au Bénin n'ont guère aussi obtenu de différence significative de prévalence entre les deux genres. Cette conclusion est contraire à celle des travaux menés par Senghor (2010), Dankoni *et al.* (2014) et Hamit *et al.* (2020) respectivement en milieu rural sénégalais, à Kékem (Ouest-Cameroun), et à N'Djaména (Tchad). Ces auteurs ont noté que les garçons étaient significativement plus souvent infestés par *S. haematobium* que les filles. L'absence dans notre étude d'un lien significatif entre le taux de portage parasitaire et un genre donné, pour la quasi-totalité des espèces parasites, serait essentiellement due au non-respect, indifféremment du genre, par tous les écoliers des règles d'hygiène élémentaires (1), et à la fréquentation des mêmes aires de jeux par les enfants des deux genres (2). Ils sont ainsi tous soumis aux mêmes facteurs d'exposition à l'infestation par ces helminthes. En ce qui concerne la différence des taux d'infestation par *S. mansoni* entre les genres (Tableau VIII), ce même constat a aussi été fait au Maroc par Tagajdid *et al.* (2012) et au Bénin par Ibikounlé *et al.* (2013) ; dans ces études, les filles étaient aussi significativement plus souvent infestées que les garçons. Dans l'Etat d'Enugu (Nigeria), Aribodor *et al.* (2019) ont récemment noté que les filles (14,0%) étaient relativement plus souvent infestées par *S. haematobium* que les garçons (13,0%), mais qu'inversement, les garçons étaient proportionnellement plus infestés (9,6%) par *S. mansoni* que les filles (5,0%). Dans notre contexte tchadien, en raison de la paucité ou de l'absence totale de certaines infrastructures essentielles (puits améliorés, toilettes, réseau de distribution d'eau potable, etc.) dans presque toutes les localités prospectées, les enfants des deux sexes recourent aux eaux de puits et ou de marigots souillés d'œufs d'helminthes et de cercaires pour boire et se baigner ; ceci constitue un risque d'infestation (Bilong Bilong *et al.*, 2021 ; Aubry & Gauzère, 2021). De plus, les filles seraient plus exposées à la schistosomiase par rapport aux garçons, parce que culturellement elles sont chargées de l'exécution

de certaines tâches ménagères (lessive, vaisselle, etc.) dans des marigots où elles s'infestent (Rossant-lumbroso *et al.*, 2020). Yapi *et al.* (2016) et Okon *et al.* (2007), respectivement dans deux villages endémiques du district sanitaire de Bouaflé (Côte d'Ivoire) et dans le Sud-Ouest et le Sud-Est du Nigeria révèlent aussi que les femmes sont plus souvent en contact avec l'eau. Les élèves de la tranche des 5 à 9 ans étaient relativement plus souvent infestés par *E. vermicularis* comparés à ceux de 10 ans et plus (Tableau IX). L'association significative entre la prévalence de ce nématode avec la tranche d'âges des 5 à 9 ans concorde avec les conclusions de Narayan *et al.* (2009) au Népal, Nxasana *et al.* (2013) en Afrique du Sud, et Saotoing *et al.* (2014) au Nord Cameroun. Ces auteurs ont aussi noté que les plus jeunes enfants sont plus concernés par ce parasite. La tendance à la géophagie, plus développée chez les enfants ainsi que l'acquisition lente et progressive de l'immunité avec l'âge, expliqueraient cette observation (Kouassi *et al.*, 2019). En effet, l'immunité humorale acquise progressivement par l'hôte détruit significativement les jeunes larves ou les œufs des helminthes présents dans l'organisme de l'enfant (Auriault *et al.*, 1996). Cette relation mise en évidence seulement pour *E. vermicularis* confirme la prédilection de ce parasite pour les plus petits enfants (ANOFEL, 2014).

Entre les deux zones écologiques, les taux de prévalences spécifiques n'ont significativement varié que pour *S. mansoni* et *H. nana* plus souvent retrouvés dans la zone soudanienne, et pour *T. saginata*, plus identifié dans la zone sahélienne. Ces observations, qui avaient été déjà faites il y a une décennie par Hamit *et al.* (2013), seraient dues aux conditions écologiques et environnementales différentes entre ces deux zones. En effet, la zone soudanienne est dotée d'un climat plus humide et d'un réseau hydrographique plus dense (MINAGRI, 2013), favorable à la persistance et à la dissémination des œufs et/ou larves d'helminthes en général, et au développement des mollusques hôtes intermédiaires de *S. mansoni* et *S. haematobium* en particulier. La prépondérance de *T. saginata* dans la zone sahélienne serait liée aux habitudes culinaires axées sur la consommation de la viande bovine (peu cuite) dans cette partie du pays connue comme une aire d'élevage par excellence des bovidés (MINAGRI, 2013). L'analyse intrazonale (Tableau IV) a mis en évidence une différence significative de prévalences de *S. mansoni* entre provinces de la zone sahélienne, les élèves de la province du Chari-baguirmi étant plus souvent infestés (14,43%) que ceux de N'Djaména (8,20%). Au niveau des écoles de cette zone écologique (Tableau VI et VII), des différences de prévalences ont été trouvées pour *S. haematobium*, *S. mansoni*, *A. lumbricoides*, *H. nana* et *T. saginata*. Quant à la zone soudanienne, les taux d'infestation par *S. haematobium*, *S. mansoni*, *A. lumbricoides* et *H. nana* avaient significativement varié entre les provinces d'une part et, d'autre part, entre les écoles, exception faite pour *Ancylostoma* spp. Ces

disparités intrazonales de prévalences parasitaires seraient dues (1) aux positions géographiques des localités visitées et (2) aux campagnes de chimio-prévention anarchiquement organisées au Tchad faute d'un programme national de lutte contre la schistosomiase et les helminthiases intestinales. En effet au Tchad, il y a des localités ou des écoles qui ne bénéficient pas de la chimio-prévention, alors que d'autres en bénéficient régulièrement (Nadjilar, com. pers). Pourtant, Oyono *et al.* (2020) recommandent que les stratégies de lutte contre ces pathologies, qui consistent à déparasiter les enfants en milieu scolaire, soient régulières et ciblées. Les taux d'infestation élevés de *S. haematobium* et *S. mansoni* obtenus dans les provinces de la Tandjilé (*S. haematobium* : 71,97% ; *S. mansoni* : 14,08%), du Mayo Kebbi-Est (*S. haematobium* : 61,30% ; *S. mansoni* : 18,58%), et du Moyen-Chari (*S. haematobium* : 58,14% ; *S. mansoni* : 56,98%) comme le montre le Tableau IV pourraient aussi être rapportés à la forte densité du réseau hydrographique et aux retenues d'eau qui y sont créées artificiellement, qui servent à la pratique de l'agriculture irriguée mais aussi de baignoires aux enfants.

De tout ce qui précède, il convient de noter que les prévalences de ces différents parasites sont sous-estimées car si la présence d'œufs dans un produit biologique (urines ou selles) confirme le diagnostic, leur absence n'exclut pas l'existence d'une infestation évolutive (Ballivet *et al.*, 2012). Le plus souvent, la ponte ne débute qu'après un certain temps de multiplication et de maturation parasite chez l'hôte. Dans le même ordre d'idée la prévalence du nématode *Enterobius vermicularis* (0,71%) dans notre étude (Figure 12) nous semble minimisée car nous n'avons pas utilisé la technique spécifique de Graham pour sa recherche (Durand *et al.*, 2005).

Les parasites sont des êtres vivants connus dans tous les environnements (Thomas *et al.*, 1997). Du fait de leur omniprésence, la plupart des espèces infestent simultanément un hôte donné avec d'autres espèces parasites (Vaumourin *et al.*, 2015). La cooccurrence de parasites résulte des interactions entre eux, qui sont très importantes du fait qu'elles peuvent altérer la susceptibilité de l'hôte, la durée d'infection, le risque de transmission, et les symptômes (Vaumourin *et al.*, 2015). A cet effet, les parasites peuvent agir de deux façons : (1) en synergie, c'est-à-dire que la présence de l'un favorise l'infection par un ou plusieurs autres parasites, et (2) en antagoniste, c'est-à-dire que la présence de l'un inhibe l'infection par un ou plusieurs autres parasites. Dans notre étude, le polyparasitisme a été mis en évidence chez 23,08% du total des élèves infestés (Tableau X). Cette proportion, inférieure à 28,14% trouvée par Hamit *et al.* (2013) au Tchad, est supérieure à 10,19% indiquée par Tchuem Tchuente *et al.* (2012) dans les régions du Centre, de l'Est et de l'Ouest Cameroun, et à 12,4% trouvée par Zeleke *et al.* (2016) au Sud-Ouest de l'Ethiopie. La fréquence du polyparasitisme a été significativement plus élevée ($P < 0,05$) dans la zone soudanienne (26,47%)

qu'en zone sahélienne (16,42%), et ce, conformément aux résultats de Hamit *et al.* (2013) dans les mêmes zones écologiques. Ces derniers auteurs avaient trouvé 16,1% de polyparasitisme dans la zone sahélienne contre 33% dans la zone soudanienne. Au sein de la population générale, les élèves ont hébergé 1 à 5 espèces parasites/individu infesté avec une moyenne de $1,46 \pm 0,81$ espèce par individu porteur. Cette richesse spécifique dépasse de peu le nombre de 4 espèces parasites retrouvées chez les individus porteurs dans l'Etat d'Oyo au Nigeria par Adekola *et al.* (2014). En tenant compte des zones écologiques, la richesse spécifique moyenne a été relativement plus élevée en zone soudanienne ($1,57 \pm 0,88$ espèce parasite par individu infesté, avec un maximum de 5 espèces) qu'en zone sahélienne ($1,25 \pm 0,59$ espèce parasite par individu infesté, avec un maximum de 4 espèces). Hamit *et al.* (2013) avaient obtenu une richesse spécifique de 4 espèces parasites dans la zone soudanienne tchadienne, et 3 dans la zone sahélienne. Cette différence peut être due au fait que dans notre étude, en plus des helminthes intestinaux, nous avons inclu *S. haematobium*, agent de la bilharziose urinaire. Brooker *et al.* (2006) ont expliqué la cooccurrence des espèces parasites par l'abondance de celles qui sont présentes dans un milieu donné et par la prévalence de chacune d'elles. Nos résultats corroborent ce raisonnement ; en effet, dans la présente étude, le nombre d'espèces parasites retrouvées dans la zone soudanienne (10) était un peu supérieur à celui de la zone sahélienne (9). Ces infections multiples peuvent avoir des conséquences majeures sur la dynamique évolutive du système hôte-parasite en rajoutant un niveau de sélection : la sélection intra-hôte. Ainsi, le parasite ne doit plus se contenter d'optimiser sa transmission. Il doit aussi être particulièrement compétitif à l'intérieur de son hôte, dans une situation de partage de ressource avec un ou plusieurs autres parasites. Or, de Roode *et al.* (2005) ont montré que les parasites les plus compétitifs (taux de croissance rapide, émission de toxines) sont les plus virulents. Par conséquent, les infections multiples favorisent l'émergence de parasites plus virulents (Van Baalen & Sabelis, 1995 ; Frank, 1996). Dans le même sens, Nowak & May (1994) ont émis l'hypothèse suivante : si les espèces parasites les plus virulentes sont aussi les plus favorisées dans la compétition intra-hôte (ce qui est probable si virulence et taux de croissance des parasites sont liés), alors on s'attend à ce que la virulence augmente en cas d'infections multiples. Et par conséquent, diminuer le taux de transmission des helminthiases permettra de diminuer leur incidence lors des infections multiples, ce qui aboutit à diminuer la virulence (Van Baalen & Sabelis, 1995)

L'analyse de régression logistique a révélé que les élèves de la tranche d'âges de 10 à 14 ans, et ceux habitant dans la zone soudanienne (Tableau XI) courent significativement plus de risques d'être concomitamment infestés par 2 ou plusieurs espèces parasites. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les enfants de cette tranche d'âges échappent facilement au contrôle

parental ; par conséquent et selon nos observations ils n'appliquent pas les mesures élémentaires d'hygiène, consomment des crudités sans nettoyage au préalable, défèquent à l'air libre, etc. Ils jouent aussi dans des environnements insalubres (sol contaminé d'œufs de géohelminthes, baignades dans des marigots infestés de cercaires, etc.). Par contre, les enfants plus jeunes ont des activités en plein air mais sont étroitement surveillées et contrôlées par leurs parents. Le constat que les enfants de la zone soudanienne avaient un risque significativement plus élevé d'être infestés par 2 ou plusieurs espèces parasites comparés à ceux de la zone sahélienne suggère que les facteurs environnementaux influencent la transmission des parasites dans les deux zones. Il est connu qu'en zone soudanienne, le sol est principalement sablonneux et couvert d'une végétation dense alors qu'en zone sahélienne, le sol est plutôt argileux et peu couvert de végétation (MINAGRI, 2013). Ces conditions affectent la survie et le développement des géohelminthes (Mabaso *et al.*, 2003).

Au total, 29 types d'infracommunautés ont été dénombrés dans notre population d'étude (Tableau XIII). Ainsi 14, 9, 5 et 1 de ces infracommunautés sont constitués respectivement de 2, 3, 4, et 5 espèces parasites. De ce fait, plus le nombre d'espèces parasites augmente, moins on trouve des infracommunautés concernées. Il convient aussi de noter que les espèces diffèrent par leurs durées de vie et leur taux de colonisation. Il est en effet très improbable voire impossible que toutes les espèces aient des taux de colonisation et des durées de vie identiques (Rohde, 2003). Ce résultat s'aligne sur celui de Hamit *et al.* (2013) dans les zones sahélienne et soudanienne du Tchad. Ces auteurs avaient mis en évidence 32 types d'infracommunautés, dont 14 constituées de deux espèces parasites, 14 de 3 espèces, et 4 de 4 espèces. Le nombre d'infracommunautés retrouvés dans ce travail est supérieur à 24 (17 infracommunautés à 2 espèces et 7 de 3 espèces) obtenu par Adekola *et al.* (2014) au Nigeria. Ces données confirment une fois de plus que la plupart des infections parasitaires sont des coinfections (Thumbi *et al.*, 2014). Ces derniers auteurs en ont conclu que du fait de leur omniprésence, la plupart des espèces parasites infestent leurs hôtes simultanément avec d'autres parasites. Le polyparasitisme est donc, plus que le monoparasitisme, la règle (Thumbi *et al.*, 2014). Ces résultats peuvent s'expliquer par un chevauchement des conditions qui favorisent la coexistence de ces espèces parasites. *Schistosoma haematobium*, *A. lumbricoides*, *S. mansoni* et *H. nana* ont été les espèces parasites les plus impliquées dans les différents types d'infracommunautés, avec respectivement 65,51%, 44,82%, 31,03% et 31,03% de taux de participation (Tableau XIV). Ce résultat est proche de celui de Hamit *et al.* (2013) qui ont noté que *A. lumbricoides* et *H. nana* étaient les parasites les plus rencontrés dans les infestations mixtes. Les infracommunautés à deux espèces parasites, constituées par les binômes *S. haematobium* + *S. mansoni* (4,69%), et *S. haematobium* + *A. lumbricoides* (4,55%) ont déterminé les infections mixtes les plus fréquemment

rencontrées dans notre étude. D'autres auteurs nigériens tels que Aribodor *et al.* (2019) et Adekola *et al.* (2014) sont parvenus aux mêmes observations. Ils ont respectivement trouvé un taux d'infection mixte par *S. haematobium* + *A. lumbricoides* de 3,8% et 28,9%. L'infestation par 3 espèces la plus fréquemment enregistrée (1,70%) dans notre étude était celle par *S. haematobium* + *S. mansoni* + *A. lumbricoides*. Ce résultat contraste avec les travaux de Aribodor *et al.* (2018) et Agbolade *et al.* (2007) au Nigeria. Ces auteurs ont plutôt trouvé des infestations mixtes constituées respectivement de *S. haematobium* + *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp, et *A. lumbricoides* + *Ancylostoma* spp. + *T. trichiura*. L'infestation concomitante par 4 espèces parasites était dominée par le quatuor *S. haematobium* + *H. nana* + *T. solium* + *D. latum* avec une prévalence de 0,64%. Ce résultat est en désaccord avec les travaux de Adekola *et al.* (2014) dans l'Etat d'Oyo au Nigeria. Ces auteurs ont trouvé une infestation mixte constituée plutôt et uniquement de *A. lumbricoides* + *T. trichiura* + *Ancylostoma* spp + *S. haematobium* avec une prévalence de 4,9%. L'infestation mixte par *S. haematobium* + *S. mansoni* + *H. nana* + *Ancylostoma* spp + *A. lumbricoides* est la seule à 5 espèces parasites retrouvée dans notre étude. Les coinfections par les différentes espèces de parasites diagnostiquées au cours de cette étude indiquent que les communautés d'hôtes étudiées courent un grand risque de contracter des parasitoses multiples ; ceci appelle à mettre en place des mesures de contrôle intégré.

III.2.3. Relations parasitaires interspécifiques

L'analyse des associations interspécifiques binaires par le calcul de l'indice D de Dice a permis de noter qu'en majorité celles-ci sont très faibles ou faibles entre les différentes espèces parasites de l'intestin grêle, et entre celles du côlon (Tableau XV). Cette observation concorde avec les conclusions d'une étude menée chez les enfants en âge scolaire dans la région du Sud Cameroun (Bilong Bilong *et al.*, 2021). Les associations interspécifiques entre les espèces parasites de l'intestin grêle apparaissaient plus fréquemment qu'elles sont attendues, exceptée pour celle entre *A. lumbricoides* et *D. latum* qui est apparue moins souvent qu'elle était attendue selon les lois du hasard ; elles ne montrent aucune interaction positive ni négative entre taxons. La seule association moyenne entre les espèces parasites de l'intestin grêle est celle entre *T. solium* et *D. latum*. L'association entre les deux espèces parasites du côlon (*S. mansoni* x *E. vermicularis*) était très faible ; elle est apparue plus fréquemment qu'elle était attendue, et n'était ni positive ni négative. Toutes ces associations peuvent être attribuées à la co-endémicité de ces parasites dans les zones d'étude, aux facteurs de risque communs, et aux modes de contamination identiques (Deter, 2008 ; Haque, 2007). En effet, la co-endémicité de ces espèces de parasites, la résistance et la persistance

des formes infestantes des parasites intestinaux dans le milieu extérieur pourraient exacerber la probabilité d'être ingérées comme en cortège par un même hôte individuel (Bilong Bilong *et al.*, 2021). L'association interspécifique moyenne entre *T. solium* et *D. latum*, deux espèces aux modes de transmission différents, est apparue plus fréquemment que prévue par le hasard. Cela pourrait être dû au fait que ces espèces parasites sont répandues dans les mêmes aires ; ainsi, ils peuvent être hébergés par les mêmes hôtes.

L'absence d'interaction entre ces parasites pourrait avoir un effet néfaste sur l'hôte. En effet, plus que les associations, ce sont les interactions qui jouent un rôle majeur dans la structuration des parasites (Vaumorin *et al.*, 2015). Dans un hôte polyparasité, la virulence est déterminée par l'ensemble des parasites (Alizon, 2006). Dans notre cas où aucune corrélation négative n'a été observée, les infections multiples peuvent être plus virulentes ou dommageables que les infections simples en raison de l'addition des effets pathogènes des différentes espèces parasites (Bilong-Bilong *et al.*, 2021). Ceci a inéluctablement des conséquences notables chez les enfants polyparasités dont la santé se dégrade rapidement du fait d'un système immunitaire immature (Kouassi *et al.*, 2019), et dont d'autres deviennent malnutris.

Le manque d'interaction entre *S. haematobium* et chacun des helminthes intestinaux diagnostiqués (Tableau XVI) pourrait être dû au fait que ces parasites et *S. haematobium* occupant des habitats différents chez l'hôte humain ne pourraient avoir que des interactions immunologiques minimales (Viney & Graham, 2013). En effet, les infrapopulations de différentes espèces de parasites qui préfèrent différentes régions (ou sites) chez un hôte ne sont pas en contact et ne se disputent donc aucune ressource (Combes, 1995) ; la seule possibilité d'interaction entre de tels parasites occupant différentes régions de l'hôte est la compétition indirecte, via le système immunitaire de l'hôte (Buzoni-Gatel *et al.*, 2008).

L'association entre *S. haematobium* et *S. mansoni*, parasites évoluant dans le système circulatoire sanguin a été moyenne. Ces deux espèces apparaissent ensemble plus fréquemment que cela est attendu par le hasard, mais elles n'exercent aucune influence l'une sur l'autre. Elles ont un même mode d'infestation et occupent quasiment le même habitat intra-hôte (système circulatoire). Cette coexistence dans le système circulatoire pourrait conduire à une hybridation entre-elles. En effet, en France, Depaquit *et al.* (2019) ont observé une hybridation entre *S. mansoni* et *S. haematobium* chez un patient d'origine ivoirienne. Cette hybridation pourrait occasionner le remplacement de l'une des espèces par l'autre, et avoir un impact majeur dans la relation parasite-hôte, ainsi que dans l'épidémiologie et l'évolution de la maladie (Webster *et al.*, 2005).

III.2.4. Facteurs de risque des infestations parasitaires et de la malnutrition

Selon les critères de classification de l'OMS (2004), les charges ovulaires moyennes des différentes espèces de parasites intestinaux dans les deux zones écologiques ont été modérées, sauf pour *A. lumbricoides* où l' $\overline{OPG}$ était léger dans la zone sahélienne (Tableau XVII). Quant aux Moyennes Géométriques des Œufs (MGO) de *S. haematobium*, elles ont été légères dans les deux zones écologiques (Tableau XXI). Ces résultats cachent toutefois d'énormes disparités existantes entre les provinces et les écoles. Les charges ovulaires individuelles ont été de légères à fortes pour *S. mansoni*, *S. haematobium*, et *Ancylostoma* spp. dans un certain nombre de provinces et d'écoles. Ces observations pourraient s'expliquer par les distributions (anarchiques) des antihelminthiques dans certaines localités ; ceci a pu avoir pour effet de baisser la charge parasitaire. Conformément aux recommandations de l'OMS (2004), Hamit (2015) a conclu que pour les helminthes intestinaux, la zone soudanienne tchadienne est favorable aux prévalences et intensités modérées contrairement à la zone sahélienne où les prévalences et intensités sont souvent faibles. Dans le présent travail, les différences des charges ovulaires entre les tranches d'âges étaient non significatives pour toutes les espèces parasites. Cependant, on observe des $\overline{OPG}$ légers pour *A. lumbricoides* chez les plus jeunes (5 – 9 ans) et modérés chez les plus âgés (10-18ans) (Tableau XX). Des $\overline{OPG}$ modérés ont été notés pour *S. mansoni* et des MGO légères pour *S. haematobium*, dans toutes les tranches d'âges. Ces résultats corroborent ceux de Yapi *et al.* (2016) en Côte d'Ivoire. Pourtant selon l'OMS (1994), l'intensité d'infestation diminue avec l'acquisition progressive d'une immunité protectrice, d'apparition lente à partir de l'âge de la puberté. Dans les deux genres, les $\overline{OPG}$ ont été modérés pour tous les parasites intestinaux et faibles pour *S. haematobium*. Les différences d'émission d'œufs n'ont été notées que pour *Ancylostoma* spp. et *S. haematobium*, les garçons en excrétaient plus que les filles. Ce résultat est conforme à celui de Habtamu *et al.* (2019) chez les élèves en Ethiopie. En échappant au contrôle parental, les garçons se contaminent probablement plus que les filles d'où leurs charges ovulaires élevées.

Un fait remarquable de nos résultats est que les provinces (Chari-baguirmi, Moyen-Chari, et N'Djaména) où la prévalence de la bilharziose urinaire était élevée (> 58%), sont aussi celles où les moyennes géométriques des œufs émis sont les plus élevées (> 39), exceptée la province de la Tandjilé dans laquelle le taux d'infestation était 71,97% mais l'OPG moyen n'était que de $14,41 \pm 27,39$ (Tableau XXII). Si cette dernière prévalence est due à une réinfestation constante des écoliers, la faible valeur de l'OPG moyen est la conséquence d'un déparasitage au Praziquantel mené dans cette localité un an avant notre enquête par le Ministère de la Santé Publique (Nadjilar, com. pers.).

Dans notre étude, 41,65% d'élèves étaient positifs à la microhématurie (Tableau XXVII). Cette proportion est comparable à 38,9% obtenue par Botelho *et al.* (2016) en Guinée-Bissau. Cependant, elle est d'une part inférieure à 69% obtenue par Kariuki *et al.* (2016) dans le district du delta du Tana au Kenya et, d'autre part, supérieure à 12,2% trouvée par Sumbele *et al.* (2021) à Muyuka au Cameroun. Parmi les 656 élèves infestés par *S. haematobium*, 495 (75,46%) étaient positifs à l'hématurie alors que 24,54% positifs à la microhématurie n'étaient pas infestés. Kariuki *et al.* (2016) au Kenya, ont trouvé que tous les enfants atteints de microhématurie étaient infectés par *S. haematobium*, mais que 26% de ceux qui étaient infestés n'avaient pas des urines sanguinolentes. Les proportions d'hématurie pour les urines claires, urines jaunes foncées et rouges ont été significativement différentes (Tableau XXIII). En effet, les urines claires étaient hématuriques à 11,55% et les urines rouges à 89,39%. Ce résultat confirme que toute urine rouge ne contient pas forcément les globules rouges, et toute urine claire n'est pas nécessairement exempte de la microhématurie. Barocas *et al.* (2020) argue à juste titre que la couleur de l'urine n'est pas indicative d'une hématurie car elle peut être causée par des aliments (betterave ou colorants alimentaires), des médicaments, des protéines musculaires ou une porphyrie. Par ailleurs, un volume trop faible de sang dans une urine claire peut être détecté par une bandelette réactive ou un autre examen biologique. Excepté dans le Logone oriental et le Logone occidental, la proportion des individus infestés avec présence de microhématurie a toujours été significativement plus élevée que celle des individus infestés sans microhématurie, quels que soient le genre, les tranches d'âge, et les provinces. Ce résultat suggère qu'en zone d'endémie bilharzienne, l'hématurie microscopique détectée dans les urines est néanmoins très présomptive d'une bilharziose urinaire, surtout chez les enfants.

Seuls 40,26% des élèves, dans l'ensemble des deux zones écologiques, avaient donné une bonne réponse quant à la cause de l'infestation bilharzienne (Tableau XXVI). Ce niveau de connaissance est inférieur à celui des maliens de la commune rurale de Kalaban-coro, qui était de 60,8% (Dao, 2016). Il est par contre bien supérieur à 17,9% et 19,3% relevés au Cameroun respectivement chez les écoliers de la région du Sud-ouest (Ntonifor *et al.*, 2012) et chez ceux de Tiko (Sumbele *et al.*, 2021) respectivement. Une forte disparité a été observée entre les niveaux de connaissance du mode d'infestation de la bilharziose entre les élèves de la zone soudanienne et ceux de la zone sahélienne. Les élèves de la zone soudanienne étaient plus informés (48,69%) sur ce point que ceux de la zone sahélienne (23,88%). Cette différence peut s'expliquer par (1) celles des taux de scolarisation (95% dans la zone soudanienne contre 40% dans la zone sahélienne, excepté à N'Djaména), et (2) le niveau de vie plus élevé dans la zone soudanienne (MINFOPTE, 2014). Notre

argumentation est en droite ligne de la conclusion de Sumbele *et al.* (2021) que l'école est la principale source d'information sur la connaissance de la bilharziose. Dans la zone sahélienne, les parents d'élèves sont majoritairement illettrés et pensent que la bilharziose urinaire serait due aux fortes chaleurs. Cette croyance est transmise à leurs enfants. Dans cette partie du pays, la période d'infestation bilharzienne se situe en saison pluvieuse, entre les mois de juillet et octobre. Les premières hématuries apparaissent en saison sèche en période de forte chaleur, d'où cette croyance populaire. De plus, dans la langue locale, l'arabe tchadien, la schistosomiase urinaire est désignée sous le nom de « Bole-haraye », bole = urine et haraye = soleil. Cette croyance n'est toutefois pas propre au Tchad car au Cameroun, Ntonifor *et al.* (2012) ont aussi indiqué que 29,9% d'élèves pensaient que la bilharziose urinaire était causée par la chaleur du soleil.

Les géohelminthiases et la malnutrition sont parmi les problèmes de santé les plus courants qui affectent les enfants en âge scolaire des pays pauvres. Dans le cadre de notre étude, 28,62% d'élèves étaient en déficit pondéral dans l'ensemble des deux zones écologiques (Tableau XXVIII). Cette proportion est comparable à 27,8% obtenu aux Philippines (Papier *et al.*, 2014), et dépasse de peu la moyenne nationale tchadienne qui est de 24,7% (MSPSN, 2022). Par contre, cette prévalence est un peu inférieure à 30,2% obtenue à Dibanda au Cameroun (Mbuh *et al.*, 2013). En considérant les zones écologiques et les provinces prospectées, aucune différence significative n'a été observée entre les proportions des enfants malnutris ; ceci indiquerait-il un niveau de vie comparable dans tout le Tchad ? Cette prévalence de 28,62% peut néanmoins être expliquée par la paupérisation de la population, qui a pour corollaire la persistance de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition sous toutes ses formes (MSPSN, 2018). En effet, le Tchad présente un niveau de pauvreté élevé (42,3%), qui le classe à la 187^{ième} place sur 189 pays selon l'Indice de Développement Humain de 2018 (Anonyme, 2019). Le résultat de notre étude suggère que soient encouragées des politiques nationales visant à déparasiter systématiquement les enfants, et que des centres de récupération nutritionnelle soient créés. Les enfants plus jeunes (< 10 ans) (Tableau XXIX) et ceux du genre masculin ont été significativement associés à la malnutrition. Ce résultat corrobore ceux de Yeshanew *et al.* (2022) en Ethiopie et de Papier *et al.* (2014) aux Philippines. Ces auteurs ont noté que les enfants les plus jeunes étaient significativement plus malnutris comparés à ceux qui sont plus âgés. Il est pourtant connu que les jeunes enfants ont des besoins nutritionnels liés à leur croissance et à leur développement rapide.

Dans notre étude, 40,75% des enfants malnutris étaient infestés par au moins une espèce d'helminthe, 69,97% par *S. haematobium*, et 38,49% concomitamment par 2 ou plusieurs espèces parasites. Il est connu que les infections helminthiques réduisent la capacité du corps à utiliser les

protéines et à absorber les graisses, aggravant ainsi la malnutrition protéino-énergétique (Niokhor *et al.*, 2020). En Guinée-Bissau et au Sénégal, Botelho *et al.* (2016) et Frigerio *et al.* (2016) ont respectivement indiqué que la malnutrition est associée à l'infestation par *S. haematobium* chez les enfants vivant dans des zones d'endémie modérée ou élevée. Plusieurs autres auteurs tels que Sakti *et al.* (1999) et Jardim-Batelho *et al.* (2008), soutiennent que les enfants atteints d'infections parasitaires multiples, en particulier celles avec une forte intensité, tendent à souffrir de la malnutrition. Nos résultats corroborent (Tableau XXX) cette conclusion. En effet dans la présente étude, les individus fortement infestés par *S. mansoni* ont été deux fois plus concernés par la malnutrition (OR : 2,2 ; IC : 1,007 – 4,82) comparés à ceux qui étaient faiblement ou moyennement infestés. Cependant, ce résultat est contraire à celui de Dejon-Agobé *et al.* (2020) qui soutiennent que la malnutrition n'est pas associée à la schistosomiase. Ces résultats contradictoires suggèrent l'existence d'autres déterminants de l'état nutritionnel. Dans notre étude, les individus du genre masculin (OR : 1,57 ; IC : 1,21 – 2,04), les porteurs des helminthes intestinaux (OR : 2,23 ; IC : 1,76 – 2,82), les individus souffrant de bilharziose urinaire (OR : 4,21 ; IC : 3,29 – 5,38), et ceux polyparasités (OR : 1,34 ; IC : 1,06 – 1,7) ont été significativement associés au risque de malnutrition (Tableau XXIX). Par contre, la tranche d'âge de 15 à 18 ans est apparue comme un facteur protecteur contre la malnutrition. Nos résultats corroborent ceux de Mupfasoni *et al.* (2009) au Rwanda et Ahmed *et al.* (2012) en Malaisie. Ces auteurs ont indiqué que les enfants du genre masculin et infestés par les helminthes, étaient beaucoup plus susceptibles d'être malnutris. Dans notre étude, les enfants modérément infestés (en termes de charge ovulaire) par *A. lumbricoides* (OR : 2,36 ; IC : 1,35 – 4,13) étaient deux fois plus susceptibles d'être malnutris comparés à ceux qui étaient faiblement infestés (Tableau XXX). En effet, il est connu que *A. lumbricoides* peut entraîner une déficience nutritionnelle et un retard de croissance chez les enfants parce qu'il interfère avec l'absorption des protéines, des graisses, des glucides, de la vitamine A, et éventuellement d'autres nutriments (Mbuh & Nembou, 2013). *Ancylostoma* spp. a été aussi associé à la malnutrition, sans différence significative entre les individus faiblement, modérément ou fortement infestés. Ce résultat montre la dangerosité de cette espèce parasite chez les enfants. Elle interfère avec la nutrition, provoque une perte de sang gastro-intestinal et une perte de l'appétit chez l'enfant (Diemert *et al.*, 2008).

**CONCLUSION,
RECOMMENDATIONS ET
PERSPECTIVES**

CONCLUSION

Au terme de cette étude qui avait pour objectif de caractériser les associations helminthiques (helminthes intestinaux et *S. haematobium*) et les interactions qui en découlent chez les enfants en âge scolaire des zones sahélienne et soudanienne tchadienne, il ressort que les hôtes examinés hébergent de nombreuses espèces d'helminthes car un total de 10 taxons ont été diagnostiqués. La biodiversité des espèces parasites identifiées dans la zone soudanienne est légèrement supérieure (10 espèces parasites) à celle de la zone sahélienne (9 espèces parasites). Au sein de la population générale, les élèves ont hébergé 1 à 5 espèces parasites/individu infesté, avec une moyenne de $1,46 \pm 0,81$ espèce par individu porteur. La prévalence globale des helminthes intestinaux était de 35,87%, et celle de la bilharziose urinaire de 45,46%. Les élèves de la zone soudanienne ont été relativement plus infestés par les parasites diagnostiqués que ceux de la zone sahélienne, exception faite pour *T. saginata* et *A. lumbricoides* qui ont été plus souvent mis en évidence en zone sahélienne. Cependant, entre ces deux zones écologiques, les taux de prévalence spécifiques n'ont significativement varié que pour *S. mansoni* ($P = 0,003$) et *H. nana* ($P = 0,02$) plus souvent retrouvés dans la zone soudanienne, et *T. saginata* ($P = 0,0001$), plus identifié dans la zone sahélienne. En dehors de *S. haematobium* (45,46%), trois autres espèces parasites intestinaux étaient majoritairement diagnostiquées chez les élèves ; il s'agit de *Ascaris lumbricoides* (16,41%), *Schistosoma mansoni* (14%), et *Hymenolepis nana* (6,53%). Mis à part pour *S. mansoni* ($P = 0,01$) pour lequel les filles étaient significativement plus souvent infestées que les garçons, aucune autre différence d'infestation significative n'a été trouvée entre les genres pour les autres parasites. Les élèves de la tranche des 5 à 9 ans étaient relativement plus souvent infestés par *E. vermicularis* par rapport à ceux de 10 ans et plus.

Des associations parasitaires ont été mises en évidence. Il s'est agi du monoparasitisme (39,70%), des associations à deux espèces (16,26%), à trois espèces (4,40%), à quatre espèces (1,77%) et à cinq espèces (0,64%). Au total, 29 types d'infracommunautés ont été dénombrés chez les enfants des deux zones écologiques réunies, dont 14, 9, 5 et 1 constitués respectivement de 2, 3, 4, et 5 espèces parasites. *Schistosoma haematobium*, *A. lumbricoides*, *S. mansoni* et *H. nana* ont été les espèces parasites les plus impliquées dans les différents types d'infracommunautés, avec respectivement des taux de participation de 65,51%, 44,82%, 31,03% et 31,03%. Les infracommunautés à deux espèces parasites, constituées par les binômes *S. haematobium* + *S. mansoni* (4,69%), et *S. haematobium* + *A. lumbricoides* (4,55%) ont déterminé les infections mixtes les plus fréquemment rencontrées dans cette étude. La seule infracommunauté retrouvée, constituée de 5 espèces parasites (0,64%) a été celle de *S. haematobium* + *S. mansoni* + *H. nana* + *Ancylostoma* spp + *A. lumbricoides*. L'analyse des associations interspécifiques binaires

par les indices écologiques a montré que la majorité des associations étaient très faibles et faibles, apparaissaient plus fréquemment que prévu par les lois du hasard, sans une quelconque interaction positive ou négative entre deux taxons quelconques. L'association entre *S. haematobium* et *S. mansoni*, parasites évoluant dans le système circulatoire sanguin, a été moyenne ; ces deux espèces sont apparues ensemble plus fréquemment que cela est attendu par le hasard ; sans interaction.

Les charges ovulaires moyennes des différentes espèces de parasites intestinaux dans les deux zones écologiques ont été modérées, sauf pour *A. lumbricoides* dont l'OPG moyen ($\overline{OPG}$) a été léger dans la zone sahélienne. Quant aux Moyennes Géométriques des Œufs (MGO) de *S. haematobium*, elles ont été légères dans les deux zones écologiques. Parmi les 656 élèves infestés, 495 (soit 75,46%) étaient positifs à l'hématurie, alors que 24,54% positifs à la microhématurie n'étaient pas infectés par *S. haematobium*. Les urines claires étaient hématuriques à 11,55% et les urines rouges à 89,39%.

Seuls 40,26% d'élèves dans l'ensemble des deux zones écologiques avaient donné une bonne réponse quant à la connaissance des activités sociales qui conduisent à l'infestation de la bilharziose. Malheureusement, dans la zone sahélienne, 61,42% d'élèves pensent que la bilharziose urinaire serait due aux fortes chaleurs.

De cette étude, il ressort que les helminthiases intestinales et la bilharziose urinaire aggravent la malnutrition au Tchad.

Dans notre contexte tchadien, où il n'existe pas un programme national de lutte contre les géohelminthiases et la schistosomiase, cette étude constitue une importante base de données qui devrait être utilisée par le Ministère de la santé publique pour l'élaboration d'un plan de lutte ciblé et efficace.

RECOMMANDATIONS

Dans le souci de réduire la morbidité des parasitoses intestinales et de promouvoir la santé de la population, nos recommandations s'adressent primo aux populations, secundo aux pouvoirs publics, en l'occurrence le Ministère de la Santé Publique, et tertio à la communauté scientifique.

* Aux populations, nous recommandons de respecter une hygiène rigoureuse en s'imprégnant des prescriptions élémentaires d'hygiène, à savoir :

- laver les mains au savon avant de manger, et après avoir été aux toilettes ;
- laver les fruits et autres aliments crus avant toute consommation ;
- assainir son milieu de vie pour lutter contre certains vecteurs ;
- éviter de se laver et ou de boire l'eau du marigot ;
- construire, aménager et utiliser les toilettes pour ne pas déverser les formes parasitaires infestantes dans la nature ;
- boire de l'eau potable, sinon filtrée ou bouillie.

* Aux pouvoirs publics, nous conseillons de :

- promouvoir des actions concrètes en termes de salubrité et d'assainissement de l'environnement ;
- organiser et intensifier l'éducation sanitaire de masse pour une lutte efficace contre le péril fécal ;
- doter les communautés et écoles publiques des toilettes publiques ainsi que des forages d'eau;
- œuvrer pour le développement socioéconomique et sanitaire des communautés rurales ;
- mettre sur pied un programme national de lutte contre la schistosomiase et les helminthiases intestinales ;
- élargir et intensifier la distribution périodique des antihelminthiques dans les zones urbaines et rurales tchadienne.

* À la communauté scientifique, nous suggérons de prendre en compte les associations parasitaires et les interactions qui en découlent lors des études épidémiologiques.

PERSPECTIVES

Pour les travaux futurs, nous envisageons de :

- étendre cette étude sur un ensemble complexe de parasites (parasites sanguin, cellulaire, tissulaire et intestinal) pour mieux mettre en évidence les interactions immunologiques qui peuvent en découler ;
- étendre l'étude dans les communautés en intégrant tous les segments de la population ;
- mener une étude longitudinale permettant d'améliorer la distinction entre les interactions et associations en prenant en compte les facteurs de risque communs ;
- associer aux techniques de diagnostic utilisées, d'autres méthodes plus sensibles telles que les méthodes de la biologie moléculaire, la numération de la formule sanguine, et les examens sérologiques pour la mise en évidence des helminthoses en phase initiale ;
- déterminer le profil immunologique des individus hôtes polyparasités ;
- identifier les mollusques hôtes intermédiaire de la bilharziose au Tchad.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adekola S. S., Asaolu S. O. & Oluyomi S. (2014).** CO-infections with *Schistosoma haematobium* and soils transmitted helminths among school-aged children in Saki, Oyo state, Nigeria. *Journal of Public Health and Epidemiology*, 6(12): 417-423.
- Aderman H., Appleton S., Haddad L., Song L. & Yohannes Y. (2001).** Reducing child malnutrition: how far does income growth take us? *Center for research in Economic Development & International Trade*, 34 – 35.
- Agbolade, O. M., Agu, N. C., Adesanya, O. O., Odejaye, A. O., Adigun, A. A., Adesanlu, E. B., Ogunleye, F. G., Sodimu, A. O., Adeshina, S. A. & Bisiriyu, G. O. (2007).** Intestinal Helminthiasis and Schistosomiasis among School Children in an Urban Center and Some Rural Communities in Southwest Nigeria. *The Korean Journal of Parasitology*, 45: 233-238.
- Ahmed A., Al-Mekhlafi H. M., Al-Adhroey A. H., Ithoi I., Abdulsalam A. M. & Surin J. (2012).** The nutritional impacts of soil-transmitted helminths infections among Orang Asli schoolchildren in rural Malaysia. *Parasites & Vectors*, 5:119.
- Akre J. (1989).** L'alimentation infantile : bases physiologiques. *Supplément au Volume 67 du Bulletin de L'OMS, Genève* : 112p.
- Alizon S. (2006).** Évolution de la virulence des parasites : apports des modèles emboîtés. *Evolution*. Thèse de doctorat Ph.D, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) : 153p.
- ANOFEL (2014).** Bilharzioses. Université Médicale Virtuelle Francophone : 25p.
- Anonyme (2018).** Actualisation des actes de biologie médicale relatifs au diagnostic de la distomatose à *Fasciola hepatica*, 33p. www.has-sante.fr
- Anonyme (2023).** Carte du Tchad modifiée. Consulté en ligne le 28 Janvier 2023.
- Aribodor D. N., Simon A. B., Tippayarat Y., Sammy O. S., Ogechukwu B. A. & Ifeoma K. U. (2019).** Analysis of Schistosomiasis and soil-transmitted helminths mixed infections among pupils in Enugu State, Nigeria: Implications for control. *Infection, Disease et Health*, 24 (2) : 98 - 106.
- ATIH (2021).** Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes. 10^{ème} révision, France, Vol 1 : 1010p.
- Aubry P. & Bernard-Alex G. (2016).** Amoebose. *Médecine tropicale* : 11p.
- Aubry P. & Bernard-Alex G. (2021a).** Parasitoses digestives dues à des nematodes. *Médecine tropicale* : 16p.

- Aubry P. & Bernard-Alex G. (2021b).** Schistosomoses ou bilharzioses. *Médecine tropicale* : 10p.
- Auriault C., Pancré V., Wolowczuk I., Asseman C., Ferru I. & Verwaerde C. (1996).** Immunité cellulaire et pathologie de la schistosomiase. *Parasites*, 3: 199 – 208.
- Ayres J. S. (2013).** Inflammasome-microbiota interplay in host physiologies. *Cell Host Microbe*, 14 : 491- 497.
- Bakaletz L. O. (1995).** Viral potentiation of bacterial superinfection of the respiratory tract. *Trends in Microbiology*, 3 : 110-114.
- Ballivet de Régloix S., Maurin O. & Douniama O. C. (2012).** Une hématurie macroscopique chez un adolescent au Tchad. *Médecine et Sante Tropicales*, 22 (3) : 271-274.
- Barbault R. (1981).** *La compétition interspécifique*, p : 38 – 54 ; In *Ecologie des populations et des peuplements - des théories aux faits* (Edition Masson).
- Barocas D., Boorjian S., Alvarez R., Downs T. M., Gross C., Hamilton B., Kathleen K. R. L., Lotan Y., Casey N., Matthew N., Andrew P., Raman J., Smith-Bindman R. & Lesley S. (2020).** Microhematuria: Guideline. *The Journal of Urology*, 204: 778.
- Barry J. D. & Turner C. M. (1991).** The dynamics of antigenic variation and growth of African trypanosomes. *Parasitology Today*, 7: 207 – 211.
- Basdevant J., Blancpain M., Bourdon-Busset J., Chaunu P., Clarac P., Cordier M., Beauregard O. C., Dédéyan C., Druon M., Hyghe R., Jaudel J., Lumley H., Romilly J. & Tulard J. (2001).** Les Nématelminthes. *Clartés*, 1, ST3320
- Bechir M., Schelling E., Hamit M. A., Tanner M. & Zinsstag J. (2012).** Parasitic infections, anemia and malnutrition among rural settled and mobile pastoralist mothers and their children in Chad. *Eco Health*, 9 (2): 122 – 131.
- Beldomenico P. M. & Begon M. (2010).** Disease spread, susceptibility and infection intensity: vicious circles? *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 21 - 27.
- Bilong-Bilong C. F., Oyono M. G., Fosso S. & Lehman L. G. (2021).** Ecological characterization of interspecific relationships between human parasites: conflict, cooperation or independence? *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 15(1): 9 - 15.
- Bordes F. & Morand S. (2011).** The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology & Epidemiology*, 1: 7346

- Botelho M. C., Machado A., Carvalho A., Vilaça M., Conceição O., Rosa F., Alves H., Richter J. & Bordalo A. A. (2016).** *Schistosoma haematobium* in Guinea-Bissau: unacknowledged morbidity due to a particularly neglected parasite in a particularly neglected country. *Parasitology Research*, 115(4) : 1567-1572.
- Bourrée P. (1991).** L'ascaridiose en 1850. *Infectiologie du praticien*, 12 : 256- 268.
- Bouree P. (2007).** Diagnostic des cestodes. Développement & santé. Consulté en ligne le 12 Janvier 2023. <https://devsante.org/articles/diagnostic-des-cestodes>
- Bouyer J., Cordier S. & Levallois P. (2003).** Epidémiologie. *Environnement et Santé Publique – Fondements et Pratiques*, p : 89 – 118.
- Bridier A., Sanchez-Vizueté P., Guilbaud M., Piard J.C., Naïtali M. & Briandet R. (2014).** Biofilm-associated persistence of food-borne pathogens. *Food Microbiology*, 45: 167 - 178.
- Brooker S. Breasley M. Ndinaromtan M., Madjiouroum E. M., Baboguel M., Djenguinabe E. Hay S. I. & Bundy D. A. P. (2002).** Use of remote sensing and a geographical information System in a national helminth control programme in Chad. *Bulletin.of the World Health Organization*, 80: 783 - 789.
- Brooker S., Clements A. C. & Bundy D. A. (2006).** Global epidemiology, ecology and control of soil-transmitted helminth infections. *Advances in Parasitology*, 62 : 221 - 261.
- Brown C. R. & Brown M. B. (2004).** Empirical measurement of parasite transmission between groups in a colonial bird. *Ecology*, 85: 1619 – 1626.
- Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M. & Shostak A. W. (1997).** Parasitology meets ecology on its own terms. *Journal of Parasitology*, 83:575 - 583.
- Buzoni-Gatel D., Jean-François D., & Werts C. (2008).** Manipulation du système immunitaire par le parasite *Toxoplasma gondii*. *Médecine Sciences*, 24: 191 – 196.
- Cassier P., Brugerolle G., Combes C., Grain J., & Raibaut A. (1998).** *Le Parasitisme: Un équilibre dynamique*, 366p. Paris, Edition Masson.
- CDC (2019 a).** Parasite – Ascaris. Department of Health & Human Services. Consulté le 15 Février 2023. Disponible sur <https://www.cdc.gov/parasites/ascariasis/biology.html>.
- CDC (2019 b).** Hookworm. Department of Health & Human Services. Consulté le 15 Février 2023. Disponible sur <https://www.cdc.gov/parasites/hookworm/biology.html>.

- CDC (2019 c).** Parasites - Hymenolepiasis (also known as Hymenolepis nana infection). Department of Health & Human Services. Consulté le 15 Février 2023. Disponible sur <https://www.cdc.gov/parasites/hymenolepis/biology.html>.
- CDC (2019 d).** Schistosomiasis. Department of Health & Human Services. Consulté le 15 Février 2023. Disponible sur <https://www.cdc.gov/dpdx/schistosomiasis/index.html>.
- CDC (2019 e).** Fascioliasis. Department of Health & Human Services. Consulté le 15 Février 2023. Disponible sur <https://www.cdc.gov/dpdx/fascioliasis/index.html>.
- Cheick O. K. (2021).** Enquête épidémiologique sur la bilharziose urinaire à Djoumanzana (district de Bamako). *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 10 (1): 7 - 13.
- Chelsea M. & William A. P. (2022).** Ankylostosomiase : symptômes, diagnostic, prévention et traitement. Revue, consulté en ligne le 12 Février 2023. <https://www.msdmanuals.com/fr/accueil/infections/infections-parasitaires-n%C3%A9matodes-vers-ronds/ankylostomiase>
- 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. *Science*, 332 : 855 – 858.
- Cleaveland S., Laurenson M. K., & Taylor L. H. (2001).** Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356 (1411): 991 - 999.
- Cogill, B. (2003).** *Guide de mesure des indicateurs anthropométriques. Projet d'Assistance Technique pour l'Alimentation et la Nutrition*. Académie pour le Développement de l'Education, Washington, D.C : 110p.
- Combes C. (1983).** Application à l'écologie parasitaire des indices d'association fondés sur le caractère présence-absence. *Vie et milieu*, 33 (3/4) : 203-212.
- Combes C. (1995).** *Who in Whom: The diversity of Durable Interaction*, p: 3 – 186; In *Parasitism: the ecology and evolution of intimate interactions* (Editions Masson).
- Connell J. H. (1971).** On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. *Dynamics of Populations*, 298–312.
- Cox F. E. G. (2001).** Concomitant infections, parasites and immune responses. *Parasitology*, 122 : S23 – S38.

- Crompton D. W. T. (1999).** “How Much Human Helminthiasis Is There in the World?” *The Journal of Parasitology*, 85 (3) : 397 – 403.
- Cunningham A. L., Turner R. R., Miller A. C., Para M. F. & Merigan T. C. (1985).** Evolution of recurrent herpes simplex lesions. An immunohistologic study. *Journal of Clinical Investigation*, 75: 226.
- Dankoni E. N. & Tchuem-Tchuente L. A. (2014).** Epidemiology of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in the sub-division of Kékem (West-Cameroon). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8(4): 1782 - 1790.
- Dantas G. & Sommer M.O. (2012).** Context matters - the complex interplay between resistome genotypes and resistance phenotypes. *Current Opinion in Microbiology*, 15: 577-582.
- Dao M. (2016).** Connaissances, attitudes et pratiques des enfants de 10 à 15 ans face à la Schistosomiase dans la commune rurale de Kalaban-coro, cercle de Kati (Mali). *Thèse de Médecine, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako* : 87p.
- Daryani A.M., Nasrolahei M., Khalilian A., Mohammadi A. & Barzega G. (2012).** Epidemiological survey of the prevalence of intestinal parasites among schoolchildren in Sari, northern Iran. *Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 106 (8): 455 - 459.
- de Rochebrune R. & Sablayrolles J. (2000).** Section 2. Pays par pays : Cote d’Ivoire, p :110-111 ; Atlas de l’Afrique (éditions du Jaguar).
- de Roode J.C., Helinski M. E., Anwar M. A. & Read A. F. (2005).** Dynamics of multiple infection and within-host competition in genetically diverse malaria infections. *The American Naturalist*, 166 (5):531 - 542. DOI: 10.1086/491659.
- Dejon-Agobé J. C., Yabo J. H., Jeannot F. Z., Jean R. E., Bayodé R. A., Ance M., Selidji T. A., Mombo-Ngoma M., Ramharter M., Peter G. K., Bertrand L., Martin P. G. & Ayola A. A. (2020).** Epidemiology of Schistosomiasis and Soil-Transmitted Helminth Coinfections among Schoolchildren Living in Lambaréné, Gabon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103 (1): 325 – 333.
- Depaquit J., Akhoundi M., Haouchine D., Mantelet S. & Izri A. (2019).** No limit in interspecific hybridization in schistosomes: observation from a case report. *Parasite*, 26:10.

- Desoubreaux G. & Duaong T. H. (2011).** Parasitoses intestinales cosmopolites. *Actualités pharmaceutiques*, 509 : 24 – 29.
- Deter J. (2008).** *Ecologie de la transmission de parasites (virus, nématodes) au sein d'une communauté de rongeurs cycliques. Conséquences pour la santé humaine. Ecologie, Environnement.* Thèse de Doctorat Ph.D, Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc : 64p.
- Diemert, D. J., Bethony, J. M., & Hotez, P. J. (2008).** Hookworm vaccines. *Clinical Infectious Diseases. An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 46 (2), 282 - 288.
- Dobson A. & Roberts M. (1994).** The population dynamics of parasitic helminth communities. *Parasitology*, 109: S97-S108.
- Eckert J. & Deplazes P. (2004).** Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clinical Microbiology Reviews*, 17 (1) : 107 - 135.
- Edoum E. G, & Mongbo L. R. (2020).** Les forms socioculturelles de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans dans la commune de Karimama au Nord du Bénin. *European Scientific Journal*, 16 (16) : 73.
- Fleiss J. L. (1981).** *Statistical Methods for Rates and Proportions*, 2ème édition, p: 165 – 172.
- Fonseca M. O., Pang L. W., de Paula C. N., Barone A. A. & Heloisa L. M. (2005).** Randomized trial of recombinant hepatitis B vaccine in HIV-infected adult patients comparing a standard dose to a double dose. *Vaccine*, 23: 2902 – 2908.
- 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: 1107 - 1111.
- Frank S.A. (1996).** Models of parasite virulence. *The Quarterly Review of Biology*, 71:37- 78.
- Frigerio S., Macario M., Iacovone G., Dussey-Comlavi K.J., Narcisi P., Ndiaye A. T., Moramarco S., Alvaro R., Palombi L & Buonomo E. (2016).** *Schistosoma haematobium* infection, health and nutritional status in school-age children in a rural setting in Northern Senegal. *Minerva Pediatrics*, 68(4) : 282 - 287.
- Frontera E., Alcaide M., Dominguez-Alpizar J. L., Boes J., Reina D. & Navarrete I. (2005).** Evidence of interaction between *Ascaris suum* and *Metastrongylus apri* in experimentally infected pigs. *Veterinary Parasitology*, 127: 295-301.

- García E. F. (1999).** Three new gastropod (Mollusca) species from the New World. *Apex*, 14 (3–4): 59 – 65.
- Gershwin L. J., Berghaus L. J., Arnold K., Anderson M.L. & Corbeil L.B. (2005).** Immune mechanisms of pathogenetic synergy in concurrent bovine pulmonary infection with *Haemophilus somnus* and bovine respiratory syncytial virus. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 107: 119 - 130.
- Golvan Y. J. & Ambroise T. P. (1984).** *Les nouvelles techniques en parasitologie et immunoparasitologie*, 495p. Edition Flammarion.
- Goodman D., Haji H. J., Bickle Q. D. A. (2007).** Comparison of methods for detecting the eggs of *Ascaris*, *Trichuris* and hookworm in infant stool and the epidemiology of infection in Zanzibari infants. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 76 (4) : 725 - 731.
- Habtamu W. Abdulsemed W. & Shumbej T. (2019).** Prevalence, infection intensity and associated factors of soil transmitted helminths among primary school children in Gurage zone, South Central Ethiopia: a cross-sectional study design. *BMC Research Notes*, 12 (231).
- Hamit M. A., Tidjani M. T. & Bilong Bilong C. F. (2008).** Recent data on the prevalence of intestinal parasites in N'Djamena, Chad Republic. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2008; 2 (12): 407 – 411.
- Hamit M. A., Abdelsalam T., Brahim B.O., Mahamat T.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) : 341 - 361.
- Hamit M. A. (2015).** *Profil épidémiologique des helminthiases intestinales chez les enfants scolarisés dans deux zones écologiques du Tchad et implication sur la politique sanitaire du Tchad*. Thèse de Doctorat Ph.D, Université de Yaoundé 1, Laboratoire de Parasitologie et Ecologie : 125p.
- Hamit M.A., Abdelsalam T., Brahim B. O., Mahamat B., Bilong-Bilong C. F. (2017).** Prevalence of intestinal worms among, schoolchildren in Chad : importance of highlighting the concentration method in fecal examination. *European Journal Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 4(1) : 52 - 59.
- Hamit M. A., Fombotioh N., Issa R. A. & Samafou K. (2020).** Epidemiological profile of urinary schistosomiasis in three primary schools in the city of N'Djamena (Chad), *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 7: 242 - 246.

- Haque R. (2007).** Human intestinal Parasites. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 25(4): 387 - 391.
- 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: 7273 - 7280
- Holland C. (2013).** *Ascaris : the neglected parasite*. Trinity College, University of Dublin: 38p.
- Holmes J. C. (1961).** Effects of concurrent infections on *Hymenolepis diminuta* (Cestoda) and *Moniliformis dubius* (Acanthocephala). I. General effects and comparison with crowding. *The Journal of Parasitology*, 88(3):434 - 439.
- Holmes J. C. & Price P. T. (1986).** Communities of parasites. *Community ecology: pattern and process*, p: 187 - 213.
- Holt R. D., Andrew P. D., Michael B. , Roger G. B. & Eric M. S. (2003).** Parasite establishment in host communities. *Ecology Letters*, 6(9): 837-842.
- Ibikounlé M., Satoguina J., Fachinan R., Tokplonou L., Batcho W., Kindé-Gazard D., Mouahid G., Moné H., Massougboji A. & Courtin D. (2013).** Épidémiologie de la bilharziose urinaire et des géohelminthiases chez les jeunes scolaires des zones lacustres de la commune de So-Ava, sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 70: 5632 - 5639.
- INSEED (2012).** Ministère de la coopération du Tchad. Institut nationale de la statistique des études économiques et démographique/ *Rapport du 2ème recensement général de la population et de l'habitat 2010* : 235p.
- Ives A., Ronet C., Prevel F., Ruzzante G., Fuertes-Marraco S., Schutz F., Zangger H., Revaz-Breton M., Lye L. F., Hickerson S. M., Beverley S. M., Acha-Orbea H., Launois P., Fasel N. & Masina S. (2011).** Leishmania RNA virus controls the severity of mucocutaneous leishmaniasis. *Science*, 331 : 775 - 778
- Jardin-Botelho A., Raff S., Rodrigues R. A., Hoffman H. J., Diemert J. H., Correa-Oliviera R., Bethony J. M. & Gazzinelli M. F. (2008).** Hookworm, *Ascaris lumbricoides* infection and polyparasitism associated with poor cognitive performance in Brazilian schoolchildren. *Tropical Medecine & International Health*, 13 : 994 – 1004.
- Kariuki H. N., Birgitte J. V., Paul E. S., Henry M., Dunstan A. M., Gachuhi K., Walter G. J. & Benson B. E. (2016).** *Schistosoma haematobium* and soil-transmitted Helminths in

Tana Delta District of Kenya: infection and morbidity patterns in primary schoolchildren from two isolated villages. *BMC Infectious Diseases*, 16: 57.

- 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: 647 - 652.
- Koelle D.M., Abbo H., Peck A., Ziegweid K. & Corey L. (1994).** Direct recovery of herpes simplex virus (HSV)-specific T lymphocyte clones from recurrent genital HSV-2 lesions. *The Journal of Infectious Diseases*, 169: 956 – 961.
- Kouassi W. Y. R., Perrotey S., Bassa K. F. & N'goran K. (2019).** Parasites Gastro-intestinaux des Population Humaines du Parc National de Tai, Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15(36): 27 - 44.
- Latham M.C. (2001).** *La malnutrition dans les pays en développement*. Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Rome/Italie : 515p.
- Latini K. V., Junod P. N., Graf J. D., Stoermann C. C. (2009).** Analyse d'urines : l'ABC du praticien. *Revue Médicale Suisse*, 5 : 1870 – 1875.
- Lebarbenchon C., Poulin R. & Thomas F. (2007).** *Parasitisme, biodiversité et biologie de la conservation*, p: 229 – 256 ; In *Ecologie et évolution des systèmes parasités* (Editions De Boeck).
- Lehman L. G., Kouodjip L. N. & Bilong Bilong C. F. (2012).** Diagnostic des parasitoses intestinales à l'aide de la microscopie à fluorescence. *Médecine d'Afrique Noire*, 59 (7) : 378 - 385.
- Lello J., Boag B., Fenton A., Stevenson I. R. & Hudson P. J. (2004).** Competition and mutualism among the gut helminths of a mammalian host. *Nature*, 428: 840 - 844.
- Leta G.T., Kalkidan M., Yonas W., Abeba G., Heven S., Sindew M., Adugna W., Oumer S., Jozef V., Jack E. T. G., Iain G., French M., Bruno L., Lesley D., Wendy H. & Alan F. (2020).** National mapping of soil-transmitted helminth and schistosome infections in Ethiopia. *Parasites & Vectors*, 13(1): 437.
- Lohr J. N., Yin M. & Wolinska J. (2010).** Prior residency does not always pay off – co-infections in *Daphnia*. *Parasitology*, 137: 1493 - 500.

- Mabaso M. L. H., Appleton C. C., Hughes J. C. & Gouws E. (2003).** The effect of soil type and climate on hookworm (*Necator americanus*) distribution in KwaZulu-Natal, South Africa. *Tropical Medicine & International Health*, 8 (8): 722 – 727.
- Mariko S., Ag-Iknane A., Ayad M. & Hong R. (2009).** *Etat nutritionnel des enfants de moins de cinq ans au Mali, 1995 à 2006 : Analyses approfondies des Enquêtes Démographiques et de Santé au Mali, 1995 – 1996, 2001 – 2006.* Rapport d’analyses approfondies des EDS N° 68. Calverton, Maryland, USA : CPS/DNSI et ICF Macro : 71p.
- Marvá M., Venturino E. & de la Parra R. B. (2015).** A time scales approach to coinfection by opportunistic diseases. *Journal of Applied Mathematics*, 1: 10.
- Morand S. & Deter J. (2007).** *Parasitisme et régulation des populations hôtes*, p: 13 – 56 ; In *Ecologie et évolution des systèmes parasités* (Editions De Boeck).
- Mbuh J., Ntonifor H. & Ojong J. T. (2010).** The incidence, intensity and host morbidity of human parasitic protozoan infections in gastrointestinal disorder outpatients in Buea SubDivision, Cameroon. *Journal Infection Developing Countries*, 4 : 38 - 43.
- Mbuh J.V. & Nembu N. E. (2013).** Malnutrition and intestinal helminth infections in schoolchildren from Dibanda, Cameroon. *Journal of Helminthology*, 87 (1) : 46 - 51.
- Mehlhorn H. (2008).** *Encyclopedia of Parasitology*. Third Edition: 860p.
- MINAGRI (2013).** *Plan quinquennal de développement de l’agriculture au Tchad*. Ministère de l’Agriculture : 58p.
- MINFOPTE (2015).** *Politique Nationale de l’Emploi et de la Formation Professionnelle au Tchad*. Ministère de la Fonction Publique, du Travail et de l’Emploi : 78p.
- Møller 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.
- Montresor A., Crompton, D. W. T, Gyorkos, T. W. & Savioli L. (2002).** Helminth control in school-age children: a guide for managers of control programmes. *World Health Organization*: 8p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42473>
- 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: e1989.

- MSPSN (2018).** *Enquête nationale de nutrition et de mortalité rétrospective chez les enfants et la population générale.* Ministère de la Santé Publique et de la Solidarité Nationale. Rapport final : 89p.
- MSPSN (2022).** *Enquête nationale de nutrition et de mortalité rétrospective SMART 2021.* Ministère de la Santé Publique et de la Solidarité Nationale. Rapport final : 51p.
- Mupfasoni D, Karibushi B, Koukounari A, Ruberanziza E, Kaberuka T, Kramer M. H., Mukabayire O., Kabera M., Nizeyimana V., Deville M. A., Ruxin J., Webster J. P. & Fenwick A. (2009).** Polyparasite helminth infections and their association to anaemia and undernutrition in northern Rwanda. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3:e517.
- Narayan G, Ritu A. & Hari P. N. (2009).** Intestinal parasitosis in school going children of Dharan municipality, Nepal. *Tropical Gastroenterology*, 30: 145 - 147.
- Niokhor D.J., Mariama K., Doudou S., Marème S.N., Boh O.K., Faye B. & Ousmane, N. (2020).** Parasitoses Intestinales Et Statut Nutritionnel Chez L'enfant À Guédiawaye Au Sénégal. *European Scientific Journal*, 16 (15) : 115 – 126.
- NKengazong L., Njiokou F., Wandji S., Teukeng F., Enyong P. & Asonganyi P. (2010).** Prevalence of soil transmitted helminths and impact of Albendazole on parasitic indices in Kotto Barombi and Marumba II villages (South-West Cameroon). *African Journal Environmental Science and Technology*, 4 (3): 115 - 121.
- Nowak M. A. & May R. M. (1994).** Superinfection and the evolution of parasite virulence. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 255: 81 – 89.
- Ntonifor H. N., Mbunkur G. N. & Ndaleh N. W. (2012).** Epidemiological survey of urinary schistosomiasis in some primary schools in a new focus behind mount Cameroon, south west region, Cameroon. *East African Medical Journal*, 89(3): 82-88.
- Nxasana N., Baba K., Bhat V. & Vasaikar S. D. (2013).** Prevalence of intestinal parasites in primary school children of mthatha, Eastern Cape Province, South Africa. *Annals of Medical and Health Science*, 3 (4): 511 - 516.
- Okon O. E., Udontum M. F., Oku E. E., Nta A. I., Etim S. E., Abraham J.T. & Akpan P.A. (2007).** Prevalence of urinary schistosomiasis in Abini community, Biase Local Government Area, Cross-River State, Nigeria. *Nigerian Journal of Parasitology*, 28 (1): 28 - 31.
- OMS (1994).** Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux. *WHO/CDS/CPE/SMT/1993* : 23p.

- OMS (2004).** Schistosomiase et géohelminthiases : prévention et lutte. *Série de rapports techniques* 912 : 77p.
- OMS (2004b).** Stratégie mondiale pour l'alimentation, l'exercice physique et la santé. Cinquante-Septième Assemblée mondiale de la Santé, commission A, troisième rapport, p : 41 – 61.
- OMS (2007).** Tables de détermination de l'IMC et d'IMC-pour-âge pour enfants et adolescents âgés de 5-18 ans et les tables de détermination de l'IMC pour adultes non enceintes et non allaitantes ≥ 19 ans. *Food and nutritional technique assistance* : 12p.
- OMS (2008).** Chiomioprévention des helminthiases chez l'homme ; utilisation coordonnée des médicaments anthelminthiques pour les interventions de lutte. *Manuel à l'intention des professionnels de la santé et des administrateurs de programmes* : 74p.
- OMS (2012).** Lutte contre les helminthiases chez les enfants d'âge scolaire. *Guide à l'intention des responsables des programmes de lutte* : 89p.
http://www.who.int/neglected_diseases/en.
- OMS (2018).** Aide-mémoire sur le taeniasis/ la cysticercose. *Relevé épidémiologique hebdomadaire*, 93 (46): 630 – 632.
- OMS (2019).** Schistosomiase et géohelminthiases: nombre de personnes traitées en 2019. *Relevé épidémiologique hebdomadaire*, 95 (40) : 629 - 640.
- Ould A. S. C. B., Bent A., Ousmane B., Koita M., Dem E., Hamidou S., Mohamed O. A. & Baidy L. (2012).** Prévalence des parasitoses intestinales chez les écoliers dans les Wilayas du Gorgol, Guidimagha et Brakna (Mauritanie). *Revue Francophone des Laboratoires*, N °440, p : 75-78
- Oyono M. G., Lehman L. G. & Bilong B. C. F. (2019).** Multiparasitism among Schoolchildren of Akonolinga, Nyong and Mfoumou Division, Centre Region of Cameroon. *Journal of Biological and Life Sciences*, 10 (2): 90 - 105.
- Papier K., Williams G. M., Luceres-Catubig R., Ahmed F., Olveda R. M., McManus D. P., Chy D., Chau T. N., Gray D. J. & Ross A.G. (2014).** Childhood malnutrition and parasitic helminth interactions. *Clinical Infectious Diseases*, 59 (2) : 234 - 243. DOI: 10.1093/cid/ciu211.
- Pedersen A. B. & Fenton A. (2007).** Emphasizing the ecology in parasite community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 22: 133 - 139.
- Perry J. A. & Wright G. D. (2013).** The antibiotic resistance "mobilome": searching for the link between environment and clinic. *Frontiers in Microbiology*, 4 : 138.

- Peter J. H., Simon B., Jeffrey M. B., Maria E. B., Alex L. & Shuhua X. (2004).** Hookworm Infection. *The New England journal of medicine*, 351: 799 - 807.
- Petney T. N. & Andrews R. H. (1998).** Multiparasite communities in animals and humans: frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology*, 28: 377 - 393.
- Poulin R. (2001).** Interactions between species and the structure of helminth communities. *Parasitology*, 122: S3 - S11.
- Råberg L., Sim D. & Read A. F. (2007).** Disentangling genetic variation for resistance and tolerance to infectious diseases in animals. *Science*, 318 : 812 - 814.
- 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.
- Raynaud J. P. & Kerboeuf D. (1981).** *Biologie cycles et épidémiologie des Helminthes parasites majeurs en France*, p : 141 – 162 ; In : Parasitisme digestif et respiratoire des bovins. Société Française de Buiatrie (Edition Deauville).
- Rey P., Andriamamantena D., Bredin C. & Klotz F. (2005).** Colites parasitaires. *EMC Gastro-entérologie*, 45 : 1-9.
- Rohde K. (2003).** *Understanding the biodiversity, ecology and evolution of parasites : central problems and how to solve them*, p: 185-198; In taxonomy, ecology and evolution of metazoan parasites (éditions PUP, Perpignan, France).
- Roossinck M. J. (2011).** The good viruses: viral mutualistic symbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 9: 99 – 108.
- Rosenthal B. M. (2009).** How has agriculture influenced the geography and genetics of animal parasites? *Trends in Parasitology*, 25 : 67 – 70.
- Rossant-lumbroso J., Rossant L. & Priam E. (2020).** Bilharzioses. Document disponible en ligne. Consulté le 22 Décembre 2022.
 https://www.doctissimo.fr/html/sante/encyclopedie/sa_1442_bilharzioses.htm
- Sabourin E. (2019).** *Dynamique de la fasciolose dans un système fortement anthropisé: la Camargue*. Thèse de Doctorat de Médecine, Université de Montpellier : 250p.
 <https://theses.hal.science/tel-01976817>
- Sakti H., Nokes C., Subagio H. W., Hendratno S., Hall A., Donald A. P. B. & Satoto (1999).** Evidence for an association between hookworm infection and cognitive

- function in Indonesian school children. *Tropical Medicine and International Health*, 4 (5): 322 – 334.
- Salé H. (2012).** *Développement de l'éducation en Afrique subsaharienne (exemple du Tchad)*. Edition Harmattan: 304p.
- Saotoing P., Vroumsia T., Njan A. M., Tchuenguem F. F. N. & Messi J. (2011).** Epidemiological Survey of Schistosomiasis due to *Schistosoma haematobium* in Some primary Schools in the Town of Maroua, Far North Region Cameroon. *International Journal of Tropical Medicine*, 6 : 19 - 24.
- Saotoing P., Wadoubé Z. & Njan Nlôga A.M. (2014).** Epidemiological survey of urinary and intestinal schistosomiasis in Mayo-Louti Division, Northern Region Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, 81 : 7233 – 7240.
- Savadogo B., Bengaly M. D., Sorgho H., Zongo D., Zeba A. N., Lanou H., Poda J. N., Dianou D. & Traore A. S. (2014).** Statut nutritionnel et parasitoses (intestinales et urinaires) chez les enfants d'âges scolaire au Burkina Faso : cas des écoles de Yamtenga, Koubri et Daguilma. *Sciences and technology*, 37: 45 – 56.
- Senghor B. (2010).** *Prévalence et intensité d'infestation de la bilharziose uro-génitale chez des enfants d'âge scolaire à Niakhar (milieu rural sénégalais)*. D.E.A. Biologie. Université Cheikh AntaDiop de Dakar. Faculté des sciences et techniques, N° 278 : 100 p.
- Šimková A., Lafond T., Ondračková M., Jurajda P., Ottová E. & Morand S. (2008).** Parasitism, life history traits and immune defense in cyprinid fish from Central Europe. *BMC Evolutionary Biology*, 8: 29.
- 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.
- Stacy A., Everett J., Jorth P., Trivedi U., Rumbaugh K. P. & Whiteley M. (2014).** Bacterial fight-and-flight responses enhance virulence in a polymicrobial infection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (21): 7819 – 7824.
- Stancampiano L., Mughini Gras L. & Poglayen G. (2010).** Spatial niche competition among helminth parasites in horse's large intestine. *Veterinary Parasitology*, 170: 88 - 95.
- Stephenson L. S., Latham M. C. & Ottesen E. A. (2000).** Malnutrition and parasitic helminth infections. *Parasitology*, 121: S23-S38.
- Stiehm E. R. (2006).** Disease versus disease: how one disease may ameliorate another. *Pediatrics*, 117: 184 - 191.

- Sumbele I. U. N., Tabi D. B., Teh R. N. & Njunda A. L. (2021).** Urogenital schistosomiasis burden in school-aged children in Tiko, Cameroon: a cross-sectional study on prevalence, intensity, knowledge and risk factors. *Tropical Medicine and Health*, 49 (1):75.
- Supali T., Verweij J. J., Wiria A. E., Djuardi Y., Hamid F., Kaisar M. M., Wammes L. J., Van L. L., Luty A. J., Sartono E. & Yazdanbakhsh M. (2010).** Polyparasitism and its impact on the immune system. *International Journal for Parasitology*, 40: 1171 - 1176.
- Tagajdid R., Lemkhente Z., Errami M., El-Mellouki W. & Lmimouni B. (2012).** Portage parasitaire intestinal chez l'enfant scolarisé à Salé, Maroc. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 105: 40 - 45.
- Tahir E., Gashaw Y., Lemma W., Tegenaw T., Meslo S., Biruk L., Andargachew A., Yenealem S., Birhanemaskal M., Ermias S. C., Dejen G. F., Melkamu S. J., Seada H. & Aragaw T. (2022).** Prevalence, intensity of infection and associated risk factors of soil-transmitted helminth infections among school children at Tachgayint woreda, Northcentral Ethiopia. *PLoS ONE*, 17(4): e0266333.
- Taylor L. H., Latham S. M. & Mark E. J. (2001).** Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356: 983 - 989.
- Tchuem Tchuente L. A., Romuald I. K. N., Sumo L., Ngassam P., Calvin D. N., Deguy D. L. N., Dankoni E., Kenfack C. M., Feussom N. G., Akame J., Tarini A., Yaobi Z. & Angwafo F. F. (2012).** Mapping of Schistosomiasis and Soil-Transmitted Helminthiasis in the Regions of Centre, East and West Cameroon. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 2012; 6(3) : e1553.
- Tchuem Tchuente L. A., Dongmo N. C., Ngassam P., Kenfack C. M., Feussom G. N., Dankoni E., Tarini A. & Yaobi Z. (2013).** Mapping of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in the regions of Littoral, North-West, South and South-West Cameroon and recommendations for treatment. *BMC Infectious Diseases*, 13 : 602.
- Nadjilar L. (2021).** Coordonnateur du Programme National de Lutte contre l'Onchocercose, et chargé de lutte contre les helminthiases intestinales et la bilharziose. Communication personnelle autour de la prise en charge des helminthiases intestinales et la bilharziose au Tchad.

- Thomas M. B., Watson E. L. & Valverde G. P. (2003).** Mixed infections and insect pathogen interactions. *Ecology Letters*, 6: 183 – 188.
- Thumbi S. M., de Clare B. B. M., Poole E. J., Kiara H., Toye P. G., Mbole-Kariuki M. N., Conradie I., Jennings A., Handel I. G., Wynand C. 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 : e76324.
- Traore S. G., Odermatt P., Bonfoh B., Utzinger J., Qka N. D., Adoubryn K. D., Assoumou A. Dreyfus G. & Koussemon M. (2011).** No *Paragonimus* in high-risk groups in Côte d'Ivoire, but considerable prevalence of helminths and intestinal protozoon infections. *Parasites & Vectors*, 4 (96).
- USAID (2018).** Yaajeende Final Impact Evaluation Report: An Impact Evaluation of the Yaajeende Nutrition-Led Agriculture Program in Senegal (2011-2017): 57p.
- Van Baalen M. & Sabelis M. W. (1995).** The dynamics of multiple infections and the evolution of virulence. *The American Naturalist*, 146 : 881 - 890.
- Van de Perre P., Segondy M., Foulongne V., Ouedraogo A., Konate I., Huraux J. M., Mayaud P. & Nagot N. (2008).** Herpes simplex virus and HIV-1: deciphering viral synergy. *The Lancet Infectious Diseases*, 8: 490 – 497.
- VanderWaal K., Omondi G. P. & Obanda V. (2014).** Mixed-host aggregations and helminth parasite sharing in an East African wildlife-livestock system. *Veterinary Parasitology*, 205 (1-2): 224 - 232.
- 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.
- Vautrin E. & Vavre F. (2009).** Interactions between vertically transmitted symbionts: cooperation or conflict? *Trends in Microbiology*, 17: 95 – 99.
- Viney M. E. & Graham A. L. (2013).** Patterns and processes in parasite co-infection. *Advances in Parasitology*, 82 : 321 – 369.
- Webster B. L., Tchuem Tchuente L. A., Jourdan J., & Southgate V. R. (2005).** The interaction of *Schistosoma haematobium* and *S. guineensis* in Cameroon. *Journal of Helminthology*, 79 (3) : 193-197.
- Winemiller K. O. (1989).** Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225 – 241.

- Windsor D.A. (2000).** Biocartels-units of ecology and evolution based on host-symbiont interrelationships. *Archives of the SciAesthetics Institute*, 1: 4 - 12.
- Yapi E. A. M., Gnagne T., Konan K. F., Yapi B. R., N’Krumah T. A. S. R., Tiembré I. (2016).** Epidémiologie de la schistosomiase dans deux villages endémiques du district sanitaire de bouaflé. *Santé Publique*, 15 (1) : 22 - 36.
- Yeng-Giang B. (2007).** Helminthes et protozoaires : Comment s’y retrouver sans y perdre son latin ! *Le médecin du Québec*, 42 (3) : 47 – 53.
- Yeshanew S., Teshome B., Zemenay T., Melaku T., Embiet A. & Habtamu D. (2022).** Soil-transmitted helminthiasis and undernutrition among schoolchildren in Mettu town, Southwest Ethiopia. *Scientific Reports*, 12:3614. DOI: 10.1038/s41598-022-07669-4.
- Zelege M., Sultan S., Abdissa B., Tamirat T. & Legese C. (2016).** Intestinal polyparasitism with special emphasis to soil-transmitted helminths among residents around Gilgel Gibe Dam, Southwest Ethiopia: a community based survey. *BMC Public Health*, 16:1185.
- Zephania N. F. & Ndifor F. C. (2010).** Tropical City Milieux and Disease Infection: The Case of Douala, Cameroon. *Journal of Human Ecology*, 30 (2): 123 - 130.
- Zineb S., Karima B., Ahmed B. A., Mohammed B. O. (2020).** Methodological sheet n°1: How to calculate the size of a sample for an observational study? *Tunisie Médicale*, 98 (01) : 7.

ANNEXES

Fiche d'enquête

- 1- Date de l'enquête:/...../.....
- 2- Nom & Prénom :Sexe :..... Age (ans) :.....Code :.....
- 3- Taille :..... Poids :.....
- 4- Lieu de Résidence : Ville :..... Arrondissement :.....Quartier :..... Porte :..... Village.....Arrondissement :.....Quartier.....Porte :.....
- 5- Instruction : Sup.....Sec.....Prim.....Ec.coran.....Non scolarisé.....
- 6- Profession : Fonctionnaire/secteur.....Commerçant.....Agriculteur/Éleveur..... Ménagère.....Ouvrier/secteur.....Elève/Étudiant.....Autre.....
- 7- Instruction Mère : Sup.....Sec.....Prim.....Ec.coran.....Non scolarisée.....
- 8- Instruction Père : Sup.....Sec.....Prim.....Ec.coran.....Non scolarisé.....
- 9- Eau boisson : SNE.....Marigot.....Fleuve.....Puits trad.....Forage moderne.....Fréquence.....
- 10- Eau baignade + lessive : SNE.....Marigot.....Fleuve.....Puits traditionnel.....Forage moderne.....Fréquence.....
- 11- Distance domicile/point d'eau le plus proche : Mare.....Marigot.....Fleuve.....zone inondable.....
- 12- Traversée d'un point d'eau, pieds nus, sur le chemin
 - de l'école : oui.....non.....
 - du lieu de travail : oui.....non.....
- 13- Présence de sang dans les urines ? : Oui.....Non.....
- 14- Difficultés à uriner ? : Oui.....Non.....Autres symptômes.....
- 15- Maux de ventre ? : Non.....

Si Oui....Diarrhée.....Vomissement.....Autres symptômes.....
- 16- Déjà entendu parler de bilharziose ? - Non.....

Oui.....Quelle forme ?.....
- 15- Déjà souffert de bilharziose ? Non.....

Oui.....Urinaire.....Intestinale.....Quand ?.....
- 16- Suivi un traitement jusqu'à terme ? -

Oui.....Médicaments ?.....

- Non.....Pourquoi ?.....
- 17- Déparasitage régulier ? Non.....Pourquoi ?.....
 Oui.....Médicaments ?.....
- 18- Connaissez-vous comment on attrape cette maladie ?
 Non.....Oui.....Précisions ?.....

- 19- Revenu mensuel personnel/familial : <75000F.....; 75 à 149000F..... ; 150 à 224000F..... ; 225 à 299000F..... ; 300000F et plus.....
- 20- Toilette : moderne.....Traditionnelle.....Absent.....
- 21- Eau de boisson : SNE.....Forage.....Puits.....

Annexe 2 :

Fiche de Consentement éclairé

Je soussigné Mme, Mlle, Mr..... certifie avoir pris connaissance de la note d'information et des renseignements y figurant à propos du projet intitulé « *Schistosoma sp* : Epidémiologie et structure génétique de l'hôte intermédiaire dans trois zones écologiques du Tchad ». Ayant eu toutes les réponses à mes questions et du temps pour me décider, j'atteste avoir compris la nature, le but, les contraintes et éventuellement les bénéfices de cette étude.

Je confirme avoir été informé de ce que :

- les personnes qui réalisent cette recherche sont tenues au respect du secret professionnel et que mon identité fera l'objet d'une codification avant enregistrement et traitement informatiques ;
- les échantillons d'urines, de selles et de sang me seront prélevés ;
- l'étude n'aura aucun effet néfaste sur ma santé ;
- je peux retirer de l'étude quand je veux, pour des raisons personnelles ;
- si je suis infesté par la bilharziose, un traitement me sera donné.

A cet effet, j'accepte volontiers de participer à cette étude et de me soumettre à toutes ses exigences.

Participant

Investigateur

Annexe 3 : Clairance éthique

REPUBLIQUE DU TCHAD ***** PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE ***** MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION ***** DIRECTION GENERALE DU MINISTERE ***** COMITE NATIONAL DE BIOETHIQUE DU TCHAD (CNBT) ***** SECRETARIAT GENERAL N° <u>014</u> /PR/MESRI/DGM/CNBT/SG/2021	UNITE - TRAVAIL - PROGRES ***** وحدة - عمل - تقدم 	جمهورية تشاد ***** رئاسة الجمهورية ***** وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والتقني ***** الإدارة العامة ***** اللجنة الوطنية للتشادية لأخلاقيات البحث ***** الأمانة العامة
N'Djaména, le 19 AVR 2021		

CLAIRANCE ETHIQUE

A
M. KEMBA SAMAF OU
Etudiant à l'Université de Yaoundé 1, Cameroun

Monsieur,

Votre protocole de recherche intitulé « *Schistosoma* sp : épidémiologie et structure génétique des hôtes intermédiaires dans trois zones écologiques du Tchad » a été examiné par le Comité National de Bioéthique du Tchad (CNBT) durant sa session ordinaire tenue à son siège à N'Djaména, le Samedi 10 Avril 2021.

Nous vous informons à cet égard, que votre protocole répond aux normes éthiques et scientifiques générales pour la recherche impliquant les humains. Il n'entraîne aucun risque majeur pour la santé des participants.

Ainsi, nous avons le plaisir de vous délivrer la présente clairance éthique. Toutefois, le Comité vous demande de bien vouloir lui transmettre le rapport final de votre étude.

Avec les meilleurs souhaits du Comité pour le succès de votre projet.

Le Président du Comité National de Bioéthique du Tchad


Prof REOUNODJI FREDERIC
Maître de Conférences CAMES



RÉPUBLIQUE DU TCHAD

CONSEIL MILITAIRE DE TRANSITION

PRÉSIDENCE DU CONSEIL

PRIMATURE

MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET DE LA
SOLIDARITÉ NATIONALE

SECRÉTARIAT D'ÉTAT

DIRECTION GÉNÉRALE DU MINISTÈRE

DIRECTION GÉNÉRALE TECHNIQUE DES RESSOURCES,
DES INFRASTRUCTURES ET DES ÉQUIPEMENTS

DIRECTION DES RESSOURCES HUMAINES ET DE LA
FORMATION

SERVICE DE LA FORMATION CONTINUE

Unité-Travail-Progress
وحدة.عمل.تقدم

جمهورية تشاد

المجلس العسكري الانتقالي

رئاسة المجلس

رئاسة الوزراء

وزارة الصحة العامة والتضامن الوطني

أمانة الدولة

الإدارة العامة للتوارة

الإدارة العامة للمقنية للموارد والمنشآت والمعدات

قسم التدريب المستمر

1607 CMT/PMT/MSPSN/SE/DGM/DGTRIE/DRIIF/SFC/21

18 JUIN 2021

AUTORISATION DE RECHERCHE

Il est autorisé à Monsieur KEMBA SAMAFU, étudiant en formation au cycle de Doctorat/Ph.D de Parasitologie et Ecologie à l'Université de Yaoundé I de réaliser des recherches de collecte des données dans les Délégations Sanitaires Provinciales suivantes : Ndjamena, Mayo-KebbiEst, Logone Occidentale, Logone Orientale, Mandoul, Moyen Chari, Hadjer-Lamis et Lac dont le thème porte sur le « *Schistosomasp* : Epidémiologie et structure génétique de l'hôte intermédiaire dans trois (03) zones écologiques du Tchad » pour la période allant du 15 juin 2021 au 15 Juillet 2022.

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

La Directrice Générale Adjointe du Ministère
de la Santé Publique et de la Solidarité Nationale
والتضامن الوطني المدير العام النائية لوزارة الصحة العامة

Dr MBAIDEDJI DEKANDJI FRANCINE
د. أمبيديجي ديكنجي فرنسین

132

RÉPUBLIQUE DU TCHAD

CONSEIL MILITAIRE DE TRANSITION

PRÉSIDENCE DU CONSEIL

PRIMATURE

MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET
DE LA SOLIDARITÉ NATIONALE

SECRETARIAT D'ÉTAT

SECRETARIAT GENERAL

N° 4430 PCMT/PMT/MSPSN/SE/SG/2021

Unité - Travail - Progrès

وحدة - عمل - تقدم



جمهورية تشاد

المجلس العسكري الانتقالي

رئاسة المجلس

رئاسة الوزراء

وزارة الصحة العامة

والتضامن الوطني

أمانة الدولة

الأمانة العامة

N°Djamena, le

20 OCT 2021

AUTORISATION DE RECHERCHE

Il est autorisé à Monsieur **KEMBA SAMAFU**, étudiant en formation au cycle de Doctorat/Ph.D de Parasitologie et Ecologie à l'Université de Yaoundé I, de réaliser des recherches dans les Délégations Provinciales de la Santé et de la Solidarité Nationale de: **Tandjilé, Mayo-Kebbi Ouest et Chari Baguirmi.**

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

**La Secrétaire Générale Adjointe du Ministère de la Santé Publique
et de la solidarité nationale**

الأمينة العامة لوزارة الصحة العامة والتضامن الوطني

Dr MBAIDEDJI DEKANDJI FRANCINE

د. أميدجي ديكنجي فرنسين



Vu l'ordonnance
de L'Hop. Adm. N° 120
pour Autorisation d'entrée
au Laboratoire de L'HAB.

Signature
le 15/11/2021



Annexe 5 : Autorisation de recherche du Ministère de l'Education Nationale

REPUBLIQUE DU TCHAD CONSEIL MILITAIRE DE TRANSITION PRESIDENCE DU CONSEIL PRIMATURE MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA PROMOTION CIVIQUE SECRETARIAT D'ETAT A L'EDUCATION NATIONALE ET LA PROMOTION CIVIQUE DIRECTION GENERALE DU MINISTERE N° /PCMT/PMT/MENPC/SEENPC/DGM/2021	UNITE - TRAVAIL - PROGRES وحدة - عمل - تقدم	جمهورية تشاد رئاسة الجمهورية رئاسة الوزراء وزارة التربية الوطنية أمانة الدولة في التربية الوطنية المكلفة بالتعليم الأساسي ومحو الأمية الأمانة العامة الإدارة العامة للتعليم الأساسي والثانوي إدارة التعليم الثانوي العام
		
N'Djamena, le 23 JUL 2021		
AUTORISATION DE RECHERCHE		
Il est autorisé à Monsieur KEMBA SAMAFU, étudiant en formation au cycle de doctorat/Ph.D de parasitologie et écologie à l'Université de Yaoundé I au Cameroun, à réaliser des recherches de collectes des données dans les établissements scolaires des Provinces de la Commune de N'Djamena, du Mayo Kebbi-Est, du Logone Oriental, du Logone Occidental, du Mandoul, du Moyen chari de Hadjer lamis et du Lac . A cet effet, il est demandé aux Délégués provinciaux, Inspecteurs départementaux et Chefs d'établissement scolaires des provinces citées ci-haut de lui faciliter la tâche. En foi de quoi, la présente autorisation de recherche lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.		
Le Directeur Général du Ministère de l'Education Nationale et de la Promotion Civique  MAHAMAT SAÏD FARAJ 		

**PUBLICATION ISSUE DE LA
THESE**



Intestinal Helminthiases among School Children in the Sahelian and Sudanian Zones of Chad: Prevalence and Risk Factors

**Kemba Samafou^{a,b*}, Nack Jacques^c, Oyono Martin Gaël^{a,d},
Hamit Mahamat Alio^b and Bilong Bilong Charles Félix^a**

^a *Laboratory of Parasitology and Ecology, University of Yaoundé I, P.O. Box-812, Yaoundé, Cameroon.*

^b *Laboratory of Medical Parasitology and Mycology of the Health and Human Sciences, University of N'Djamena, P.O. Box-1117, N'Djamena, Chad.*

^c *Laboratory of Animal Biology and Physiology, University of Douala, P.O. Box-2701, Douala, Cameroon.*

^d *Institute of Medical Research and Medicinal Plant Studies, P.O. Box-13033 Yaoundé, Cameroon.*

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. Author KS conceived and designed the study, collected data in the field and performed data analysis. Author NJ critically revised the manuscript. Author OMG critically revised the manuscript. Author HMA assisted laboratory and field works and reviewed the manuscript. Author BBCF study supervisor, he participated in study design and interpretation of data and critically reviewed the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Article Information

DOI: 10.9734/IJTDPH/2022/v43i211359

Open Peer Review History:

This journal follows the Advanced Open Peer Review policy. Identity of the Reviewers, Editor(s) and additional Reviewers, peer review comments, different versions of the manuscript, comments of the editors, etc are available here: <https://www.sdiarticle5.com/review-history/92937>

Original Research Article

Received 20 August 2022
Accepted 26 October 2022
Published 02 November 2022

ABSTRACT

Aims: The objective of this study was to determine the epidemiological profile of intestinal helminthiases in school children in the Sahelian and Sudanian zones of Chad.
Study Design: Cross-sectional and descriptive.
Place and Duration of Study: September 2021 to February 2022 in two of Chad's three ecological zones: the Sudanian and Sahelian zones.
Methodology: A total of 1408 stool samples were collected from school children (aged from 5 to 18 years) in 19 schools; 13 of which were in the Sudanian zone and 6 in the Sahelian zone. The

*Corresponding author: Email: kembasmaf@gmail.com;

analysis of these samples was carried out by the Kato-Katz method, for the detection and quantification of intestinal helminths eggs.

Results: Analysis of these samples revealed the presence of 9 helminths taxa, with an overall infestation rate of 35.87% in both zones. *Ascaris lumbricoides* (16.41%), *Schistosoma mansoni* (14.00%) and *Hymenolepis nana* (6.53%) were the most common helminths found. Pupils in the Sudanian zone were relatively more infested than those in the Sahelian zone, except for *Taenia saginata* and *Ascaris lumbricoides* which were more often found in the Sahelian zone. With the exception of *Enterobius vermicularis*, no other difference in infestation rates was observed between age groups. By gender, the only significant difference in infestation rates was noted for *Schistosoma mansoni* for which girls were more parasitized.

Conclusion: This study showed a high prevalence of these parasitoses in Chad and that poor hygiene favors the endemicity and persistence of these helminthiasis; it also points to the need for a national helminthiasis control program.

Keywords: Intestinal helminths; prevalence; Sahelian zone; Sudanian zone; Chad; pupils.

1. INTRODUCTION

Intestinal helminthiasis constitute a huge disease burden among young people living in developing countries [1,2]. The persistence of these parasitoses in these countries is directly related to the lack of hygiene, poor climatic conditions, and the great poverty that prevail [3]. These infections are caused by a group of intestinal parasites including *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Ancylostoma* spp., *Taenia saginata*, *Taenia solium*, *Hymenolepis nana*, *Schistosoma mansoni*, etc. They are transmitted either by faecal contamination of soils, either orally or transcutaneously [4]. They are responsible for much suffering, many deaths, contribute to perpetuate poverty by compromising the intellectual faculties and growth of children, and reducing the work capacity and productivity of adults [5]. According to WHO [2], 1.5 billion people worldwide are affected by geohelminths; *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. and *Trichuris trichiura* affect 800 million, 600 million, and 600 million subjects, respectively, including 195,000 deaths each year for *Ascaris lumbricoides* and *Ancylostoma* spp [6]. WHO [2] estimated that 800 million people were at risk of schistosomiasis infection (85% in sub-Saharan Africa), a total of 250 million people were affected in 52 countries around the world, and 800,000 deaths occurred per year [1].

In Chad, some patchy epidemiological data reveals the presence of several species of intestinal helminths, which are highly prevalent in the Sudanian and Sahelian zones. For example, Hamit et al. [7] identified eight (8) species of helminths in school children in the Sudanian and Sahelian zones of Chad; a decade early, Brooker

et al. [8] noted that 32.7% of the rural population was infested with *Ancylostoma* spp. Due to the lack of a national control program for intestinal helminths, the epidemiological situation of intestinal helminths deserves to be updated in this country for an effective control. The present work aims to determine the prevalence of intestinal helminthiasis in school children in two ecological zones of Chad and to identify the factors associated with this pathology.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Study Area

Located between the 7th and 24th degrees of the north latitude and between the 13th and 24th degrees of the east longitude, Chad, a central African country, covers an area of 1,284,000 km². According to Tchana et al. [9], 42% of its population is poor. This country, whose climate is divided into two seasons, a rainy season and a dry season, is subdivided into three ecological zones [10]: the Sudanian, Sahelian and Saharan zones. The present study took place in 19 schools in the Sudanian and Sahelian zones (Fig. 1). These two ecological zones are the rainiest in Chad; the Sudanian zone receives 800 to 1,200 mm of rainfall per year and the Sahelian zone receives 200 to 800 mm of rainfall per year. Due to the presence of a dense hydrographic network, these zones are most often flooded during the rainy season. Average monthly temperatures are 28°C to 42°C during the day, depending on the month, although they can drop to 14°C at night. In the Sahelian zone, temperatures vary from 13°C to 29°C in January and from 25°C to 44°C in May. In the Sudanian zone, on the other hand, temperatures range

between 15°C to 34°C in January and between 23°C to 35°C in May [10].

2.2 Study Population and Sampling

This cross-sectional and descriptive study was carried out from September 2021 to February 2022. School children aged 5 to 18 years were randomly recruited from 19 schools in 7 provinces. The protocol implemented was approved by the National Bioethics Committee of Chad. In addition, consent was obtained from the parents or legal guardians of each participant prior to inclusion. With regard to sampling, we carried out random sampling in clusters at three levels. The first stage of sampling consisted of choosing two ecological zones out of the three in Chad. The choice of the two ecological zones (Sudanian zone and Sahelian zone) was made taking into account the ecological, hygienic and climatic conditions, favorable to the transmission, development and persistence of intestinal helminths. The second level of investigation consisted in identifying the provinces within each zone and drawing lots from them by systematic random sampling. The third stage of sampling was to randomly select 1-5 schools from rural areas of each provincial capital. Finally, in each selected school, 2 to 3 classes were drawn by lot before a draw was made there to choose the pupils to be included in the study [11]. For each participant, sociodemographic, hygienic, and environmental information was collected using a survey form. Fresh stool samples were collected in 60-mL hermetically sealed bottles and labeled with anonymous codes. All vials were placed in an insulated cooler (containing ice packs) and transported to the provincial hospital laboratory at each study site for parasitological analysis.

The minimum sample size N was determined using Lorentz's formula:

$$N = \frac{t^2 P(1-p)^2}{m^2} \quad [12]$$

where:

- p is the prevalence of helminthiasis found by Hamit et al. (2013) i.e. 68.4% in the Sudanian zone, and 49.1% in the Sahelian zone in the Sudanian and Sahelian zones of Chad.
- t is a confidence level of the analysis at 95%, ie 1.96;
- m is the margin of error at 5%, or 0.05.

2.3 Parasitological Analysis of Stool Samples

Each stool sample underwent two examinations: a macroscopic examination and a microscopic examination by the quantitative Kato-katz method. The macroscopic examination consisted of looking for the presence of adult worms in the stool and noting its color and consistency. The Kato-katz method was used to concentrate and identify intestinal helminth eggs or larvae. To do this, a portion of sieved stool was used to fill the hole (6 mm diameter by 1.5 mm thick) of the template placed on a clean slide. After removal of the template, the fecal material placed on the slide was covered with a rectangular cellophane film previously soaked (at least 24h) in malachite green. After 30 min, the eggs of *Ancylostoma* spp. were examined and then those of other parasites after sufficient time for clearing [13]. The eggs were searched for using an optical microscope, with a 10X then 40X objectives to better appreciate the contrast of the elements. Helminth eggs were identified using the WHO identification key [13].

2.4 Data Analysis

The results were analyzed using the SPSS version 25 software. The parasite (eggs, larvae and adults) frequencies were determined and the chi-square test was used to compare these frequencies between ecological zones, provinces, schools, genders and age groups. The test was considered statistically significant at a $P < 0.05$ value.

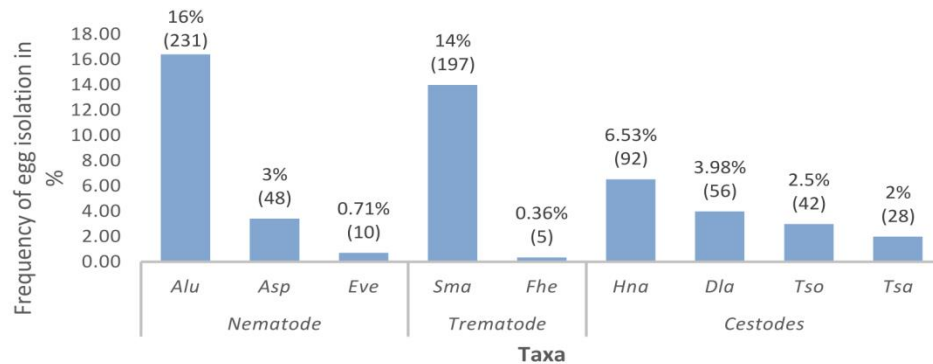
3. RESULTS

3.1 Socio-demographic Characteristics of the Study Population (Table 1)

A total of 1,408 pupils (886 boys, or 62.93%, and 522 girls, or 37.07%) each provided a stool sample. Thus, the sex ratio was 1.70 in favor of males. The mean age of the pupils was 12.17 ± 2.43 years (median 12 years). Participants were divided into 3 age groups: 5 to 9 years, 10 to 14 years, and 15 to 18 years. Pupils in the 10-14 age group represented 75.78% ($N_i=1067$) of the total working sample; the representation rates for those in the 14-18 and 5-9 age groups were 14.00% ($N_i=197$) and 10.22% ($N_i=144$) respectively. The Sudanian and Sahelian zones constituted 66.26% ($N_i=933$) and 33.73% ($N_i=475$) of the study population, respectively. The province of N'Djamena provided the highest number of samples ($N_i=378$, or 26.84%).

Table 1. Distribution of participants according to study areas, provinces and schools

Zone [N _i]	Provinces [N _i]	Schools	Gender		Total per school N _i
			Female	Male	
			N _i (%)	N _i (%)	
Zsa [475]	Chari-baguirmi [97]	Marmatodji	18 (1.28)	79 (5.61)	97 (6.89)
		Gaoui	36 (2.56)	57 (4.05)	93 (6.61)
	N'Djaména [378]	Adassakine	5 (0.36)	70 (4.97)	75 (5.33)
		Boutalwali	33 (2.34)	43 (3.05)	76 (5.40)
		Gardolé	41 (2.91)	38 (2.70)	79 (5.61)
		Zaraf	19 (1.35)	36 (2.56)	55 (3.91)
	Logone occidentale [139]	Koutou	10 (0.71)	43 (3.05)	53 (3.76)
		Internant	26 (1.85)	60 (4.26)	86 (6.11)
		Bessama	29 (2.06)	54 (3.84)	83 (5.89)
	Logone orientale [241]	Bedobna	34 (2.41)	37 (2.63)	71 (5.04)
Nankéssé		26 (1.85)	61 (4.33)	87 (6.18)	
Zsu [933]	Mayo kebbi-Est [183]	Djarabou	29 (2.06)	37 (2.63)	66 (4.69)
		Tchinvogo	24 (1.70)	41 (2.91)	65 (4.62)
	Moyen-chari [86]	Guisédé	6 (0.43)	46 (3.27)	52 (3.69)
		Bezo	14 (1.00)	16 (1.14)	30 (2.13)
		Elibongo	24 (1.70)	32 (2.27)	56 (3.98)
	Tandjilé [284]	Tchoua	52 (3.70)	45 (3.20)	97 (6.89)
		Tamyo	50 (3.55)	45 (3.20)	95 (6.75)
		Guidjina	46 (3.27)	46 (3.27)	92 (6.53)
	Total			522 (37.07)	886 (62.93)

Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; N_i: Number of children examined; (): frequencies with respect to the total**Fig. 1. Specific parasite prevalence**

Alu: *Ascaris lumbricoides*; Asp: *Ancylostoma* spp.; Dla: *Diphyllobothrium latum*; Eve: *Enterobius vermicularis*; Fhe: *Fasciola hepatica*; Hna: *Hymenolepis nana*; Sma: *Schistosoma mansoni*; Tsa: *Taenia saginata*; Tso: *Taenia solium*; (): individuals infested by the parasitic species

3.2 Prevalence and Frequency of Parasite Species Found

A total of 505 pupils out of the 1408 sampled were carriers of at least one species of intestinal helminth, for an overall prevalence of 35.87%. The nine (9) helminths species found belonged to three classes (Fig. 1): 3 nematodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. and *Enterobius vermicularis*); 2 trematodes

(*Schistosoma mansoni* and *Fasciola hepatica*), and 4 cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphyllobothrium latum*, *Taenia solium* and *Taenia saginata*). Eggs of *A. lumbricoides* and *S. mansoni* were isolated most often, from 16.41% and 14% of pupils respectively. The prevalence rates of other parasite species were: *H. nana* (6.53%), *D. latum* (3.98%), *Ancylostoma* spp. (3.41%), *T. solium* (2.98%), *T. saginata* (2.00%), *E. vermicularis* (0.71%) and *F. hepatica* (0.36%).

3.3 Parasitism According to Ecological Zones, Age Groups and Gender

Fasciola hepatica species was found in only five (5) children in the Sudanian zone. The infestation rates of the other species were comparable between the two ecological zones, except for *Schistosoma mansoni* ($P=0.003$), *Hymenolepis nana* ($P=0.02$) and *Taenia saginata* ($P=0.0001$). In general, prevalence was always relatively higher in the Sudanian zone, except for *T. saginata* and *A. lumbricoides*. The prevalence rate of the latter species was also found to be higher (16.42%) than that of the other species. The infestation rates of the isolated parasites were statistically similar between genders, except for *S. mansoni* which was diagnosed more in girls (17.62% vs. 11.85% in boys). While the prevalence appeared relatively higher in boys for *F. hepatica* and *T. saginata*, the opposite was true for all other parasitic taxa. Regarding infestation by age group, *T. saginata* and *E. vermicularis* were not diagnosed in students aged 15 to 18 years, nor was *F. hepatica* diagnosed in children aged 10 to 14 years. The prevalence rate varied between age groups only for *E. vermicularis* ($P=0.0002$); it was higher (4.17%) in the youngest school children (5-9 years) than the 0.37% in those aged 10-14 years. Except for *Ancylostoma* spp., *H. nana*, and *F. hepatica*, which were more frequently found in 15 to 18-year-olds, younger school children (5 to 9-year-olds) were relatively ($P\geq 0.05$) more frequently infested with the other parasites (Table 2).

3.4 Parasite Species Infestation Rates by Province (Intrazonal Analysis)

Of the nine (9) intestinal parasite helminth species identified (Table 3), only three (03) were hardly encountered among pupils in one or four provinces. These were *T. saginata* (not diagnosed in Mayo-kebbi-Est), *E. vermicularis* (not found in N'Djaména), and *F. hepatica* (not observed in stool samples from Chari-baguirmi, N'Djaména, Logone Oriental and Tandjilé). Between the two provinces of the Sahelian zone,

the prevalence rate varied ($P=0.006$) only for *S. mansoni*, being higher in Chari-baguirmi (14.43% versus 8.20% in N'Djaména). In the Sudanian zone (Table 3), the differences in parasite prevalences between provinces were statistically significant for: *S. mansoni* ($P<0.0001$) whose prevalence was higher in Moyen-Chari (56.98%) and lower in Logone Oriental (7.88%) and Logone Occidental (7.19%); *A. lumbricoides* ($P=0.001$) with a higher prevalence in Tandjilé (21.83%) and lower in Logone Oriental (8.71%); *H. nana* ($P=0.003$), and *Ancylostoma* spp. ($P=0.01$), with higher prevalences (10.47%) in Moyen-Chari than in the other provinces.

3.5 Infestation Rates of Parasite Species by School (Intrazonal Analysis)

In the Sahelian zone (Table 4), no child emitted *F. hepatica* eggs; *E. vermicularis* eggs were only isolated from the stools of two children attending school in Marmatodji. No carrier of *D. latum* eggs was identified in Gaoui; no carrier of *Ancylostoma* spp. in Gardolé, and none of *H. nana* in Adassakine or Zaraf was identified. Inter-school differences in infestation rates were noted for *S. mansoni* ($P=0.01$), *A. lumbricoides* ($P=0.001$), *H. nana* ($P=0.01$) and *T. saginata* ($P=0.003$). In the Sudanian zone (Table 4), only a few stool samples were positive for *F. hepatica*: 2 (2.33%), 2 (3.03%) and 1 (3.33%) in Internant, Djarabou and Elibongo respectively. In addition, neither *D. latum* nor *T. solium* were diagnosed in Guiséde, nor *E. vermicularis* in Bezo, Guidjina, Guiséde, Internant, Nankéssé and Tchinvogo, nor finally *T. saginata* in Bedobna, Bessama, Djarabou, Guidjina, Guiséde, Internant, Tamyo and Tchinvogo. Differences in parasite prevalence between schools were found for *S. mansoni* ($P<0.0001$), *A. lumbricoides* ($P=0.001$) and *H. nana* ($P=0.00$). In both ecological zones (particularly in Gaoui, Marmatodji in the Sahelian zone, Bezo, Djarabou, Guidjina, Guiséde and especially Elibongo in the Sudanian zone), these three (3) parasite species stood out with higher prevalences compared to those of the other species.

Table 2. Parasite prevalence by ecological zone, age group and gender of pupils

Parasite species	N _i	Ecological zones		Age groups				Gender	
		Zsu (N=933)	Zsa (N=475)	P	5-9 ans (N=144)	10-14 ans (N=1067)	15-18ans (N=197)	P	
		n _i (%)	n _i (%)		n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)		
Alu	231	153 (16.40) ^a	78 (16.42) ^a	0.99	25 (17.36) ^a	176 (16.49) ^a	30 (15.23) ^a	0.9	91 (17.43) ^a
Sma	197	152 (16.29) ^a	45 (9.47) ^b	0.003	22 (15.28) ^a	150 (14.06) ^a	25 (12.69) ^a	0.85	92 (17.62) ^a
Hna	91	71 (7.61) ^a	20 (4.21) ^b	0.02	10 (6.94) ^a	65 (6.09) ^a	16 (8.12) ^a	0.60	39 (7.47) ^a
Dla	56	39 (4.18) ^a	17 (3.58) ^a	0.66	8 (5.56) ^a	40 (3.75) ^a	8 (4.06) ^a	0.61	23 (4.41) ^a
Asp	48	36 (3.86) ^a	12 (2.53) ^a	0.22	5 (3.47) ^a	33 (3.09) ^a	10 (5.08) ^a	0.40	21 (4.02) ^a
Tso	42	29 (3.11) ^a	13 (2.74) ^a	0.73	7 (4.86) ^a	27 (2.53) ^a	8 (4.06) ^a	0.23	16 (3.07) ^a
Tsa	28	7 (0.75) ^b	21 (4.42) ^a	0.0001	5 (3.47) ^a	23 (2.16) ^a	/	0.36	9 (1.72) ^a
Eve	10	8 (0.86) ^a	2 (0.42) ^a	0.5	6 (4.17) ^a	4 (0.37) ^b	/	0.0009	5 (0.96) ^a
Fhe	5	5 (0.54)	/	/	2 (1.39) ^a	/	3 (1.52) ^a	0.9	1 (0.19) ^a

Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; Alu: Ascaris lumbricoides; Asp: Ancylostoma spp.; Dla: Diphylobotrium latum; Eve: Enterobius vermicularis; Fhe: Fasciola hepatica; Hna: Hymenolepis nana; Sma: Schistosoma mansoni; Tsa: Taenia saginata; Tso: Taenia solium; n_i: number of pupils carriers; F: female; M: male; Flagged percentages of the same letter on the same line are not statistically significant; N: number of pupils examined; N_i: number of infested children; n_i: number of infested children per ecology zone, age group and gender

Table 3. Parasite prevalence by province: intrazonal analysis

Ecol. zones	Provinces	Infested children	Diagnosed parasite species							
			Sma	Alu	Hna	Tsa	Tso	Asp	Eve	Fhe
			n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)
Zsa	ChBa (97)	32 (32.99) ^a	14 (14.43) ^a	21 (21.65) ^a	3 (3.09) ^a	4 (4.12) ^a	2 (2.06) ^a	3 (3.09) ^a	2 (2.06)	2 (2.06) ^a
	NDja (378)	122 (32.28) ^a	23 (8.20) ^b	57 (15.08) ^a	17 (4.50) ^a	17 (4.50) ^a	11 (2.91) ^a	9 (2.38) ^a	/	14 (3.70) ^a
	P-value	0.89	0.006	0.11	0.53	0.87	0.65	0.69	/	0.42
Zsu	Lcc (139)	42 (30.22) ^{bc}	10 (7.19) ^c	21 (15.11) ^{ab}	8 (5.76) ^{ab}	3 (2.16) ^a	4 (2.88) ^a	5 (3.60) ^b	1 (0.55) ^a	4 (2.88) ^a
	Lori (241)	58 (24.06) ^c	19 (7.88) ^c	21 (8.71) ^b	13 (5.39) ^b	1 (0.41) ^a	6 (2.49) ^a	9 (3.73) ^b	2 (0.83) ^a	7 (2.90) ^a
	MaKE (183)	73 (39.90) ^b	34 (18.58) ^b	32 (17.49) ^a	22 (12.02) ^a	/	6 (3.28) ^a	6 (3.28) ^b	1 (0.55) ^a	7 (3.83) ^a
	Mcha (86)	67 (77.91) ^a	49 (56.98) ^a	17 (19.77) ^a	14 (16.28) ^a	2 (2.33) ^a	3 (3.49) ^a	9 (10.47) ^a	1 (1.16) ^a	4 (3.09) ^a
	Tand (284)	111 (39.08) ^b	40 (14.08) ^{bc}	62 (21.83) ^a	14 (4.93) ^b	1 (0.41) ^a	10 (3.52) ^a	7 (2.42) ^b	3 (1.06) ^a	17 (5.99) ^a
	P-value	<0.0001	<0.0001	0.001	0.003	0.12	0.96	0.01	0.97	0.40

Ecol. zones: Ecological zones; Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; ChBa: Chari-baguirmi; Lcc: Logone occidental; Lori: Logone oriental; MaKE: Mayo Kebbi-Est; MCha: Moyen-chari; NDja: NDjaména; Tand: Tandjilé; Alu: Ascaris lumbricoides; Asp: Ancylostoma spp.; Dla: Diphylobotrium latum; Eve: Enterobius vermicularis; Fhe: Fasciola hepatica; Hna: Hymenolepis nana; Sma: Schistosoma mansoni; Tsa: Taenia saginata; Tso: Taenia solium; N_i: Children infested by province; N: Children screened by province; n_i: individuals infested by a parasite; Flagged percentages of the same letter on the same line are not statistically significant

Table 2. Parasite prevalence by ecological zone, age group and gender of pupils

Parasite species	N _i	Ecological zones			Age groups			Gender		
		Zsu (N=933)			P			P		
		Zsa (N=475)			15-18ans (N=197)			Male (N=522)		
		n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	P
Alu	231	153 (16.40) ^a	78 (16.42) ^a	0.99	25 (17.36) ^a	30 (15.23) ^a	0.9	91 (17.43) ^a	140 (15.80) ^a	0.50
Sma	197	152 (16.29) ^a	45 (9.47) ^b	0.003	22 (15.28) ^a	150 (14.06) ^a	0.85	92 (17.62) ^a	105 (11.85) ^b	0.01
Hna	91	71 (7.61) ^a	20 (4.21) ^b	0.02	10 (6.94) ^a	65 (6.09) ^a	0.60	39 (7.47) ^a	52 (5.87) ^a	0.31
Dla	56	39 (4.18) ^a	17 (3.58) ^a	0.66	8 (5.56) ^a	40 (3.75) ^a	0.61	23 (4.41) ^a	33 (3.72) ^a	0.56
Asp	48	36 (3.86) ^a	12 (2.53) ^a	0.22	5 (3.47) ^a	33 (3.09) ^a	0.40	21 (4.02) ^a	27 (3.05) ^a	0.35
Tso	42	29 (3.11) ^a	13 (2.74) ^a	0.73	7 (4.86) ^a	27 (2.53) ^a	0.23	16 (3.07) ^a	26 (2.93) ^a	0.89
Tsa	28	7 (0.75) ^b	21 (4.42) ^a	0.0001	5 (3.47) ^a	23 (2.16) ^a	0.36	9 (1.72) ^a	19 (2.14) ^a	0.69
Eve	10	8 (0.86) ^a	2 (0.42) ^a	0.5	6 (4.17) ^a	4 (0.37) ^b	0.0009	5 (0.96) ^a	5 (0.56) ^a	0.50
Fhe	5	5 (0.54) ^a	1	1	2 (1.39) ^a	3 (1.52) ^a	0.9	1 (0.19) ^a	4 (0.45) ^a	0.65

Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; Alu: *Ascaris lumbricoideis*; Asp: *Ancylostoma* spp.; Dla: *Diphyllobothrium latum*; Eve: *Enterobius vermicularis*; Fhe: *Fasciola hepatica*; Hna: *Hymenolepis nana*; Sma: *Schistosoma mansoni*; Tsa: *Taenia solium*; n_i: number of pupils carriers; F: female; M: male; Flagged percentages of the same letter on the same line are not statistically significant; N: number of pupils examined; N_i: number of infested children; n_i: number of infested children per ecology zone, age group and gender

Table 3. Parasite prevalence by province: intrazonal analysis

Ecol. zones	Provinces	Infested children	Diagnosed parasite species									
			Sma		Alu		Hna		Tsa		Tso	
			n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)
Zsa	ChBa (97)	32 (32.99) ^a	14 (14.43) ^a	21 (21.65) ^a	3 (3.09) ^a	4 (4.12) ^a	2 (2.06) ^a	3 (3.09) ^a	2 (2.06) ^a	2 (2.06) ^a	2 (2.06) ^a	2 (2.06) ^a
	NDja (378)	122 (32.28) ^a	23 (8.20) ^b	57 (15.08) ^a	17 (4.50) ^a	17 (4.50) ^a	11 (2.91) ^a	9 (2.38) ^a	14 (3.70) ^a	14 (3.70) ^a	14 (3.70) ^a	14 (3.70) ^a
	P-value	0.89	0.006	0.11	0.53	0.87	0.65	0.69	0.42	0.42	0.42	0.42
Zsu	Lori (139)	42 (30.22) ^{bc}	10 (7.19) ^c	21 (15.11) ^{ab}	8 (5.76) ^{ab}	3 (2.16) ^a	4 (2.88) ^a	5 (3.60) ^b	1 (0.55) ^a	4 (2.88) ^a	2 (1.44) ^a	2 (1.44) ^a
	Lori (241)	58 (24.06) ^c	19 (7.88) ^c	21 (8.71) ^b	13 (5.39) ^b	1 (0.41) ^a	6 (2.49) ^a	9 (3.73) ^b	2 (0.83) ^a	7 (2.90) ^a	7 (2.90) ^a	7 (2.90) ^a
	MaKE (183)	73 (39.90) ^b	34 (18.58) ^b	32 (17.49) ^a	22 (12.02) ^a	1 (0.41) ^a	6 (3.28) ^a	6 (3.28) ^b	1 (0.55) ^a	7 (3.83) ^a	2 (1.09) ^a	2 (1.09) ^a
Mcha	Mcha (86)	67 (77.91) ^a	49 (56.98) ^a	17 (19.77) ^a	14 (16.28) ^a	2 (2.33) ^a	3 (3.49) ^a	9 (10.47) ^a	1 (1.16) ^a	4 (3.09) ^a	1 (1.16) ^a	1 (1.16) ^a
	Tand (284)	111 (39.08) ^b	40 (14.08) ^{bc}	62 (21.83) ^a	14 (4.93) ^b	1 (0.41) ^a	10 (3.52) ^a	7 (2.42) ^b	3 (1.06) ^a	17 (5.99) ^a	17 (5.99) ^a	17 (5.99) ^a
	P-value	<0.0001	<0.0001	0.001	0.003	0.12	0.96	0.01	0.97	0.40	0.96	0.96

Ecol. zones: Ecological zones; Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; ChBa: Chari-baguirmi; LOri: Logone oriental; MaKE: Mayo Kebbi-Est; MCha: Moyen-chari; NDja: N'Djaména; Tand: Tandjilé; Alu: *Ascaris lumbricoideis*; Asp: *Ancylostoma* spp.; Dla: *Diphyllobothrium latum*; Eve: *Enterobius vermicularis*; Fhe: *Fasciola hepatica*; Hna: *Hymenolepis nana*; Sma: *Schistosoma mansoni*; Tsa: *Taenia solium*; n_i: Children infested by province; N: Children screened by province; n_i: individuals infested by a parasite; Flagged percentages of the same letter on the same line are not statistically significant

Table 4. Specific parasite prevalence by school guideline for reporting P values

Ecological zones	Schools	Infested children	Diagnosed parasitic species									
			Sma	Alu	Hna	Tsa	Tso	Asp	Eve	Dia	Fhe	
(N)	(N)	(Ni)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	n _i (%)	
Zsa	Adassakine (75)	24 (32.00) ^a	7 (9.33) ^{ab}	12 (16.00) ^{ab}	/	7 (9.33) ^{ab}	1 (1.33) ^a	5 (6.67) ^a	/	3 (4.00) ^a	/	
	Boutalwali (76)	26 (34.21) ^a	6 (7.89) ^{ab}	14 (18.42) ^a	6 (7.89) ^{ab}	1 (1.32) ^b	2 (2.63) ^a	1 (1.32) ^a	/	3 (3.95) ^a	/	
	Gaoui (93)	36 (38.70) ^a	10 (10.75) ^{ab}	16 (17.20) ^a	10 (10.75) ^a	2 (2.15) ^{ab}	3 (3.23) ^a	1 (1.08) ^a	/	/	/	
	Gardolé (79)	22 (27.84) ^a	7 (8.86) ^{ab}	12 (15.19) ^{ab}	1 (1.27) ^b	1 (1.27) ^b	2 (2.53) ^a	/	/	5 (6.33) ^a	/	
	Marmatodji (97)	32 (32.98) ^a	14 (14.43) ^a	21 (21.65) ^a	3 (3.09) ^{ab}	4 (4.12) ^{ab}	2 (2.06) ^a	3 (3.09) ^a	2 (2.06)	3 (3.09) ^a	/	
	Zaraf (55)	14 (25.45) ^a	1 (1.82) ^b	3 (5.45) ^b	/	6 (10.91) ^a	3 (5.45) ^a	2 (3.64) ^a	/	3 (5.45) ^a	/	
P-value		0.86	0.01	0.001	0.01	0.003	0.80	0.17	/	0.87	/	
Zsu	Bedobna (71)	17 (23.94) ^{cd}	7 (9.86) ^{bd}	4 (5.63) ^c	3 (4.23) ^b	/	3 (4.23) ^a	2 (2.82) ^a	1 (1.41) ^a	3 (4.23) ^a	/	
	Bessama (83)	21 (25.30) ^{cd}	8 (9.64) ^c	8 (9.64) ^{bc}	7 (8.43) ^{ab}	/	1 (1.20) ^a	2 (2.41) ^a	1 (1.20) ^a	3 (3.61) ^a	/	
	Bezo (30)	15 (50.00) ^{bc}	4 (13.33) ^{bd}	5 (16.67) ^{ac}	3 (10.00) ^{ab}	1 (3.33) ^a	2 (6.67) ^a	3 (10.00) ^a	/	1 (3.33) ^a	/	
	Djarabou (66)	20 (30.30) ^{cd}	12 (18.18) ^{bc}	6 (9.09) ^{bc}	6 (9.09) ^{ab}	/	4 (6.06) ^a	2 (3.03) ^a	1 (1.52) ^a	4 (6.06) ^a	2 (3.03) ^a	
	Eilbongo (56)	52 (92.85) ^a	45 (80.36) ^a	12 (21.43) ^{ab}	11 (19.64) ^a	1 (1.79) ^a	1 (1.79) ^a	6 (10.71) ^a	1 (1.79) ^a	3 (5.36) ^a	1 (3.33) ^a	
	Guidjina (92)	35 (38.04) ^{bc}	15 (16.30) ^{bc}	12 (13.04) ^{bc}	5 (5.43) ^b	/	7 (7.61) ^a	2 (2.17) ^a	/	5 (5.43) ^a	/	
	Guisédé (52)	28 (53.85) ^b	8 (15.38) ^{bc}	12 (23.08) ^{ab}	9 (17.31) ^a	/	/	2 (3.85) ^a	/	/	/	
	Koutou (53)	17 (32.07) ^{cd}	3 (5.66) ^c	8 (15.09) ^{bc}	3 (5.66) ^b	3 (5.66) ^a	1 (1.89) ^a	1 (1.89) ^a	1 (1.89) ^a	1 (1.89) ^a	/	
	Nankéssé (87)	20 (22.98) ^d	4 (4.60) ^d	9 (10.34) ^{bc}	3 (3.45) ^b	1 (1.15) ^a	2 (2.30) ^a	5 (5.75) ^a	/	1 (1.15) ^a	/	
	Orphanage(86)	25 (29.07) ^{cd}	7 (8.14) ^c	13 (15.12) ^b	5 (5.81) ^b	/	3 (3.49) ^a	4 (4.65) ^a	/	3 (3.49) ^a	2 (2.33) ^a	
	Tamyo (95)	40 (42.10) ^{bc}	11 (11.58) ^{bd}	27 (28.42) ^a	6 (6.32) ^b	/	2 (2.11) ^a	3 (3.16) ^a	2 (2.11) ^a	7 (7.37) ^a	/	
	Tchinvoogo (65)	25 (38.46) ^{bc}	14 (21.54) ^b	14 (21.54) ^{bc}	7 (10.77) ^{ab}	/	2 (3.08) ^a	2 (3.08) ^a	/	3 (4.62) ^a	/	
Tchoua (97)	36 (37.11) ^c	14 (14.43) ^{bc}	23 (23.71) ^{ab}	3 (3.09) ^b	1 (1.03) ^a	1 (1.03) ^a	2 (2.06) ^a	1 (1.03) ^a	5 (5.15) ^a	/		
P-value		<0.0001	<0.0001	0.001	0.001	0.36	0.33	0.28	0.98	0.85	0.90	

Zsa: Sahelian zone; Zsu: Sudanian zone; Asp: *Ascaris lumbricoides*; Alu: *Ancylostoma* spp.; Dia: *Diphyllobothrium latum*; Eve: *Enterobius vermicularis*; Fhe: *Fasciola hepatica*; Hna: *Hymenolepis nana*; Sma: *Schistosoma mansoni*; Tsa: *Taenia saginata*; Tso: *Taenia solium*; ni: individuals infested by a parasite; Ni: Children infested by school; N: Children screened by school; The flagged percentages of the same letter in the same column are not statistically significant

4. DISCUSSION

The present study aimed to determine the prevalence of intestinal helminthiasis among school children in two ecological zones (Sudanian and Sahelian zones) of Chad and to identify factors associated with these pathologies. A total of 1408 pupils were recruited in the study. The Sudanian zone provided the most samples, 933 (66.26%), compared to 475 (33.74%) in the Sahelian zone. This disparity can be explained by the fact that the Sudanian zone consists of 5 provinces compared to 2 in the Sahelian zone. Male participants represented 62.93% of the total sample size compared to 37.07% for female participants. This result is similar to those of Hamit et al. [6] in N'Djaména (Chad) and even by Nkengazong et al. [14] in southwest Cameroon where there is a different climate; however, it differs from those obtained by Ould et al. [15] in Mauritania (male : 43% ; female : 57%) and Savadogo et al. [16] in Burkina Faso (male: 50.1%; female: 49.9%). In the Chadian context, this could be explained by a lower school enrolment rate for girls than for boys (43% compared to a national average of 65.6%) on the one hand [17] and, on the other hand, by the reluctance of girls to give their stool during sample collection. This could be due to a cultural problem. The 10 to 14-year-old age group constituted 75.75% of the total sample. This observation is similar to the 61.07% (10-14 year) and 72.35% (9 – 14 year) reported in Chad by Hamit et al. [7] and in Morocco by Tagajdid et al. [18] respectively. This is thought to be a consequence of the delay in the schooling of Chadian children in rural areas [19].

During this study, 505 pupils out of 1408 sampled were found to be carriers of at least one species of intestinal helminth, for an overall infestation rate of 35.87%. This prevalence is comparable to 36.7% obtained by Dankoni et al. [20] in Kékem in West Cameroon. It is much lower than the prevalences (60% and 57.1%) previously obtained in Chad by Béchir et al. [21] and by Hamit et al. [7] respectively. This decrease in the infestation rate would be linked to the awareness of the population on the one hand, and to the recent sporadic distribution of antihelminthic drugs by the Ministry of Public Health on the other hand. In total, the infesting forms of nine (09) helminth taxa were found during this study, including three (3) Nematodes (*Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma* spp. and *Enterobius vermicularis*), two (2) trematodes (*Schistosoma mansoni* and *Fasciola hepatica*),

and four (4) cestodes (*Hymenolepis nana*, *Diphyllobotrium latum*, *Taenia saginata* and *Taenia solium*). This species richness is similar than that published by other studies conducted in various sub-Saharan African countries; this is the case of the study conducted by Awono-Ambene et al. [22] in Yaoundé, who identified 6 of the 9 helminth taxa found in the present study, but also the work of Hamit et al. [7] in Chad and Kouassi et al. [23] in Côte d'Ivoire, who respectively diagnosed 6 and 5 of the 9 species identified in this study. These observations confirm that in sub-Saharan Africa, environmental, hygienic and climatic conditions, as well as population impoverishment, are favorable elements for the transmission, development and persistence of several species of intestinal helminths [8]. Three parasite species were predominantly diagnosed in pupils, namely *Ascaris lumbricoides* (16.41%), *Schistosoma mansoni* (14%), and *Hymenolepis nana* (6.53%). This observation was also made for the first species by, among others, Goodman et al. [24] in Zanzibar, Hamit et al. [25,26] in N'Djaména, Zephania et al. [27] in Cameroon, Oyono et al. [28] in the central Cameroon region, and Leta et al. [29] in Ethiopia. This high infestation rate of *Ascaris lumbricoides* in our study confirms that it is one of the most widespread intestinal helminths in the world [3,5,7]. Similarly, Lehman et al. [30] noted that in Njombé, Cameroon, *S. mansoni* and *A. lumbricoides* were more prevalent among isolated helminths. Except for *S. mansoni* for which girls were significantly more often infested than boys, no other significant gender difference was found for the other parasites. This result is similar to those of Daryani et al. [31] in Northern Iran, Nxasana et al. [32] in South Africa, and Dankoni et al. [20] in Cameroon, differs from those of Traoré et al. [33] in Côte d'Ivoire, Ould et al. [15] in Mauritania, and Hamit et al. [7] in Chad, who noted gender differences in infestations. The absence in this study of a significant association for a given sex for almost all parasites would be essentially due to the failure of all to respect basic hygiene rules and the frequentation of the same playgrounds by children of both sexes; they are thus subject to the same exposure factors to infestation by these intestinal helminths. Regarding *S. mansoni*, the same finding was made in Morocco by Tagajdid et al. [18] and in Benin by Ibikounlé et al. [34], but contrary to those made by Dankoni et al. [20] and Hamit et al. [6] in Kékem (West Cameroon) and N'Djaména (Chad) respectively. Indeed, due to the lack of certain essential infrastructures (improved wells, toilets, drinking water

distribution network, etc.) in almost all the localities studied, children of both sexes resort to water from wells and or streams soiled with helminth and cercarial eggs for drinking and bathing; which constitutes a high risk of infestation [35]. In addition, girls are more exposed to schistosomiasis than boys, as they are culturally responsible for performing certain household tasks (laundry, washing dishes, etc.) in ponds where they become infested. Pupils in the 5–9-year age group were relatively more often infested than those that were 10 years and older for *E. vermicularis*. This difference was significant and therefore age-related in the younger age group (5-9 years). This result corroborates those of Narayan et al. [36] in Nepal, Nxasana et al. [32] in South Africa, and Saotoing et al. [37] in Northern Cameroon. The tendency for geophagy to be more common in children, as well as the progressive acquisition of immunity with age would explain this observation [23]. Indeed, the humoral immunity acquired gradually by the host significantly destroys young larvae or eggs of the helminths present in the host [38]. The significant relationship found only for *E. vermicularis* confirms a predilection of this parasite for smaller children [39].

Pupils in the Sudanian zone were relatively more infested by the parasites diagnosed than those in the Sahelian zone, with the exception of *T. saginata* and *A. lumbricoides*, which were more often found in the Sahelian zone. However, between these two zones, the specific prevalence rates varied significantly only for *S. mansoni* ($P=0.003$) and *H. nana* ($P=0.02$), which were more often found in the Sudanian zone, and *T. saginata* ($P=0.0001$), which was more frequently identified in the Sahelian zone. These observations had already been made in these two ecological zones a decade ago by Hamit et al. [7]; they are also related to the different ecological or environmental conditions between these two zones. Indeed, the Sudanian zone has a more humid climate and a denser hydrographic network, favorable to the persistence and dissemination of helminth eggs or larvae in general, and to the development of intermediate host mollusks of *S. mansoni* in particular [40]. With regard to *T. saginata*, its preponderance in the Sahelian zone would be essentially due to culinary habits centered on the consumption of beef (undercooked) in this part of the country, known to be a cattle breeding area par excellence [10].

Intra-zonal analysis revealed only one significant variation in prevalence between provinces in the

Sahelian zone for *S. mansoni* ($P=0.006$); pupils in the Chari-baguirmi province were more often infested (14.43%) than those in N'Djamena (8.20%). Similarly, differences in prevalence were obtained between schools in this zone for *S. mansoni*, *A. lumbricoides*, *H. nana* and *T. saginata*. In the Sudanian zone, the infestation rates of *S. mansoni*, *A. lumbricoides* and *H. nana* varied significantly between provinces and between schools in this zone, with the exception of *Ancylostoma* spp., whose prevalence varied significantly only between provinces. These intra-zonal disparities were due, on the one hand, to the geographical location of the localities studied and, on the other hand, to the anarchic chemoprevention campaigns organized in Chad due to the lack of a national helminthiasis control program [1]. In fact, in Chad, there are localities or schools that do not benefit from chemoprevention, while others benefit regularly. However, Oyono et al. [28] recommend that strategies to control these diseases by deworming children in schools be regular and targeted.

Our study experienced a number of infrastructural, financial and cultural difficulties. Given the problem of accessibility in the Sahelian zone, and the inadequacy of our resources, it was not easy to carry out the study in a large number of provinces of this ecological zone. In addition, female pupils were reluctant to give their sample; which did not make it possible to have a balanced sample by gender.

5. CONCLUSION

This study shows that intestinal helminthiasis still remains a major public health problem in Chad, particularly in poor and rural communities. The present study identified 9 species of intestinal helminths with uneven distribution in the Sudanian and Sahelian zones. The Sudanian zone is more prone to geohelminthiasis. Given the persistence of these parasitoses in Chad, we recommend the establishment of a national program to control intestinal helminthiasis.

ETHICAL APPROVAL AND CONSENT

All authors hereby declare that the protocol implemented was approved by the national bioethics committee of Chad under number 014/PR/MESRI/DGM/CNBT/SG/2021. In addition, written informed consent was obtained from the parents or legal guardians of each participant prior to inclusion in the study.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the academic authorities of the University of Yaoundé I, the Ministries of Public Health and National Education of Chad, as well as the provincial hospitals, provincial education delegations, school principals, parents and pupils for their collaboration throughout this study. This work is based on research supported in part by technical and material contributions from members of the Laboratory of Parasitology and Ecology of the University of Yaoundé I and the Laboratory of Parasitology and Mycology of the Faculty of Human Health Sciences of the University of N'Djamena.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

- World Health Organization. Schistosomiasis et géohelminthiases : Prévention et lutte. Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS. Série de Rapports Techniques, n°912. 2004;77.
- World Health Organization. Lutte contre les helminthiases chez les enfants d'âge scolaire. Guide à l'intention des responsables des programmes de lutte. WHO/CDS/CPC/SIP/. 2012;89.
- Tchuem Tchuenté LA, Romuald IKN, Sumo L, Ngassam P, Calvine DN, Deguy DLN et al. Mapping of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in the regions of centre, East and West Cameroon. *Plos Negl. Trop. Dis.* 2012;6(3): e1553.
- World Health Organization. Schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis: Numbers of people treated in 2017. 2018; 93:681–692. Available: <http://www.who.int/wer>
- Montresor A, Crompton DWT, Bundy DAP, Hall A, et Savioli L. Guidelines for the evaluation of soil-transmitted helminthiasis and schistosomiasis at community level. WHO/CTD/SIP/. 1998;1: 49.
- Hamit MA, Fombotioh N, Issa RA, Samafou S. Epidemiological profile of urinary schistosomiasis in three primary schools in the city of N'Djamena (Chad). *European J Biomed Pharm Sci.* 2020;7: 242-246.
- Hamit MA, Abdelsalam T, Brahim BO, Mahamat TT, Bilong Bilong CF. An epidemiological assessment of the infectious forms of intestinal helminths in school children from Chad. *J Biol L Sci.* 2013;4(2):341.
- Brooker S, Beasley M, Ndinarmontan M, Madjiouroum E, Baboguel M, Djenguinabe E, Hay S, Bundy D. Use of remote sensing and a geographical information system in a national helminth control programme in Chad. *Bull World Health Organ.* 2002;80: 783-789.
- Tchana TF, Aboudrahyme S, Temgoua CN. Perspectives économiques et pauvreté au Tchad en 10 graphiques, Africa can end poverty, Banque mondiale-Blogs; 2021. Accessed 15 August 2022. Available: <https://blogs.worldbank.org/fr/afri-cacan/perspectives-economiques-et-pauvrete-au-tchad-en-10-graphiques>
- Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation du Tchad. Plan quinquennal de développement de l'agriculture au Tchad. 2013;58.
- Magnani R. Guide d'échantillonnage. Food and Nutrition Technique Assistance Project. 2001; 57. Available: <http://www.fantaproject.org>
- Zineb S, Karima B, Ahmed BA, Mohammed BO. Methodological sheet n°1: How to calculate the size of a sample for an observational study? *Tunis Med.* 2020;98(01):7.
- World Health Organization. Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux. WHO/CDS/CPE/SMT/. 1994;23.
- NKengazong L, Njiokou F, Wandji S, Teukeng F, Enyosng P, Asonganyi P. Prevalence of soil transmitted helminths and impact of albendazole on parasitic indices in Kottobarombi and Marumba II villages (South-West Cameroon). *Afr J Environ Sci. Technol.* 2010;4(3):115-121.
- Ould ASCB, Bent A, Ousmane B, Koita M, Dem E, Hamidou S, Mohamed OA, Baidy L. Prévalence des parasitoses intestinales chez les écoliers dans les Wilayas du Gorgol, Guidimagha et Brakna (Mauritanie). *Rev Francoph des Lab* N°440. 2012;75-78.
- Savadogo B, Bengaly MD, Sorgho H, Zongo D, Zeba AN, Lanou H et al. Statut nutritionnel et parasitoses (intestinales et urinaires) chez les enfants d'âges scolaire au Burkina Faso : Cas des écoles de

- Yamtenga, Koubri et Daguilma. *Sci Tech*. 2014;37:45-56.
17. Ministère de la Fonction Publique, du Travail et l'Emploi. *Politique Nationale de l'Emploi et de la Formation Professionnelle au Tchad*. 2014;78.
18. Tagajdid R, Lemkhente Z, Errami M, El Mellouki W et Lmimouni B. Portage parasitaire intestinal chez l'enfant scolarisé à Salé, Maroc. *Bull Soc Pathol Exot*. 2012;105:40-45.
19. Salé Hagam. *Développement de l'éducation en Afrique subsaharienne (exemple du Tchad)*. Edition Harmattan. 2012;304.
20. Dankoni EN, TchuemTchuenté LA. Epidemiology of schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis in the sub-division of Kékem (West-Cameroon). *Int J Innov Appl Stud*. 2014;8(4): 1782-1790.
21. Bechir M, Schelling E, Hamit MA, Tanner M, Zinsstag J. Parasitic infections, anemia and malnutrition among rural settled and mobile pastoralist mothers and their children in Chad. *Eco Health*. 2012;9(2): 122-131.
22. Awono-Ambene HP, Njieyap LD, Akono NP, Etang JD, Antonio-Nkondjio C, Ndo C et al. Soil-transmitted protozoans and helminths from market gardening sites of Yaounde, Cameroon. *J Environ Sci Public Health*. 2020;4:61-70.
23. Kouassi WYR, Perrotey S, Bassa KF, N'goran K. Parasites gastro-intestinaux des population humaines du parc national de tai, Cote d'Ivoire. *Eur Sci J*. 2019; 15(36):27-44.
24. Goodman D, Haji HJ, Bickle QD. A comparison of methods for detecting the eggs of *Ascaris*, *Trichuris* and hookworm in infant stool and the epidemiology of infection in Zanzibari infants. *Am J Trop Med Hyg*. 2007;76(4):725-31.
25. Hamit MA, Tidjani MT, Bilong Bilong CF. Recent data on the prevalence of intestinal parasites in N'Djamena, Chad Republic. *Afr J Environ Sci Technol*. 2008;2(12): 407-411.
26. Hamit MA, Abdelsalam T, Brahim BO, Mahamat B, Bilong Bilong CF. Prevalence of intestinal worms among schoolchildren in Chad : Importance of highlighting the concentration method in fecal examination. *Eur J Biomed Pharm Sci*. 2017;4(1):52-59.
27. Zephania NF, Ndifor FC. Tropical city milieux and disease infection: The case of Douala, Cameroon. *J Hum Ecol*. 2017;30 (2):123-130.
28. Oyono MG, Lehman LG, Bilong BCF. Multiparasitism among school children of Akonolinga, Nyong and Mfoumou Division, Centre Region of Cameroon. *J Biol L Sci*. 2019;10(2):90-105.
29. Leta GT, Kalkidan M, Yonas W, Abeba G, Heven S, Sindew M et al. National mapping of soil-transmitted helminth and schistosome infections in Ethiopia. *Parasit Vectors*. 2020;13(1):437.
30. Lehman LG, Kouodjip LN, Bilong Bilong CF. Diagnostic des parasitoses intestinales à l'aide de la microscopie à fluorescence. *Med Afr Noire*. 2012;59(7): 378-385.
31. Daryani AM, Nasrolahei M, Khalilian A, Mohammadi A, Barzegar G. Epidemiological survey of the prevalence of intestinal parasites among schoolchildren in Sari, northern Iran. *R Soc Trop Med Hyg*. 2012;106(8):455-9.
32. Nxasana N, Baba K, Bhat V, Vasaikar SD. Prevalence of intestinal parasites in primary school children of mthatha, Eastern Cape Province, South Africa. *Ann Med Health Sci Res*. 2013;3(4): 511-516.
33. Traoré SG, Odermatt P, Bonfoh B, Utzinger J, Aka ND, Adoubryn KD et al. No *Paragonimus* in high-risk groups in Cote d'Ivoire, but considerable prevalence of helminths and intestinal protozoan infections. *Parasit vectors*. 2011;4:96.
34. Ibikounlé M, Satoguina J, Fachinan R, Tokplonou L, Batcho W, Kindé-Gazard D et al. Épidémiologie de la bilharziose urinaire et des géohelminthiases chez les jeunes scolaires des zones lacustres de la commune de So-Ava, sud-Bénin. *J Appl Biosci*. 2013;70:5632-5639.
35. Aubry P, Gauzère BA. Schistosomoses ou bilharzioses. *Med Trop*. 2021;10.
36. Narayan G, Ritu A, Hari PN. Intestinal parasitosis in school going children of Dharan municipality, Nepal. *Trop Gastroenterol*. 2009;30:145-147.
37. Saotoing P, Wadoubé Z, Njan Nlôga AM. Epidemiological survey of urinary and intestinal schistosomiasis in Mayo-Louti Division, Northern Region Cameroon. *J Appl Biosci*. 2014; 81:7233-7240.
38. Auriault C, Pancré V, Wolowczuk I, Asseman C, Ferru I, Verwaerde C. Immunité cellulaire et pathologie de la schistosomiase. *Parasit*. 1996;3:199-208.

39. *Anofel.* Oxyurose. Université Médicale Virtuelle Francophone. 2014;5.
40. Gbocho YF, Diakité NR, Akotto OF, N'Goran KE. Dynamique des populations de mollusques hôtes intermédiaires de *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* de Taabo- village (sud Côte d'Ivoire). J Anim Plant Sci. 2015; 25(3): 3939-3953.

© 2022 Samafou et al.; This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Peer-review history:
The peer review history for this paper can be accessed here:
<https://www.sdiarticle5.com/review-history/92937>