

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACUTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

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

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT  
LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

THÈSE

**Distribution spatio-temporelle des formes  
de résistance et de dispersion des  
helminthes parasites intestinaux de  
l'homme dans les eaux souterraines de  
quelques localités de la région du Centre**

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

Option: **Hydrobiologie et Environnement**

Par

**OKOA AMOUGOU Thérèse Nadège**

Matricule 10Q0569

*Maître ès-Sciences*



Devant le jury composé de:

Président: BILONG BILONG Charles Félix, *Professeur*

Rapporteur: AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

Membres: KEKEUNOU Sévilor, *Professeur*

PAYNE Vincent KHAN, *Maître de Conférences*

FOTO MENBOHAN Samuel, *Maître de Conférences*

Université de Yaoundé I

Université de Yaoundé I

Université de Yaoundé I

Université de Dschang

Université de Yaoundé I

**Année: 2022**

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 : **Hydrobiologie et Environnement**, de Madame **OKOA AMOUGOU Thérèse Nadège**, matricule **10Q0569**, soutenance autorisée par la correspondance N° **221478/UYI/VREPDTIC/DAAC/SSPE/CB-nsr** du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du **24 Mai 2022** sur le sujet intitulé : « **Distribution spatio-temporelle des formes de résistance et de dispersion des helminthes parasites intestinaux de l'homme dans les eaux souterraines de quelques localités de la région du Centre** », attestons que les corrections exigées à la candidate lors de cette évaluation, qui a eu lieu le **jeudi 07 juillet 2022** dans la **salle S01/02** du **bloc pédagogique** 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..... **08 SEPT 2022**.....

L'Examinateur

  
**Sévior KEKEUNOU, Ph.D**  
Professor  
University of Yaounde 1



Le Chef de Département

  
**Charles Félix Bilong Bilong**  
Professeur

Le Président du Jury

  
**Charles Félix Bilong Bilong**  
Professeur

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

**ANNÉE ACADEMIQUE 2021/2022**  
 (Par Département et par Grade)  
**DATE D'ACTUALISATION 22 juin 2022**

**ADMINISTRATION**

**DOYEN:** TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maître de Conférences*

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

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

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

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

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

<b>1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (39)</b>			
N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1.	BIGOGA DAIGA Jude	Professeur	En poste
2.	BOUDJEKO Thaddée	Professeur	En poste
3.	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
4.	FOKOU Elie	Professeur	En poste
5.	KANSCI Germain	Professeur	En poste
6.	MBACHAM FON Wilfred	Professeur	En poste
7.	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8.	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9.	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10.	ATOGHO Barbara MMA	Maître de Conférences	En poste
11.	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste
12.	BELINGA née NDOYE FOE F. M. C.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13.	DJUIDJE NGOUNOUE Marceline	Maître de Conférences	En poste
14.	EFFA ONOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
15.	EWANE Cécile Annie	Maître de Conférences	En poste
16.	KOTUE TAPTUE Charles	Maître de Conférences	En poste
17.	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Doyen FS / UDs
18.	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
19.	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
20.	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
21.	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
22.	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
23.	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
24.	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
25.	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Chargé de Cours	En poste
26.	DAKOLE DABOY Charles	Chargé de Cours	En poste
27.	DJUJKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste

28.	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
29.	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
30.	KOUOH ELOMBO Ferdinand	Chargé de Cours	En poste
31.	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32.	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33.	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
34.	OWONA AYISSI Vincent Brice	Chargé de Cours	En poste
35.	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
36.	PECHANGOU NSANGO Sylvain	Chargé de Cours	En poste
37.	WILFRED ANGIE Abia	Chargé de Cours	En poste
38.	FOUPOUPOUOGNIGNI Yacouba	Assistant	En poste
39.	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Chargée de Cours	En poste
<b>2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (51)</b>			
1.	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>DAARS/FS</i>
2.	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3.	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4.	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5.	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Professeur	En Poste
6.	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UIY</i>
7.	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
8.	KEKEUNOU Sévior	Professeur	En poste
9.	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
10.	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
11.	NOLA Moïse	Professeur	En poste
12.	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
13.	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr./MINSANTE</i>
14.	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	En poste
15.	ALENE Désirée Chantal	Maître de Conférences	<i>Chef Service/ MINESUP</i>
16.	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
17.	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
18.	JATSA BOUKENG Hermine épouse MEGAPTCHE	Maître de Conférences	En Poste
19.	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Maître de Conférences	En poste
20.	MBENOUN MASSE Paul Serge	Maître de Conférences	En poste
21.	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
22.	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
23.	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
24.	NGUEMBOCK	Maître de Conférences	En poste
25.	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
26.	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
27.	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Chargé de Cours	En poste
28.	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
29.	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Chargée de Cours	En poste
30.	ETEME ENAMA Serge	Chargé de Cours	En poste
31.	FEUGANG YOUMSSI François	Chargé de Cours	En poste
32.	GONWOUO NONO Legrand	Chargé de Cours	En poste

33.	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
34.	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
35.	KOGA MANG DOBARA	Chargé de Cours	En poste
36.	LEME BANOCK Lucie	Chargé de Cours	En poste
37.	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
38.	METCHI DONFACK M. F. Epse GHOUMO	Chargé de Cours	En poste
39.	MOUNGANG Luciane Marlyse	Chargée de Cours	En poste
40.	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
41.	NGOATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
42.	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	<i>Chef Div. Uté Bamenda</i>
43.	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
44.	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
45.	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
46.	YEDE	Chargé de Cours	En poste
47.	YOUNOUSSA LAME	Chargé de Cours	En poste
48.	AMBADA NDZENGUE Georgia Elna	Assistante	En poste
49.	FOKAM Alvine Christelle Epse KEGNE	Assistante	En poste
50.	MAPON NSANGOU Indou	Assistant	En poste
51.	NWANE Philippe Bienvenu	Assistant	En poste

### **3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (33)**

1.	AMBANG Zachée	Professeur	<i>Chef DAARS /UYII</i>
2.	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
3.	MBOLO Marie	Professeur	En poste
4.	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5.	YOUMBI Emmanuel	Professeur	<i>Chef de Département</i>
6.	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7.	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8.	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9.	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
10.	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	<i>DAAC /UDla</i>
11.	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
12.	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	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.	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
19.	GONMADGE CHRISTELLE	Chargée de Cours	En poste
20.	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
21.	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
22.	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
23.	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
24.	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
25.	NSOM ZAMBO EPSE PIAL Annie	Chargé de Cours	<i>En</i>

	Claude		<i>détachement/UNESCO MALI</i>
26.	GODSWILL NTSOMBOH NTSEFONG	Chargé de Cours	En poste
27.	KABELONG BANAHOU Louis-Paul-Roger	Chargé de Cours	En poste
28.	KONO Léon Dieudonné	Chargé de Cours	En poste
29.	LIBALAH Moses BAKONCK	Chargé de Cours	En poste
30.	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Chargé de Cours	En poste
31.	TAEDOUNG Evariste Hermann	Chargé de Cours	En poste
32.	TEMEGNE NONO Carine	Chargé de Cours	En poste
33.	MANGA NDJAGA JUDE	Assistant	En poste
<b>4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (31)</b>			
1.	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
3.	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé deMiss.PR</i>
4.	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
5.	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
6.	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
7.	NENWA Justin	Professeur	En poste
8.	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS Univ.Ngaoundere</i>
9.	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
10.	ACAYANKA Elie	Maître de Conférences	En poste
11.	EMADACK Alphonse	Maître de Conférences	En poste
12.	KAMGANG YOUBI Georges	Maître de Conférences	En poste
13.	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
14.	KENNE DEDZO GUSTAVE	Maître de Conférences	En poste
15.	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
16.	MBEY Jean Aime	Maître de Conférences	En poste
17.	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	En poste
18.	NEBAH Née NDOSIRI Bridget NDOYE	Maître de Conférences	<i>CT/ MINPROFF</i>
19.	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
20.	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
21.	NYAMEN Linda Dyorisse	Maître de Conférences	En poste
22.	PABOUDAM GBAMBIE AWAWOU	Maître de Conférences	En poste
23.	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Maître de Conférences	En poste
24.	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	<i>Chef Service/ ENS Bertoua</i>
25.	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
26.	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
27.	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
28.	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
29.	NJANKWA NJABONG N. Eric	Chargé de Cours	En poste
30.	PATOUOSSA ISSOFA	Chargé de Cours	En poste
31.	SIEWE Jean Mermoz	Chargé de Cours	En Poste
<b>5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (38)</b>			
1.	DONGO Etienne	Professeur	<i>Vice-Doyen/FSE/UYI</i>
2.	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de Département UDS</i>
3.	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste

4.	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP/ Chef de Département</i>
5.	WANDJI Jean	Professeur	En poste
6.	MBAZOA née DJAMA Céline	Professeur	En poste
7.	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DPSAA</i>
8.	AMBASSA Pantaléon	Maître de Conférences	En poste
9.	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	En poste
10.	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
11.	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
12.	KAMTO Eutrophe Le Doux	Maître de Conférences	En poste
13.	KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14.	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
15.	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
16.	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17.	MVOT AKAK CARINE	Maître de Conférences	En poste
18.	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	<i>Chef de Cellule MINRESI</i>
19.	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	<i>C.E.A/ MINESUP</i>
20.	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	<i>DAAC/Uté Bertoua</i>
21.	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
22.	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
23.	TAGATSING FOTSING Maurice	Maître de Conférences	En poste
24.	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
25.	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
26.	ZONDEGOUNBA Ernestine	Maître de Conférences	En poste
27.	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
28.	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
29.	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30.	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
31.	MESSI Angélique Nicolas	Chargé de Cours	En poste
32.	TCHAMGOUE Joseph	Chargé de Cours	En poste
33.	TSAMO TONTSA Armelle	Chargé de Cours	En poste
34.	TSEMEUGNE Joseph	Chargé de Cours	En poste
35.	MUNVERA MFIFEN Aristide	Assistant	En poste
36.	NONO NONO Éric Carly	Assistant	En poste
37.	OUETE NANTCHOUANG Judith Laure	Assistante	En poste
38.	TSAFFACK Maurice	Assistant	En poste

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

1.	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div. MINESUP</i>
2.	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA. MINESUP</i>
3.	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4.	TSOPZE Norbert	Maître de Conférences	En poste
5.	ABESOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	<i>Sous-Directeur/MINFOPRA</i>
6.	AMINOUE 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.	MONTHE DJIADEU Valery M.	Chargé de Cours	En poste
15.	OLE OLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	<i>Directeur adjoint ENSET Ebolowa</i>
16.	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
17.	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
18.	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
19.	MAKEMBE. S. Oswald	Assistant	En poste
20.	MESSI NGUELE Thomas	Assistant	En poste
21.	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste
22.	NZEKON NZEKO'O Armel Jacques	Assistant	En poste

### 7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (31)

1.	AYISSI Raoult Domingo	Professeur	<b>Chef de Département</b>
2.	EMVUDU WONO Yves S.	Professeur	<i>Inspecteur MINESUP</i>
3.	KIANPI Maurice	Maître de Conférences	En poste
4.	MBANG Joseph	Maître de Conférences	En poste
5.	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6.	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Maître de Conférences	En poste
7.	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	<i>Chef Service des Programmes &amp; Diplômes/FS/UYI</i>
8.	TAKAM SOH Patrice	Maître de Conférences	En poste
9.	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	<i>Directeur/AIMS Rwanda</i>
10.	TCHOUNDJA Edgar Landry	Maître de Conférences	En poste
11.	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	<i>Chef Cellule MINEPAT</i>
12.	BOGSO ANTOINE MARIE	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.	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
18.	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	<i>Chef Dpt /ENS Uté Maroua</i>
19.	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
20.	NIMPA PEFOUKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
21.	OGADOA AMASSAYOGA	Chargée de Cours	En poste
22.	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	<i>En stage</i>
23.	TCHEUTIA Daniel Duviol	Chargé de Cours	En poste
24.	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargé de Cours	En poste
25.	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
26.	FOKAM Jean Marcel	Assistant	En poste
27.	LOUMNGAM KAMGA Victor	Assistant	En poste
28.	MBATAKOU Salomon Joseph	Assistant	En poste
29.	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
30.	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
31.	TENKEU JEUFACK Yannick Léa	Assistant	En poste

### 8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (22)

1.	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	<i>Chef de Département</i>
2.	NYEGUE Maximilienne Ascension	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE/FS/UYI</i>
3.	NWAGA Dieudonné M.	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.	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
10.	BODA Maurice	Chargé de Cours	En position d'absence irrégulière
11.	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
12.	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
13.	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste
14.	ESSONO Damien Marie	Chargé de Cours	En poste
15.	LAMYE Glory MOH	Chargé de Cours	En poste
16.	MEYIN A EBONG Solange	Chargée de Cours	En poste
17.	NKOUDOU ZE Nardis	Chargé de Cours	En poste
18.	TAMATCHO KWEYANG Blandine Pulchérie	Chargée de Cours	En poste
19.	TOBOLBAÏ Richard	Chargé de Cours	En poste
20.	MONI NDEDI Esther Del Florence	Assistante	En poste
21.	NKOUÉ TONG ABRAHAM	Assistant	En poste
22.	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistante	En poste
<b>9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (43)</b>			
1.	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2.	DJUIDJE KENMOE épse ALOYEM	Professeur	En poste
3.	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Professeur	<i>Vice-Recteur. Uté Ngaoundéré</i>
4.	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
5.	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
6.	NANA NBENDJO Blaise	Professeur	En poste
7.	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	<i>Chef de Département</i>
8.	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	En poste
9.	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
10.	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
11.	SAIDOU	Professeur	<i>Chef de centre/IRGM/MINRESI</i>
12.	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen FSUniv/Bda</i>
13.	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
14.	WOAFO Paul	Professeur	En poste
15.	ZEKENG Serge Sylvain	Professeur	En poste
16.	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	<i>DG/HYDRO Mekin</i>
17.	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
18.	ENYEGUE A NYAM épse BELINGA	Maître de Conférences	En poste
19.	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
20.	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
21.	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
22.	MBINACK Clément	Maître de Conférences	En poste
23.	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Maître de Conférences	En poste
24.	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
25.	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
26.	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
27.	VONDOU DerbetiniAppolinaire	Maître de Conférences	En poste
28.	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Directeur/ENS/UYYI</i>
29.	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste

30.	CHAMANI Roméo	Chargé de Cours	En poste
31.	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
32.	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	<i>Chef Cell. MINADER</i>
33.	MELI'I Joelle Larissa	Chargée de Cours	En poste
34.	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
35.	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	<i>Absente depuis Janvier 2022</i>
36.	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Chargé de Cours	En poste
37.	DJIOTANG TCHOTCHOU Lucie Angennes	Chargée de Cours	En poste
38.	OTTOU ABE Martin Thierry	Chargé de Cours	En poste
39.	TEYOU NGOUPOU Ariel	Chargé de Cours	En poste
40.	KAMENI NEMATCHOUA Modeste	Assistant	En poste
41.	LAMARA Maurice	Assistant	En poste
42.	NGA ONGODO Dieudonné	Assistant	En poste
43.	WANDJI NYAMSI William	Assistant	En poste
<b>10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)</b>			
1.	BITOM Dieudonné-Lucien	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2.	FOUATEU Rose épse YONGUE	Professeur	En poste
3.	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
4.	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	<i>Chef de Département</i>
5.	NGOS III Simon	Professeur	En poste
6.	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
7.	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
8.	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
9.	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
10.	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	En poste
11.	FUH Calistus Gentry	Maître de Conférences	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
12.	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
13.	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	<i>Chef de Département /Uté Maroua</i>
14.	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	CT/ MINIMDT
15.	NGO BIDJECK Louise Marie	Maître de Conférences	En poste
16.	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
17.	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
18.	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
19.	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	<i>Chef service Maintenance &amp; du Matériel/UYII</i>
20.	TCHAKOUNTE J. épse NUMBEM	Maître de Conférences	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
21.	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
22.	TEMGA Jean Pierre	Maître de Conférences	En poste
23.	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
24.	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
25.	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
26.	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
27.	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
28.	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
29.	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
30.	MAMDEM TAMTO Lionelle Estelle	Chargé de Cours	En poste
31.	MBESSE Cécile Olive	Chargée de Cours	En poste
32.	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
33.	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste

34.	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>CD/ Uté Maroua</i>
35.	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
36.	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37.	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38.	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste
39.	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
40.	FEUMBA Roger	Chargé de Cours	En poste
41.	MBANGA NYOBE Jules	Chargé de Cours	En poste
42.	NGO'O ZE ARNAUD	Assistant	En poste

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

NOMBRE D'ENSEIGNANTS					
DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	8 (00)	14 (10)	15 (05)	02 (01)	<b>39 (16)</b>
BPA	14 (01)	11 (07)	22 (07)	04 (02)	<b>51 (17)</b>
BPV	06 (01)	10(01)	16 (09)	01 (00)	<b>33 (11)</b>
CI	09(01)	14(04)	08 (01)	00 (00)	<b>31 (06)</b>
CO	06 (01)	20 (04)	08 (03)	04 (01)	<b>38(09)</b>
IN	02 (00)	02 (00)	12 (01)	06 (00)	<b>22 (01)</b>
MAT	02 (00)	08 (00)	14 (01)	07 (01)	<b>31 (02)</b>
MIB	03 (01)	06 (02)	10 (03)	03 (02)	<b>22 (08)</b>
PHY	15 (01)	13 (02)	11 (03)	04 (00)	<b>43 (06)</b>
ST	07 (01)	16 (03)	18 (04)	01 (00)	<b>42(08)</b>
<b>Total</b>	<b>72 (07)</b>	<b>114 (33)</b>	<b>134 (37)</b>	<b>32 (07)</b>	<b>352 (84)</b>

Soit un total de **352 (84)** dont:

- Professeurs **72 (07)**
- Maîtres de Conférences **114 (33)**
- Chargés de Cours **134 (37)**
- Assistants **32 (07)**

( ) = Nombre de Femmes **84**

## **DEDICACE**

À

Ma tendre et adorable maman **BANA NNOMO**, pour son amour sans faille, sa complicité, les conseils de sage qu'elle ne cesse de me prodiguer depuis le bas âge et pour tous les sacrifices consentis à mon éducation.

## REMERCIEMENTS

Je rends Grâce à DIEU Tout-Puissant, le très miséricordieux qui m'a guidé et m'a donné les ressources spirituelles, morales et physiques pour mener à terme ce travail.

Les travaux présentés dans cette thèse ont été réalisés au sein du Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I.

Je dis tout d'abord un grand merci au Professeur AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, mon Directeur de thèse. Son dévouement au travail, sa rigueur scientifique, ses enseignements, ses conseils et sa simplicité ont été pour moi, des éléments catalyseurs pour effectuer un travail consciencieux et rigoureux. Merci Professeur pour l'intérêt et la confiance que vous m'avez témoignés durant toutes ces années. J'éprouve à votre égard, un sentiment de profonde estime et d'infinie gratitude.

Qu'il me soit permis de remercier par anticipation tous les éminents membres du jury qui en me faisant le grand honneur de juger ce travail ont accepté d'y consacrer une part non négligeable de leur précieux temps pour apporter leurs observations.

J'exprime toute ma gratitude à l'endroit de tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I pour la formation, les conseils scientifiques et les encouragements reçus, particulièrement, aux Professeurs BILONG BILONG Charles Félix, FOMENA Abraham, DJIETO LORDON Champlain, DIMO Théophile, KAMTCHOUING Pierre, TAN Paul VERNYUY, DJAMEN Dieudonné, NOLA Moïse, TCHUEM TCHUENTE Louis Albert, NJIOKOU Flobert, ESSOMBA NTSAMA Claudine, DZEUFIET DJOMENI Paul Désiré, KAMGANG Réné, MEGNEKOU Rosette, MONY Ruth, TOMBI Jeannette, FOTO MENBOHAN Samuel, KEKEUNOU Sévilor et ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert.

Un merci chaleureux à tous les membres du Consortium "Higher Women" pour les enseignements, les encouragements, la solidarité et la fraternité dans le cadre du Programme « Mentor-Protégée ». Il s'agit particulièrement des mentors, les Professeurs LEKE FOMBAN Rose, PENLAP NINTCHOM Véronique, NGUEFACK Julienne, NNOMO ZANGA Marcelline, MBANYA Dora, DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline, les Docteurs ESSAMA MEKONGO Pierrette, KWEDI NOLNA Sylvie, MANDENGUE EBENYE Christine, TORIMIRO Judith, KENFOU Céline, NDJENDJE Mireille, AMANI Adjidja, EYANGO Sarah, TALLAH Esther, ATOGHO TIEDEU Barbara, Merci surtout pour l'esprit d'équipe que nous avons su entretenir pendant toute cette période et que cela se poursuive pour le bien de tous.

Ma profonde reconnaissance va aussi à l'endroit de tous les aînés du laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, particulièrement aux Docteurs ONANA Fils Mamert, NOAH EWOTI Olive Vivien, MOUNGANG Luciane Marlyse, NZIELEU TCHAPNOUO Guy Joseph,

TCHAKONTE Siméon, TUEKAM KAYO Raoul P., LONTSI Chrétien, TADU Zéphirin, TAMSA Antoine, NYAMSI TCHATCHO Nectaire Lié, MADOMGUIA Diane, KAPSO TCHOUANKEP Mireille, CHINCHE Sylvie, ENAH Dickson, KENGNE TENKEU Janvier, MOGUE Glwadis, METSOPKENG Claire, NGANKOMO ANANGA Rose Pulchérie, YOGBACK Estelle Gertrude, à messieurs MVONDO Narcisse, DJEUFA HEUCHIN Giles Charlie, CHUMTCHOUA Armel Landry, KARIE MOUNCHAROU Jean Elie, à mesdames BANGA MEDJO Pascale, NGOKO KONGUEP Ellenita et MADIESSE KAMDEM Nélye pour les conseils et encouragements.

Je tiens à adresser un merci particulier à mes amis et camarades, mesdames TCHOUAPI Yvonne Laure et NGONO NGONO Francine; aux messieurs FOTSEU KOUAM Arnold Landry, KOUEDEUM KUEPPO Eric Joselly, TSOMENE NAMEKONG Pierre, OWONA EDOA Francois Désiré, FAI Didimus et aux Docteurs ASI Quiggle ATUD et MBOUOMBOUO MAMA qui ont bravé vents et marées pour nous faire accéder à tous les points de prélèvement ainsi que la mesure des paramètres physico-chimiques chaque fois que nous les avons sollicité.

Je ne peux omettre de remercier mes camarades en préparation de mémoires de thèse ou de Master II au Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, pour l'enthousiasme et les nombreuses discussions enrichissantes que nous avons eues lors des débats scientifiques pendant les pauses-café et les séminaires au sein du laboratoire.

C'est avec beaucoup d'émotion et une immense affection que je remercie très sincèrement mon charmant et tendre époux, monsieur BILOA BETTY Eric Sergio pour son amour inestimable et mes enfants BEKONO BILOA Maeva Danielle et NYOUE BETTY Samuel Sergio Yannis qui sont ma source de motivation. Merci Eric Sergio d'avoir été là chaque fois que j'en avais besoin, de m'avoir soutenu et encouragé pendant les moments de doute et de lassitude. Je dis également merci à ma belle-famille NYOUE BETTY pour leur soutien multiforme.

Une pensée pieuse pour le repos de l'âme de mon regretté beau-père, le De cujus NYOUE BETTY François Honoré, celui-là même qui par son hospitalité, son soutien permanent et inconditionnel m'a témoigné de son amour.

Il me tient à cœur de remercier mes deux sœurs, mesdames ABOMO MANI Hortense Mélanie et AMOUGOU Flore, pour leur soutien multiforme, leur sens de responsabilité et de sociabilité. Je n'oublie point la famille ANGUE Jean Marie, NDI Martine et ASSAMBA Dieudonné ainsi que mes neveux, pour leurs encouragements au cours des différentes phases de cette thèse.

A toutes ces nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué par quelque façon que ce soit à l'aboutissement de ce travail et que je n'ai pas pu citer, j'adresse mes sincères remerciements. Soyez bénis.

## SOMMAIRE

<b>DEDICACE</b> .....	<b>x</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>xi</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>xv</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xx</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>xxiv</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>xxv</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>xxvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxviii</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I: GENERALITES SUR LES EAUX SOUTERRAINES</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1. Introduction</b> .....	<b>5</b>
I.2. Nappe phréatique .....	6
I.3. Nappe géologique ou nappe fossile .....	6
I.4. Eau dans les roches .....	6
I.5. Captage d'eau .....	7
I.6. Importance des eaux souterraines .....	8
I.7. Vulnérabilité et pollution des eaux souterraines.....	8
I.7.1. Pollution chimique.....	9
I.7.2. Pollution physique .....	9
I.7.3. Pollution microbiologique .....	9
I.8. Méthodes d'évaluation de la qualité des eaux souterraines.....	10
I.8.1. Paramètres physiques .....	10
I.8.2. Paramètres chimiques .....	11
I.8.3. Paramètres biologiques.....	14

<b>CHAPITRE II: CADRE GEOGRAPHIQUE ET METHODES.....</b>	<b>36</b>
II.1. Cadre géographique.....	37
II.2.2. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	37
II.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	39
II.1.2. Choix et description des stations d'échantillonnage.....	42
II.2. Méthodes.....	55
II.2.1. Mesure des paramètres morphométriques et hydrologiques.....	55
II.2.3. Mesure des paramètres biologiques.....	56
II.2.4. Analyse des données physico-chimiques et biologiques.....	58
<b>CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>61</b>
III.1. Résultats.....	62
III.1.1. Caractéristiques des puits et des sources étudiées.....	62
III.1.2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux étudiées.....	65
III.1.3. Caractéristiques biologiques.....	92
III.1.4. Caractéristiques statistiques des variables physico-chimiques et biologiques.....	133
III.2. Discussion.....	141
III.2.1. Caractéristiques morphométriques, hydrologiques et physico-chimiques des sources et des puits étudiés.....	141
III.2.2. Caractéristiques biologiques des eaux des puits et des sources étudiés.....	144
<b>CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>150</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>153</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>168</b>
<b>Liste des publications scientifiques.....</b>	<b>178</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Représentation schématique des eaux souterraines.....	5
Figure 2: Représentation schématique d'un aquifère .....	7
Figure 3: Cycle de développement d' <i>Ascaris lumbricoïdes</i> . ....	18
Figure 4: Cycle de développement de <i>Trichuris trichiura</i> . ....	19
Figure 5: Cycle de développement d' <i>Enterobius vermicularis</i> . ....	20
Figure 6: Cycle de développement de <i>Trichostrongylus</i> sp.....	21
Figure 7: Cycle de développement d'Ankylostome. ....	22
Figure 8: Cycle de développement de <i>Strongyloïdes stercoralis</i> . ....	24
Figure 9: Cycle de développement de <i>Tania solium</i> . ....	26
Figure 10: Cycle de développement de <i>Tænia saginata</i> . ....	27
Figure 11: Cycle de développement d' <i>Hymenolepis nana</i> . ....	29
Figure 12: Cycle de développement <i>Diphyllobothrium latum</i> .....	30
Figure 13: Cycle de développement de <i>Fasciola hepatica</i> . ....	32
Figure 14: Cycle de développement des Schistosomes .....	34
Figure 15: Localisation des villes d'étude .....	40
Figure 16: Carte de la ville de Mbalmayo présentant les points d'échantillonnage .....	44
Figure 17: Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Mbalmayo. ....	45
Figure 18: Carte de la ville Mbankomo présentant les points d'échantillonnage.....	47
Figure 19: Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Mbankomo.....	48
Figure 20: Carte de la ville d'Okola présentant les points d'échantillonnage .....	50
Figure 21: Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville d'Okola .....	51
Figure 22: Carte de la ville de Soa présentant les points d'échantillonnage .....	53
Figure 23: Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Soa .....	54
Figure 24: Aspect du tube après centrifugation par la technique de concentration formol-éther.....	57
Figure 25: Aspect du tube après centrifugation pour la technique de Kato-Katz.....	58
Figure 27: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de pH dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.....	67
Figure 28: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes des Matières en Suspension dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	69

Figure 29: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la couleur dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	71
Figure 30: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la turbidité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	72
Figure 31: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la conductivité électrique dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	74
Figure 32: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes des Solides Totaux Dissous (STD) dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	76
Figure 33: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes du Potentiel d'oxydo-réduction (POR) dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	78
Figure 34: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes du pourcentage de saturation en oxygène dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	79
Figure 35: Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en CO <sub>2</sub> dissous dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	81
Figure 36: Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en orthophosphates dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.....	82
Figure 37: Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en nitrates dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	84
Figure 38: Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en azote ammoniacal dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.....	86
Figure 39: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de l'alcalinité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	87
Figure 40: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de l'oxydabilité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	89
Figure 41: Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la salinité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude. ....	91

Figure 42: Quelques formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux identifiées dans les eaux des sources et des puits échantillonnés .....	94
Figure 43: Abondance des œufs et larves d’helminthes identifiés en fonction des différentes classes dans les différents points d’eau de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude. ....	95
Figure 44: Répartition des abondances des différentes classes des œufs et larves d’helminthes identifiés dans les puits et les sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude. ....	96
Figure 45: Abondance des classes des œufs et larves d’helminthes identifiés dans quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.....	97
Figure 46: Abondance des classes des œufs et des larves d’helminthes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.....	98
Figure 47: Variation saisonnière des abondances des œufs et des larves appartenant à la classe des nématodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de la région du Centre.....	99
Figure 48: Variation saisonnière des abondances des œufs d’helminthes appartenant à la classe des cestodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.....	100
Figure 49: Variation saisonnière des abondances des œufs d’helminthes de la classe des trématodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre.....	101
Figure 50: Abondance des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées dans les puits et les sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude. ....	102
Figure 51: Abondance totale des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées dans les puits et sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude. ....	102
Figure 52: Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité d’Okola.....	104
Figure 53: Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Mbankomo.....	105
Figure 54: Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Mbalmayo.....	106

Figure 55: Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Soa. ....	107
Figure 56: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d’ <i>Ascaris</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B) des localités d’études.....	109
Figure 57: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d’ <i>Enterobius</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	111
Figure 58: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d’ <i>Ankylostoma</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités du centre. ....	113
Figure 59: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de <i>Taenia</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	115
Figure 60: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des larves de <i>Strongyloides</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	117
Figure 61: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de <i>Trichostrongylus</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	119
Figure 62: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de <i>Fasciola</i> sp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	121
Figure 63: Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de <i>Schistosoma</i> spp. dans les puits (A) et les sources (B). ....	123
Figure 64: Variation saisonnière des densités moyennes des œufs et des larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B).....	125
Figure 65: Variation spatiale de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d’helminthes dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.....	127
Figure 66: Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d’helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d’étude pendant la grande saison des pluies (GSP). ....	128
Figure 67: Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d’helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d’étude pendant la grande saison sèche (GSS). ....	129
Figure 68: Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d’helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d’étude pendant la petite saison des pluies (PSP). ....	130

Figure 69: Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'étude pendant la grande saison des pluies (PSS).....	131
Figure 70: Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les localités d'étude.....	136
Figure 71: Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les puits étudiés.....	137
Figure 72: Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les sources étudiées.....	138
Figure 73: Analyse de Classification Hiérarchique des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.....	139
Figure 74: Analyse de Classification Hiérarchique des puits des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.....	140
Figure 75: Analyse de classification hiérarchique des sources des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.....	141

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I:</b> Classification de quelques helminthes parasites humains .....	15
<b>Tableau II:</b> Caractéristiques des nématodes parasites.....	16
<b>Tableau III:</b> Caractéristiques des œufs des cestodes parasites.....	24
<b>Tableau IV:</b> Comparaison entre <i>Taenia saginata</i> et <i>Taenia solium</i> .....	25
<b>Tableau V:</b> Comparaison entre <i>Hymenolepis nana</i> et <i>Diphyllobothrium latum</i> .....	28
<b>Tableau VI:</b> Caractéristiques des œufs des trématodes parasites .....	31
<b>Tableau VII:</b> Principales caractéristiques des Schistosomes .....	32
<b>Tableau VIII:</b> Traitement des maladies dues aux helminthes.....	35
<b>Tableau IX:</b> Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbalmayo.....	45
<b>Tableau X:</b> Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbankomo .....	48
<b>Tableau XI:</b> Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité d'Okola.....	51
<b>Tableau XII:</b> Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Soa.....	54
<b>Tableau XIII:</b> Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des puits étudiés ....	62
<b>Tableau XIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'épaisseur de la couche d'eau mesurée dans les puits.....	63
<b>Tableau XV:</b> Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des sources étudiées dans la région du Centre pendant la période d'étude.....	64
<b>Tableau XVI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du débit d'écoulement de l'eau mesuré dans les sources.....	65
<b>Tableau XVII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de température obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	66
<b>Tableau XVIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pH obtenues dans les puits .....	68
<b>Tableau XIX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pH obtenues dans les sources.....	68
<b>Tableau XX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Matières en Suspension obtenues entre les saisons dans les puits et les sources .....	69

<b>Tableau XXI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Matières en Suspension obtenues dans les sources .....	70
<b>Tableau XXII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la couleur obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	71
<b>Tableau XXIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la turbidité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	72
<b>Tableau XXIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la turbidité obtenues dans les sources.....	73
<b>Tableau XXV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la conductivité électrique obtenues dans les puits.....	74
<b>Tableau XXVI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la conductivité électrique obtenues dans les sources.....	75
<b>Tableau XXVII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Solides Totaux Dissous obtenues dans les puits.....	76
<b>Tableau XXVIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Solides Totaux Dissous obtenues dans les sources .....	77
<b>Tableau XXIX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du Potentiel d'Oxydo-Réduction obtenues entre les saisons dans les puits et les sources .....	78
<b>Tableau XXX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du Potentiel d'Oxydo-Réduction obtenues dans les puits.....	78
<b>Tableau XXXI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pourcentage de saturation en oxygène obtenues entre les saisons dans les puits et les sources .....	80
<b>Tableau XXXII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du CO <sub>2</sub> dissous obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	81
<b>Tableau XXXIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'orthophosphate obtenues dans les puits.....	82
<b>Tableau XXXIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'orthophosphate obtenues dans les sources .....	83
<b>Tableau XXXV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des nitrates obtenues dans les puits.....	84
<b>Tableau XXXVI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des nitrates obtenues dans les sources .....	85

<b>Tableau XXXVII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'azote ammoniacal obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	86
<b>Tableau XXXVIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources .....	88
<b>Tableau XXXIX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues dans les puits .....	88
<b>Tableau XL:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues dans les sources.....	88
<b>Tableau XLI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources.....	89
<b>Tableau XLII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oydabilité obtenues dans les puits.....	90
<b>Tableau XLIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues dans les sources.....	90
<b>Tableau XLIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la salinité obtenues dans les puits.....	91
<b>Tableau XLV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la salinité obtenues dans les sources.....	92
<b>Tableau XLVI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Ascaris</i> sp. obtenues entre les saisons dans les puits et les sources .....	109
<b>Tableau XLVII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Ascaris</i> sp. obtenues dans les puits .....	110
<b>Tableau XLVIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Ascaris</i> sp. obtenues dans les sources.....	110
<b>Tableau XLIX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Enterobius</i> sp. obtenues dans les puits .....	112
<b>Tableau L:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Enterobius</i> sp. obtenues dans les sources .....	112
<b>Tableau LI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Ankylostoma</i> sp. obtenues dans les puits.....	114
<b>Tableau LII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d' <i>Ankylostoma</i> sp. obtenues dans les sources .....	114
<b>Tableau LIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les entre les densités des œufs de <i>Taenia</i> sp. obtenues dans les puits.....	116

<b>Tableau LIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs <i>Taenia</i> sp. obtenues dans les sources .....	116
<b>Tableau LV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des larves de <i>Strongyloides</i> sp. obtenues dans les puits.....	118
<b>Tableau LVI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des larves de <i>Strongyloides</i> sp. obtenues dans les sources.....	118
<b>Tableau LVII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Trichostrongylus</i> sp. obtenues dans les puits .....	120
<b>Tableau LVIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Trichostrongylus</i> sp. obtenues dans les sources .....	120
<b>Tableau LIX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Fasciola</i> sp. obtenues dans les puits.....	122
<b>Tableau LX:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Fasciola</i> sp. obtenues dans les sources .....	122
<b>Tableau LXI:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Schistosoma</i> sp. obtenues dans les puits.....	123
<b>Tableau LXII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de <i>Schistosoma</i> sp. obtenues dans les sources .....	124
<b>Tableau LXIII:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs et larves d'helminthes intestinaux obtenues dans les puits .....	125
<b>Tableau LXIV:</b> Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs et larves d'helminthes intestinaux obtenues dans les sources.....	126
<b>Tableau LXV:</b> Corrélation entre les abondances des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux et les paramètres physico-chimiques .....	135

## LISTE DES ANNEXES

<b>ANNEXE 1:</b> Variation de la densité des œufs d' <i>Ascaris</i> sp., <i>Enterobius</i> sp., <i>Ankylostoma</i> sp. et <i>Taenia</i> sp. identifiés pendant les saisons .....	169
<b>ANNEXE 2:</b> Variation de la densité des espèces <i>Strongyloides</i> sp., <i>Trichostrongylus</i> sp., <i>Fasciola</i> sp. et <i>Schistosoma</i> spp. (œufs et larves/L) identifiées pendant les différentes saisons .....	170
<b>ANNEXE 3:</b> Variation des densités moyennes des différentes classes de taille des œufs et larves d'helminthes observés pendant les différentes saisons .....	171
<b>ANNEXE 4:</b> Variation des paramètres physico-chimiques (température, MES, couleur, turbidité) mesurés durant l'étude .....	172
<b>ANNEXE 5:</b> Variation des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, Solides Totaux Dissous, Oxydabilité) mesurés durant l'étude.....	173
<b>ANNEXE 6:</b> Variation des paramètres physico-chimiques (Pourcentage de saturation en O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> dissous, Alcalinité, Nitrates) mesurés durant l'étude .....	174
<b>ANNEXE 7:</b> Variation des paramètres physico-chimiques (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Azote ammoniacal, Salinité, Résistivité, POR) mesurés mesurés durant l'étude.....	175
<b>ANNEXE 8:</b> Corrélations entre les paramètres physico-chimiques .....	176
<b>ANNEXE 9:</b> Corrélations entre les paramètres biologiques .....	177
<b>ANNEXE 10:</b> Corrélations entre les paramètres Physico-chimiques et biologiques .....	177

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ADECOL</b>	: Association pour le Développement des Communautés Locales
<b>APHA</b>	: American Public Health Association
<b>ARB</b>	: Agence Régionale de la Biodiversité
<b>BUCREP</b>	: Bureau Central de Recensement et d'Etude de la Population Camerounaise
<b>CDC</b>	: Centers for Disease Control
<b>CEAEQ</b>	: Centre d'Expertise en Analyses Environnementales du Québec
<b>CPDD</b>	: Cercle des Promoteurs du Développement Durable
<b>NTU</b>	: Nephelometric Turbidity Unit
<b>GPS</b>	: Global Positioning System
<b>HAS</b>	: Haute Autorité de Santé
<b>INC</b>	: Institut National de Cartographie
<b>MINEE</b>	: Ministère de l'Eau et de l'Energie
<b>MINEPAT</b>	: Ministère de l'Economie, de la planification et de l'Aménagement du Territoire
<b>OFEFP</b>	: Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage
<b>OiEau:</b>	Office International de l'Eau
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONU</b>	: Organisation des Nations Unies
<b>ORS</b>	: Observatoire Régional de la Santé
<b>PNDP</b>	: Programme National de Développement Participatif
<b>PVC</b>	: Polychlorure de Vinyle
<b>RGPH</b>	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
<b>SPSS</b>	: Statistical Packages For Social Sciences
<b>UNESCO</b>	: Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
<b>USP</b>	: Unité de Salinité Pratique

## RESUME

Le manque d'eau potable à l'échelle nationale depuis plusieurs années a engendré ces derniers temps la prolifération des puits et de sources en zone périurbaine de la région du Centre Cameroun. Cependant, ces eaux pourraient héberger de nombreux agents pathogènes responsables de plusieurs maladies parmi lesquelles les helminthiases. Il serait nécessaire d'apporter d'amples informations sur la qualité des eaux fréquemment consommées par les populations. C'est dans ce sens que cette étude, visant à évaluer la distribution spatio-temporelle des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux dans les eaux souterraines de quelques localités de la région du Centre, a été menée dans les villes de Mbankomo, Mbalmayo, Okola et Soa. Plus spécifiquement, il s'est agi de déterminer les paramètres morphométriques et hydrologiques des puits et des sources; d'évaluer les paramètres physico-chimiques des eaux des sources et des puits et de rechercher les formes de résistance et de dispersion des helminthes présents dans ces eaux.

Pour cette étude, 32 points d'eau ont été retenus, répartis en 16 puits et 16 sources soient 04 puits et 04 sources par localité. Les échantillonnages ont été effectués d'août 2018 à août 2019 suivant une fréquence de deux prélèvements par saison. Les analyses physico-chimiques ont été réalisées à l'aide des techniques et appareils appropriés. L'observation des œufs et larves d'helminthes a été faite au microscope inversé de marque Olympus CK2, à l'objectif 40X après concentration des échantillons suivant les techniques modifiées de concentration formol-éther et Kato-Katz.

Des analyses morphométriques et hydrologiques réalisées, il ressort que les puits de la localité de Soa sont les plus profonds par rapport aux puits des trois autres localités. Les épaisseurs de la couche d'eau et les débits d'écoulement de l'eau ont été plus importants pendant les saisons pluvieuses ( $1,98 \pm 0,42$  m et  $0,0838 \pm 0,0386$  m<sup>3</sup>/s) comparativement aux saisons sèches ( $1,54 \pm 0,24$  m et  $0,03045 \pm 0,0150$  m<sup>3</sup>/s). Les analyses physico-chimiques quant à elles ont révélé que les eaux des sources et des puits sont légèrement acides ( $6,23 \pm 0,51$  et  $6,08 \pm 0,50$  UC respectivement dans les puits et les sources). Dans l'ensemble, les eaux ont présenté une oxygénation moyenne ( $57,56 \pm 11,96$  % pour les puits et  $58,65 \pm 6,88$  % pour les sources) et une pollution organique faible. Par contre, certains points d'eau exposés à des sources de pollution diverses ont montré que les eaux sont de mauvaise qualité. Ces eaux ont été très colorées ( $189,75 \pm 225,24$  et  $71,75 \pm 25,78$  Pt-Co respectivement pour la source BS1 et le puits BP3 à Mbankomo;  $104,25 \pm 31,79$  Pt-Co pour le puits OP1 à Okola;  $59,75 \pm 41,76$  et  $35,13 \pm 19,04$  Pt-Co respectivement pour les puits MP1 et MP4 à Mbalmayo), très turbides ( $52,00 \pm 41,78$  et  $21,75 \pm 19,44$  FTU respectivement pour la source BS1 et le puits BP3 à Mbankomo;  $31,38 \pm 14,12$  FTU pour le puits OP1 à Okola;  $26,13 \pm$

25,31 et  $16,63 \pm 7,10$  FTU respectivement pour les puits MP1 et MP4 à Mbalmayo;  $12,75 \pm 3,39$  FTU pour la source SS1 à Soa) et riches en matières en suspension ( $41,25 \pm 34,32$  et  $8,50 \pm 4,98$  mg/L respectivement pour la source BS1 et le puits BP3 à Mbankomo;  $8,88 \pm 9,82$  et  $10,38 \pm 3,53$  mg/L pour les puits MP1 et MP4 à Mbalmayo;  $5,63 \pm 0,68$  mg/L pour la source SS1 à Soa). Elles ne pourraient donc être recommandées pour usage domestique voire comme eau de boisson.

Les analyses biologiques ont permis de recenser les œufs et larves d'helminthes intestinaux appartenant à huit genres (*Ascaris*, *Enterobius*, *Ankylostoma*, *Trichostrongylus*, *Strongyloides*, *Taenia*, *Fasciola* et *Schistosoma*) avec des densités moyennes de  $7 \pm 0,88$  œufs/L pour *Ascaris* sp.,  $5 \pm 0,46$  œufs/L pour *Enterobius* sp.,  $5 \pm 0,46$  œufs/L pour *Ankylostoma* sp.,  $4 \pm 0,38$  œufs/L pour *Taenia* sp.,  $5 \pm 0,85$  larves/L pour *Strongyloides* sp.,  $4 \pm 0,46$  œufs/L pour *Trichostrongylus* sp.,  $5 \pm 0,34$  œufs/L pour *Fasciola* sp. et  $5 \pm 0,69$  œufs/L pour *Schistosoma* spp.. Tous les points d'eau étudiés dans les localités de Mbalmayo, Mbankomo, Okola et Soa ont hébergé les œufs et les larves d'helminthes. Les densités les plus élevées ont été obtenues pendant la grande saison des pluies comparativement aux autres saisons. Les différentes classes de taille des œufs et larves d'helminthes recensées n'ont pas varié significativement d'une saison à une autre. La hiérarchisation des paramètres physico-chimiques a montré que la conductivité électrique et les solides totaux dissous ont occupé le premier rang parmi les paramètres abiotiques primordiaux influençant la dissémination des œufs et des larves d'helminthes dans les eaux souterraines tandis que les nitrates et les orthophosphates se situent au deuxième rang. La couleur, la turbidité, l'oxydabilité, l'azote ammoniacal, le pourcentage de saturation en oxygène et le Potentiel d'Oxydo-Réduction quant à eux occupent le troisième rang dans la classification hiérarchique.

L'ensemble de ces résultats montre sans équivoque la dégradation de la nappe phréatique de quelques localités de la région du Centre et la contamination par les formes de résistance et de dispersion des helminthes. La qualité physico-chimique détériorée de ces eaux et les densités élevées des œufs et des larves d'helminthes intestinaux exposeraient les populations de ces localités à des risques sanitaires accrus et augmenteraient de ce fait les coûts de traitement de l'eau. Les résultats révèlent un niveau très précaire de l'assainissement des localités étudiées. Il est impératif pour les pouvoirs publics en collaboration avec les chercheurs, de prendre des mesures appropriées pour protéger et restaurer ces milieux en vue d'une gestion efficace et durable des ressources en eau et de tenir compte des différentes classes de taille des œufs et larves d'helminthes lors de la mise sur pied des filtres à eau. Aux populations, de changer de mentalités en adoptant des attitudes écologiquement responsables afin d'empêcher la contamination de la nappe d'eau superficielle.

**Mots clés:** Helminthes, parasites intestinaux, résistance, eau souterraine.

## ABSTRACT

The lack of drinking water at the national level for several years has led to the proliferation of wells and springs in peri-urban areas of the Centre region of Cameroon to meet the indispensable needs of water. However, these water could harbour numerous pathogens which are responsible for several diseases, including helminthiasis. It will be necessary to provide ample information on the quality of water that is frequently consumed by the population. It is in this light that this study which is aimed at evaluating the spatio-temporal distribution of resistance and dispersal forms of intestinal helminths in the groundwater in the Center region was carried out in the towns of Mbakomo, Mbalmayo, Okola and Soa. More specifically, to determine the morphometric and hydrological parameters of wells and springs; to evaluate the physico-chemical parameters of spring and well waters and to research on the forms of resistance and dispersal of helminths present in aquatic system.

For this study, 32 water points were selected, divided into 16 wells and 16 springs, there are 04 wells and 04 springs per locality. Sampling followed by physico-chemical and biological analysis was carried out from August 2018 to August 2019 at a frequency of two samples per season. The observation of helminth eggs and larvae was done with an inverted branded Olympus CK2 microscope with 40X objective after concentration of the samples, following the modified techniques of formol-ether concentration and Kato-Katz. Morphometric and hydrological analysis revealed that the wells in the Soa locality were the deepest compared to the wells in the other three localities.

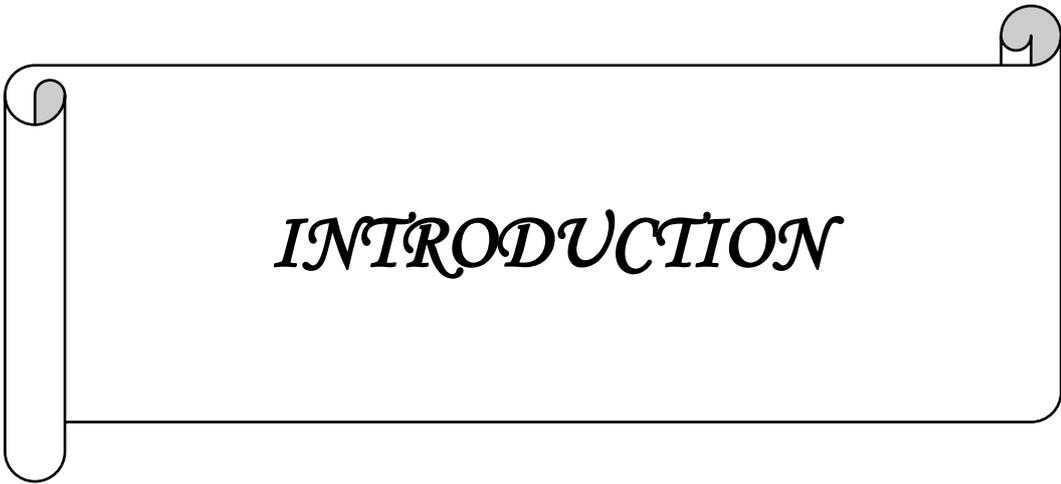
The thickness of the water layer and the water flow rates were greater during the rainy seasons ( $1.98 \pm 0.42$  m and  $0.0838 \pm 0.0386$  m<sup>3</sup>/s) compared to the dry seasons ( $1.54 \pm 0.24$  m and  $0.03045 \pm 0.0150$  m<sup>3</sup>/s). The physico-chemical analysis revealed that the water in the springs and wells studied in the peri-urban area of the Centre region is slightly acidic ( $6.23 \pm 0.51$  and  $6.08 \pm 0.50$  UC respectively in the wells and springs). Generally, the water has an average oxygenation ( $57.56 \pm 11.96\%$  for the wells and  $58.65 \pm 6.88\%$  for the springs) and a low organic pollution. On the other hand, some water points exposed to various sources of pollution showed poor water quality. These water are very coloured ( $189.75 \pm 225.24$  and  $71.75 \pm 25.78$  Pt-Co respectively for the BS1 source and the BP3 well in Mbakomo;  $104.25 \pm 31.79$  Pt-Co for the OP1 well in Okola;  $59.75 \pm 41.76$  and  $35.13 \pm 19.04$  Pt-Co respectively for the MP1 and MP4 wells in Mbalmayo), very turbid ( $52.00 \pm 41.78$  and  $21.75 \pm 19.44$  FTU respectively for the BS1 source and the BP3 well in Mbakomo;  $31.38 \pm 14.12$  FTU for well OP1 in Okola;  $26.13 \pm 25.31$  and  $16.63 \pm 7.10$  FTU respectively for wells MP1 and MP4 in Mbalmayo;  $12.75 \pm 3.39$  MP4 FTU

for the SS1 source in Soa) and rich in suspended solids ( $41.25 \pm 34.32$  and  $8.50 \pm 4.98$  mg/L respectively for the BS1 source and the BP3 well in Mbankomo;  $8.88 \pm 9.82$  and  $10.38 \pm 3.53$  mg/L for the MP1 and MP4 wells in Mbalmayo;  $5.63 \pm 0.68$  mg/L for the SS1 source in Soa). They could therefore not be recommended for domestic use or even as potable water drinking sources.

Biological analysis identified eggs and larvae of intestinal helminths belonging to eight genera (*Ascaris*, *Enterobius*, *Ankylostoma*, *Trichostrongylus*, *Strongyloides*, *Taenia*, *Fasciola* and *Schistosoma*) with mean densities of  $7 \pm 0,88$  eggs/L for *Ascaris* sp.,  $5 \pm 0,46$  eggs/L for *Enterobius* sp.,  $5 \pm 0,46$  eggs/L for *Ankylostoma* sp.,  $4 \pm 0,38$  eggs/L for *Taenia* sp.,  $5 \pm 0,85$  larvae/L for *Strongyloides* sp.,  $4 \pm 0,46$  eggs/L for *Trichostrongylus* sp.,  $5 \pm 0,34$  eggs/L for *Fasciola* sp. et  $5 \pm 0,69$  eggs/L for *Schistosoma* spp.. All the water points studied in the localities of Mbalmayo, Mbankomo, Okola and Soa harbour eggs and larvae of helminth. The highest densities were obtained during the rainy seasons compared to the dry seasons. The sizes of the different classes of helminth eggs and larvae recorded did not vary significantly from one season to another. The ranking of physico-chemical parameters showed that electrical conductivity and total dissolved solids were first among the primary abiotic parameters influencing the spread of helminth eggs and larvae in groundwater. Colour, turbidity, oxidizability, ammonia nitrogen, oxygen saturation percentage and Oxydation-Reduction Potential rank third in the hierarchical classification.

All these results reveal unequivocally the degradation of the groundwater in the peri-urban areas of the Center region and the contamination by pathogenic species. The deteriorated physico-chemical quality of these waters and the high levels of pathogenic microorganisms would expose the populations of these localities to increased health risks and thus increase water treatment costs. The results reveal a very precarious level of sanitation in the localities studied. It is imperative for the public authorities, in collaboration with researchers, to take appropriate measures to protect and restore these environments for effective and sustainable management of water resources and to take into account the size of different classes of parasitic helminth when setting up water purification equipment. The population should change its mentality by adopting environmentally responsible attitudes in order to prevent any contamination of the superficial water table.

**Key words:** helminths, intestinal parasites; resistance; groundwater.



Les affections parasitaires dues aux helminthes sont classées parmi les maladies tropicales négligées et constituent un des problèmes sanitaires majeurs dans le monde (Ram *et al.*, 2016; Hamit *et al.*, 2020; Ayele *et al.*, 2021). Dans les pays à climat tropical, un fort pourcentage d'enfants, même élevés dans de bonnes conditions d'hygiène, sont porteurs d'helminthes comme *Schistosoma mansoni*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata* (Nyantekyi *et al.*, 2014). Ces parasitoses mettent à mal le parcours scolaire des enfants du fait qu'elles entraînent une perte de poids, un retard de croissance, d'importants coûts pour les soins, un manque d'attention en classe, l'absentéisme à l'école, la pauvreté voire la mort (Hamit *et al.*, 2020; Adewale *et al.*, 2021). Outre ces effets néfastes, il apparaît que les enfants atteints de ces helminthiases sont plus affectés par différentes autres maladies infectieuses comparées à ceux non infestés (Yentur *et al.*, 2014). Ainsi ces pathologies constituent des causes de mortalité, surtout chez les enfants infectés par le virus de l'immunodéficience humaine (Jegade *et al.*, 2014). Au Cameroun, il y a une décennie, la prévalence d'*Ascaris lumbricoides*, des Ankylostomes et de *Trichuris trichiura* était respectivement de 28,1%, 9,8% et 6,3% (Tchuem Tchuenté *et al.*, 2013). Les helminthiases sont endémiques au Cameroun (Makoge *et al.*, 2012; Sumo *et al.*, 2021). Elles se retrouvent partout et sont courantes dans les milieux scolaires (Ako *et al.*, 2018).

Les helminthiases sont des indicateurs de pauvreté, de manque d'hygiène, de dissémination fécale, d'approvisionnement déficient en eau. En effet, l'alimentation en eau de plusieurs centaines de villes à travers le monde dépend des ressources en eaux souterraines. On estime à près de deux milliards le nombre de personnes dépendant directement des eaux souterraines; de plus, 40% de la production alimentaire mondiale provient de l'irrigation grâce aux eaux souterraines (Morris *et al.*, 2003; ONU, 2018). Seulement l'urbanisation croissante et incontrôlée, particulièrement dans les pays pauvres ou en voie de développement, a un impact négatif sur la quantité et la qualité de cette ressource précieuse (Boubakar, 2010; UNESCO, 2021). Certains travaux de recherche, réalisés sur la qualité des eaux souterraines, suggèrent que les polluants de ces eaux auraient une origine géologique et/ou anthropique, notamment l'infiltration des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques en agriculture (Aka *et al.*, 2013; Ahoussi *et al.*, 2013; Lagnika *et al.*, 2014; Amadou *et al.*, 2014; Nouayti *et al.*, 2015). D'autres études ont révélé que la pollution des eaux souterraines est liée à la présence des fosses septiques, à l'absence de traitement, au manque du réseau d'assainissement et au non-respect des conditions d'hygiène publique (Degbey *et al.*, 2010; Guessoum *et al.*, 2014).

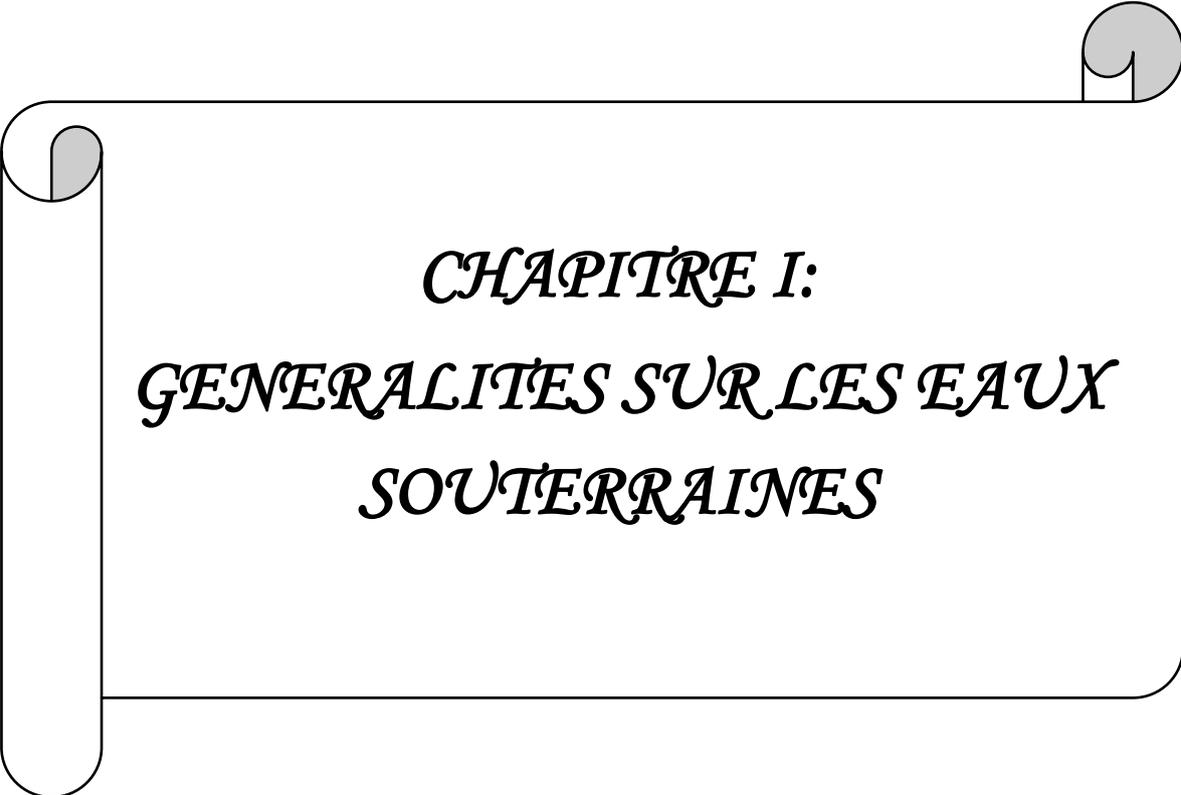
Au Cameroun, l'approvisionnement en eau potable en quantité suffisante demeure un problème majeur. Pour faire face au dysfonctionnement du réseau de distribution de l'eau et

réduire la pénurie en eau potable, 69% de la population des zones périurbaines a recours aux eaux souterraines, jugées sur l'unique aspect physique (eau apparemment claire), généralement accessibles au niveau des puits et des sources (Kamgho Tezanou, 2008; Ministère de l'Eau et de l'Energie/MINEE, 2021). Malheureusement, la qualité de ces milieux est souvent douteuse et elles sont à l'origine de nombreux problèmes de santé (ANSES, 2015; OMS, 2017). En effet, l'expansion rapide des agglomérations rend difficile la gestion des services urbains de base (gestion des ordures ménagères, implantation des latrines, gestion des eaux usées), ce qui constitue une source potentielle de contamination des eaux souterraines. Ces eaux insuffisamment ou non traitées peuvent abriter de nombreuses formes de résistance des organismes pathogènes que sont, entre autres, les bactéries, les protozoaires et les helminthes responsables de plusieurs maladies (Moussima *et al.*, 2020; Asi *et al.*, 2021; Asi *et al.*, 2022) parmi lesquelles les helminthiases.

Les travaux antérieurs de Kengne *et al.* (2002), Kouam Kenmogne *et al.* (2010), Tsama *et al.* (2010), Ajeegah & Fotseu (2019), Mbouombouo *et al.* (2020) révèlent la présence des œufs et des larves d'helminthes dans les cours d'eau et les effluents usés en milieu urbain. Toutefois, peu de données sont disponibles sur la densité des œufs et des larves d'helminthes intestinaux dans les milieux aquatiques souterrains de la région du Centre.

Le présent travail a donc pour objectif général d'évaluer la distribution spatio-temporelle des formes de résistance et de dispersion des helminthes parasites intestinaux de l'homme dans les eaux souterraines de quelques localités de la région du Centre et, pour objectifs spécifiques, de: (1) déterminer les paramètres morphométriques et hydrologiques des puits et des sources; (2) évaluer les paramètres physico-chimiques des eaux des sources et des puits; (3) rechercher les formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux présents dans ces eaux et (4) évaluer l'influence des variables physico-chimiques sur la distribution spatio-temporelle des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux.

Cette thèse débute par une introduction suivie de trois chapitres dont le premier traite des généralités sur les eaux souterraines; le deuxième présente le matériel et les méthodes utilisés; le troisième chapitre rend les résultats et leur discussion; la thèse se termine par une conclusion, des recommandations et des perspectives.

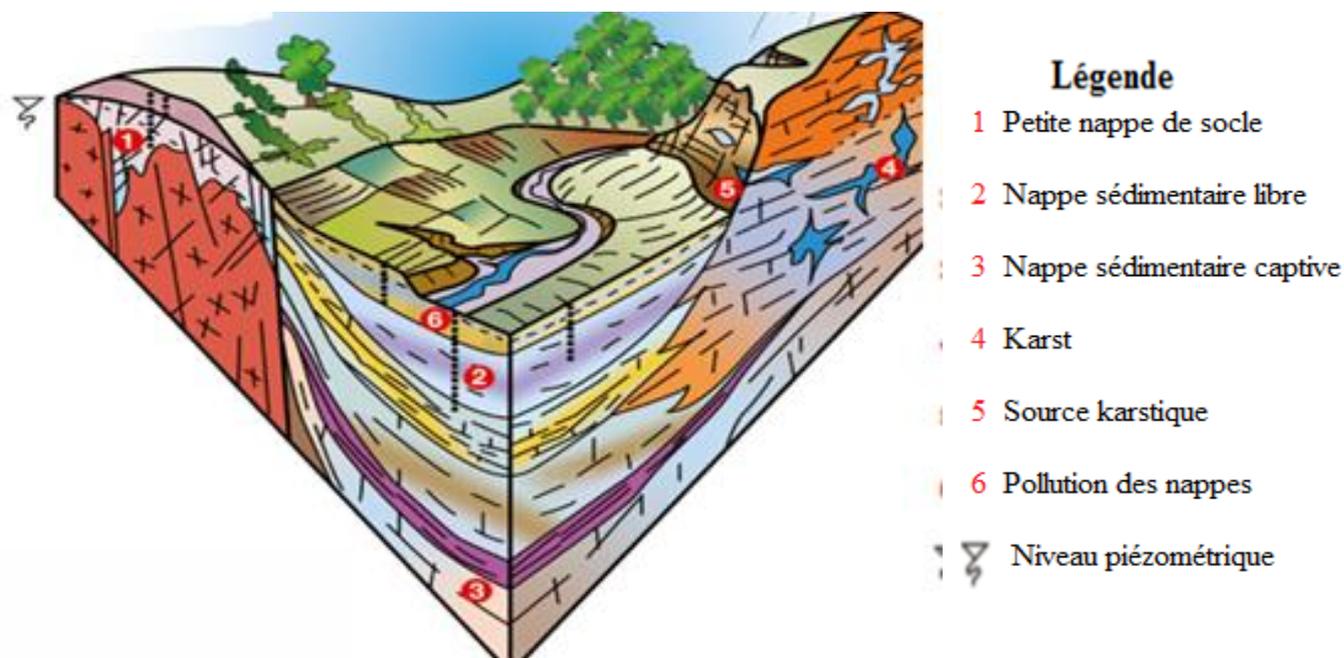


*CHAPITRE I:  
GENERALITES SUR LES EAUX  
SOUTERRAINES*

## I.1. Introduction

Dans la lithosphère, les eaux souterraines sont celles qui circulent ou stagnent dans les fissures ou dans les pores des roches (Ginet & Decou, 1977). Elles peuvent avoir une origine endogène ou exogène. Elles se forment à la faveur des processus naturels dont le plus important est l'infiltration des eaux de pluies dans le sol (Ruthy & Brouyère, 2017).

Les eaux souterraines remplissent entièrement les interstices d'un terrain poreux et perméable (l'aquifère) de telle sorte qu'il y ait toujours liaison par l'eau entre les pores. Une nappe se forme par accumulation des eaux d'infiltration au-dessus d'un terrain imperméable qui interdit leur progression vers le bas. Par un phénomène de capillarité, l'eau remplit encore un peu plus haut les pores des roches jusqu'à un niveau appelé surface de la nappe (Ruthy & Brouyère, 2017). Cette tranche de terrain où toutes les cavités accessibles sont remplies d'eau est appelée zone de saturation. Au-dessus vient une zone non saturée, ou zone d'aération, où circulent des eaux vadoses et vers le bas de laquelle l'eau monte par capillarité (Figure 1). Ce type de nappe est appelé nappe libre par opposition aux nappes captives ou nappes artésiennes, qui sont emprisonnées entre deux terrains imperméables et ne comprennent qu'une zone saturée (Foucault & Raoult, 2003; Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2012). Libre ou recouverte d'une couche de terrain imperméable, l'eau souterraine se subdivise en deux catégories: les nappes libres ou phréatiques et les nappes captives ou géologiques (Vilaginès, 2003).



**Figure 1:** Représentation schématique des eaux souterraines (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2012).

## **I.2. Nappe phréatique**

L'expression nappe phréatique désigne la couche d'eau la plus proche de la surface du sol, celle qui alimente les puits et les sources (Daubrée, 1987). Ce sont des nappes dont le niveau varie saisonnièrement avec le climat de la région. Elles sont tributaires des variations pluviométriques et sont les plus exposées aux pollutions de toute nature (Boutin, 1993).

## **I.3. Nappe géologique ou nappe fossile**

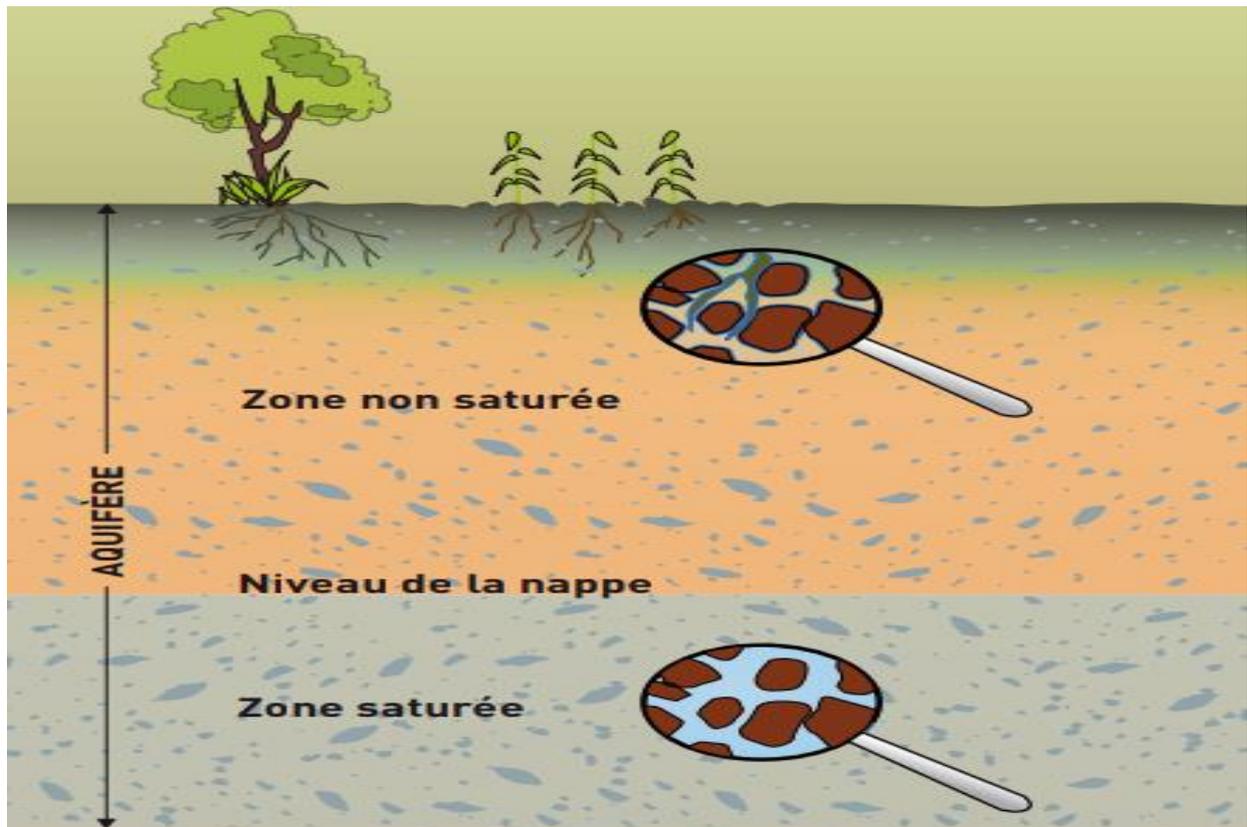
Les nappes géologiques sont des couches d'eau qui se sont formées suite à l'accumulation de l'eau dans l'espace souterrain et aux écoulements latéraux des couches d'eaux plus ou moins distantes. Ce sont des nappes très profondes que recherchent les foreurs. Ces grandes profondeurs limitent au maximum les pollutions diverses grâce à l'épuration du sol (Zébazé Togouet *et al.*, 2011).

## **I.4. Eau dans les roches**

Selon l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (2012), les roches capables de contenir et de laisser circuler sont dites aquifères. Un aquifère n'est pas forcément un ensemble géologique homogène; il peut être composé de différentes roches. Un aquifère comporte une zone saturée en eau et parfois une zone non saturée (Figure 2). Il est limité dans l'espace par une roche imperméable à sa base (le mur ou substratum), parfois par une roche imperméable à sa surface (le toit), et par des limites latérales. La nappe d'eau souterraine est l'ensemble de l'eau contenue dans l'aquifère, alimentée généralement par les précipitations utiles (des précipitations qui s'infiltrent et alimentent la nappe) et les infiltrations d'eau de surface comme celles des rivières et des lacs. Les nappes ne sont pas statiques mais en mouvement, une part de l'eau sort de l'aquifère sous forme de sources qui alimentent les eaux de surface (rivières, lacs, mers), par pompage ou par évaporation directe. On distingue d'une manière générale trois types d'aquifères: les aquifères en roches meubles, les aquifères en roches karstiques et les aquifères en roches fissurées.

Les aquifères en roches meubles sont caractérisés par une structure et une granulométrie très irrégulière. Leur perméabilité, leur capacité de filtration et leur capacité d'emmagasinement varient donc rapidement d'un point à l'autre (Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, 2004). Les régions karstiques se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes. Dans les roches fissurées, l'eau suit les discontinuités ouvertes, les diaclases, les

fractures et les joints de stratification, qui forment un réseau continu plus ou moins ramifié. La capacité d'emménagement reste le plus souvent faible (Foucault & Raoult, 2003).



**Figure 2:** Représentation schématique d'un aquifère (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2012).

### I.5. Captage d'eau

Selon Lallemand-Barrès (1999), les ouvrages de captage sont: les puits, les forages et les sources. Le puits pénètre verticalement dans le sol pour l'exploitation de la nappe phréatique (Gilli *et al.*, 2004; Sferdjli, 2015). L'eau y est remontée au niveau du sol à l'aide d'un seau ou d'une pompe à manivelle. Il est en général de profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100 m), d'un diamètre supérieur à 1,20 m, aux parois revêtues au moins partiellement de béton ou de maçonnerie.

Le forage est un ouvrage de plus grande profondeur que les puits mis en place pour l'exploitation de la nappe hydrogéologique. Il peut aller chercher l'eau à plus de 1000 m, son diamètre est généralement plus faible que celui du puits, et sa paroi est protégée par un tube en métal ou en matière plastique (Sferdjli, 2015).

La source est un exutoire à la surface du sol par lequel les eaux souterraines se déplaçant suivant la pente de la couche imperméable apparaissent à l'air libre (Dupont, 1981). Selon le mode d'apparition de l'eau à la surface du sol, la source peut être limnocrène, rhéocrène ou holocrène (Boutin, 1984). Elle est dite limnocrène là où le niveau de la nappe phréatique est

supérieur à celui du terrain; elle forme d'abord un étang dans une dépression, et le trop plein d'eau forme ensuite un ruisseau. Lorsque l'eau coule directement hors du sol formant ainsi un ruisseau, la source est dite rhéocrène. Lorsque l'eau de la source suinte à travers une zone de sol et/ou roche perméable et forme une zone marécageuse relativement grande, elle est dite holocrène (Boutin, 1984).

## **I.6. Importance des eaux souterraines**

Les nappes d'eau souterraine sont formées par la percolation de l'eau de pluie et le ruissellement à travers les sols et les roches (Banton & Bangoy, 1997). Au cours de ce transfert, l'eau acide dissout les roches et se charge de quelques-uns de ses éléments chimiques les plus solubles. Certains de ces éléments sont nécessaires au bon fonctionnement du corps humain mais en faible concentration; les mêmes peuvent être toxiques en plus fortes concentrations; d'autres sont toxiques même à faible dose (Edmunds *et al.*, 2003; Ruthy & Brouyère, 2017). Ces réactions naturelles font que la qualité des eaux souterraines est influencée par la nature lithologique des aquifères et des terrains superficiels.

## **I.7. Vulnérabilité et pollution des eaux souterraines**

La vulnérabilité est définie comme un défaut de protection ou de défense naturelle d'une eau souterraine contre les menaces de pollution, en fonction des conditions hydrogéologiques (Margat, 1998). De ce fait, certaines eaux souterraines ne sont pas à l'abri des pollutions éventuelles malgré l'idée de pureté naturelle qui leur est communément attachée. En effet, certains types de sol, notamment les sols minces et hautement perméables, favorisent l'infiltration directe des polluants vers les eaux souterraines. Dans les aquifères sableux, la porosité d'interstice favorise l'infiltration des eaux superficielles, conduisant ainsi à la contamination des eaux souterraines. Par ailleurs, les aquifères en nappe libre semblent plus vulnérables que ceux en nappe captive parce qu'ils ne sont pas protégés par une couverture imperméable (Sarrazin *et al.*, 2003). Cette variété de conditions naturelles rend les eaux souterraines inégalement protégées. La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager et les organismes aquatiques. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer cette pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer son ampleur en fonction de son type.

### **I.7.1. Pollution chimique**

La pollution chimique est due à l'entrée d'un élément (ou plusieurs) indésirable dans la composition chimique d'une eau initialement destinée à un usage bien précis (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2012). Dans un milieu aquatique, elle est souvent attestée par la mesure de son pH, de sa conductivité électrique, de sa turbidité, de sa Demande Chimique en Oxygène (DCO) etc... La DCO d'une eau représente l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.

### **I.7.2. Pollution physique**

En milieu aquatique souterrain, la pollution physique est matérialisée par des changements de propriétés physiques de l'eau telles que la charge des matières en suspension, la température, la couleur ou la transparence. Les eaux usées d'origines diverses sont chargées de matières en suspension qui contaminent les eaux souterraines. Ces matières, qui sont responsables d'une pollution organique, augmentent la turbidité de l'eau, diminuent sa transparence et réduisent le pouvoir de pénétration de la lumière (Leynaud & Verrel, 1980).

### **I.7.3. Pollution microbiologique**

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes véhiculés par l'eau et responsables de beaucoup de maladies hydriques (Belhaj, 2001). L'eau peut être un milieu favorable au développement des virus, des bactéries et des parasites nuisibles à la santé des populations qui l'utilisent pour leur besoin. Dans les eaux souterraines, le taux de survie des microorganismes est sous la dépendance de certains paramètres environnementaux (température, pH, etc...) et des particularités propres à chaque microorganisme (Majdoub *et al.*, 2004). Ces microorganismes sont, le plus souvent, issus des rejets des eaux usées des habitations, de la proximité des zones contenant des déjections des animaux, de la proximité des latrines traditionnelles, de l'épandage des eaux d'égout ou d'engrais de fermes, et des conditions de puisage entre autres. La pression anthropique croît de manière exponentielle dans de nombreuses villes africaines (N'guettia *et al.*, 2019).

Malgré la baisse du taux de croissance démographique, qui a chuté à 0,7% en 2020 contre 3,7% en 2019 du fait de la pandémie de la Covid 19, le Cameroun vise une croissance de 4,4% en 2022 (Mbog Pibasso, 2021). Les villes camerounaises sous l'effet combiné de la croissance démographique et de l'urbanisation anarchique produisent des déchets de plus en plus considérables. A l'observation, le système de gestion de déchets mis en place se révèle inefficace. En effet, dans toutes les villes, on dénote l'abandon des déchets à ciel ouvert aux

points de collecte avec son cortège de désagréments (Banque Africaine de développement/BAD, 2020). Ces déchets sont très souvent balayés par les eaux des pluies qui se chargent de les déverser dans le plan d'eau le plus proche (Kapsó, 2018).

## **I.8. Méthodes d'évaluation de la qualité des eaux souterraines**

Une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de variables physiques, chimiques et biologiques.

### **I.8.1. Paramètres physiques**

Les eaux souterraines peuvent se distinguer par la température, le degré de turbidité et la concentration des matières en suspension (MES). Ces paramètres sont susceptibles d'influencer directement ou indirectement la qualité de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

#### **I.8.1.1. Température**

Dans l'eau lorsque la température est élevée, elle entraîne une modification de la densité, une réduction de la viscosité, une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, une diminution de la solubilité des gaz (Hecky, 2000). Le métabolisme et le taux de croissance dans un environnement ne sont optimaux que lorsque les organismes se trouvent à une température appropriée; celle-ci est variable selon les espèces (Thomas, 2012). Les températures élevées de l'eau (comprises entre 25 et 37 °C) stimulent la croissance des microorganismes qui, par l'intermédiaire des déchets métaboliques, affectent les caractères organoleptiques de l'eau, notamment le goût et la couleur (OMS, 2004).

#### **I.8.1.2. Matières En Suspension (MES)**

La teneur en matières en suspension en abrégé MES, exprimée en milligrammes par litre (mg/L), peut freiner les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau, et partant à son épuration. Dans les eaux souterraines, la teneur et la composition minéralogique et organique sont fonction de la nature du terrain traversé, de la saison, de la pluviométrie et des activités anthropiques (Ginet & Decou, 1977). Dans l'eau, les MES élaborées par les algues et les bactéries, et dérivant soit de la décomposition des organismes morts, soit des détritiques d'origine exogène, constituent le stock d'aliments des organismes souterrains (Ginet & Decou, 1977). L'élévation de la teneur en MES peut nuire aux organismes souterrains, voire provoquer leur mort par asphyxie ou par colmatage des organes respiratoires (Camacho *et al.*, 1992).

### **I.8.1.3. Turbidité**

La turbidité indique l'état trouble d'une eau; elle est liée aux particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques), et est inversement proportionnelle à la transparence de cette eau. Une forte turbidité peut être signe de pollution et peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. Dans les eaux souterraines, la turbidité empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation (Ginet & Decou, 1977). Elle s'exprime en Unité de Turbidité Néphélométrique (NTU).

### **I.8.2. Paramètres chimiques**

Au plan chimique, les eaux souterraines peuvent se distinguer par leur pH, leur conductivité électrique, les teneurs en gaz dissous, azote, orthophosphates ainsi que par leur dureté (Rodier *et al.*, 2009).

#### **I.8.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)**

Une eau naturelle pure est neutre (pH =7). Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (Nola *et al.*, 1999). C'est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

#### **I.8.2.2. Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau, exprimée en microsiemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité électrique permet d'apprécier rapidement, mais très approximativement, la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau (Derwich *et al.*, 2010). La pollution des eaux de puits se traduit par une augmentation de la conductivité et des solides totaux dissous et donc une augmentation de la teneur en sels dissous (Zébazé Togouet, 2004).

#### **I.8.2.3. Solides Totaux Dissous (TDS)**

Les Solides Totaux Dissous en abrégé TDS, dont la teneur est exprimée en milligrammes par litre, représentent la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Les TDS sont composés de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communément trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium,

qui existent tous sous forme des cations et d'autres sous forme d'anions comme les carbonates, les nitrates, les bicarbonates, les chlorures et les sulfates (Moussa, 2014).

#### **I.8.2.4. Potentiel d'Oxydo-Réduction (POR)**

Le Potentiel d'Oxydo-Réduction, ou Potentiel Redox d'une eau en abrégé POR, exprimé en milliVolt (mV), est une mesure qui indique le degré auquel certaines concentrations ioniques dans l'eau peuvent oxyder ou réduire d'autres substances ioniques ou non. Une mesure positive du Potentiel Redox de l'eau indique que celle-ci est un agent oxydant. Plus la mesure est élevée, plus l'eau est oxydante. Une mesure négative du Potentiel-Redox de l'eau indique que celle-ci est un agent réducteur (Rodier *et al.*, 2009). Il existe dans la nature des zones polluées par l'évacuation de certains déchets dans l'environnement ou à proximité de certaines usines par exemple. Le Potentiel Redox varie en fonction des microorganismes présents; plus on s'éloigne de la source de pollution, plus on note la présence d'accepteurs d'électrons. Le Potentiel Redox augmente donc en s'éloignant d'une source polluante ou diminue en s'y rapprochant (Pankow & Bidleman, 1991).

#### **I.8.2.5. Salinité**

La salinité est définie par la quantité totale des éléments dissous dans l'eau. Elle s'exprime en Unité de Salinité Pratique (PSU). La salinité est un critère de classification des eaux. La présence de sel dans l'eau est très importante et détermine certaines de ses propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité, conductivité électrique, pression osmotique). La salinité est un paramètre qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu (Foussard & Etcheber, 2011). Si la salinité augmente, la survie des organismes sera fonction de leur tolérance.

#### **I.8.2.6. Oxygène dissous**

La teneur en oxygène dissous (exprimé en milligrammes par litre ou pourcentage de saturation) est indicatrice de la pollution suite à la consommation, au cours des processus d'oxydation biologique ou chimique, des matières organiques contenues dans l'eau. La quantité d'oxygène dissous dans une eau souterraine est la résultante d'un apport extérieur enrichissant l'eau en ce gaz et son utilisation par la respiration des organismes aquatiques, mais aussi les oxydations des substances dissoutes (Gibert *et al.*, 1994). La principale source d'oxygénation de l'eau est le phénomène chlorophyllien dû aux plantes aquatiques. Comme ces dernières manquent sous terre du fait de l'obscurité permanente, la présence de ce gaz dans l'eau hypogée ne peut donc résulter que de la diffusion passive à la surface au contact de l'air, ce qui est assez

faible (Ginet & Decou, 1977). La conséquence directe est que l'activité biologique y est peu développée.

#### **I.8.2.7. Oxydabilité**

L'oxydabilité (exprimée en milligrammes par litre de  $\text{KMnO}_4$ ) permet d'évaluer la concentration des matières organiques présentes dans l'eau. Une valeur élevée de l'oxydabilité indique une quantité excessive de matières organiques. Ces dernières sont à l'origine de la surconsommation de désinfectants et de la formation de chloramines dans les eaux de consommation. Dans les milieux récepteurs, l'oxydabilité correspond à l'estimation globale de la concentration en matières organiques biodégradables, par l'évaluation de la quantité d'oxygène qu'elles enlèvent à un oxydant, le permanganate de potassium, dans des conditions précises de titration (Verneaux, 1973; Derwich *et al.*, 2010).

#### **I.8.2.8. Alcalinité ou Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

L'alcalinité (réactive en milligrammes par litre de  $\text{HCO}_3^-$ ) représente le poids total des sels alcalins dissous dans l'eau. C'est sa forte charge en calcium dissous qui donne à l'eau la teinte verte, vue en profondeur dans les milieux souterrains. Au contraire, lorsque la concentration en calcium est faible, la couleur de l'eau est généralement brune (Bakalowicz, 1975).

#### **I.8.2.9. Azote Ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

La présence de l'azote ammoniacal (exprimé en milligrammes par litre de  $\text{NH}_4^+$ ) dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. D'après CEAEQ (2007), la teneur en ions  $\text{NH}_4^+$  est très élevée dans les eaux riches en matières organiques lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. De plus, une augmentation excessive de la température transforme l'ion  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$  qui est toxique pour de nombreux organismes.

#### **I.8.2.10. Nitrates**

Présent à l'état naturel et soluble dans le sol, les nitrates (exprimés en milligrammes par litre de  $\text{NO}_3^-$ ) pénètrent dans les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Cependant, selon Chapman & Kimstach (1996), ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais et constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau. Les

nitrate proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification

#### **I.8.2.11. Orthophosphates**

Les Orthophosphates, dont la teneur est exprimée en milligrammes par litre de  $\text{PO}_4^{3-}$ , constituent la forme de phosphore directement assimilable par les organismes et qui permet d'apprécier le degré de pollution des eaux. L'enrichissement des eaux souterraines en phosphates résulte de l'utilisation des engrais et détergents phosphatés. Ginet & Decou (1977) tendent à lier l'accroissement des teneurs en phosphore à la dégradation de la qualité des eaux souterraines puisque l'ion orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ne représente qu'une faible partie du phosphore total des eaux souterraines, la majeure partie étant associée aux matières en suspension et aux matières organiques dissoutes (Rodier *et al.*, 2009).

### **I.8.3. Paramètres biologiques**

#### **I.8.3.1. Généralités sur les helminthes**

Les eaux souterraines peuvent contenir de nombreux microorganismes parmi lesquels les helminthes. Ils parviennent dans ces milieux par le processus d'infiltration des eaux de ruissellement charriant les matières fécales, les conditions de puisage et la proximité des sources de pollutions entre autre.

Les helminthes parasites humains appartiennent à 3 groupes: les plathelminthes les némathelminthes et les acanthocéphales. Les plathelminthes sont des vers plats à corps segmenté ou pas, qui ne possèdent pas de tube digestif ou en possèdent un incomplet. Ils sont en général des parasites hermaphrodites, à l'exception des schistosomes, et sont subdivisés en classes des trématodes et des cestodes. Les némathelminthes sont des vers cylindriques à corps non segmenté, à sexes séparés; le mâle est souvent plus petit que la femelle; ils disposent d'un tube digestif complet (Guillaume, 2007).

#### **I.8.3.2. Classification des helminthes parasites humains**

Le tableau I présente la classification de quelques helminthes parasites humains.

**Tableau I:** Classification de quelques helminthes parasites humains (De Ley & Blaxter, 2004; De Ley *et al.*, 2006)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce
<b>Némathelminthes:</b> Corps ronds, présence de cuticule ou des téguments chitineux, présence de tube digestif	<b>Nematoda:</b> Corps non segmenté, tube digestif complet	Ascaridida	Ascaridiidae	<i>Ascaris lumbricoides</i>
		Oxyurida	Oxyuridae	<i>Enterobius vermicularis</i>
		Strongylida	Ancylostomatidae	<i>Ankylostoma duodenale/Necator americanus</i>
		Rhabditia	Strongyloidea	<i>Strongyloides stercoralis</i>
		Enoplida	Trichuridae	<i>Trichuris trichura</i>
<b>Plathelminthes:</b> Corps aplati, présence de téguments non chitineux	<b>Cestoda:</b> Corps segmenté, absence du tube digestif, présence de ventouses et crochets	Cyclophyllida	Hymenolepidae	<i>Hymenolepis nana</i>
			Taeniidae	<i>Taenia saginata Taenia solium</i>
		Pseudophyllida	Diphyllobothriidae	<i>Diphyllobothrium Latum</i>
	<b>Trematoda:</b> Corps non segmenté, tube digestif incomplet	Plagiorchiida	Fasciolidae	<i>Fasciola hepatica Fasciolopsis buski</i>
			Opisthorchiidae	<i>Clonorchis sinensis</i>
			Dicrocoeliidae	<i>Dicrocoelium dentriticum</i>
			Troglorematidae	<i>Paragonimus westermani</i>
		Opisthorchiida	Heterophyidae	<i>Heterophyes heterophyes</i>

**Tableau I:** (suite et fin)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce
		Diplostomida	Schistosomatidae	<i>Schistosoma mansoni</i> <i>Schistosoma haematobium</i> <i>Schistosoma intercalatum</i> <i>Schistosoma japonicum</i>

### I.8.3.3. Nématodes

Ce sont des vers ronds, à corps non segmenté (circulaire), à tube digestif complet, revêtus de téguments durs, à sexes séparés et dont le mâle est plus petit que la femelle (Machouart, 2010). Les nématodes intestinaux parasites de l'homme sont: *Ankylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Strongyloïdes stercoralis*, *Trichuris trichiura*. Le tableau II présente les caractéristiques de quelques nématodes.

**Tableau II:** Caractéristiques des nématodes parasites (Montresor *et al.*, 2005).

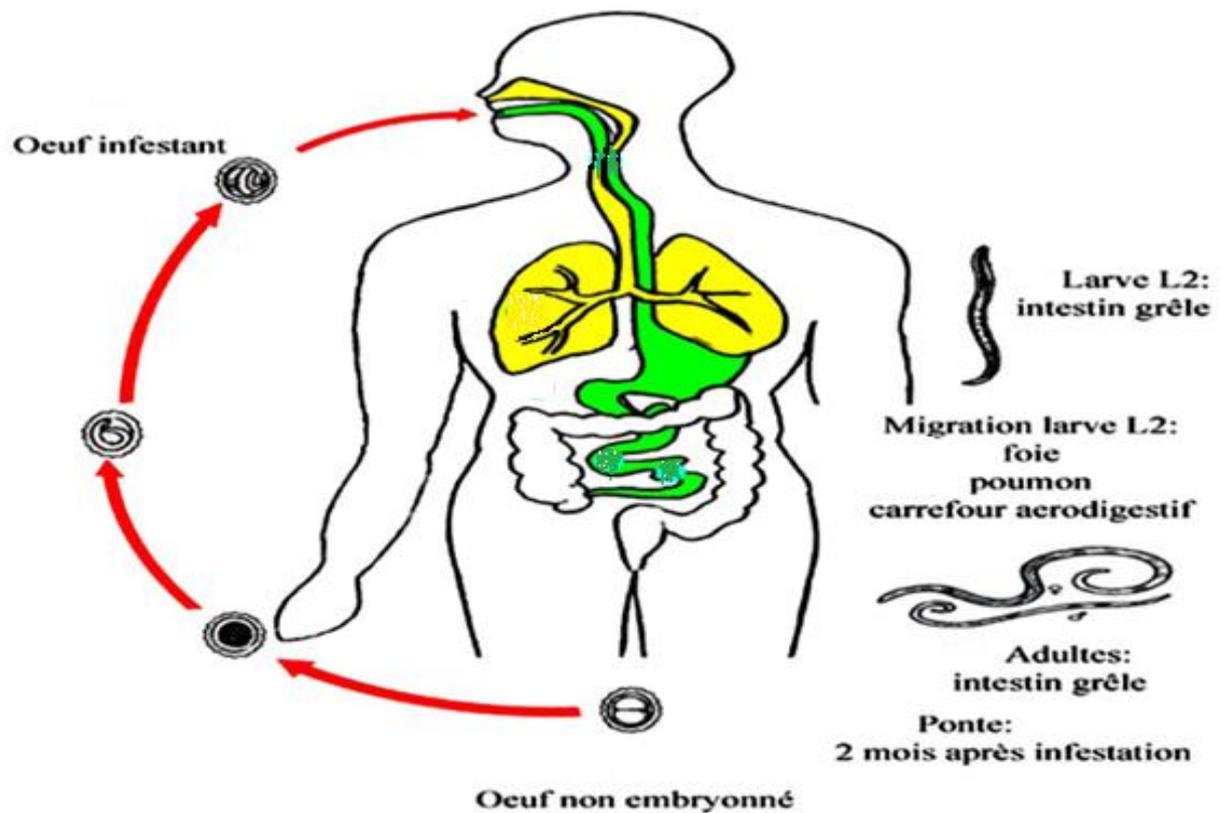
Parasites	Formes de résistance et de dispersion	Tailles (µm)	Coque	Contenu	Maladies
<i>Trichuris trichiura</i>	Œuf	55/25	Double, épaisse, lisse; 2 bouchons muqueux polaires	1 cellule ovulaire	Trichocéphalose
<i>Enterobius vermicularis</i>	Œuf	50/30	Lisse, épaisse	1 embryon	Oxyurose
<i>Ascaris</i> sp.	Œuf	60/50	Double; externe mamelonné	1 cellule ovulaire	Ascarirose
<i>Ankylostoma duodenale</i>	Œuf	60/40	Mince, lisse, incolore	4 blastomères	Ankylostomose
<i>Necator Americanus</i>	Œuf	70/40	Mince, lisse, incolore	8 blastomères	Necatorose
<i>Strongyloïdes stercoralis</i>	Larve	300	Mince, lisse, incolore	1 embryon	Anguillulose
<i>Trichostrongylus</i> sp.	Œuf	80/45	Mince, lisse, incolore	16 à 32 blastomères	Trichostrongylose

### **I.8.3.3.1. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement d'*Ascaris lumbricoides***

*Ascaris lumbricoides* est un nématode rond. Les mâles mesurent maximalelement 2 à 4 mm de diamètre sur 15 à 31 cm de long alors que les femelles mesurent 3 à 6 mm de large pour 20 à 49 cm de long. Les adultes vivent dans l'intestin grêle de leur hôte et ont une longévité de 12 à 18 mois (OMS, 2004). Une femelle adulte pond en moyenne 200 000 œufs par jour (OMS, 2004). Les œufs normaux fécondés mesurent 55 à 75 µm sur 35 à 50 µm; ils sont jaune d'or à bruns et contiennent une seule cellule à l'émission des selles. Ils possèdent une surface nettement mamelonnée. Les œufs non fécondés sont de forme allongée et sont plus gros que ceux fécondés (mesurant 85 à 95 µm sur 43 à 47 µm). Ils ont une coque fine et irrégulièrement mamelonnée. Le contenu de l'œuf est habituellement granuleux et ne montre aucune organisation (OMS, 1994). En raison de la forte ponte journalière, de nombreux œufs retrouvés dans la matière fécale sont anormaux: perte totale ou partielle de la coque externe, coque mamelonnée empêchant de voir le contenu de l'œuf, œuf déformé, allongé et ovalaire, parfois difficilement reconnaissable. L'œuf d'un *Ascaris* sp. est très résistant lorsque la larve L2 est formée. Sa vie métabolique est très ralentie. Il résiste trois mois en milieu sec, entre 5 et 24°C et plus de deux ans sur un sol humide entre 5 et 20°C (Lacoste, 2009).

L'Ascarirose est généralement asymptomatique. Lorsqu'elle est symptomatique, apparaissent des signes pulmonaires (syndrome de Loeffler) durant la phase d'invasion, et digestifs durant la phase d'état (Gentilini, 1977; Bourée *et al.*, 2008).

*Ascaris lumbricoides* a un cycle direct (Figure 3). Les femelles fécondées pondent des œufs qui sont éliminés dans le milieu extérieur où ils s'embryonnent si l'oxygénation, l'humidité et la température sont optimales. Après ingestion, chaque œuf donne naissance à une larve L2 au niveau de l'intestin grêle. Les larves L2 vont migrer par les vaisseaux portes jusqu'au foie et aux poumons et regagner l'intestin grêle par déglutition, où elles parviendront à maturité sexuelle. La ponte commence deux mois après ingestion des œufs infestant (OMS, 1988).



**Figure 3:** Cycle de développement d'*Ascaris lumbricoïdes* (ANOFEL, 2014).

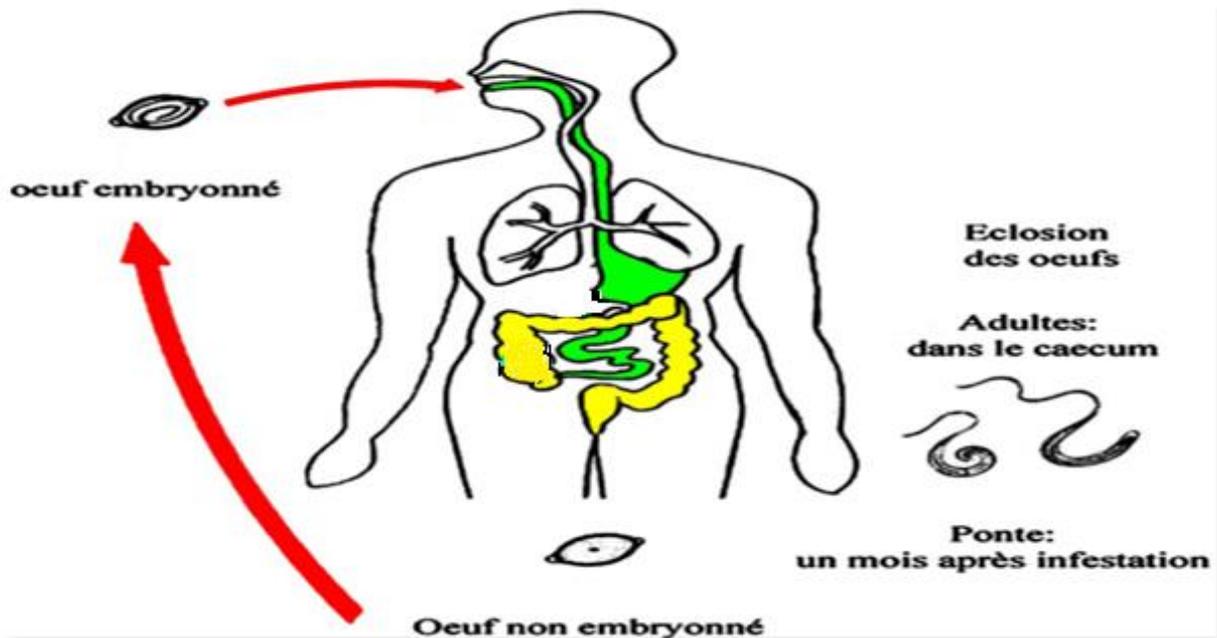
### I.8.3.3.2. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Trichuris trichiura*

*Trichuris trichiura* est un nématode de couleur rougeâtre, mesurant entre 30 mm (mâle) et 50 mm (femelle) de long (Lacoste, 2009). Une femelle adulte pond 2000 à 20 000 œufs par jour (Brooker *et al.*, 2006). Les œufs sont ovoïdes et mesurent environ 50 sur 23 µm. De couleur jaune-orange, ils possèdent une coque épaisse brune lisse et un bouchon muqueux clair à chaque extrémité, ce qui leur donne un aspect très caractéristique en « citron ». Les œufs ne contiennent qu'une seule cellule centrale lorsqu'ils sont émis dans le milieu extérieur (Nozais *et al.*, 1996). Les œufs sont résistants à tous les agents atmosphériques et chimiques grâce à la protection assurée par leur coque. Ils résistent plus de cinq ans sur un sol humide mais sont détruits par la dessiccation et le soleil qui inhibent leur développement embryonnaire (Nozais *et al.*, 1996).

La contamination est en général asymptomatique. En cas d'infestation massive, une asthénie peut être observée pendant la période d'incubation; durant la phase d'état, des troubles colitiques, une anémie et un prolapsus rectal peuvent se manifester (ANOFEL, 2014).

C'est un cycle holoxène et simple (Figure 4). Les œufs non embryonnés sont éliminés dans le milieu extérieur via les selles. Très résistants, ils s'embryonnent au bout de 15 jours à un

mois et deviennent infestants. Après ingestion, ces œufs libèrent des larves L1 dans la lumière de l'intestin grêle; les adultes qui en résultent se fixent au niveau du cæcum (OMS, 1988).



**Figure 4:** Cycle de développement de *Trichuris trichiura* (ANOFEL, 2014).

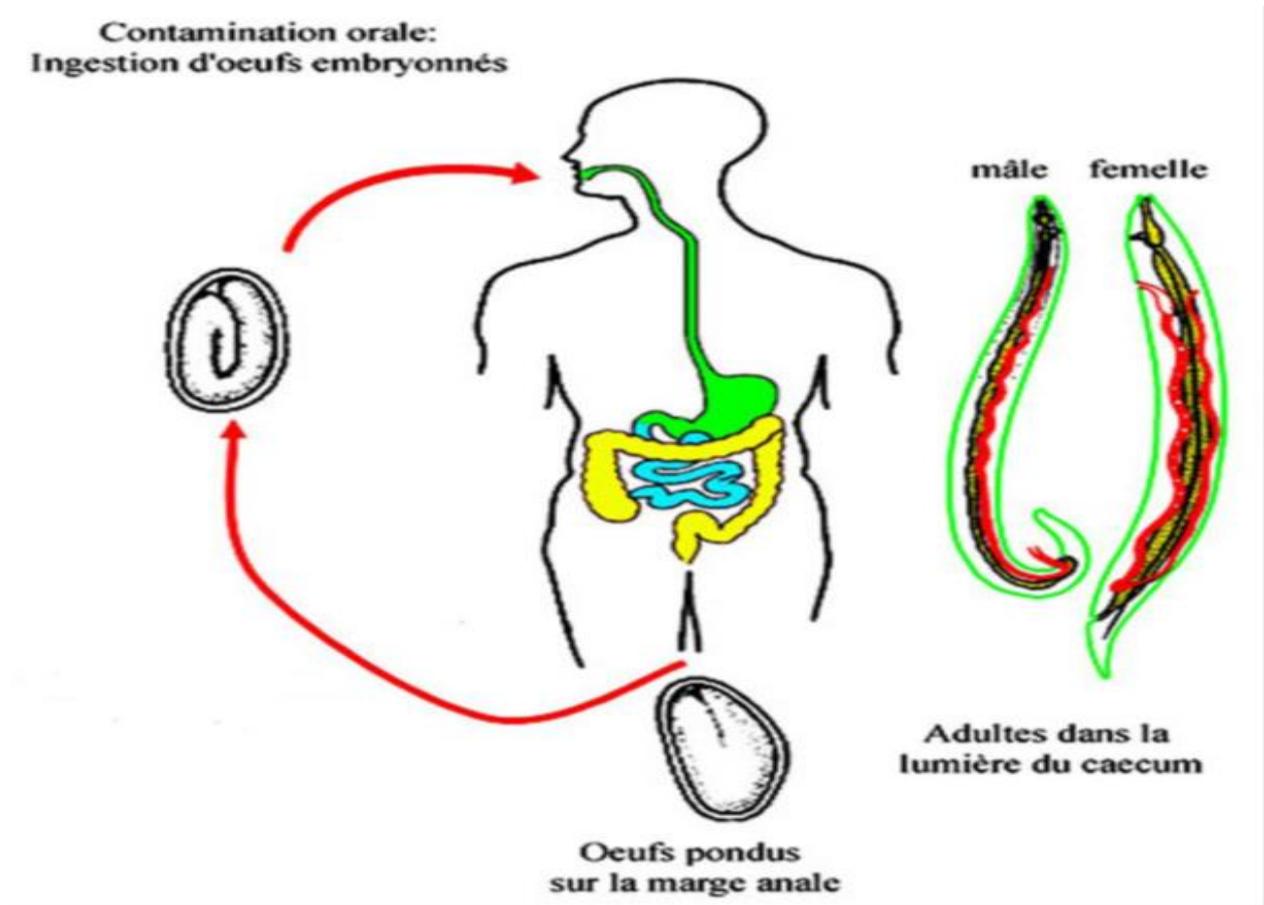
#### **I.8.3.3.3. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement d'*Enterobius vermicularis***

Les mâles adultes mesurent entre 2 à 5 mm sur 0,1 à 0,2 mm. Les femelles mesurent 9 à 13 mm sur 0,3 à 0,5 mm. Leur durée moyenne de vie est de cinquante-trois jours. Les femelles pondent entre 4 000 et 17000 œufs (10 000 en moyenne) (Lacoste, 2009). Ces œufs sont asymétriques et mesurent 50 à 60  $\mu\text{m}$  sur 20 à 30  $\mu\text{m}$ . Ils présentent une face nettement plus bombée que l'autre et un pôle plus aigu par où sortira la larve. Ils ne se développent pas en dessous de 15°C et sont détruits au-dessus de 40°C. Les embryons sont rapidement détruits dans l'eau mais supportent bien une dessiccation partielle. A 20°C, entre 60 et 90% d'humidité, ils restent viables pendant 1 à 3 semaines.

L'oxyurose est une parasitose latente, responsable de prurit anal lié à la fixation des femelles sur la marge anale qui se complique de lésions de grattage ou de vulvite chez la petite fille. Les douleurs de la fosse iliaque droite, des troubles du transit, l'anorexie, sont contingents et l'appendicite est controversée (Gentilini, 1977).

Le cycle est direct (Figure 5). Lorsque les femelles sont gravides, elles gagnent le rectum et pondent dans la région péri-anale. Ces œufs contiennent une larve L1 au moment de la ponte ou quelques heures plus tard. La contamination se fait par ingestion des œufs émis dans le milieu

extérieur. Les œufs éclosent et libèrent les larves qui évoluent dans l'intestin grêle, où elles subissent 5 mues en 2 à 4 semaines pour devenir adulte dans la région caecoappendiculaire (Burkhart & Burkhart, 2005; Cook *et al.*, 2009; ANOFEL, 2014).



**Figure 5:** Cycle de développement d'*Enterobius vermicularis* (ANOFEL, 2014).

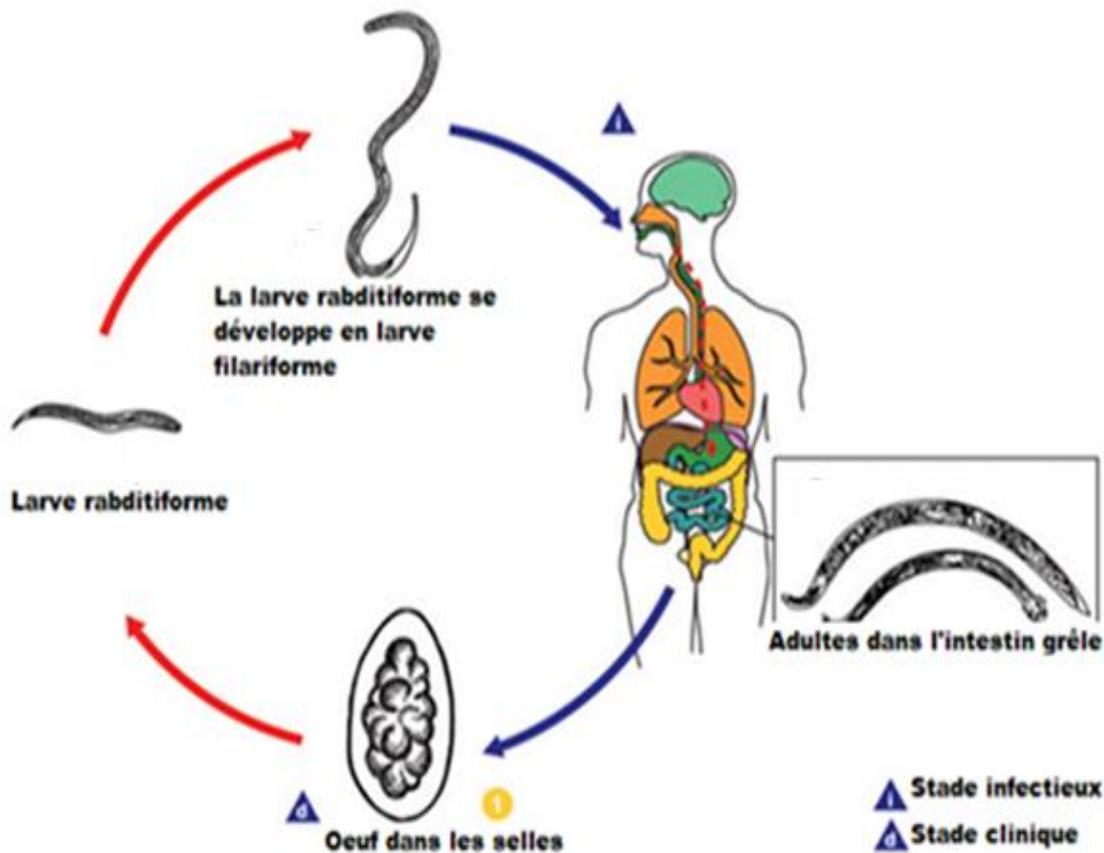
#### I.8.3.3.4. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Trichostrongylus* sp.

Les mâles mesurent entre 4 et 7 mm et les femelles entre 5 et 8,5 mm de long. Une femelle mature pond entre 100 et 200 œufs par jour. Les œufs mesurent de 75 à 95 µm sur 40 à 50 µm (OMS, 1994). La larve L1 reste dans l'enveloppe de l'œuf, ce qui lui permet de résister à la dessiccation.

Les larves se logent dans des tunnels sous les cellules épithéliales, l'épithélium peut se déchirer. La lamina propria devient épaisse, œdémateuse et infiltrée de cellules inflammatoires. Des protéines plasmatiques passent ainsi dans l'intestin. Avec une forte charge parasitaire, une diarrhée liquide peut apparaître et affaiblir l'hôte (Villeneuve, 2013).

Le cycle est direct (Figure 6). Les œufs sont éliminés dans les selles de l'hôte. Dans la nature, ces œufs éclosent et libèrent les larves rhabditiformes. Au bout de 5 à 10 jours (et deux

mues) elles deviennent infectieuses (filariformes). L'infection de l'hôte humain se produit lors de l'ingestion de ces larves filariformes. Les larves atteignent l'intestin grêle, où elles résident et deviennent adultes (Lacoste, 2009).



**Figure 6:** Cycle de développement de *Trichostrongylus* sp. (CDC, 2007).

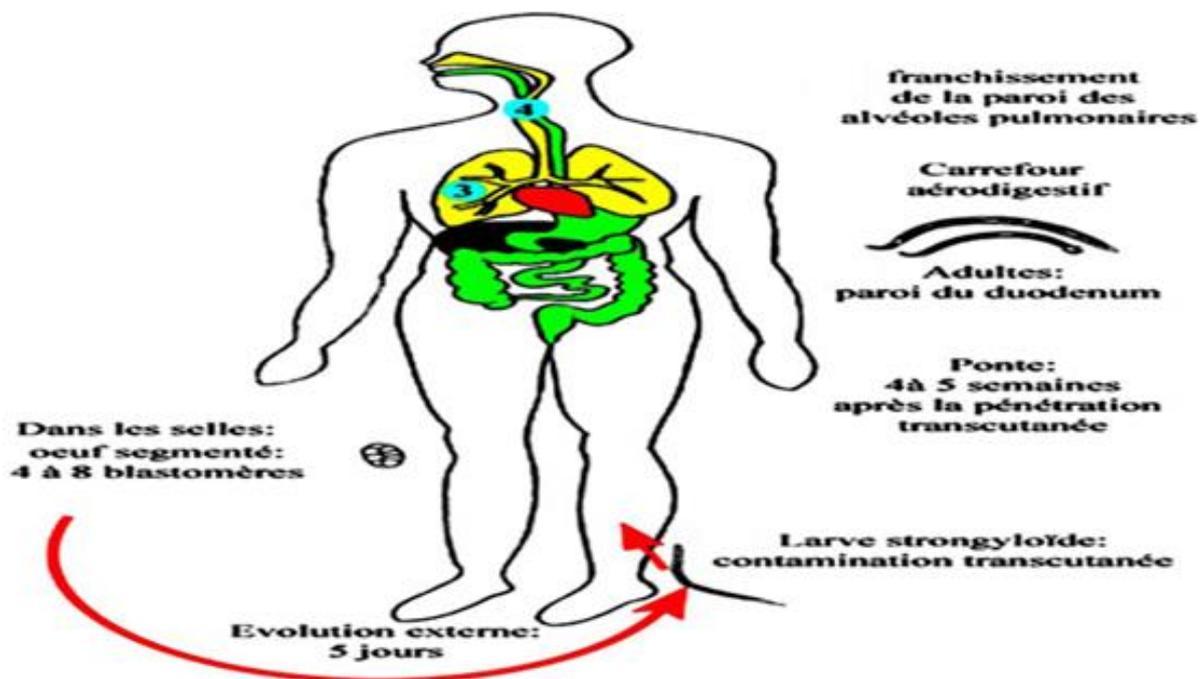
#### **I.8.3.3.5. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Necator americanus* / *Ankylostoma duodenale***

Les formes adultes mesurent de 8 à 18 mm de long sur 0,5 à 0,8 mm d'épaisseur en fonction du sexe (Nozais *et al.*, 1996), et les larves 250 à 300 µm. La ponte quotidienne est estimée à 9 000 œufs. Les œufs mesurent 60 à 75 µm de long sur 36 à 40 µm de large (OMS, 1994). Ils sont ellipsoïdes, symétriques, à coque lisse et mince, non embryonnés à la ponte et possèdent des blastomères. Ces œufs doivent évoluer en milieu extérieur. Ils continuent leur segmentation, s'embryonnent et 1 à 2 jours après l'exonération, ils libèrent une larve rhabditoïde (double renflement œsophagien); celle-ci subit des métamorphoses et devient infestante (ANOFEL, 2014). Les conditions indispensables à l'évolution des œufs dans l'environnement sont l'humidité, l'obscurité, la température (la température optimale de développement est de 23 à 30°C) et l'oxygénation. La larve de première génération ne résiste ni aux basses températures,

ni à la dessiccation. La larve strongyloïdes enkystée (infestante) peut résister plusieurs mois dans le sol (Lacoste, 2009).

On distingue deux phases : une tissulaire se traduisant par des manifestations cutanées qui se compliquent de lésions d'irritation des voies aéro-digestives sous le nom de « catarrhe de gourmes », et une phase endocavitaire se traduisant par des troubles digestifs et une anémie microcytaire (Gentilini *et al.*, 1977).

Le cycle évolutif de l'ankylostome est direct (Figure 7); il commence par la ponte dans la lumière de l'intestin grêle et les œufs sont éliminés dans le milieu extérieur via les selles. A l'intérieur de l'œuf, lorsque les conditions sont favorables, l'embryon se développe rapidement et les larves infestantes du troisième stade se forment dans les 5-10 jours suivant la ponte. Les larves L3 pénètrent l'homme par voie cutanée, gagnent par voie sanguine ou lymphatique le cœur, les poumons, la trachée avant d'être dégluties dans le tube digestif. Dans le duodénum, la larve se transforme en ver adulte. Le cycle dure 50 à 60 jours; les vers adultes peuvent vivre en moyenne quatre ans (OMS, 1988).



**Figure 7:** Cycle de développement d'Ankylostome (ANOFEL, 2014).

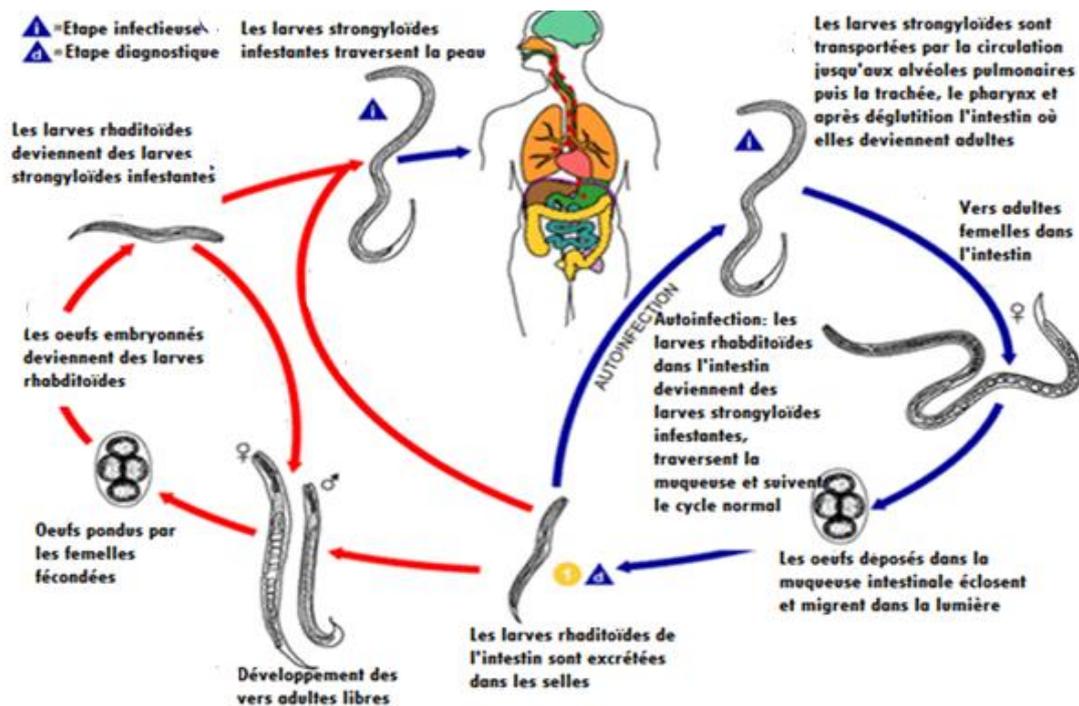
### I.8.3.3.6. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Strongyloides stercoralis*

Ce nématode, encore appelé anguillule, a une taille de 2 à 3 mm de long, les larves rhabditoïdes mesurent 200 à 300 µm et se trouvent dans les selles. Les larves strongyloïdes ou

larves filariformes sont les larves infestantes. Elles mesurent 600 à 700 µm sur 12 µm. Les œufs sont rarement rencontrés dans les selles normales, mais éventuellement dans les selles diarrhéiques (ANOFEL, 2014). Ils ont une forme ovale de type ankylostomidé, incolores, transparents avec une coque lisse et très mince contenant un amas de cellules ou blastomères, et souvent un embryon. La larve n'a pas de gaine, elle est donc fragile et sensible aux agressions du milieu extérieur. Les larves infestantes ainsi que les œufs embryonnés constituent les éléments de résistance alors que les larves L1 et L2 sont très fragiles. La survie des larves L3 de *Strongyloides* est de trois à six mois dans les conditions optimales. La température optimale d'évolution se situe entre 25°C et 30°C et l'hygrométrie optimale avoisine 90%. La dessiccation est fatale aux œufs n'ayant pas débuté leur développement. Les œufs n'évoluent pas si la température n'est pas comprise entre 4°C et 35°C (Lacoste, 2009).

L'Anguillulose est souvent asymptomatique. La phase de pénétration des larves passe souvent inaperçue. Les signes cutanés correspondent rarement à la phase de primo-invasion. Le plus souvent ils traduisent la migration sous-cutanée de larves (phénomène de larva currens) (ANOFEL, 2014).

Le cycle de développement de *Strongyloides* est un cycle complexe (Figure 8). Il y a alternance des cycles libres et des cycles parasites: dans le cycle libre, les larves rhabditiformes passées dans les selles peuvent muer deux fois pour devenir des larves filariformes (développement direct), soit muer quatre fois pour devenir des adultes libres. Après accouplement, la femelle pond des œufs qui éclosent et libèrent des larves rhabditiformes (Lacoste, 2009). Ces dernières à leur tour se développent soit en adultes libres, soit en larves filariformes infestantes. Ces larves pénètrent dans la peau de l'hôte humain pour initier le cycle parasite. Dans le cycle parasite, les larves filariformes entrent dans la circulation sanguine par pénétration transcutanée, et sont transportées vers les poumons où elles pénètrent dans les espaces alvéolaires, et remontent des bronches vers le pharynx (ANOFEL, 2014). Après déglutition, elles deviennent adultes (femelles parthénogénétiques) dans l'intestin grêle. Ces femelles pondent des œufs, qui donnent des larves rhabditiformes. Ces larves rhabditiformes peuvent soit être éliminées dans les selles, soit devenir infectantes et pénétrer la muqueuse intestinale (autoinfection interne) ou la peau de la région péri-anale (autoinfection externe).



**Figure 8:** Cycle de développement de *Strongyloides stercoralis* (ANOFEL, 2014).

#### I.8.3.4. Cestodes

Les cestodes sont une classe des plathelminthes parasites dont les adultes vivent dans le tube digestif des vertébrés. Ils ont une extrémité supérieure ronde, le scolex, avec des crochets et des ventouses qui leur permettent de s'accrocher (Aubry et Gaüzère, 2019). Le tableau III présente les caractéristiques des cestodes

**Tableau III:** Caractéristiques des œufs des cestodes parasites (Montresor *et al.*, 2004; Bourée *et al.*, 2012; Aubry et Gaüzère, 2019)

Parasites	Formes parasitaires	Tailles (µm)	Coque	Contenu	Maladies
<i>Tænia saginata</i>	Œuf	55/45	Externe mince, interne épaisse, brune, striée	1 embryon hexacanthé	Tæniasis intestinal
<i>Tænia solium</i>	Œuf	55/45	Externe mince, interne épaisse, brune, striée	1 embryon hexacanthé	Tæniasis intestinal et cysticercose
<i>Hymenolepis nana.</i>	Œuf	50/45	Double, avec espace clair entre les deux coques	1 embryon hexacanthé	Hyménolépiose
<i>Diphyllobothrium sp.</i>	Œuf	70/45	Lisse, operculée	1 cellule ovulaire + cellules vitellines	Diphyllobothriose

### I.7.3.4.1. Comparaison entre *Tænia saginata* et *Tænia solium*

Le tableau IV présente la comparaison entre *Tænia saginata* et *Tænia solium*

**Tableau IV:** Comparaison entre *Tænia saginata* et *Tænia solium* (Gaudiot, 2000; Aubry et Gaüzère, 2019)

	<i>Tænia saginata</i>	<i>Tænia solium</i>
Scolex	Taille: 2 à 3 mm 4 ventouses. Absence de rostre, Absence de crochets (internes)	Taille: 1 à 2 mm 4 ventouses Présence de rostre court Présence de crochets (armé).
Strobile	Pores génitaux irrégulièrement alternés d'un anneau à l'autre 15 mm long X 6 mm large. Utérus très ramifié : 20 à 30 digitations	Pores génitaux assez régulièrement alternés d'un anneau à l'autre 10-12 mm long x 4 mm large. Utérus peu ramifié, 6 à 12 digitations
Anneaux mûrs	Peuvent être émis en dehors des périodes de défécation (mouvement propre de l'anneau qui force le sphincter anal)	Emis dans les selles soit isolé, soit plus souvent en fragments de chaînes
Œuf	Sphérique ou subsphérique environs 40 microns. Présence dans les selles assez rares. Coque brune, épaisse, striée radialement, à l'intérieur, on trouve un embryon hexacanche avec 6 crochets	
Hôte intermédiaire	Bœuf	Porc
Hôte définitif	Homme	Homme
Rôle pathogène	Téniasis	Téniasis. L'homme peut être hôte intermédiaire (ingestion d'œufs embryonnés) (Cysticercose)
Mode de contamination	Ingestion de viande de bœuf mal cuite	Ingestion de viande de porc mal cuite

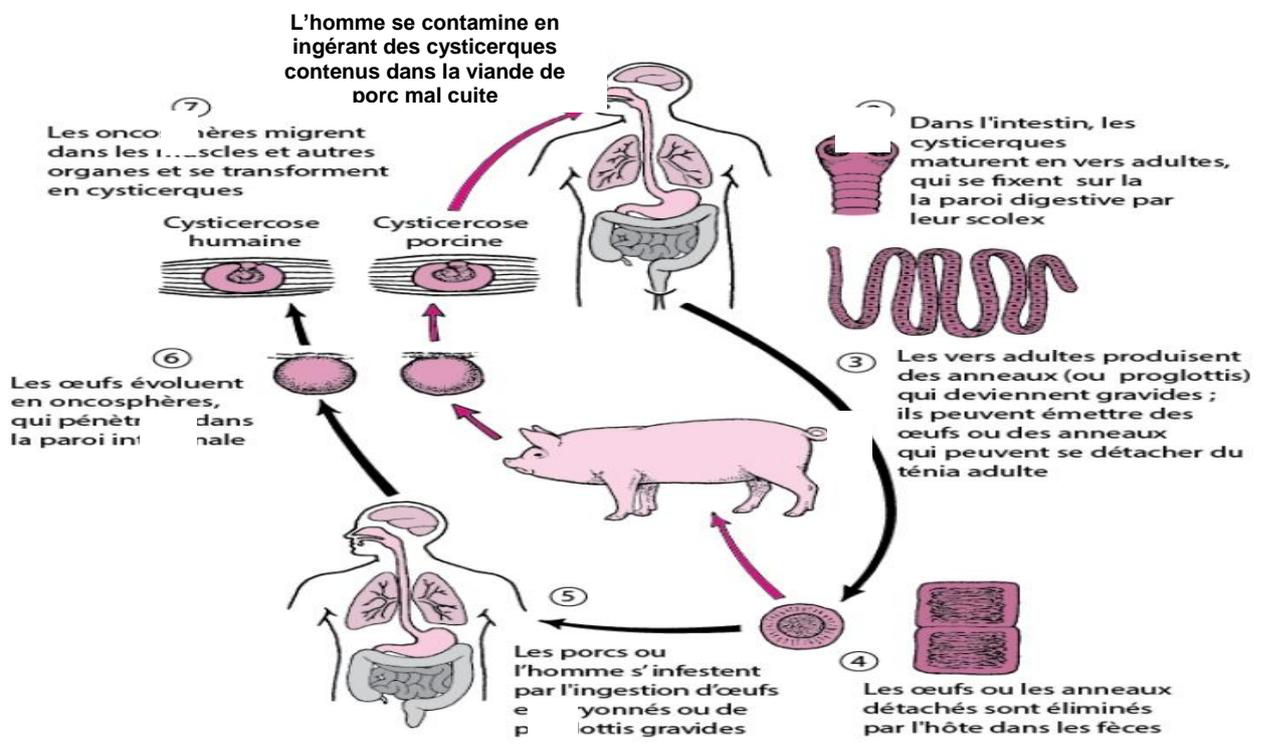
### I.8.3.4.2. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Tænia solium*

*Tænia solium* mesure de 2 à 4 m de long (parfois jusqu'à 8 m), comprenant 800 à 1000 proglottis. Le scolex est globuleux, légèrement quadrangulaire, présente un rostre court et une double couronne de crochets. Les premiers anneaux sont plus larges que longs puis la largeur diminue et les derniers anneaux sont encore deux fois plus longs que larges (Gaudiot, 2000).

L'œuf présente une double coque: une coque externe fine et lisse, une coque interne épaisse et striée radialement. On peut observer un embryon hexacanthé (6 crochets).

La maladie est asymptomatique. La présence de tœnia dans l'intestin donne des troubles variés, le plus souvent minimes. Ces troubles sont non spécifiques: troubles de l'appétit (boulimie ou anorexie), douleurs abdominales, nausées, troubles du transit (diarrhée, constipation), cysticerose (Aubry et Gaüzère, 2019).

Le cycle de développement (Figure 9) est un cycle hétéroxène à deux hôtes: un hôte intermédiaire (porc) et un hôte définitif (homme). Les vers adultes hermaphrodites vivent fixés à la muqueuse intestinale de l'homme grâce à leur scolex. Les œufs sont éliminés avec des portions entières d'anneaux ou mélangés à la matière fécale (Montresor *et al.*, 2004). Les œufs ou les embryophores sont disséminés sur le sol et transportés par la pluie, le vent ou le déplacement des animaux. L'hôte intermédiaire se contamine en ingérant les végétaux souillés. Après éclosion dans le tube digestif, les larves hexacanthés libérées traversent la muqueuse, passent dans la circulation générale et gagnent les muscles où elles s'enkystent (forment les cysticerques). Les larves peuvent aussi s'enkyster au niveau des yeux, de la langue et du système nerveux. L'homme s'infeste en mangeant de la viande de porc crue ou mal cuite contenant des cysticerques; arrivées dans l'intestin, les larves se dévaginrent (forment le protoscolex) et se fixent à la muqueuse. Elles deviennent adultes au bout de 3 à 4 mois (Le Bailly, 2005).



**Figure 9:** Cycle de développement de *Tœnia solium* (ANOFEL, 2014).

### I.8.3.4.3. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Taenia saginata*

Encore appelé ténia inerme ou ténia du bœuf, cette espèce est à l'état adulte le plus fréquent des vers solitaires de l'homme. Les cucurbitains détachés du strobile émigrent par des mouvements propres, forcent le sphincter anal, entrent dans les selles et sont expulsés à l'extérieure où ils se désorganisent. L'œuf a la même apparence que celui de *Taenia solium* (Gaudiot, 2000).

La maladie est bénigne, le plus souvent asymptomatique. Elle se caractérise par des douleurs abdominales, nausées, de la diarrhée ou de la constipation peuvent survenir lorsque le ténia atteint sa maturité dans l'intestin, 8 semaines environ après l'ingestion de viande contenant des cysticerques (Aubry et Gaüzère, 2019).

C'est un cycle indirect, ayant pour hôte définitif l'homme, et pour hôte intermédiaire un bovidé. L'œuf ingéré par les bovins, libère l'embryon dans le tube digestif, l'embryon traverse la paroi du tube digestif grâce à ses crochets et aux enzymes qu'il secrète; il migre par voie sanguine ou lymphatique et va se localiser au niveau du tissu musculaire sous forme de cysticerque (Figure 10). L'homme se contamine en ingérant de la viande de bœuf insuffisamment cuite (Montresor *et al.*, 2019). Dans le tube digestif de l'homme, le cysticerque vivant, sous l'influence des sucs digestifs, laisse le protoscolex se dévagner, des segments sont immédiatement élaborés au niveau du cou. Le ver sera adulte en deux mois environ (émission des premiers segments dans les selles), sa survie est inférieure à 15 ans (Le Bailly, 2005).

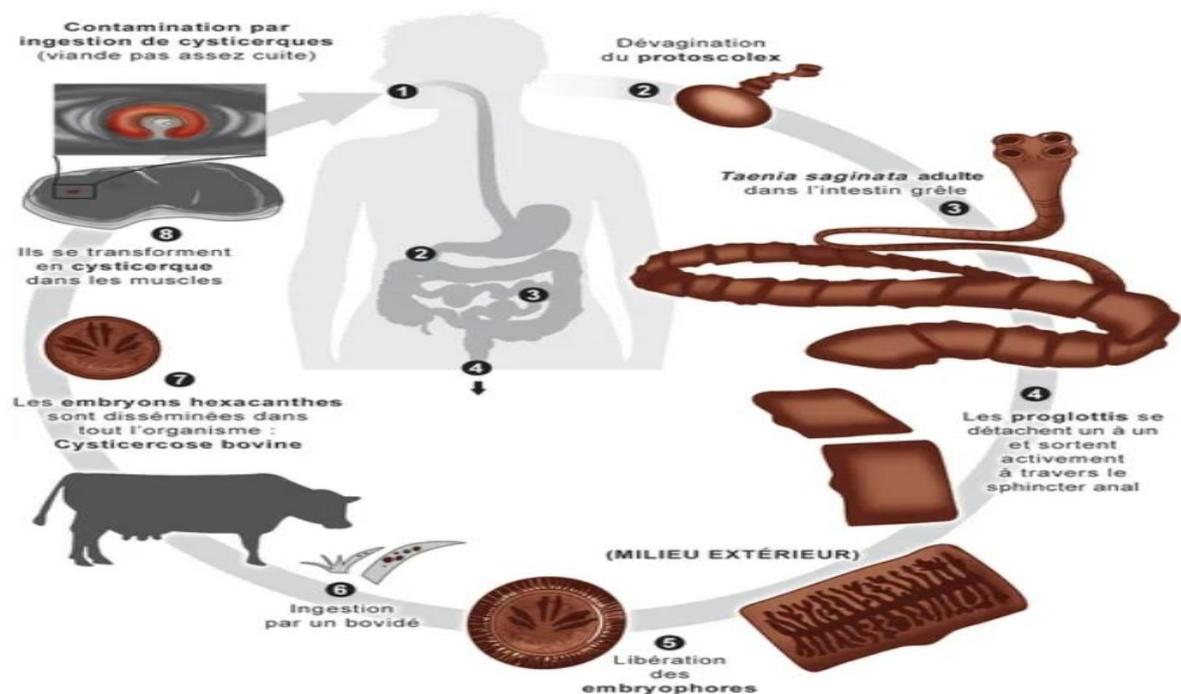


Figure 10: Cycle de développement de *Taenia saginata* (ANOFEL, 2014).

#### I.8.3.4.4. Comparaison entre *Hymenolepis nana* et *Diphyllobothrium latum*

Le tableau V présente la comparaison entre *Hymenolepis nana* et *Diphyllobothrium latum*

**Tableau V:** Comparaison entre *Hymenolepis nana* et *Diphyllobothrium latum* (Gentilini *et al.*, 1977)

Espèces	Hôte intermédiaire	Hôte définitif	Elimination dans les selles	Forme des anneaux mûrs.	Longueur totale	Morphologie des œufs
<i>Hymenolepis nana</i>	Insecte	Homme, rongeurs	Absence d'anneaux, présence des œufs	Rectangulaire à bouts arrondis aplatis	Plus petit <i>Tænia</i>	Contenu: Embryophore avec deux bouchons polaires et quelques filaments partant des bouchons  Caractéristiques: Larve hexacanthé avec crochets bien visibles
<i>Diphyllobothrium latum</i>	Petits crustacés, poissons d'eau douce	Homme, Mammifères des piscivores	Présence d'anneaux, présence des œufs	Présence d'une tache noire lobée au centre de chaque anneau	Grand <i>Tænia</i>	Contenu: Jamais embryonné, masse foncée  Caractéristiques: Opercule bien visible, parfois petite protubérance au pôle opposé

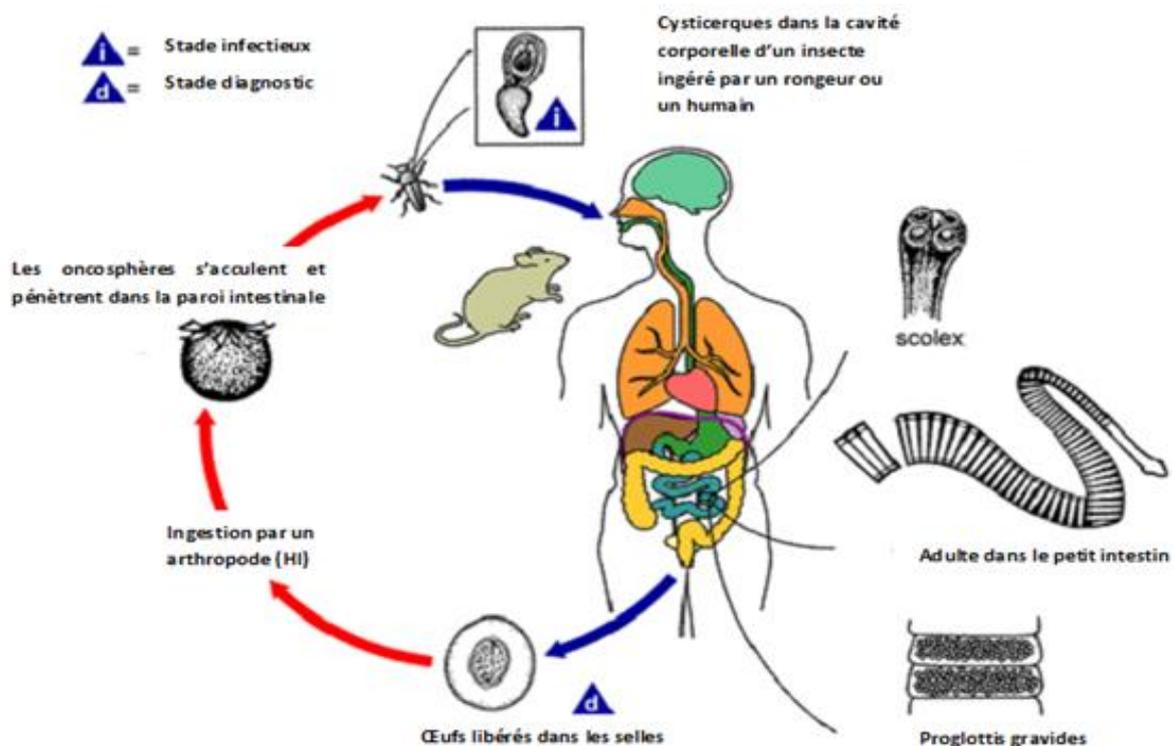
#### I.8.3.4.5. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement d'*Hymenolepis nana*

Ce ver est long en moyenne de 50 à 60 millimètres. Le scolex est muni de ventouses et son rostre porte une simple couronne de 22 à 27 crochets (Gentilini *et al.*, 1977). L'œuf de forme légèrement ovalaire mesure 30 à 40 µm et pouvant aller jusqu'à 50 µm. De couleur claire, cet œuf est transparent et on distingue très nettement d'une part la coque externe limitée par une mince et lisse enveloppe hyaline et, d'autre part, la partie interne contenant l'embryon hexacanthé et limitée par une enveloppe munie de deux mamelons disposés aux pôles opposés de la partie interne de l'œuf. Ces mamelons sont reliés par quatre ou cinq filaments souples qui serpentent dans la coque externe (Smyth, 1994).

Chez l'adulte, la maladie est généralement asymptomatique. En cas de manifestations cliniques, elles sont alors identiques à celles des grands ténias. Chez l'enfant, la parasitose, sans

donner de symptômes bien nets, est souvent responsable d'un retard staturo-pondéral qui peut être important (Gentilini *et al.*, 1977).

La transmission se fait par les mains sales, les aliments ou eaux de boisson souillées. Elle se fait rarement par un invertébré tel que la puce, le ver de farine, la fourmi. Il existe un développement direct, qui semble le plus répandu: le cysticercoïde ingéré par l'homme lors de la consommation d'un aliment souillé se retrouve dans la première partie ou dans la portion moyenne de l'intestin grêle; il s'évagine et tombe dans la lumière intestinale. Il s'arrête dans la dernière portion et devient adulte (Smyth, 1994). Il peut aussi y avoir un développement indirect, le cysticercoïde se trouve alors chez divers insectes comme: *Tenebrio molitor* et *Tenebrio obscurus* dont les larves sont les vers de farine. L'homme s'infecte en consommant une pâtisserie mal cuite contenant le ver contaminé. La figure 11 suivante illustre le cycle de vie d'*Hymenolepis nana*.



**Figure 11:** Cycle de développement d'*Hymenolepis nana* (ANOFEL, 2014).

#### **I.8.3.4.6. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Diphyllobothrium latum***

C'est un ver long de 2 à 8 m voire jusqu'à 20 mètres, qui vit dans l'intestin. La tête ou scolex, minuscule, oblongue, est munie de deux organes de fixation en fentes longitudinales, les bothridies; elle est suivie, après l'étroite zone germinative, d'une très longue chaîne rubanée (10 à

12 m) de segments successifs plus larges que longs: les anneaux ou proglottis hermaphrodites. Les œufs sont bruns, ovoïdes, longs de 60 à 70 µm et larges de 40 à 45 µm (Smyth, 1994).

L'infection est généralement asymptomatique et peu grave, mais des troubles digestifs (diarrhée) ou non spécifiques (perte de poids) peuvent apparaître. Des segments du parasite sont parfois visibles dans les excréments.

Fixé à la muqueuse par son scolex, il vit dans la lumière de l'intestin grêle où les anneaux mûrs, sans se détacher, pondent, au fur et à mesure de leur maturation, des œufs à clapet, qui s'éliminent avec les selles (Gentilini *et al.*, 1977). Le cycle est à 2 hôtes intermédiaires aquatiques: un crustacé copépoïde (*Cyclops* spp. ou *Diatomus* spp.) qui avale la larve ciliée sortie de l'œuf (coracidium) puis héberge la larve procercoïde qui en dérive; un poisson qui avale cette larve avec le crustacé infecté et héberge dans ses muscles la larve plérocercœide (Gentilini *et al.*, 1977). Accumulées « en attente » dans les tissus, les larves plérocercœides ont la propriété, lorsque l'hôte qui les héberge est la proie d'un poisson carnassier, de s'installer dans les tissus du nouvel hôte ; aussi les plus gros carnassiers (brochets, perches) sont-ils fortement infestés et leur chair d'autant plus dangereuse. 5 à 10 % des filets de perche du lac Léman sont porteurs de larves plérocercœides (Smyth, 1994). Le cycle est bouclé quand l'homme (ou un autre hôte définitif possible: chien, chat, renard, loup, phoque, ours...) ingère ces larves avec la chair crue ou mal cuite d'un poisson infecté. (Figure 12).

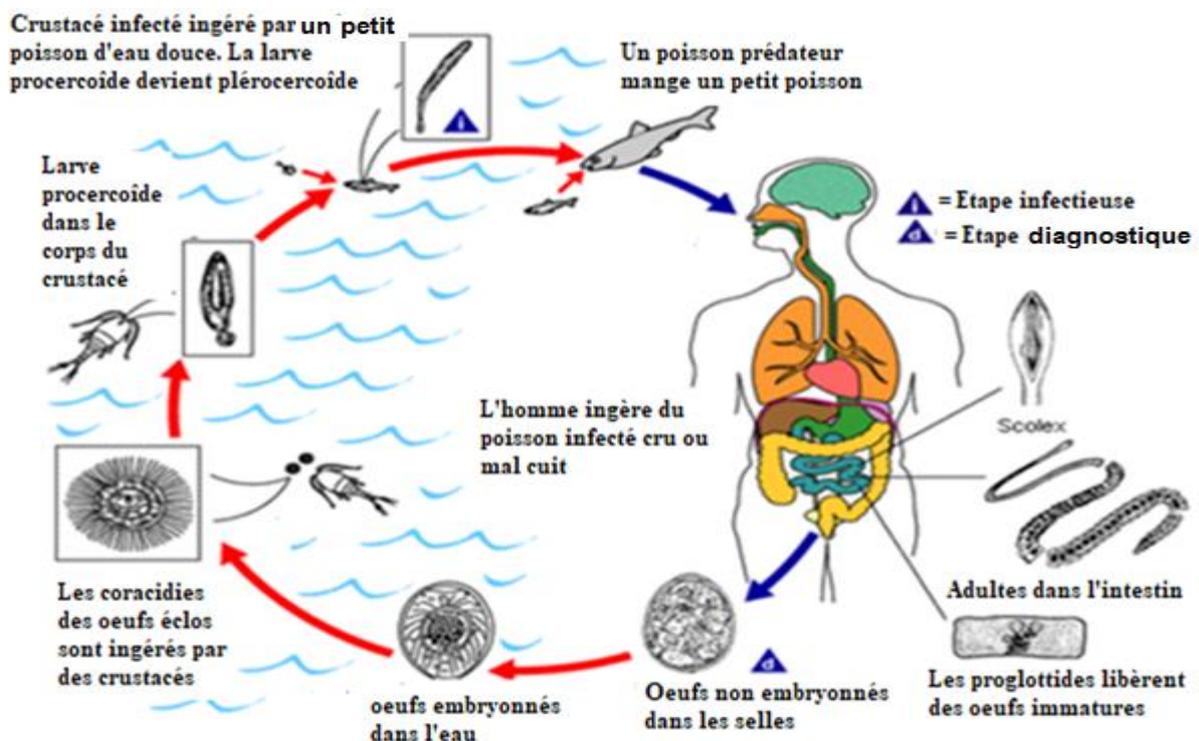


Figure 12: Cycle de développement *Diphyllobothrium latum* (CDC, 2007).

### I.8.3.5. Trématodes

Les trématodes sont les vers plats à corps non segmenté, possédant des ventouses (Montresor *et al.*, 2004). Le tableau VI présente les caractéristiques des trématodes.

#### I.7.3.5.1. Principales caractéristiques de *Fasciola hepatica*

**Tableau VI:** Caractéristiques des œufs des trématodes parasites (Montresor *et al.*, 2004)

Parasites	Forme de l'œuf	Hôte intermédiaire	Hôte définitif	Nombre d'œufs pondus par jour
<i>Fasciola hepatica</i>	Ovoïde	Mollusque d'eau douce	Homme, bovin, ovin	Inconnu

#### I.8.3.5.2. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Fasciola hepatica*

Ce ver est foliacé, long de 2 à 3 cm et large de 1 à 1,5 cm. Il est de couleur marron clair. Le tégument est armé d'épines, implantées obligatoirement, la pointe dirigée vers la partie antérieure du ver qui, avec les ventouses, constituent un mécanisme efficace pour le maintien du parasite dans le canal biliaire. Les œufs sont pondus par les formes adultes dans les canaux biliaires des hôtes définitifs. Les œufs sont ovoïdes, operculés, bruns jaunes et mesurent 130 à 150 µm de long et 70 à 90 µm de large. Ils sont immatures lors de la ponte (Ripert, 1998).

Le patient présente une jaunisse (ictère), une urticaire (éruption ressemblant à une piqûre d'orties), des douleurs et parfois un gonflement des articulations. Le cycle naturel de *Fasciola hepatica* fait intervenir différents hôtes vertébrés et invertébrés. La douve adulte vit dans les canaux biliaires des bovins et des ovins (Ripert, 1998). Elle pond des œufs non embryonnés qui sont éliminés avec les matières fécales. Ces œufs évoluent jusqu'à la formation d'un embryon cilié ou miracidium en présence d'eau douce et à une température de plus de 10 °C. Après éclosion, le Miracidium pénètre dans un mollusque: la limnée. Chez cet hôte intermédiaire, le cycle se poursuit pour aboutir à la formation de cercaire ((Montresor *et al.*, 2004). Celle-ci sort activement de la limnée et se fixe sur une plante immergée, prenant le nom de métacercaire. Les herbivores se contaminent en consommant ces végétaux. Trois mois après l'ingestion de la métacercaire, l'adulte pond ses œufs qui gagnent l'intestin par voie biliaire. La contamination humaine se fait par consommation de cresson sauvage, mâche, pissenlit, salade, menthe sauvage cueillie en zone d'élevage (Figure 13).

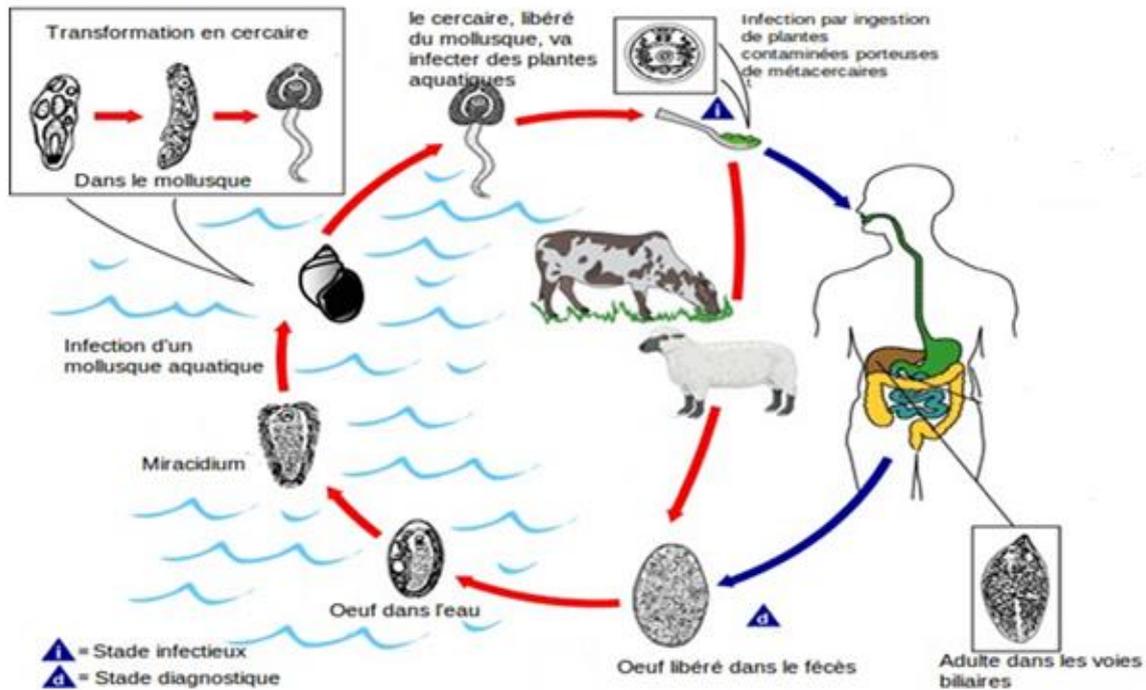


Figure 13: Cycle de développement de *Fasciola hepatica* (ANOFEL, 2014).

### I.8.3.5.3. Principales caractéristiques des schistosomes infestant l'homme

Le tableau VII présente les principales caractéristiques des Schistosomes

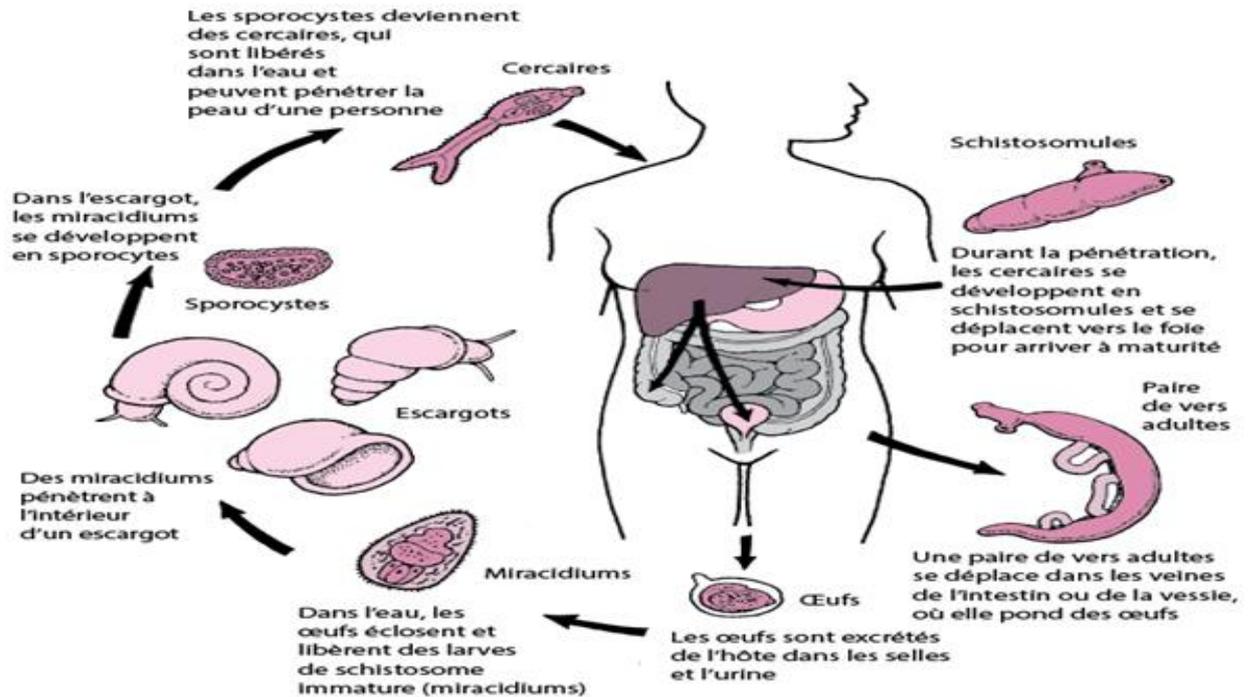
Tableau VII: Principales caractéristiques des Schistosomes (ANOFEL, 2014)

Espèces	Hôtes intermédiaires	Hôtes définitifs	Localisation des parasites	Nombre d'œufs pondus par jour	Voie d'élimination des œufs	Forme des œufs
<i>Schistosoma haematobium</i>	<i>Bulinus africanus</i>	Homme	Plexus veineux urogénital	20 à 200	Vessie	Ovale à éperon terminal
<i>Schistosoma mansoni</i>	<i>Biomphalaria glabrata</i>	Homme, Primate, Insecte, Rongeur	Veine mésentérique inférieure	100 à 300	Côlon	Ovale à éperon latéral
<i>Schistosoma intercalatum</i>	<i>Bulinus africanus</i>	Homme	Plexus veineux pérectal	Inconnu	Rectum	Ovale à éperon terminal
<i>Schistosoma japonicum</i>	<i>Oncomelania hupensis</i>	Homme, Chien, Chat, Cheval, Bovin, Rongeur	Veine mésentérique supérieure	500 à 3500	Intestin grêle	Ovale à éperon latéral peu visible
<i>Schistosoma mekongui</i>	<i>Tricula aperta</i>	Homme, Chien	Veine mésentérique supérieure	Inconnu	Intestin grêle	Ovale à éperon terminal peu visible

#### **I.8.3.5.4. Morphologie, manifestation clinique et cycle de développement de *Schistosoma* spp.**

Les adultes ont une teinte blanchâtre pour le mâle et un peu plus foncée pour la femelle. Le mâle mesure 5 à 20 mm et la femelle 7 à 34 mm (Mayaka, 2001). Les œufs sont ovoïdes, clairs, allongés et mesurent 120-150 µm de long sur 60-70 µm de large avec un grand éperon latéral de 15 µm (*Schistosoma mansoni*). Selon l'OMS, la schistosomiase intestinale peut provoquer des douleurs abdominales, de la diarrhée et l'apparition de sang dans les selles. L'hépatomégalie est courante dans les cas avancés et s'associe fréquemment à une accumulation de liquide dans la cavité péritonéale et à une hypertension dans les vaisseaux sanguins de l'abdomen. Dans ce cas, il arrive d'observer aussi une splénomégalie (Aubry & Gauzère, 2019).

Les œufs pondus devront, pour poursuivre leur maturation traverser les capillaires et se retrouver dans la lumière intestinale où ils seront éliminés dans les selles. L'œuf, qui est embryonné à la ponte, peut survivre 7-10 jours dans le milieu extérieur, il va avoir besoin de bonnes conditions pour pouvoir éclore (eau douce, bonne oxygénation, T° 26-30 °C etc...). S'il éclot, il va libérer le miracidium (larve ciliée) qui va devoir trouver son hôte (mollusque = hôte intermédiaire) dans les 24h (Aubry & Gauzère, 2019). Si l'hôte intermédiaire est trouvé, il va y avoir pénétration au travers des téguments du mollusque (planorbe). Le parasite va alors se transformer en sporocyste (au niveau des téguments) puis, au niveau de l'hépatopancréas de l'hôte intermédiaire en sporocyste-fils et enfin en furcocercaire qui va sortir du mollusque par effraction (Figure 14). Elles vont alors partir à la recherche de l'hôte définitif (l'Homme) grâce aux sécrétions cutanées de l'homme par chimiotactisme et pénétrer par voie cutanée au niveau de celui-ci. Suite à cette pénétration, elles vont se transformer en schistosomules qui vont gagner le cœur droit par voie lymphatico-sanguine puis les poumons et enfin la circulation systémique pour arriver au foie où elles vont devenir adultes (Mayaka, 2001). Ce cycle dure environ 2 mois (il faut donc attendre au moins 2 mois avant de voir apparaître les premiers œufs).



**Figure 14:** Cycle de développement des Schistosomes (ANOFEL, 2014).

### I.8.3.6. Contamination, traitement et prophylaxie des helminthes intestinaux

#### I.8.3.6.1. Mode de contamination des helminthes intestinaux

Les helminthes intestinaux peuvent pénétrer dans l'organisme par deux principales voies: la voie buccale et la voie transcutanée. S'agissant de la transmission par voie buccale, la contamination se fait par ingestion d'œufs contenus dans les aliments souillés à la faveur d'une absence d'hygiène: cas d'œufs embryonnés d'*Ascaris* ou de Trichocéphale, de larves de *Tænia* (Feng & Xiao, 2011). La pénétration par voie transcutanée quant à elle se fait par effraction cutanée. Ce mode de contamination est le fait des larves strongyloïdes ou d'anguillules, d'ankylostomes et de schistosomes (Terer *et al.*, 2013).

#### I.8.3.6.2. Diagnostic

Le diagnostic des helminthiases peut être établi grâce:

- Aux techniques macroscopiques qui consistent à effectuer une recherche ou une découverte fortuite des vers adultes tels que *Tænia*, *Ascaris* dans les selles;
- Aux techniques microscopiques dont le but est de rechercher les œufs ou les larves dans les selles; de rechercher les œufs dans les urines; de rechercher les œufs dans les biopsies rectales; de rechercher les œufs dans le prélèvement péri-anal (Schaechter *et al.*, 1999).

### I.8.3.6.3. Traitement

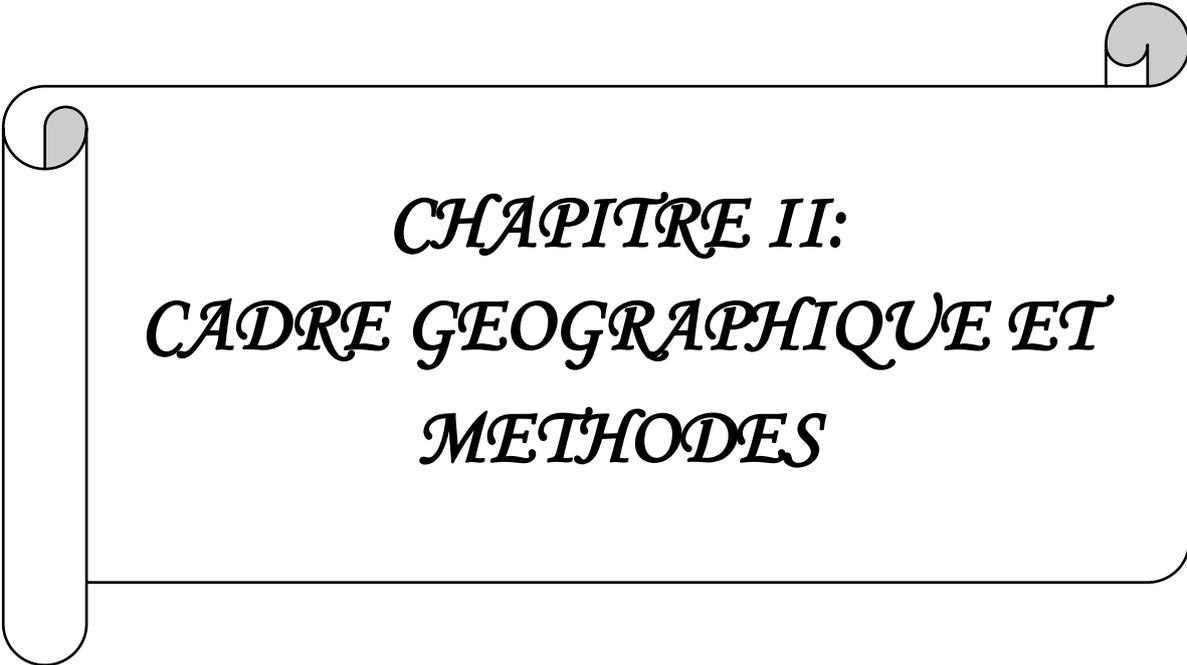
Le tableau VIII présente le traitement des maladies dues aux helminthes suivant les différentes tranches d'âge.

**Tableau VIII:** Traitement des maladies dues aux helminthes (Alexander *et al.*, 1993; OMS, 2004; Montresor *et al.*, 2005; Brenier-Pinchart, 2022 )

Tranches d'âge		Traitement	Dosage
Enfants d'âge préscolaire (1 à 5 ans)	12 à 23 mois	Albendazole	200 mg
	2 à 5 ans		400 mg
	1 an	Mébendazole	500 mg
	A partir de 1 an	Lévamisole	2,5 mg/kg
	A partir de 1 an	Pyrantel	10 mg/kg
	A partir de 4 ans	Praziquantel	40 mg/kg
Enfants d'âge scolaire (6 à 15 ans) et adultes (plus de 15 ans)	6 à 15 ans	Albendazole	400 mg
		Mébendazole	500 mg
		Lévamisole	2,5 mg/kg
		Pyrantel	10 mg/kg
	A partir de 15 ans	Praziquantel	80 mg/kg

### I.8.3.6.4. Prophylaxie

La prophylaxie est basée sur la rupture de la chaîne épidémiologique de transmission: homme parasité-milieu extérieur ou hôte intermédiaire-homme sain et sur la protection de l'homme sain. La Prophylaxie collective repose sur le dépistage et le traitement des sujets parasités, l'éducation sanitaire des populations, l'épuration des eaux de boisson, le contrôle sanitaire des aliments et de la viande de boucherie, l'aménagement de latrines et la réglementation de l'utilisation agricole de l'engrais humain, la protection des puits contre les eaux de ruissellement et les agents pathogènes (Alexander *et al.*, 1993). La Prophylaxie individuelle quant à elle est basée sur: le lavage des mains avant chaque repas et après les selles, la filtration ou l'ébullition de l'eau de boisson, le nettoyage soigneux des fruits et des légumes, l'utilisation correcte et généralisée des systèmes d'évacuation des excréta, le port des chaussures et la coupure des ongles le plus court possible surtout chez les enfants (OMS, 2004).



*CHAPITRE II:  
CADRE GEOGRAPHIQUE ET  
METHODES*

## **II.1. Cadre géographique**

### **II.2.2. Mesure des paramètres physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques se sont déroulées à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations de APHA (2005) et de Rodier *et al.* (2009).

#### **II.2.2.1. Température**

La température de l'eau a été mesurée *in situ* à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué au 1/10°C. Pour cela, le thermomètre est plongé dans l'eau au 2/3 pendant 2 à 3 minutes. La montée du mercure correspond à la valeur de la température en degré Celsius (°C).

#### **II.2.2.2. Conductivité électrique**

La conductivité électrique, exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a été mesurée à l'aide de l'électrode d'un multi-paramètre portatif de marque HANNA modèle HI 9839.

#### **II.2.2.3. pH**

Le potentiel d'hydrogène (pH) a été mesuré à l'aide du multi-paramètre portatif de marque HANNA modèle HI 9839. Les résultats sont exprimés en unité conventionnelle (UC) avec une précision de 1/10°.

#### **II.2.2.4. Solides Totaux Dissous (STD)**

Les Solides Totaux Dissous (STD en mg/L) ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un multi-paramètre portatif de marque HANNA modèle HI 9839. Pour ce faire, l'appareil de mesure préalablement calibré a été mis sous tension, la sonde a été ensuite plongée dans l'eau et le paramètre à mesurer a été sélectionné ce qui a permis d'obtenir la valeur de celui-ci sur l'écran d'affichage.

#### **II.2.2.5. Oxygène (O<sub>2</sub>) dissous**

La teneur en oxygène dissous, exprimée en pourcentage de saturation, a été mesurée à l'aide d'un multi-paramètre de marque HANNA modèle HI 9829

#### **II.2.2.6. Gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dissous**

La mesure de la teneur de l'eau en CO<sub>2</sub> dissous a été faite en deux temps. Sur le terrain, le CO<sub>2</sub> a été fixé en introduisant 20 mL de NaOH N/20, 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine dans une fiole jaugée de 200 mL et l'échantillon d'eau jusqu'au trait de jauge. Le mélange obtenu, de coloration rose, a été transvasé dans un flacon en polyéthylène de 250 mL à double bouchage.

Au laboratoire, 50 mL de cet échantillon ont été titrés avec du HCl N/10 jusqu'à la disparition complète de la couleur rose. Le témoin a été préparé et titré dans les mêmes conditions avec de l'eau distillée. La teneur en CO<sub>2</sub> exprimée en mg/L a ensuite été déterminée par la formule ci-après:

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/L)} = (\text{descente burette du témoin} - \text{descente burette de l'échantillon}) \times 17,6 \text{ (Rodier } et \text{ al., 2009)}.$$

#### **II.2.2.7. Matières En Suspension (MES)**

Les MES ont été mesurées au laboratoire par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR 3900 à la longueur d'onde  $\lambda = 810$  nm. Après calibrage de l'appareil, une cellule spectrophotométrique de 10 mL contenant l'échantillon a été introduite dans le spectrophotomètre et les teneurs de MES ont été exprimées en mg/L (Rodier *et al.*, 2009).

#### **II.2.2.8. Turbidité**

La turbidité a été mesurée au laboratoire par colorimétrie, au spectrophotomètre HACH DR 3900, à la longueur d'onde  $\lambda = 450$  nm. Après étalonnage et lecture de l'échantillon, les valeurs ont été exprimées en NTU (Rodier *et al.*, 2009).

#### **II.2.2.9. Couleur**

La couleur de l'eau a été mesurée par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR 3900 à la longueur d'onde  $\lambda = 455$  nm. Les valeurs ont été exprimées en unité Unité Platini-um-Cobalt. (Pt-Co) (Rodier *et al.*, 2009)

#### **II.2.2.10. Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Les mesures des teneurs des eaux en nitrates ont été faites au spectrophotomètre HACH DR 3900 à la longueur d'onde  $\lambda = 507$  nm sur 10 mL d'échantillon, le réactif étant le Nitra-ver V. Les résultats ont été exprimés en mg/L (Rodier *et al.*, 2009)

#### **II.2.2.11. Azote Ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

La concentration en azote ammoniacal (exprimée en mg/L) a été mesurée par la méthode de Nessler sur 10 mL d'échantillon d'eau brute en présence du sel de Rochelle et du réactif de Nessler, la lecture a ensuite été faite à la longueur d'onde  $\lambda = 425$  nm (Rodier *et al.*, 2009).

### II.2.2.12. Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La teneur en orthophosphates a été mesurée au spectrophotomètre HACH DR 3900 sur 10 mL d'échantillon avec comme réactif le Phosver III. Les résultats ont été exprimés en mg/L à la longueur d'onde  $\lambda = 530 \text{ nm}$  (Rodier *et al.*, 2009).

### II.2.2.13. Alcalinité

L'alcalinité a été déterminée par volumétrie en titrant 50 mL d'échantillon d'eau avec de l'acide sulfurique N/50, en présence du rouge vert de méthyl-bromocrésol comme indicateur coloré. La fin de la réaction s'est traduite par le virage de la solution du bleu au gris (Rodier *et al.*, 2009). Les résultats exprimés en mg/L ont été obtenus par la formule:

$$\text{Alcalinité (mg/L de HCO}_3^-) = (\text{descente de burette}) \times 20.$$

### II.2.2.14. Oxydabilité

L'oxydabilité a été mesurée par volumétrie. Dans un erlenmeyer de 500 mL ont été introduits 200 mL d'échantillon d'eau brute puis 2 mL de carbonate monosodique, l'ensemble a été porté à ébullition sur une plaque chauffante. Dès le début de l'ébullition, 20 mL de  $\text{KMnO}_4$  N/80 y ont été ajoutés. Dix minutes après, la solution contenue dans l'erlenmeyer est refroidie à l'eau puis, 5 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  25% et 20 mL de sel de Mohr y sont ajoutés successivement. L'échantillon décoloré est ensuite titré au permanganate de potassium N/80 jusqu'à obtention d'une coloration rose. L'échantillon témoin est préparé dans les mêmes conditions mais avec de l'eau distillée (Rodier *et al.*, 2009). Les résultats exprimés en mg/L s'obtiennent par la formule:

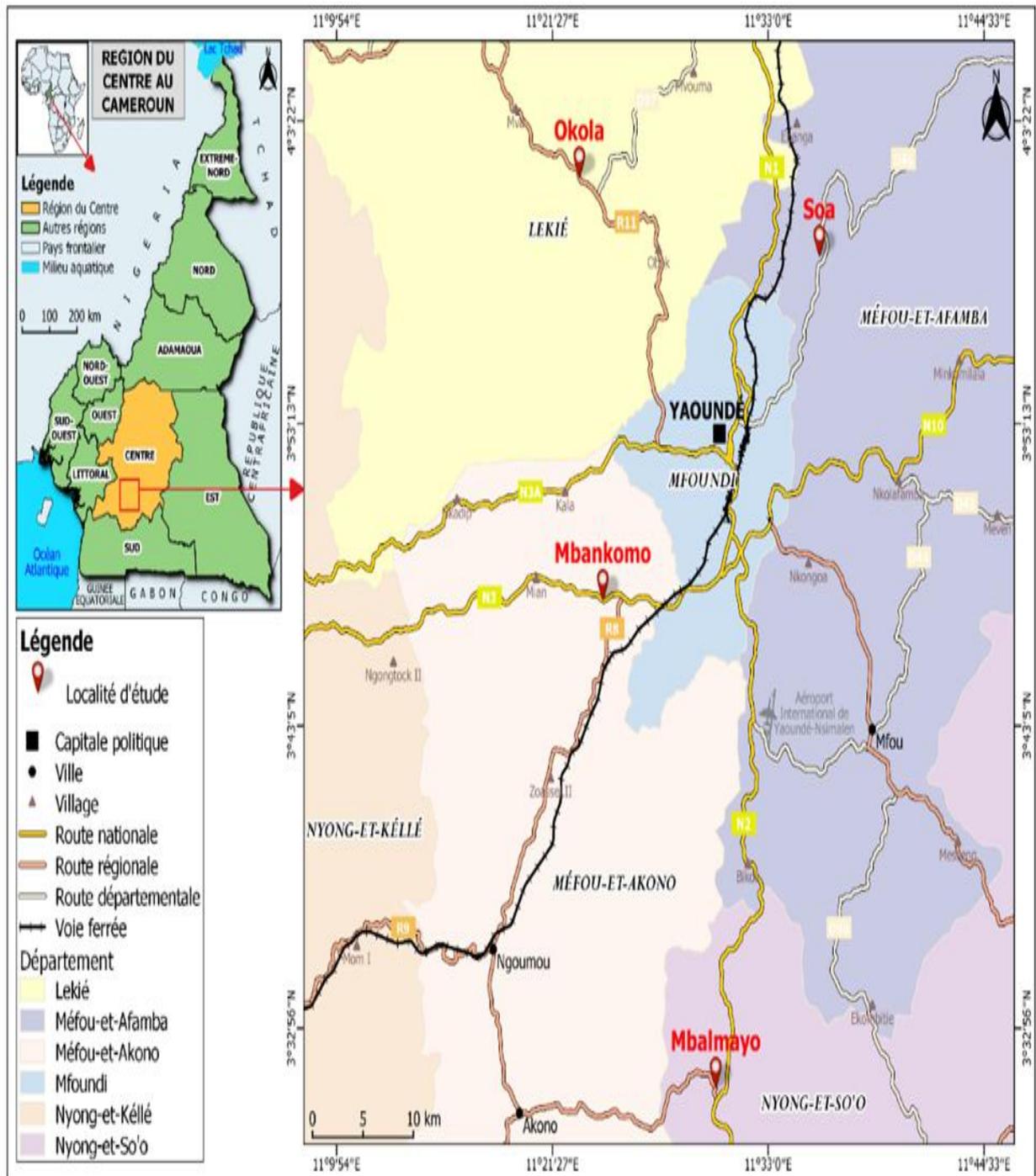
$$\text{Oxydabilité (mg/L de O}_2) = \frac{(q - q_0)}{2} \times 3,95;$$

Avec  $q$  = descente burette de l'échantillon,

$q_0$  = descente burette du témoin.

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

Cette étude s'est déroulée dans les villes de Mbalmayo, Mbankomo, Okola et Soa (Région du Centre) (Figure 15). La région du Centre est l'une des dix régions du Cameroun. Elle est à une altitude allant de 200 à 600 mètres et à une superficie de  $68953 \text{ km}^2$  (Oyono, 2015).



**Figure 15:** Localisation des villes d'étude (Institut National de Cartographie, 2013 modifiée).

### II.1.1.1. Situation géographique

Mbalmayo, chef-lieu du département du Nyong et So'o, est située à 48 km au Sud de la capitale Yaoundé, région du Centre Cameroun; avec pour coordonnées géographiques 3°31'00" de latitude Nord et 11°30'00" de longitude Est, sa superficie est d'environ 650 km<sup>2</sup> (Onguene Mala, 1993). La commune de Mbankomo quant à elle est située dans la région du Centre, dans le département de la Mefou et Akono, à 25 km au sud-ouest de Yaoundé, avec pour

coordonnées géographiques 3°47'31'' de latitude Nord et 11°24'13'' de longitude Est (Cercle des Promoteur du Développement Durable, 2011). L'arrondissement d'Okola est situé dans la région du Centre et dans le département de la Lékié, à 25 km de Yaoundé, sur la route Nkolbisson-Monatelé. Il a pour coordonnées géographiques 4° 01'00'' de latitude Nord et 11°23'00'' de longitude Est (Bureau Central de Recensement et d'Etude de la Population, 2005). Soa est située dans la région du Centre, le département de la Mefou et Afamba, à 14 km au Nord-Est de Yaoundé, avec pour coordonnées géographiques 3°58'41'' de latitude Nord et 11°35'35'' de longitude Est (PNDP, 2015).

### **II.1.1.2. Relief et sol**

La ville de Mbalmayo présente un relief constitué dans l'ensemble, de petites collines à pentes douces, légèrement inclinées vers la partie sud, chaque plateau étant entouré de fonds de vallées. Les sols quant à eux sont à prédominance ferrallitiques et hydromorphes (Onguene Mala, 1993). Ces sols ferrallitiques sont constitués sur des roches acides moyennement ou fortement dénaturés. Ils ont de bonnes propriétés physiques. Ce sont des sols profonds qui ont une bonne perméabilité. Les sols hydromorphes se rencontrent dans les zones marécageuses et aux abords de cours d'eau. Ils sont exploités pour les cultures maraîchères de contre saison (Ekodeck & Kamgaing, 2002).

La commune de Mbankomo présente un relief peu accidenté et varié (présence de plaines, de collines et de vallées) avec des pentes. Quant aux sols, le matériel parental est essentiellement composé de granites. Deux principaux types de sols se rencontrent dans cette localité, à savoir les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. D'une manière générale, les sols ferrallitiques sont caractérisés par une texture sablo-argileuse (Centre des Promoteurs du Développement Durable, 2011).

Okola présente un relief assez accidenté et varié par endroit (présence de plaines, de collines et de vallées). Le sol, quant à lui, est constitué d'un matériel parental essentiellement granitique. Deux principaux types de sols se rencontrent dans cette localité à savoir les sols ferrallitiques et les sols hydromorphes. D'une manière générale, les sols ferrallitiques sont caractérisés par une texture sablo-argileuse (Ministère de l'économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 2018).

Le relief de l'arrondissement de Soa est heurté avec ses multiples vallées très encaissées et propices à la pisciculture. On a également des zones de forte pente et des collines. Les sols identifiés dans cette localité sont ferrallitiques. La qualité du sol et la présence des rochers offrent des possibilités de création des carrières (PNDP, 2015).

### **II.1.1.3. Hydrographie**

Le réseau hydrographique de la région de Mbalmayo est constitué de plusieurs cours d'eau dont le principal, qui traverse la ville de Mbalmayo en direction Nord-Ouest, est le fleuve Nyong et le fleuve So'o (Association pour le Développement des Communautés Locales, 1997).

Le réseau hydrographique de Mbankomo est dense et essentiellement constitué de petites rivières à régime permanent ou saisonnier dont les plus connues sont la rivière Mefou et la rivière Akono (CPDD, 2011).

L'hydrographie d'Okola est très importante. La commune est fortement arrosée par de nombreux cours d'eau à l'instar des rivières Lékié, Ngobo, Ya'a et Yegue. Ces cours d'eau sont très poissonneux et particulièrement riches en Clariidae (*Clarias gariepinus*) et Cyprinidae en période de remontée des eaux. Les crues sont observées vers les mois d'octobre et de novembre alors que l'étiage va de janvier à février. Outre le poisson qu'on y trouve en abondance, on y exploite également du sable de façon intermittente. Il faut préciser que ce sable est très apprécié dans les constructions. Dans la commune d'Okola, ce sable fait l'objet d'une exploitation artisanale (BUCREP, 2005).

Le réseau hydrographique de Soa s'organise autour de la rivière Afamba et ses principaux affluents que sont le Mbende et la Foulou. Plusieurs rivières arrosent cette commune; elles collectent les eaux de ruisseaux et les drainent vers la Sanaga au Nord (PNDP, 2015).

## **II.1.2. Choix et description des stations d'échantillonnage**

### **II.1.2.1. Choix des stations d'échantillonnage**

Dans le but d'apporter d'amples informations sur la qualité des eaux fréquemment consommées par les populations des différentes localités d'étude, 32 stations d'échantillonnage ont été retenues, soit 16 puits et 16 sources à raison de 04 puits et 04 sources par localité d'étude. Ces points d'eau ont été choisis en fonction des critères tels que: le grand intérêt des populations, l'accessibilité et le niveau piézométrique.

### **II.1.2.2. Description des stations d'échantillonnage**

#### **II.1.2.2.1. Localité de Mbalmayo**

Les sources sont nommées MS1, MS2, MS3 et MS4; les puits quant à eux sont nommés MP1, MP2, MP3 et MP4. La figure 16 ci-dessous illustre la position de ces points d'eau dans la ville de Mbalmayo. Ils sont tous localisés dans des zones marécageuses aux conditions

d'hygiène précaires. Les activités menées dans cette localité sont: l'agriculture, l'élevage des chèvres et des porcs, et la production du tapioca entre autres.

La source MS1 (Mbalmayo Source 1) est située au quartier Ngalan à l'entrée de la ville de Mbalmayo, à quelques mètres des étangs piscicoles. Partiellement aménagée par une dalle en béton, l'eau s'écoule par un tuyau en Poly-Chlorure de Vinyle (PVC) d'environ 15 cm. Pendant les périodes pluvieuses, les eaux stagnantes rentrent en contact direct avec le tuyau. Les populations environnantes utilisent principalement cette eau pour la boisson et se ravitaillent dès les premières heures de la matinée compte tenu de l'affluence (Figure 17 A). La source MS2 (Mbalmayo Source 2), partiellement aménagée, est munie d'une margelle (Figure 17 B). Elle est non entretenue et située à Mbockulu derrière l'école publique. Chaque usager y trempe directement son récipient pour se ravitailler. Les eaux qui stagnent tout autour communiquent avec celles de la source. Cette eau est utilisée pour la boisson et pour les activités domestiques aussi bien par les populations de ce quartier que par les élèves de l'école publique de Mbockulu. La source MS3, située derrière l'hôpital dit des chinois, est non aménagée et son eau s'écoule au pied de la clôture d'une maison d'habitation. Chaque usager se sert de son récipient pour se ravitailler. Cette source est souvent inondée en saison de pluies (Figure 17 C). La source MS4, non aménagée et non entretenue, est située derrière l'hôtel Natiwa. Elle est positionnée à 3 m, en aval des latrines traditionnelles (Figure 17 D). Les populations environnantes s'y ravitaillent pour couvrir leurs besoins journaliers en eau. Le puits MP1, situé au quartier New town, est non entretenue et dans un état défectueux. Il reçoit des effluents domestiques qui y stagnent. Il est positionné au pied du mur d'une maison d'habitation et possède une demi-margelle de 0,4 m de hauteur sans couvercle. Il ravitaille plusieurs ménages (Figure 17 E). Le puits MP2 se trouve dans une concession au pied d'un mur, au quartier Nkong-Si; il est aménagé et entretenu. Ce puits possède une margelle de 1 m de hauteur avec couvercle (Figure 17 F). Le puits MP3 possède une margelle de 0,8 m de hauteur sans couvercle (Figure 17 G). Il est situé à 4 m en aval des toilettes à fond perdu, dans un bas fond inondable, et sert de point de ravitaillement à une quinzaine de maisons. Le puits MP4, partiellement aménagé, est non entretenu. Il possède une margelle en tôle de 0,4 m de hauteur sans couvercle (Figure 17 H). Il ravitaille de nombreux ménages dont l'activité principale est la production du tapioca. Le tableau IX illustre les coordonnées géographiques et les caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbalmayo.

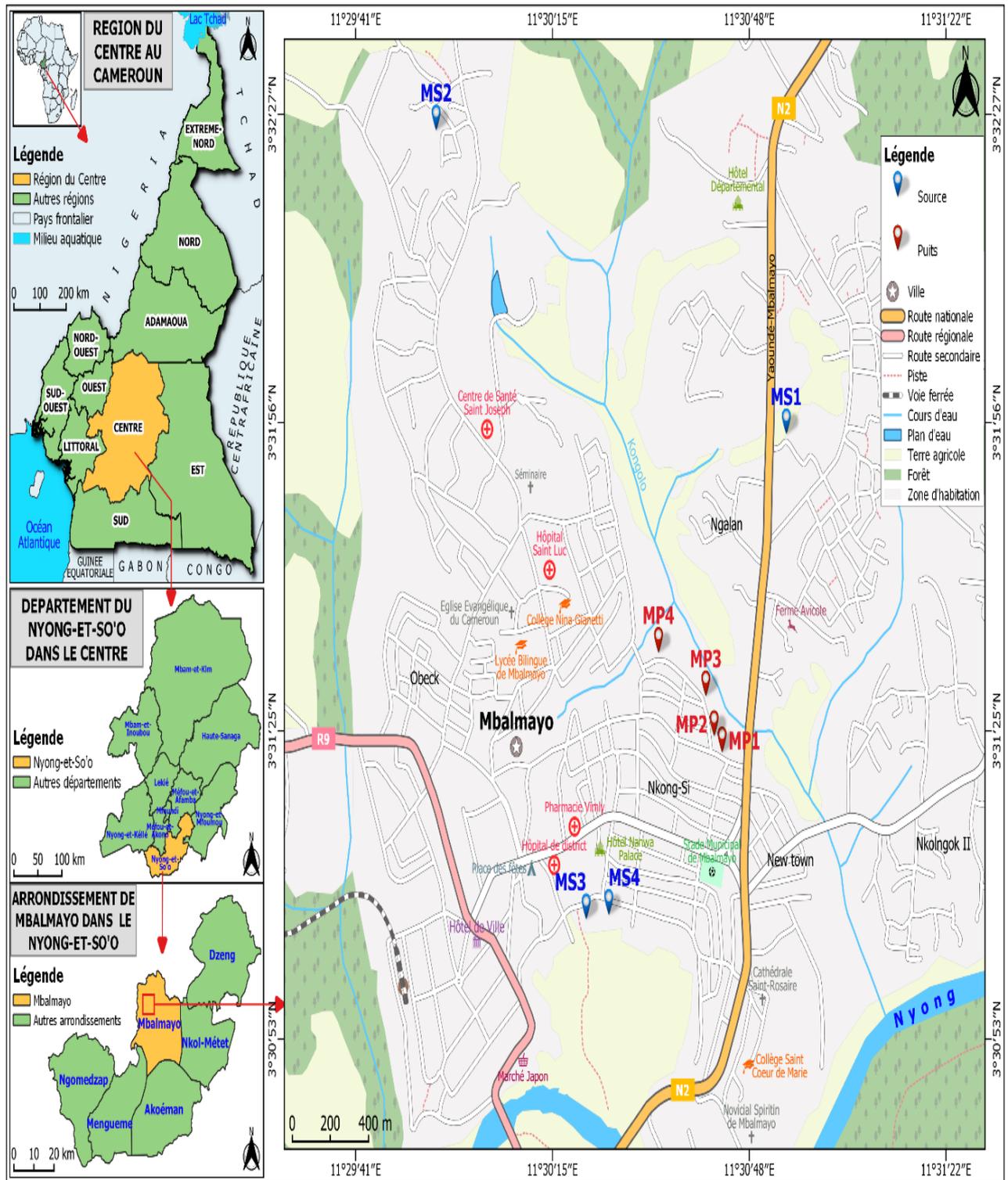


Figure 16: Carte de la ville de Mbalmayo présentant les points d'échantillonnage (Institut National de Cartographie, 2013 modifiée)



**Figure 17:** Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Mbalmayo: A (MS1 à Ngalan); B (MS2 à Mbockulu); C (MS3 à Obeck); D (MS4 à Obeck); E (MP1 à New town); F (MP2 à Nkong-Si); G (MP3 Ngalan) et H (MP4 à Ngalan).

**Tableau IX:** Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbalmayo

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
Mbalmayo Puits 1 (MP1)	New town	03°31'22.98''N 011°30'43.12''E	646	Non protégé	Habitations spontanées, effluents domestiques
Mbalmayo Source 1 (MS1)	Ngalan	03°31'54.77''N 011°30'54.54''E	644	Non aménagée	Déchets domestiques; eaux résiduaires
Mbalmayo Puits 2 (MP2)	Nkong-Si	03°31'23.77''N 011°30'40.84''E	660	Aménagé (couvrete + margelle)	eaux domestiques
Mbalmayo Source 2 (MS2)	Mbockulu	03°32'25.65''N 011°29'54.95''E	650	Non aménagée	Effluents domestiques
Mbalmayo Puits 3 (MP3)	Ngalan	03°31'28.13''N 011°30'40.84''E	647	Sommairement aménagé	Effluents des latrines + déjections animales
Mbalmayo Source 3 (MS3)	Obeck	03°31'5.45''N 11°30'24.33''E	645	Non aménagée	Effluents domestiques
Mbalmayo Puits 4 (MP4)	Ngalan	03°31'32.54''N 011°30'54.54''E	648	Non aménagé	Déjections animales
Mbalmayo Source 4 (MS4)	Obeck	03°31'5.92''N 01°30'24.33''E	649	Non aménagée	Effluents domestiques

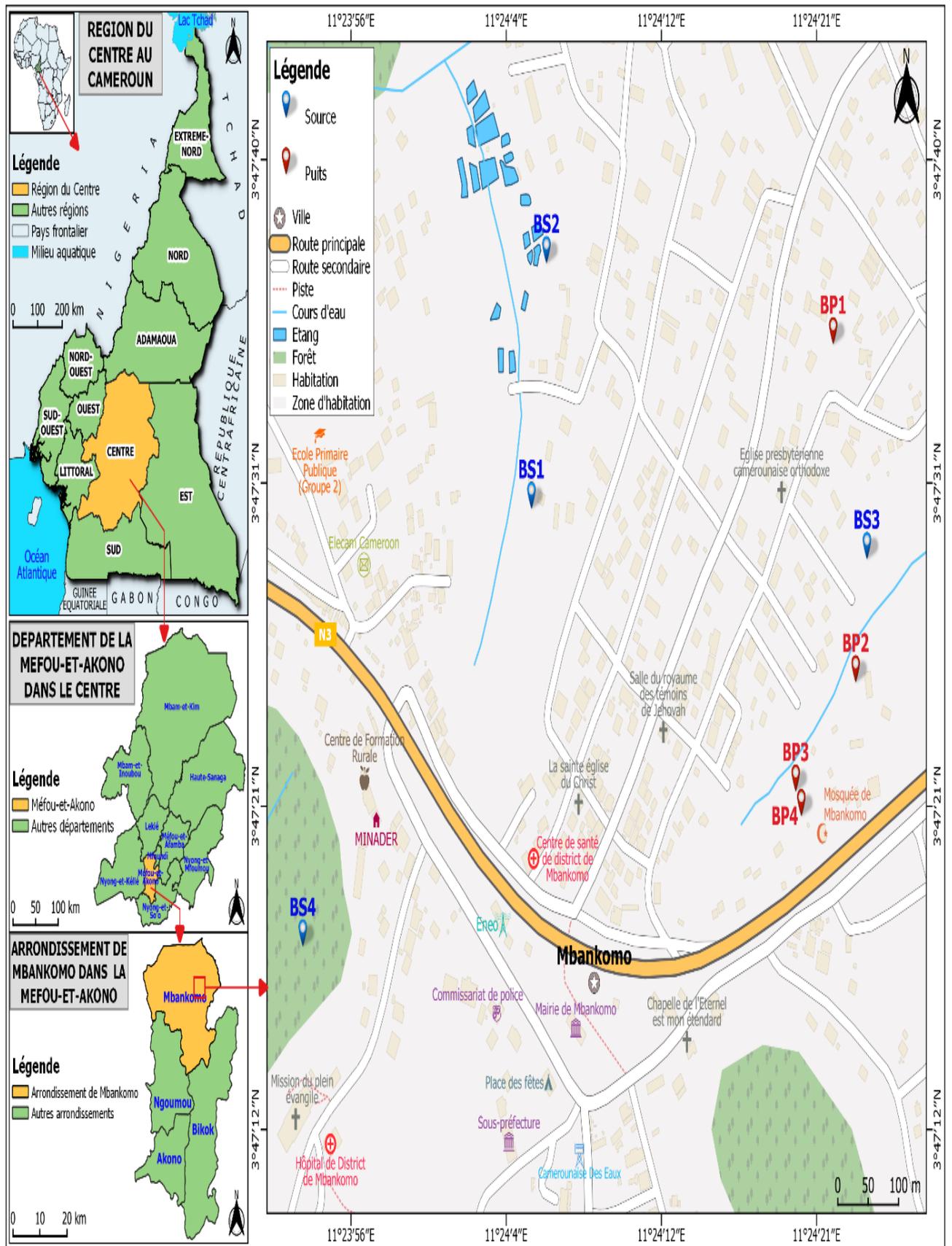
#### **II.1.2.2.2. Localité de Mbankomo**

Les sources sont nommées BS1, BS2, BS3 et BS4 et les puits BP1, BP2, BP3 et BP4. La figure 18 illustre la position précise de ces points d'eau qui sont en majorité localisés dans les bas-fonds marécageux. L'agriculture est la principale activité menée par les populations de Mbankomo.

La source BS1 (Figure 19 A) est non entretenue et située au quartier Abang. L'eau jaillit du flanc d'une pierre et les populations environnantes l'utilisent comme eau de boisson. La flaque d'eau formée par l'eau qui s'écoule est également utilisée pour divers usages domestiques. La source BS2, non aménagée et non entretenue, est située en aval de plusieurs maisons d'habitation. Elle est souvent inondée (Figure 19 B). La source BS3 est partiellement aménagée au pied de la fondation d'une maison en construction mais reste non entretenue (Figure 19 C). Elle reçoit des effluents domestiques. Chaque usager se sert de son récipient pour s'approvisionner en eau. La source BS4, située en aval des cultures, est non aménagée. Son eau s'écoule d'un tuyau en PVC non scellé au niveau de la source et suspendu à environ 20 cm du sol (Figure 19 D). Son eau est utilisée principalement pour la boisson.

Le puits BP1 est aménagé mais non entretenu; il est situé à 1 m d'une maison d'habitation et possède une margelle de 0,2 m sans couvercle (Figure 19 E). Il est en permanence en contact direct avec un effluent domestique. Le puits BP2, dépourvu de couvercle, possède une margelle de 0,2 m de hauteur (Figure 19 F). Il est non entretenu et ravitaille une dizaine de maisons. Le puits BP3, aménagé et entretenu, et situé dans une concession de huit maisons, il ravitaille également les populations environnantes. Il possède une margelle de 1 m de hauteur et muni d'un couvercle (Figure 19 G). Le puits BP4 est aménagé mais non entretenu. Il possède une margelle de 1,1 m de hauteur et dépourvu de couvercle (Figure 19 H).

Le tableau X présente les coordonnées géographiques et les caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbankomo.



**Figure 18:** Carte de la ville Mbankomo présentant les points d'échantillonnage (Institut National de Cartographie, 2013 modifiée).



**Figure 19:** Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Mbankomo: A (BS1 à Abang); B (BS2 à Abang); C (BS3 à Angala); D (BS4 à Angala); E (BP1 à Badoumou); F (BP2 à Badoumou); G (BP3 à Bibong) et H (BP4 à Bibong).

**Tableau X:** Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Mbankomo

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
Mbankomo puits 1 (BP1)	Abang	03°47'34.6''N 011°24'21.4''E	757	Non protégé	Effluents domestiques
Mbankomo Source 2 (BS1)	Abang	03°47'29.93''N 011°24'05.3''E	728	Non aménagée	Eaux résiduaires
Mbankomo puits 2 (BP2)	Angala	03°47'25.0''N 011°24'22.6''E	718	Non protégé	Eau domestique + zone marécageuse
Mbankomo Source 2 (BS2)	Angala	03°47'36.9''N 011°24'06.1''E	724	Non aménagée	Eaux résiduaires + inondation
Mbankomo puits 3 (BP3)	Badoumou	03°47'21.9''N 011°24'19.4''E	742	Aménagé (couvrete + margelle)	Eau domestique

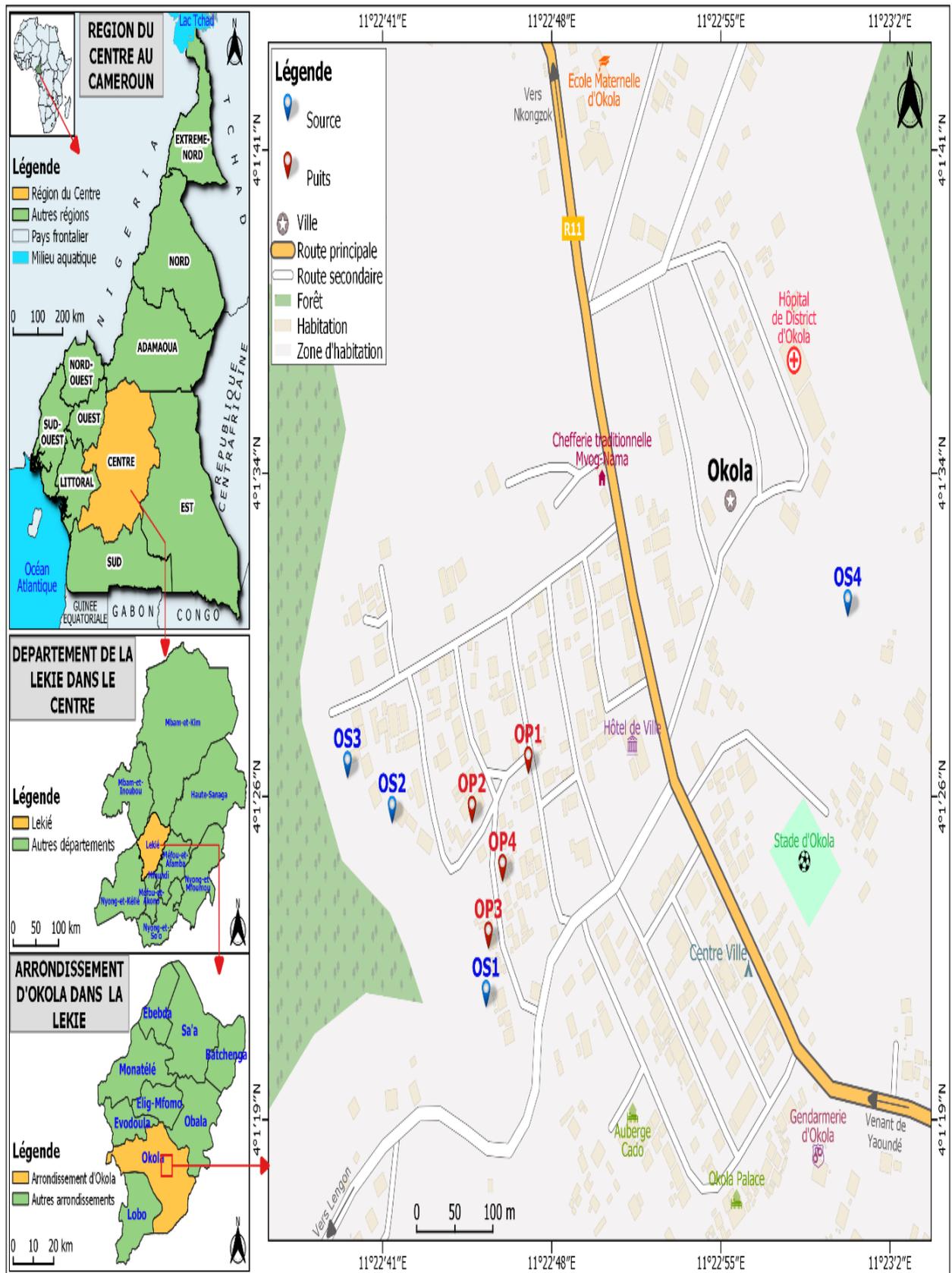
**Tableau X:** (Suite et fin)

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
<b>Mbankomo source 3 (BS3)</b>	Badoumou	03°47'28.5''N 011°24'23.2''E	721	Non aménagée	Zone marécageuse
<b>Mbankomo puits 4 (BP4)</b>	Bibong	03°47'21.2''N 011°24'19.7''E	740	Non aménagé	Eau résiduaire+ inondation
<b>Mbankomo source 4 (BS4)</b>	Bibong	03°47'17.5''N 011°23'53.1''E	721	Non aménagée	Lessive, vaisselle

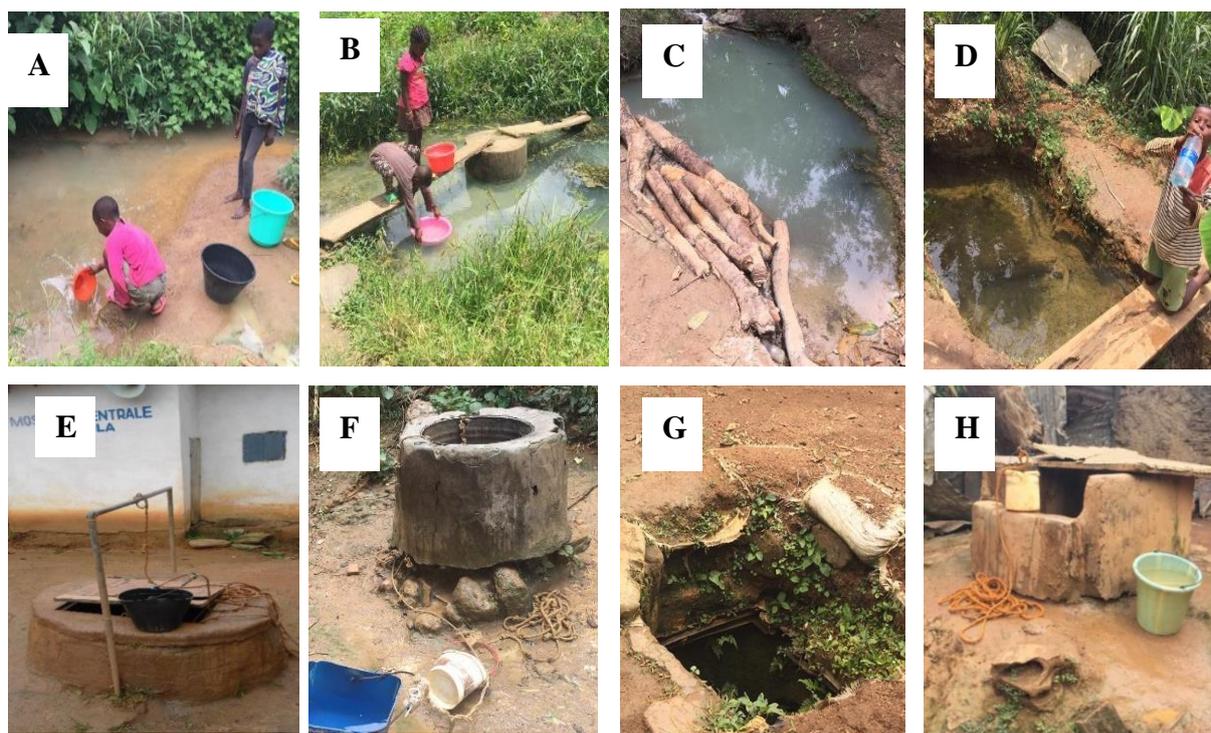
### II.1.2.2.3. Localité d'Okola

La figure 20 illustre la position précise des points d'eau retenus dans la localité d'Okola. Les sources sont nommées OS1, OS2, OS3 et OS4 et les puits OP1, OP2, OP3 et OP4. Dans cette ville, l'agriculture et l'élevage des bovins sont les principales activités menées par les populations.

La source OS1 est non aménagée et située en aval des latrines traditionnelles dans une zone inondable (Figure 21 A). Son eau est utilisée pour la boisson et pour les besoins domestiques. La source OS2 (Figure 21 B), située à 8 m des toilettes traditionnelles, est non aménagée et non entretenue. Elle alimente plusieurs ménages du coin et son eau est utilisée pour les besoins domestiques et parfois pour la boisson par les enfants, à l'insu de leurs parents. La source OS3, aménagée mais non entretenue, est située en aval de plusieurs maisons d'habitation (Figure 21 C). Elle est souvent inondée d'eau de ruissellement; les populations s'y approvisionnent pour combler leurs besoins domestiques en eau. La source OS4 est non aménagée et en contact direct avec un effluent. Elle ravitaille plusieurs ménages et son eau est consommée comme boisson et pour l'arrosage des cultures (Figure 21 D). Le puits OP1 (Figure 21 E) est situé non loin d'une mosquée; il est partiellement aménagé et entretenu. Il sert à la boisson et aux besoins domestiques de plusieurs ménages. Le puits OP2, situé à moins d'un mètre d'une concession, est non entretenu; il possède une margelle de 0,6 m de hauteur sans couvercle (Figure 21 F) et une puisette qui reste quelques fois déposé à même le sol. Ce puits reçoit des effluents domestiques qui y stagnent tout autour. Le puits OP3, non aménagé, est situé à 5 m des toilettes traditionnelles. Il est dépourvu de margelle et de couvercle (Figure 21 G). Le puits OP4, situé dans une concession de 8 maisons, est partiellement aménagé mais non entretenu (Figure 21 H). Le tableau XI illustre les coordonnées géographiques et les caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité d'Okola.



**Figure 20:** Carte de la ville d’Okola présentant les points d’échantillonnage (Institut National de Cartographie, 2013 modifiée).



**Figure 21:** Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville d'Okola: A (OS1 au quartier Haoussa); B (OS2 à Ayos); C (OS3 à Ebougsi); D (OS4 à Bissogo); E (OP1 au quartier Haoussa); F (OP2 à Ayos); G (OP3 à Ebougsi) et H (OP4 à Bissogo).

**Tableau XI:** Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité d'Okola

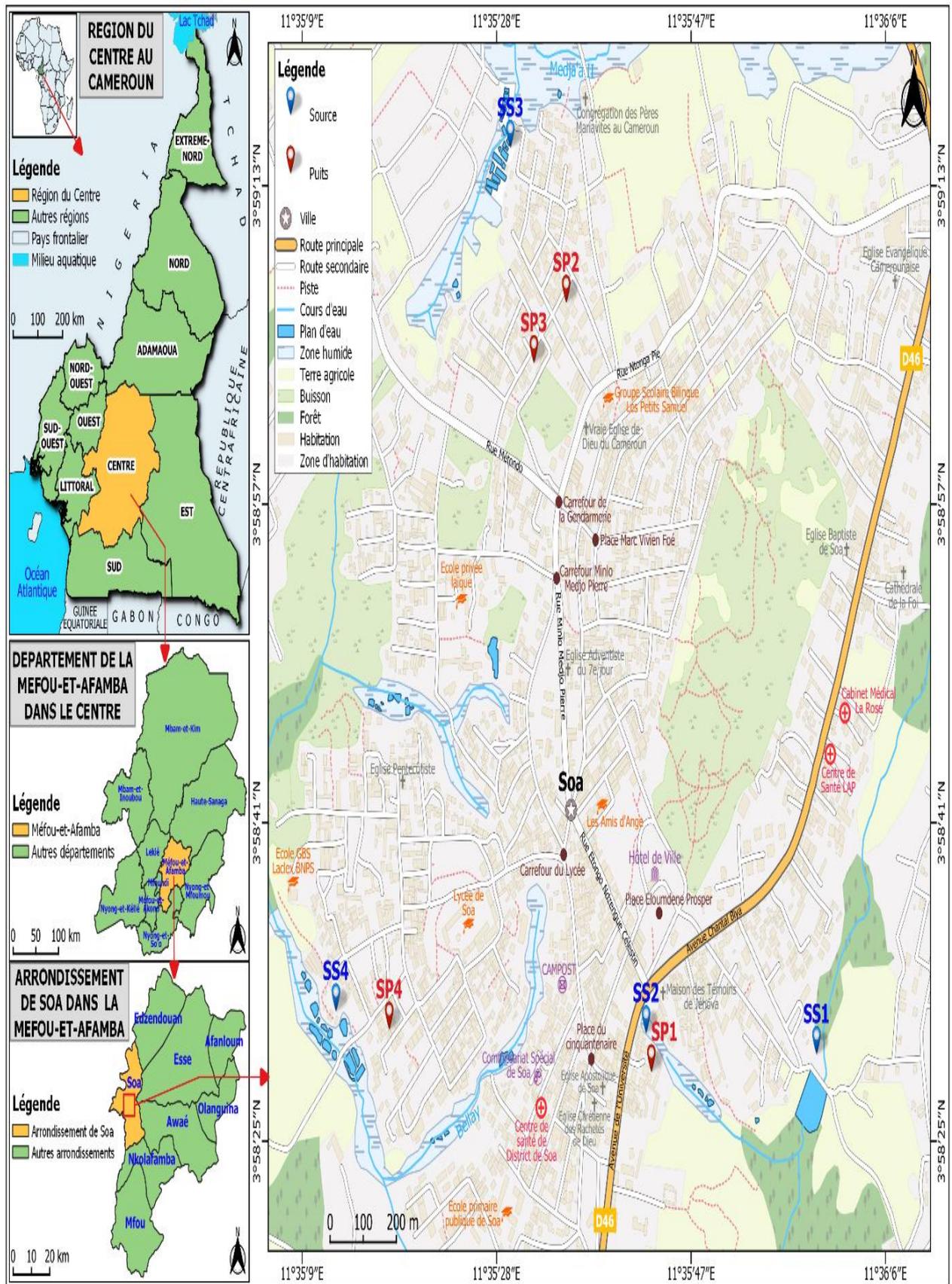
Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
Okola puits 1 (OP1)	Haoussa	04°01'26.9''N 011°22'47.0''E	619	Protégé	Eau résiduaire
Okola source 1 (OS1)	Haoussa	04°01'21.7''N 011°22'45.2''E	604	Non aménagée	Zone marécageuse, eaux résiduaires
Okola puits 2 (OP2)	Ayos	04°01'25.8''N 011°22'44.6''E	603	Semi aménagé	Effluent domestique
Okola source 2 (OS2)	Ayos	04°01'25.8''N 011°22'41.2''E	516	Non aménagée	Zone marécageuse + inondation
Okola puits 3 (OP3)	Ebougsi	04°01'23.0''N 011°22'45.3''E	602	Pas de protection	Habitations spontanées, eaux domestiques

**Tableau XI:** (suite et fin)

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
<b>Okola source 3 (OS3)</b>	Ebougsi	04°01'26.8''N 011°22'39.3''E	597	Non aménagée	Zone marécageuse, eaux résiduaires
<b>Okola puits 4 (OP4)</b>	Bissogo	04°01'24.5''N 011°22'45.9''E	618	Partiellement aménagé	Effluents domestiques
<b>Okola source 4 (OS4)</b>	Bissogo	04°01'30.4''N 011°23'00.6''E	596	Non aménagée	Zone marécageuse, eaux résiduaires

#### II.1.2.2.4. Localité de Soa

Les points d'eau des sources sont nommés SS1, SS2, SS3 et SS4; ceux des puits sont nommés SP1, SP2, SP3 et SP4. La figure 22 ci-dessous illustre leur position dans la ville de Soa. L'agriculture, la pisciculture et l'élevage des porcs sont, entre autres activités pratiquées dans cette localité. La source SS1, située à côté d'un barrage, est en partie aménagée par une margelle de 0,2 à 0,3 m; l'eau s'écoule par un tuyau en Poly-Chlorure de Vinyle (PVC) d'environ 20 cm. Les eaux stagnantes rentrent en contact direct avec ce tuyau et les récipients des usagers. Les populations environnantes et lointaines utilisent principalement cette eau pour la boisson et se ravitaillent à toute heure de la journée (Figure 23 A). La source SS2 (Figure 23 B) est non aménagée et non entretenue. Son eau jaillit du flanc d'une pente et les populations environnantes l'utilisent pour la boisson. La source SS3 située au quartier Dallas est non aménagée. Son eau s'écoule par un tuyau en PVC d'environ 10 cm. Les populations environnantes l'utilisent pour la boisson et pour les besoins quotidiens (Figure 23 C). La source SS4 est non entretenue mais en partie aménagée par une motte de terre (Figure 23 D). Son eau s'écoule par un tuyau non scellé d'environ 5 cm et sert pour la boisson. Le puits SP1 (Figure 23 E) est aménagé mais non entretenu. Il possède une margelle de 0,8 m de hauteur sans couvercle et fonctionne avec une poulie. Le puits SP2 est situé dans une concession à la portée de plusieurs ménages. Il possède une margelle de 1 m de hauteur dépourvu de couvercle (Figure 23 F). Le puits SP3 est aménagé et situé dans une concession dite «mini-cité». Il possède une margelle de 1,1 m de hauteur avec couvercle. La potence sur laquelle la poulie est accrochée sert également de séchoir des vêtements (Figure 23 G). Le puits SP4 est incomplètement aménagé et non entretenu. Il possède une margelle de 0,4 m de hauteur sans couvercle et fonctionne avec une poulie (Figure 23 H). Le tableau XII présente les coordonnées géographiques et les caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Soa.



**Figure 22:** Carte de la ville de Soa présentant les points d'échantillonnage (Institut National de Cartographie, 2013 modifiée).



**Figure 23:** Vue partielle des stations d'échantillonnage de la ville de Soa: A (SS1 au quartier Fin goudron); B (SS2 à Banda); C (SS3 à Dallas); D (SS4 à Ntoùt me von); E (SP1 à Banda); F (SP2 au quartier Soa gendarmerie); G (SP3 à Dallas) et H (SP4 à Ntoùt me von).

**Tableau XII:** Coordonnées géographiques et caractéristiques des points d'échantillonnage de la localité de Soa

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
Soa puits 1 (SP1)	Banda	03°58'28.11''N 011°35'43.14''E	661	Partiellement aménagé (sans couvercle)	Effluents domestiques + insalubrité
Soa source 1 (SS1)	Fin goudron	03°58'29.02''N 011°35'59.35''E	650	Semi aménagée	Eaux résiduares
Soa puits 2 (SP2)	Soa gendarmerie	03°59'7.14''N 011°35'34.71''E	660	Partiellement aménagé (sans couvercle)	Habitations spontanées, eaux domestiques

**Tableau XII:** (Suite et fin)

Points d'échantillonnage	Quartiers	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Niveau de protection	Sources de pollution
Soa source 2 (SS2)	Banda	03°58'30.09''N 011°35'42.62''E	652	Non aménagée	Eaux domestiques
Soa puits 3 (SP3)	Dallas	03°59'4.19''N 011°35'31.61''E	671	Aménagé (couverture + margelle)	Effluents domestiques
Soa source 3 (SS3)	Dallas	03°59'15.14''N 011°35'29.30''E	650	Semi aménagée	Eaux résiduaires
Soa puits 4 (SP4)	Ntoùt me von	03°58'29.98''N 011°35'17.58''E	644	Partiellement aménagé (sans couvercle)	Insalubrité + effluent domestique
Soa source 4 (SS4)	Ntoùt me von	03°58'31.21''N 011°35'12.18''E	634	Semi aménagée	Eaux résiduaires et inondation

## II.2. Méthodes

Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées d'août 2018 à août 2019 dans chacune des villes d'étude suivant une fréquence de deux prélèvements par saison. Certains paramètres ont été mesurés directement sur le terrain et d'autres au laboratoire. Les prélèvements destinés à la physico-chimie de l'eau ont été effectués dans les puits à l'aide d'un seau de 5 L puis transvasés sans faire de bulles dans des flacons en polyéthylène de 250 mL et de 1000 mL, à double bouchage, et ramenés au laboratoire en enceinte réfrigérée. Pour les analyses biologiques, des flacons de 1000 mL ont été utilisés.

### II.2.1. Mesure des paramètres morphométriques et hydrologiques

#### II.2.1.1 Paramètres morphométriques

Pour cette étude, les caractéristiques morphométriques considérées sont, entre autres, la hauteur de la margelle, le diamètre et la profondeur du puits. Ces deux dernières caractéristiques ont été mesurées à l'aide d'une corde graduée et lestée.

#### II.2.1.2. Paramètres hydrologiques

L'épaisseur de la couche d'eau a été mesurée à l'aide d'une corde graduée et lestée. Le débit d'écoulement (v) de l'eau au niveau des sources quant à lui a été déterminé indirectement

en évaluant, à l'aide d'un chronomètre, le temps (s) mis par le bleu de méthylène (colorant neutre) pour parcourir une distance (m) connue (Bonnet *et al.*, 1970). Il est déterminé par la formule  $v = d/t$  (exprimée m/s)

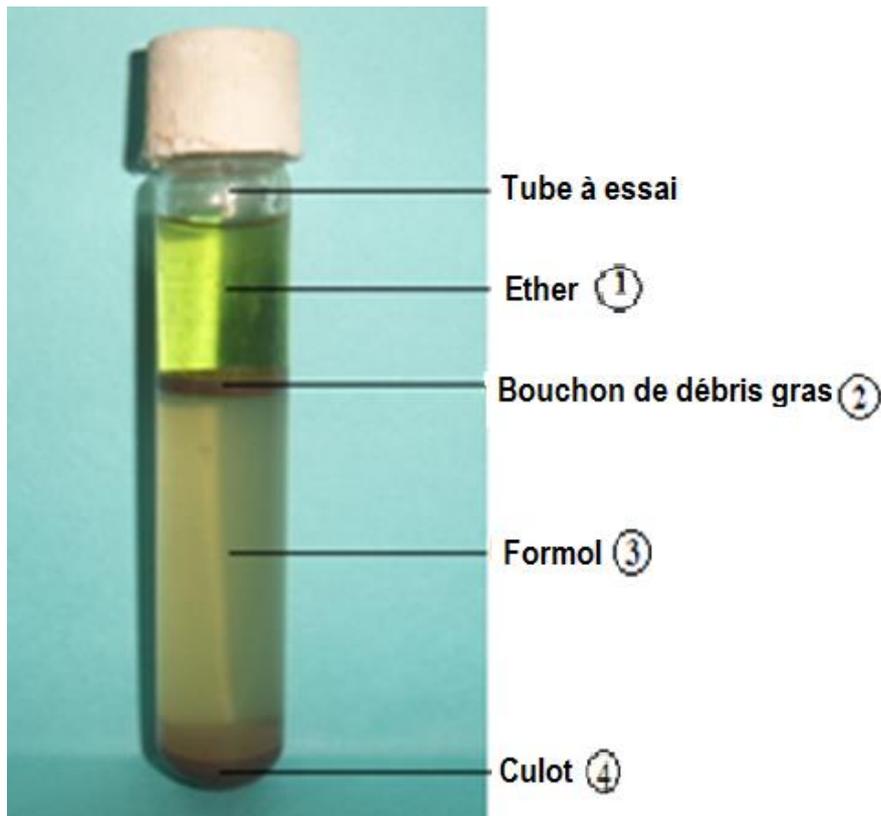
### **II.2.3. Mesure des paramètres biologiques**

L'échantillonnage de l'eau pour l'identification des œufs et des larves d'helminthes parasites s'est effectué dans les sources et les puits. Au niveau des sources, l'échantillon a été prélevé à l'aide d'un bol collecteur accroché à un bâton, après une légère agitation pour remettre les particules en suspension. Au niveau des puits par contre, les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de la colonne d'eau à l'aide d'une puisette accrochée à un bâton. Les échantillons d'eau ainsi récoltés ont été immédiatement introduits dans des flacons en polyéthylène de 1 litre puis fixés au formol 10% et transportés au laboratoire.

Au laboratoire, ces échantillons ont été laissés au repos, à la température ambiante pendant 24 heures, pour sédimenter. Ensuite, le surnageant a été versé et le culot recueilli a été mesuré. L'observation des œufs et des larves d'helminthes a été effectuée au microscope inversé de marque Olympus CK2, au grossissement 40 X, après leur concentration à l'aide des techniques de Kato-Katz et diphasique formol-éther.

#### **II.2.3.1. Technique de concentration formol-éther**

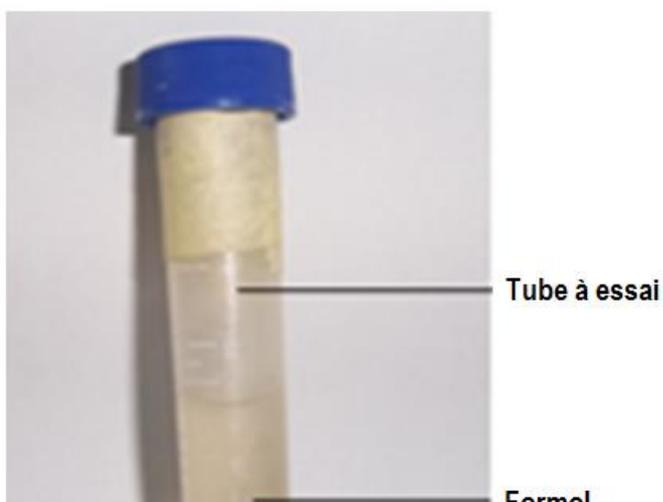
Après homogénéisation, 5 mL du culot ont été introduits dans un tube à essai puis 2 mL de formol à 10 % et 3 mL d'éther y ont été ajoutés successivement. Le mélange a été agité puis centrifugé à 500 tours/min pendant trois minutes (Ajeegah *et al.*, 2014). Après centrifugation, le contenu du tube est séparé en quatre couches (Figure 24): une couche supérieure d'éther, un bouchon de débris gras adhérant à la paroi du tube, une couche de formol et le culot. Le bouchon gras (débris) a été ensuite décollé à l'aide d'un bâtonnet et le surnageant versé en renversant le tube d'un mouvement rapide. Enfin, le culot, mélangé à quelques gouttes de colorant (lugol) a servi à l'identification et au dénombrement des œufs d'helminthes parasites après montage entre lame et lamelle.



**Figure 24:** Aspect du tube après centrifugation par la technique de concentration formol-éther.

### II.2.3.2. Technique de Kato-Katz

Cette technique a été décrite par Katz *et al.* (1970). Elle permet d'identifier et de quantifier les œufs et les larves d'helminthes intestinaux présents dans les selles. Mais, nous l'avons adaptée à notre travail (Figure 25) en remplaçant les selles tamisées par le culot issu d'une centrifugation à 500 tours/min pendant 5 minutes (Ajeegah *et al.*, 2014). Un fragment de culot a été prélevé et déposé au centre d'une lame. Sur cette dernière, un rectangle de papier cellophane imbibé de solution de kato-katz (au moins 24 heures avant usage) a été déposé et à l'aide d'un tube à essai, le culot a été étalé entre la lame et le cellophane en un frottis. La préparation ainsi obtenue a été directement observée au microscope optique pour l'identification des œufs d'Ankylostomes et au moins 30 minutes plus tard pour celle des autres entéropathogènes.



**Figure 25:** Aspect du tube après centrifugation pour la technique de Kato-Katz.

### **II.2.3.3. Identification et dénombrement des œufs et larves d'helminthes**

Les œufs et les larves d'helminthes parasites ont été identifiés à l'aide des planches de l'OMS (1994) et les mensurations ont été faites grâce au micromètre oculaire du microscope.

Le nombre (X) d'œufs ou de larves d'helminthes parasites dans 1 L d'échantillon est obtenu par la formule proposée par Ajeegah *et al.* (2010):

$$X = \frac{y \cdot V_x}{V_y}$$

Avec  $V_x$  = volume du culot pour 1L d'échantillon,  $V_y$  = volume du culot utilisé pour observation,  $y$  = nombre d'œufs observés dans  $V_y$ .

### **II.2.4. Analyse des données physico-chimiques et biologiques**

#### **II.2.4.1. Corrélation de rang de Spearman (r)**

Les corrélations ont été calculées entre les densités moyennes des œufs et des larves d'helminthes et les moyennes des variables physico-chimiques obtenues. Ce calcul a permis d'évaluer les relations linéaires probables entre les différentes variables physico-chimiques et biologiques (Kapsó, 2018). Deux séries de variables sont plus ou moins fortement liées selon que  $r$  est plus ou moins proche de 1 (Ulrike Held, 2010). L'analyse est effectuée à l'aide du programme SPSS version 20.0 après vérification de la distribution des données.

#### **II.2.4.2. Test H de Kruskal-Wallis**

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (test H) a été utilisé pour évaluer les différences entre les paramètres abiotiques et biotiques mesurés. Pour se faire, deux hypothèses

ont été émises: une hypothèse nulle selon laquelle les médianes des valeurs à comparer ne diffèrent pas significativement et une seconde hypothèse alternative selon laquelle, il existe une différence significative entre les médianes des valeurs à comparer (Bertrand & Maumy, 2011). L'analyse a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS version 20.0, qui nous donne la valeur de p. Si cette valeur est inférieure à 0,05 ( $p < 0,05$ ), l'hypothèse nulle est rejetée. Dans le cas contraire, ( $p \geq 0,05$ ) elle est vérifiée. Chaque fois que le test de Kruskal-Wallis a montré une différence significative dans l'ensemble des valeurs comparées, un test de comparaison multiple, le test U de Mann-Whitney a été effectué.

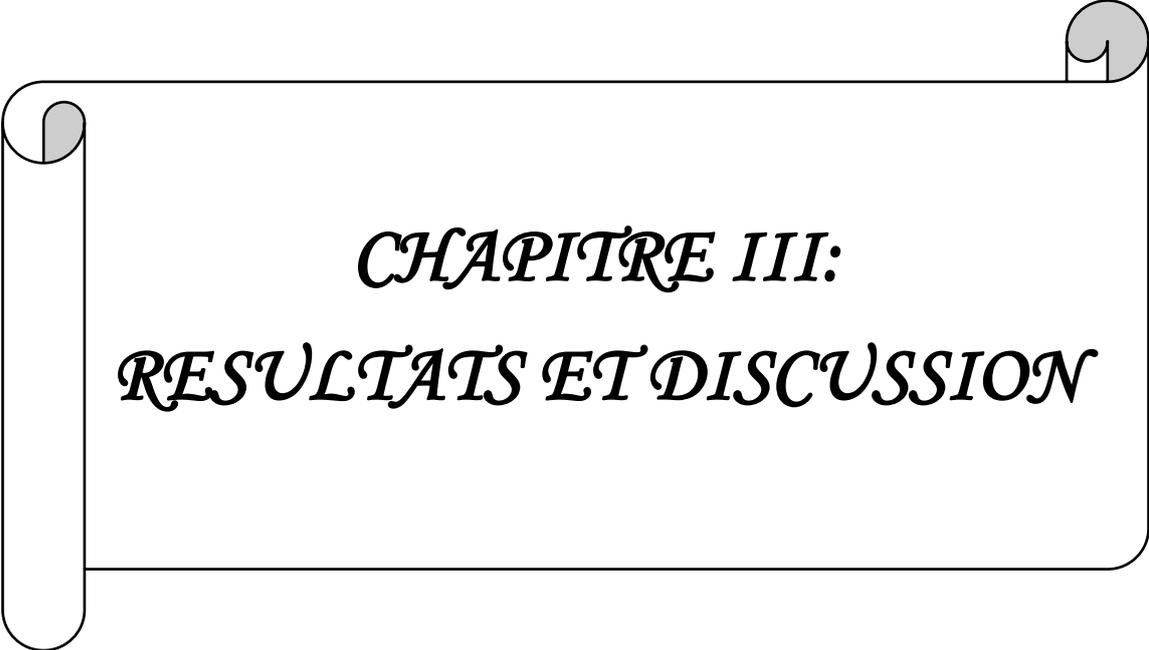
#### **II.2.4.3. Analyse de Classification Hiérarchique (ACH)**

L'objectif de l'Analyse de Classification Hiérarchique (ACH) est de rassembler les moyennes des variables dans des classes de plus en plus larges, sur la base de certaines mesures de similarité ou distance euclidienne (Cormack, 1971). Les résultats de ce type de classification sont habituellement représentés sous forme de dendrogrammes. Cette méthode utilise une analyse de la variance approchée afin d'évaluer les distances entre les classes (Ward, 1963). Dans la présente étude, l'ACH a été utilisée pour regrouper les points d'eau en fonction d'une part de leurs similarités abiotiques et, d'autre part, en fonction de la similarité des formes de résistance des helminthes (œufs et larves) identifiées. L'ACH a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT 2007.

#### **II.2.4.4. Analyse en Composantes Principales (ACP)**

L'Analyse en Composantes Principales a été utilisée pour caractériser les points d'eau sur la base de l'ensemble des variables mesurées. Cette méthode de statistique factorielle descriptive présente sous forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données de taille importante. La matrice de données est composée des « n » échantillons en lignes sur lesquels sont mesurés les « q » variables quantitatives disposées en colonnes. La matrice utilisée pour cette étude est une base ayant subi une transformation logarithmique «Log (X+1)» pour avoir une normalité approximative puis, standardisée pour obtenir une échelle comparable des variables (Soldner *et al.*, 2004). Le tableau de données «n» × «q» forme ainsi un nuage de «n» points dans un espace à «p» dimensions. Chaque composante principale (dimension) explique une quantité plus ou moins importante de l'information de départ. Les composantes principales sont classées par ordre décroissant de la quantité d'information qu'elles expliquent. En général, les deux à trois premières composantes principales suffisent pour expliquer 60 à 70% de l'information contenue dans la matrice de départ (Rivest & Plante, 1988).

Les composantes principales sont obtenues par la diagonalisation d'une matrice qui, suivant la nature des variables initiales, est soit la matrice des corrélations, soit la matrice des covariances (Legendre & Legendre, 1979). Dans le cadre de cette étude, c'est la matrice de corrélation qui a été utilisée. La phase finale de l'ACP consiste en une représentation graphique qui permet d'avoir un aperçu des résultats. Il existe deux types de représentations; le diagramme de dispersion des variables qui est un cercle de corrélations et le diagramme de dispersion des sites. Le pourcentage d'information initiale expliquée par chaque composante principale est illustré sous forme d'histogramme. L'ACP a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT 2007.



*CHAPITRE III:  
RESULTATS ET DISCUSSION*

### III.1. Résultats

#### III.1.1. Caractéristiques des puits et des sources étudiées

Les variables morphométriques et hydrologiques relatives aux puits et aux sources échantillonnés sont la hauteur de la margelle, le diamètre, le débit d'écoulement, l'épaisseur de la couche d'eau et la profondeur du puits.

##### III.1.1.1. Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des puits étudiés

La profondeur des puits étudiés a varié de 1,3 à 14 m. Ceux de la localité de Soa étaient les plus profonds dans l'ensemble 8 à 14 m. Les puits étudiés n'ont pas tous une margelle et pour ceux qui en possèdent la hauteur est comprise entre 0,2 et 1,1 m. Les puits MP1 et MP4 (à Mbalmayo), BP1 et BP2 (à Mbankomo), OP3 et OP4 (à Okola) et SP4 (à Soa) ont présenté une hauteur de margelle qui ne respectent pas la norme préconisée par l'OMS soit 0,5 à 1 m. Plus de 50 % des puits étudiés n'étaient pas couverts (Tableau XIII). L'épaisseur de la couche d'eau a varié en fonction des saisons. Dans l'ensemble, elle a été plus importante pendant les saisons des pluies (GSP et PSP) et moins importante pendant les saisons sèches (GSS et PSS). Sur le plan spatial, quelques différences significatives ont été notées entre les valeurs de l'épaisseur de la couche d'eau obtenues aux différents puits (Tableau XIV). Sur le plan temporel, des différences significatives ont été observées entre la GSP et la GSS ( $p=0,002$ ) et entre la GSP et la PSS ( $p=0,048$ ).

**Tableau XIII:** Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des puits étudiés

Puits	Paramètres							
	Couvercle	Hauteur margelle (m)	Diamètre des puits (m)	Profondeur des puits (m)	Epaisseur de la couche d'eau (m)			
					GSP	GSS	PSP	PSS
Mbalmayo puits 1 (MP1)	Absent	0,4	1	1,3	0,73±0,04	0,55±0,07	0,75±0,07	0,70±0,14
Mbalmayo puits 2 (MP2)	Présent	1	1,26	2,26	1,85±0,49	0,80±0,02	1,30±0,14	1,14±0,23
Mbalmayo puits 3 (MP3)	Absent	0,8	0,6	1,4	1,05±0,35	0,65±0,07	0,80±0,14	0,80±0,13
Mbalmayo puits 4 (MP4)	Absent	0,4	0,7	2,1	1,05±0,64	0,50±0,00	0,55±0,07	0,70±0,06
Mbankomo puits 1 (BP1)	Absent	0,2	1,2	2,7	2,25±0,35	1,30±0,14	2,40±0,14	1,89±0,04
Mbankomo puits 2 (BP2)	Absent	0,2	1,3	1,9	1,90±0,12	0,90±0,14	1,46±0,08	0,95±0,07
Mbankomo puits 3 (BP3)	Présent	1	0,9	5,7	1,40±0,00	0,95±0,07	1,19±0,05	1,83±0,06
Mbankomo puits 4 (BP4)	Présent	1,1	0,8	10	2,67±0,47	2,01±0,01	2,40±0,42	2,40±0,59

**Tableau XIII:** (Suite et fin)

<b>Okola puits 1 (OP1)</b>	Présent	1	1,33	12	2,50±0,71	1,40±0,14	/	/
<b>Okola puits 2 (OP2)</b>	Absent	0,6	0,83	2,5	1,50±0,71	0,60±0,21	0,81±0,29	0,79±0,02
<b>Okola puits 3 (OP3)</b>	Absent	0	0,9	2,3	0,90±0,14	0,75±0,35	0,91±0,06	0,70±0,40
<b>Okola puits 4 (OP4)</b>	Partiel	0,4	1	3,5	1,50±0,71	1,00±0,14	2,13±0,53	1,13±0,13
<b>Soa puits 1 (SP1)</b>	Absent	0,8	1,4	11	1,51±0,69	0,85±0,07	1,04±0,01	0,98±0,06
<b>Soa puits 2 (SP2)</b>	Absent	1	1,5	10	1,50±0,71	0,75±0,07	1,01±0,01	0,89±0,02
<b>Soa puits 3 (SP3)</b>	Présent	1,1	1,3	14	1,65±0,49	0,65±0,07	1,30±0,14	1,11±0,13
<b>Soa puits 4 (SP4)</b>	Absent	0,4	1,4	8	1,52±0,69	0,75±0,07	1,15±0,07	0,91±0,01

Légende: GSP= Grande saison des pluies; GSS= Grande saison sèche; PSP= Petite saison des pluies; PSS= Petite saison sèche

**Tableau XIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'épaisseur de la couche d'eau mesurée dans les puits

Puits	Epaisseur de la couche d'eau														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,193	0,030*	0,885	0,470	0,885	0,771	0,193	0,030*	0,771	0,059	0,060	0,470	0,312	0,665	0,470
OP2		0,885	0,146	0,060	0,193	0,312	0,030*	0,193	0,312	0,884	0,312	0,193	0,561	0,470	0,470
OP3			0,030*	0,030*	0,081*	0,0303*	0,030*	0,188	0,112	0,884	0,383	0,112	0,383	0,312	0,188
OP4				0,193	0,470	0,470	0,112	0,033*	0,885	0,059	0,060	0,312	0,245	0,665	0,470
BP1					0,112	0,060	0,383	0,030*	0,081	0,029*	0,030*	0,060	0,060	0,081	0,060
BP2							0,030*	0,030*	0,885	0,110	0,112	0,885	0,470	0,885	0,665
BP3							0,030*	0,030*	0,885	0,110	0,112	0,885	0,470	0,885	0,665
BP4								0,030*	0,030*	0,029*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
MP1									0,030*	0,191	0,661	0,030*	0,042*	0,193	0,042*
MP2										0,103	0,060	0,665	0,470	0,771	0,665
MP3											0,380	0,191	0,467	0,242	0,309
MP4												0,193	0,193	0,112	0,112
SP1													0,665	0,665	0,885
SP2														0,665	0,771
SP3															0,885

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wiwhitney

### III.1.1.2. Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des sources étudiées

La plupart des sources sont partiellement aménagées soit avec du béton, soit avec des tuyaux en PVC ou avec d'autres matériaux divers tels que les roues de voiture entre autres. Ces tuyaux sont scellés soit avec du béton soit tout simplement fixés pour recueillir de l'eau plus facilement. Le débit d'écoulement très peu varié entre les localités d'étude à l'exception des sources BS3, BS4 (à Mbankomo), SS1 et SS2 (à Soa). Il varie de 0,0001 m<sup>3</sup>/s (OS1) à 0,4300 m<sup>3</sup>/s (BS4) à Soa (Tableau XV). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs du débit d'écoulement obtenues aux sources (Tableau XVI). Par contre sur le plan

temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs obtenues entre les différentes saisons ( $p>0,05$ ).

**Tableau XV:** Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des sources étudiées dans la région du Centre pendant la période d'étude

Paramètres Sources	Etat d'aménagement	Débit d'écoulement (m <sup>3</sup> /s)			
		GSP	GSS	PSP	PSS
Mbalmayo source 1 (MS1)	dalle en béton + tuyau PVC de 15 cm	0,060±0,056	0,0515±0,04738	0,058±0,0113	0,0499±0,0680
Mbalmayo source 2 (MS2)	Margelle	0,003±0,0003	0,0003±0,00004	0,0166±0,0231	0,043±0,0509
Mbalmayo source 3 (MS3)	Non aménagée	0,0020±0,0006	0,0013±0,0003	0,0216±0,0288	0,0049±0,0051
Mbalmayo source 4 (MS4)	Partiellement aménagée avec une roue	0,006±0,0002	0,0040±0,00035	0,0056±0,00028	0,0035±0,0006
Mbankomo source 1 (BS1)	Non aménagée	0,0050±0,0010	0,0006±0,00016	0,0003±0,00004	0,0120±0,0014
Mbankomo source 2 (BS2)	Non aménagée	0,0050±0,0010	0,00280±0,00014	0,0036±0,0002	0,0029±0,0002
Mbankomo source 3 (BS3)	Non aménagée	0,3650±0,0495	0,0245±0,00071	0,3153±0,0704	0,0222±0,0032
Mbankomo source 4 (BS4)	Non aménagée + tuyau en PVC non scellé	0,4300±0,0424	0,0840±0,0792	0,2465±0,2878	0,1320±0,0679
Okola source 1 (OS1)	Non aménagée	0,0030±0,0001	0,0001±0,0001	0,0018±0,0006	0,0028±0,0006
Okola source 2 (OS2)	Non aménagée	0,0044±0,0002	0,0018±0,0003	0,0093±0,0081	0,0114±0,0051
Okola source 3 (OS3)	Non aménagée	0,0083±0,0010	0,0025±0,0003	0,0213±0,0124	0,0086±0,0048
Okola source 4 (OS4)	Non aménagée	0,0540±0,0060	0,0091±0,0013	0,0303±0,0145	0,0259±0,0101
Soa source 1 (SS1)	Partielle aménagée + tuyau PVC de 20 cm	0,3250±0,0636	0,0881±0,1158	0,1750±0,0636	0,0454±0,0602
Soa source 2 (SS2)	Non aménagée	0,1200±0,1280	0,1140±0,0226	0,1400±0,0424	0,0580±0,0325
Soa source 3 (SS3)	Non aménagée + tuyau PVC de 10 cm	0,0650±0,0170	0,0785±0,0134	0,0515±0,0177	0,0265±0,0078
Soa source 4 (SS4)	Non aménagée + tuyau de 5 cm non scellé	0,0780±0,0071	0,0555±0,0346	0,0710±0,0269	0,0195±0,0021

**Tableau XVI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du débit d'écoulement de l'eau mesuré dans les sources

Sources	Débit d'écoulement de l'eau														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,146	0,112	0,030*	0,665	0,146	0,030*	0,030*	0,030*	0,245	0,470	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
OS2		0,885	0,112	0,665	0,470	0,030*	0,030*	0,030*	0,885	0,885	0,771	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
OS3			0,060	0,312	0,312	0,030*	0,030*	0,030*	0,885	0,470	0,312	0,030*	0,030*	0,030*	0,060
OS4				0,060	0,030*	0,665	0,030*	0,112	0,312	0,060	0,030*	0,060	0,030*	0,193	0,193
BS1						0,030*	0,030*	0,030*	0,665	0,665	0,665	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
BS2						0,030*	0,030*	0,030*	0,665	0,885	0,193	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
BS3							0,665	0,885	0,112	0,030*	0,030*	0,885	0,885	0,885	0,665
BS4								0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,665	0,312*	0,030*	0,030*
MS1									0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,081	0,771	0,665
MS2										0,885	0,885	0,030*	0,030*	0,060	0,060
MS3											0,665	0,030*	0,030*	0,030*	0,060
MS4												0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
SS1													0,885	0,193	0,193
SS2														0,112	0,112
SS3															0,885

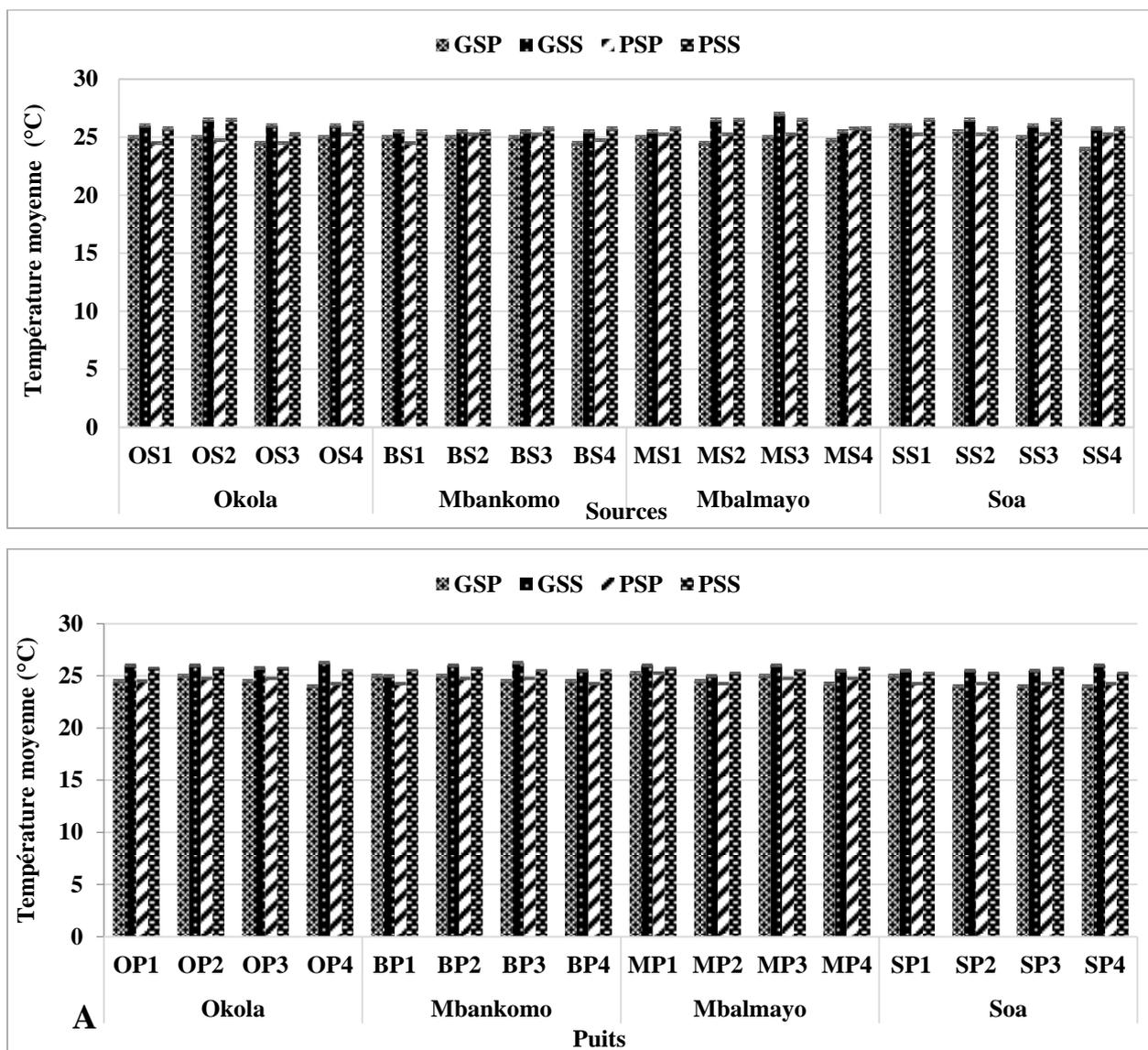
Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

### III.1.2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux étudiées

#### III.1.2.1. Température et pH

Pour l'ensemble des puits, la température était de  $24,59 \pm 0,49$  °C en GSP,  $25,45 \pm 0,46$  °C en GSS,  $24,52 \pm 0,38$  en PSP et  $25,55 \pm 0,46$  °C en PSS. Les températures des puits ((Figure 26 A) sont globalement similaires pendant 2 saisons (GSS et PSS tournant autour de 25 °C) et (GSP et PSP tournant autour de 24 °C). Le test de Kruskal-Wallis associé à celui de Mann Whitney a montré qu'il existe une différence significative sur le plan temporel (tableau XVII). Par contre sur le plan spatial, il n'existe aucune différence significative entre les différents puits ( $p > 0,05$ ).

Dans les sources (Figure 26 B), la température moyenne était de  $24,54 \pm 0,57$  °C en GSP,  $25,63 \pm 0,57$  °C en GSS,  $25,02 \pm 0,42$  en PSP et  $25,95 \pm 0,55$  °C en PSS. Le test de Kruskal-Wallis associé à celui de Mann Withney a montré qu'il existe une différence significative sur le plan temporel. Par contre sur le plan spatial, il n'existe aucune différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les différentes sources (Tableau XVII).



**Figure 26:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la température dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

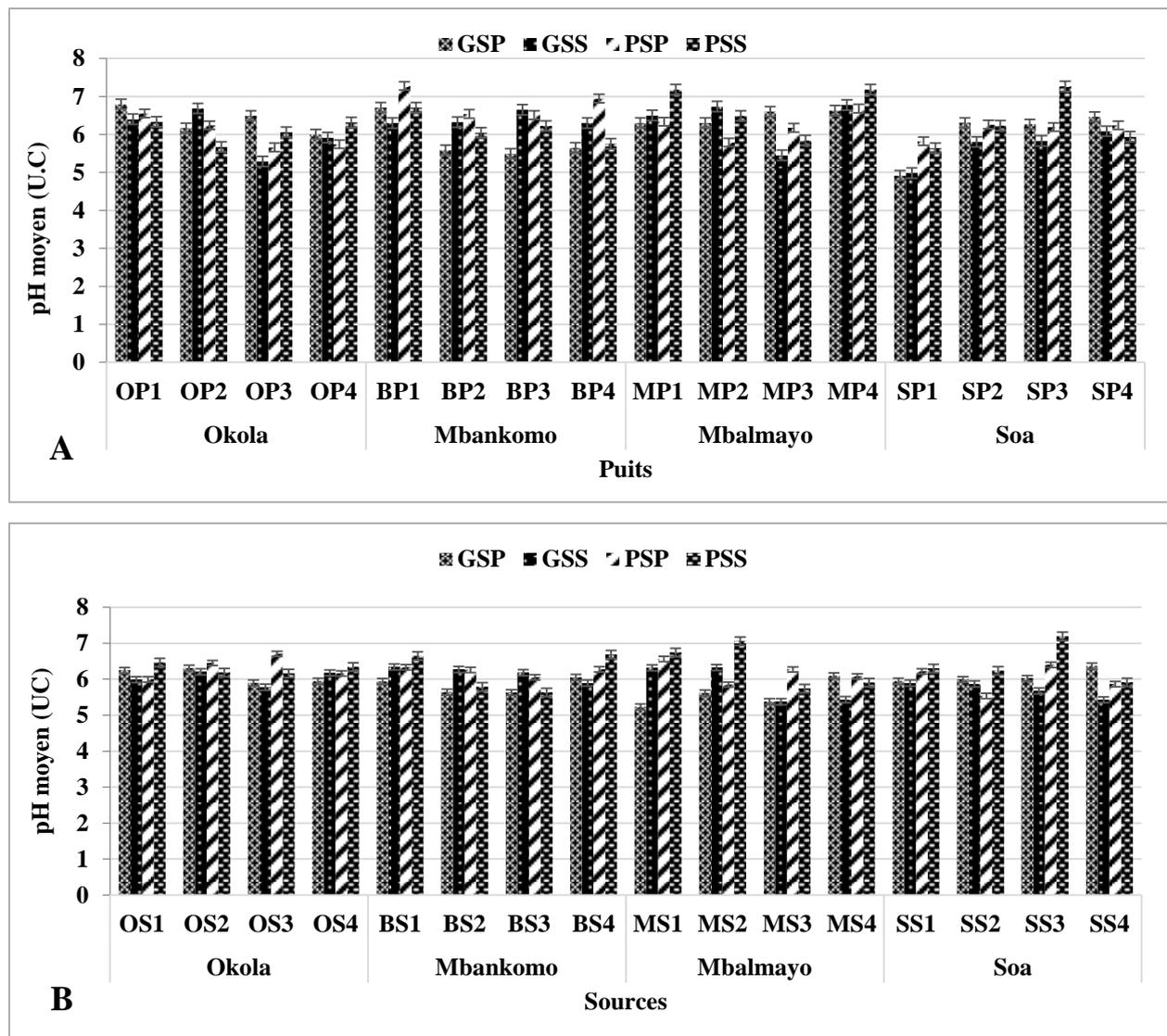
**Tableau XVII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de température obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
<b>Température</b>	GSP	4,19E-06*	0,7436	1,63E-06*	GSP	9,69E-06*	0,09472	9,13E-06*
	GSS		1,52E-06*	0,0846	GSS		3,17E-06*	0,923
	PSP			1,39E-06*	PSP			6,47E-06*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

Les variations spatio-temporelles du pH sont présentées dans la figure 27. Elles ont révélé ainsi des eaux légèrement acides dans les puits et les sources (Figures 27 A et B). Le pH

varie dans les puits de  $6,13 \pm 0,47$  UC en moyenne (pendant la GSS) à  $6,31 \pm 0,41$  UC et  $6,31 \pm 0,65$  UC (respectivement pendant la PSP et PSS). Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs du pH obtenues durant les différentes saisons. Par contre sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs du pH obtenues dans les puits (Tableau XVIII). Dans les sources, le pH varie de  $5,89 \pm 0,52$  UC en moyenne (en GSP) à  $6,31 \pm 0,67$  UC (pendant la PSS). Sur le plan temporel, il existe une différence significative entre les valeurs du pH obtenues entre la GSP et PSP ( $p=0,01584$ ), entre la GSP et PSS ( $0,02044$ ), entre la GSS et PSS ( $p=0,03478$ ). De même sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les sources (Tableau XIX).



**Figure 27:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de pH dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XVIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pH obtenues dans les puits

Puits	pH														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,193	0,112	0,030*	0,665	0,112	0,470	0,312	0,771	0,470	0,193	0,193	0,030*	0,030*	0,312	0,112
OP2		0,312	0,665	0,060	0,885	0,885	0,885	0,193	0,470	0,665	0,112	0,060	0,885	0,665	0,112
OP3			0,885	0,060	0,665	0,312	0,665	0,112	0,312	0,665	0,030*	0,193	0,470	0,312	0,470
OP4				0,060	0,470	0,470	0,885	0,060	0,312	0,885	0,030*	0,060	0,665	0,470	0,312
BP1					0,112	0,112	0,245	0,665	0,470	0,060	0,885	0,030*	0,060	0,193	0,060
BP2						0,885	0,885	0,312	0,665	0,885	0,030*	0,112	0,885	0,885	0,885
BP3							0,885	0,665	0,885	0,470	0,060	0,112	0,885	0,885	0,665
BP4								0,193	0,470	0,885	0,193	0,112	0,885	0,665	0,885
MP1									0,561	0,193	0,245	0,030*	0,060	0,312	0,112
MP2										0,470	0,112	0,060	0,470	0,885	0,470
MP3											0,030	0,112	0,665	0,470	0,665
MP4												0,030*	0,030*	0,312	0,030*
SP1													0,060	0,030*	0,030*
SP2														0,885	0,885
SP3															0,885

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau XIX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pH obtenues dans les sources

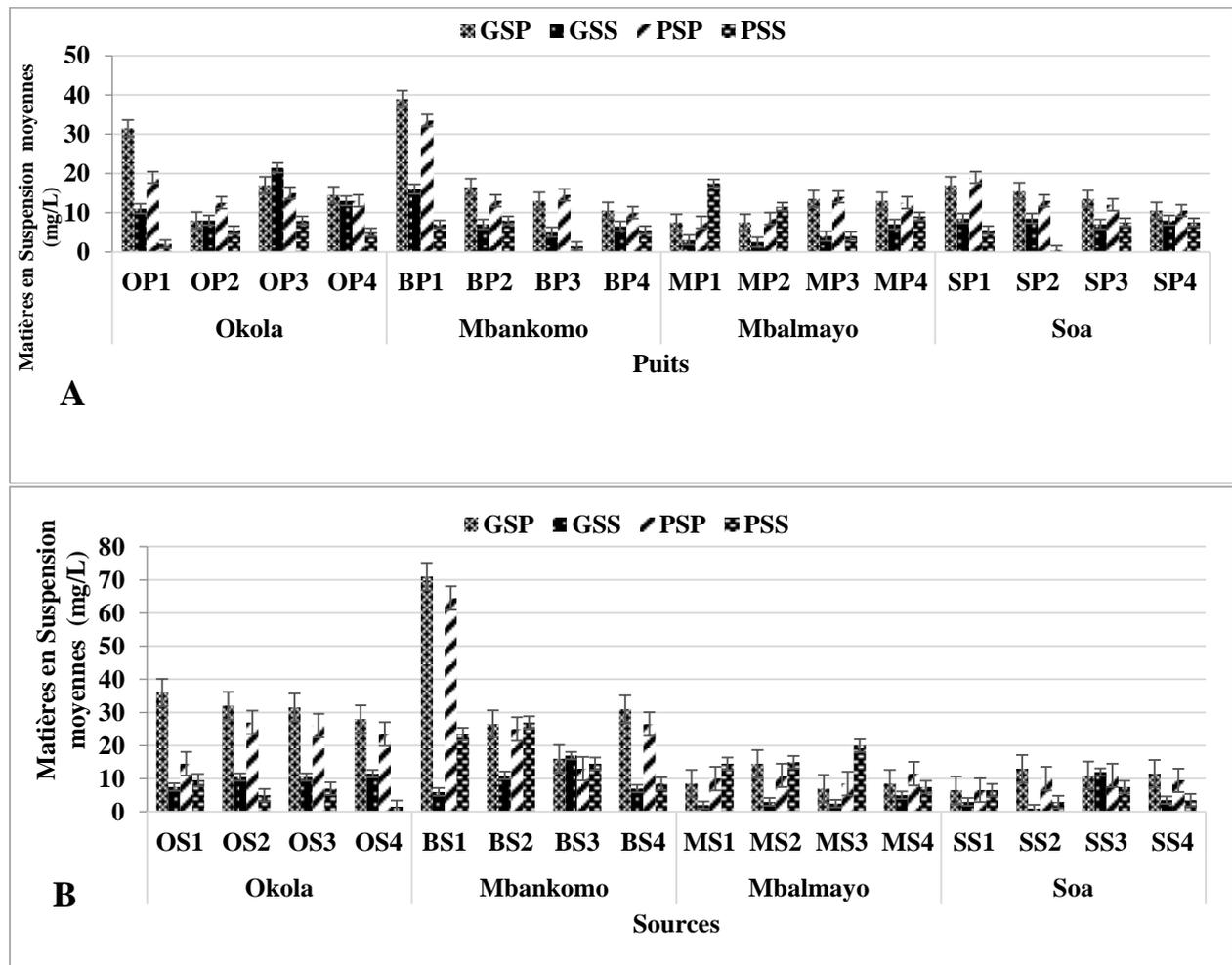
Sources	pH														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,665	0,665	0,885	0,665	0,665	0,312	0,885	0,470	0,885	0,193	0,312	0,470	0,193	0,885	0,193
OS2		0,312	0,193	0,665	0,312	0,030*	0,665	0,470	0,885	0,112	0,030*	0,312	0,112	0,885	0,193
OS3			0,561	0,470	0,885	0,470	0,885	0,665	0,885	0,193	0,665	0,885	0,665	0,885	0,665
OS4				0,561	0,665	0,312	0,885	0,470	0,885	0,193	0,112	0,771	0,312	0,885	0,312
BS1					0,112	0,112	0,665	0,885	0,470	0,060	0,112	0,193	0,112	0,885	0,193
BS2						0,312	0,312	0,312	0,665	0,383	0,665	0,665	0,665	0,470	0,885
BS3							0,245	0,312	0,665	0,665	0,885	0,312	0,885	0,312	0,885
BS4								0,665	0,885	0,112	0,470	0,771	0,193	0,885	0,312
MS1									0,885	0,312	0,312	0,312	0,312	0,885	0,470
MS2										0,193	0,665	0,885	0,665	0,665	0,885
MS3											0,470	0,193	0,470	0,193	0,312
MS4												0,470	0,885	0,470	0,885
SS1													0,470	0,665	0,470
SS2														0,312	0,885
SS3															0,312

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

### III.1.2.2. Matières en Suspension, Couleur et Turbidité

Globalement, les valeurs des Matières en Suspension (MES) sont très variables dans les sources et dans les puits, respectivement: 0 à 122 mg/L et 0 à 40 mg/L avec notamment deux valeurs très atypiques à BS1 en PSP et GSP (112 et 122 mg/L) dans la localité de Mbankomo. Dans les puits et les sources, globalement les MES croissent proportionnellement avec les saisons. Ainsi, elles sont plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche (Figures 28 A et B). Sur le plan temporel, il existe une différence significative entre les valeurs des MES enregistrées dans les puits durant les saisons (Tableau XX). Il n'existe pas de différence

significative sur le plan spatial entre les valeurs obtenues aux différents puits. Pour ce qui est des sources, les valeurs des MES diffèrent significativement sur le plan temporel (Tableau XX). De même sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les sources (Tableau XXI).



**Figure 28:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes des Matières en Suspension dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Matières en Suspension obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
Matières en Suspension	GSP	0,002376*	0,6501	0,0001993*	GSP	0,0006001*	0,4064	0,01659*
	GSS		0,001958*	0,2732	GSS		0,001534*	0,1627
	PSP			6,84E-05*	PSP			0,03461*
	PSS				PSS			

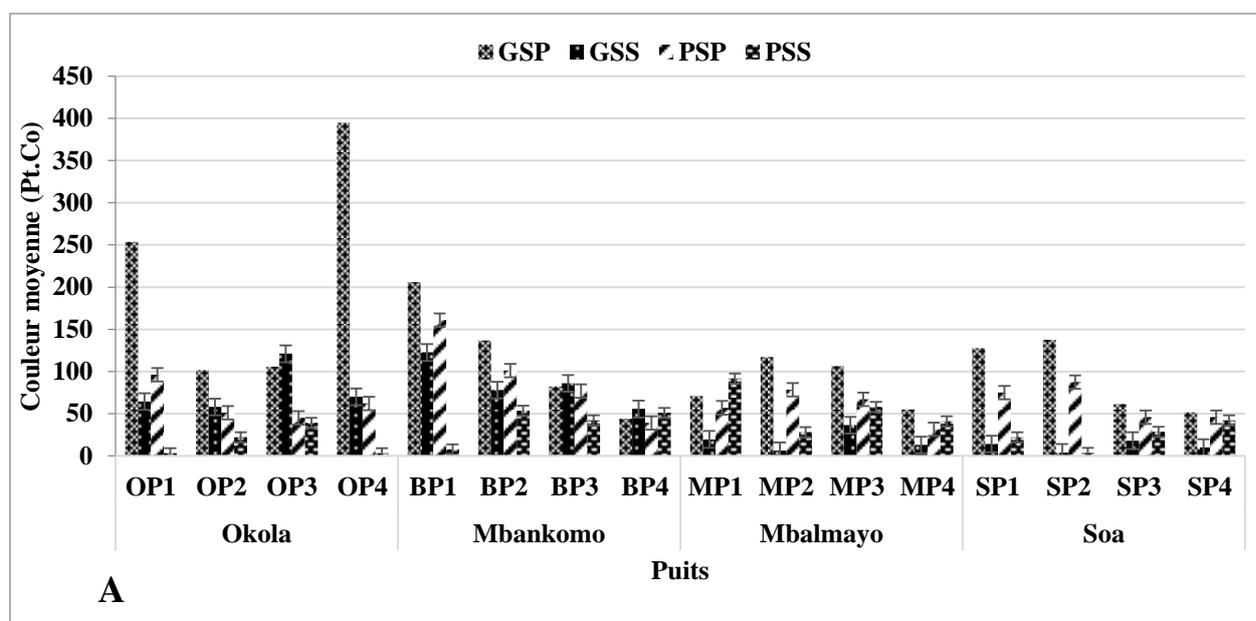
Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

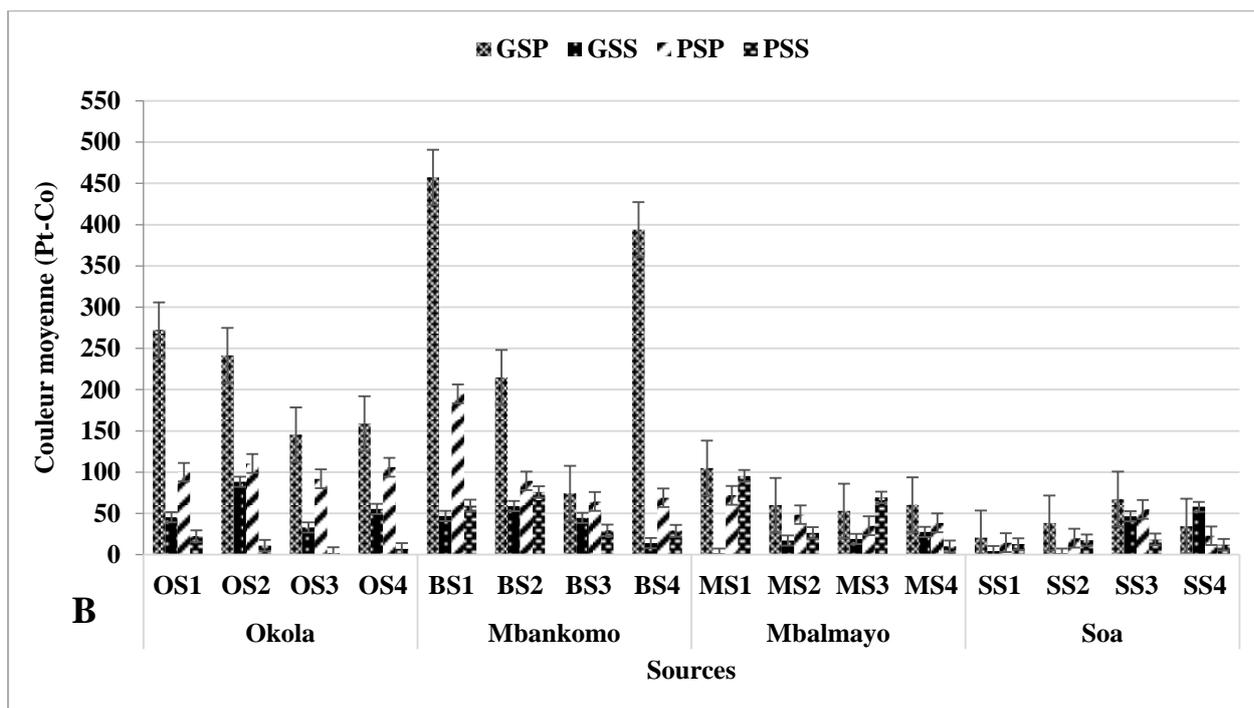
**Tableau XXI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Matières en Suspension obtenues dans les sources

Sources	Matières en Suspension														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,665	0,665	0,885	0,665	0,665	0,312	0,885	0,471	0,885	0,194	0,312	0,471	0,194	0,885	0,194
OS2		0,312	0,194	0,665	0,312	0,030*	0,665	0,471	0,885	0,112	0,030*	0,312	0,112	0,885	0,194
OS3			0,561	0,471	0,885	0,471	0,885	0,665	0,885	0,194	0,665	0,885	0,665	0,885	0,665
OS4				0,561	0,665	0,312	0,885	0,471	0,885	0,194	0,112	0,772	0,312	0,885	0,312
BS1					0,112	0,112	0,665	0,885	0,471	0,061	0,112	0,194	0,112	0,885	0,194
BS2						0,312	0,312	0,312	0,665	0,384	0,665	0,665	0,665	0,471	0,885
BS3							0,245	0,312	0,665	0,665	0,885	0,312	0,885	0,312	0,885
BS4								0,665	0,885	0,112	0,471	0,772	0,194	0,885	0,312
MS1									0,885	0,312	0,312	0,312	0,312	0,885	0,471
MS2										0,194	0,665	0,885	0,665	0,665	0,885
MS3											0,471	0,194	0,471	0,194	0,312

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

Les valeurs de la couleur sont en moyenne plus basses en PSS (33,47±30,71 Pt-Co dans les puits et 31,19±33,23 Pt-Co dans les sources) et plus élevées en GSP (128,19±70,18 Pt-Co dans les puits et 149,94±122,42 Pt-Co dans les sources). Des valeurs très atypiques sont obtenues au puits OP4 (394,50±451,84 Pt-Co) à Okola et à la source BS1 (457,50±538,10 Pt-Co) à Mbankomo (Figures 29 A et B). Sur le plan temporel, il existe une différence significative entre les valeurs de la couleur enregistrées dans les puits et les sources (Tableau XXII). Par contre sur le plan spatial, il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de la couleur enregistrées dans les différents puits et sources ( $p > 0,05$ ).





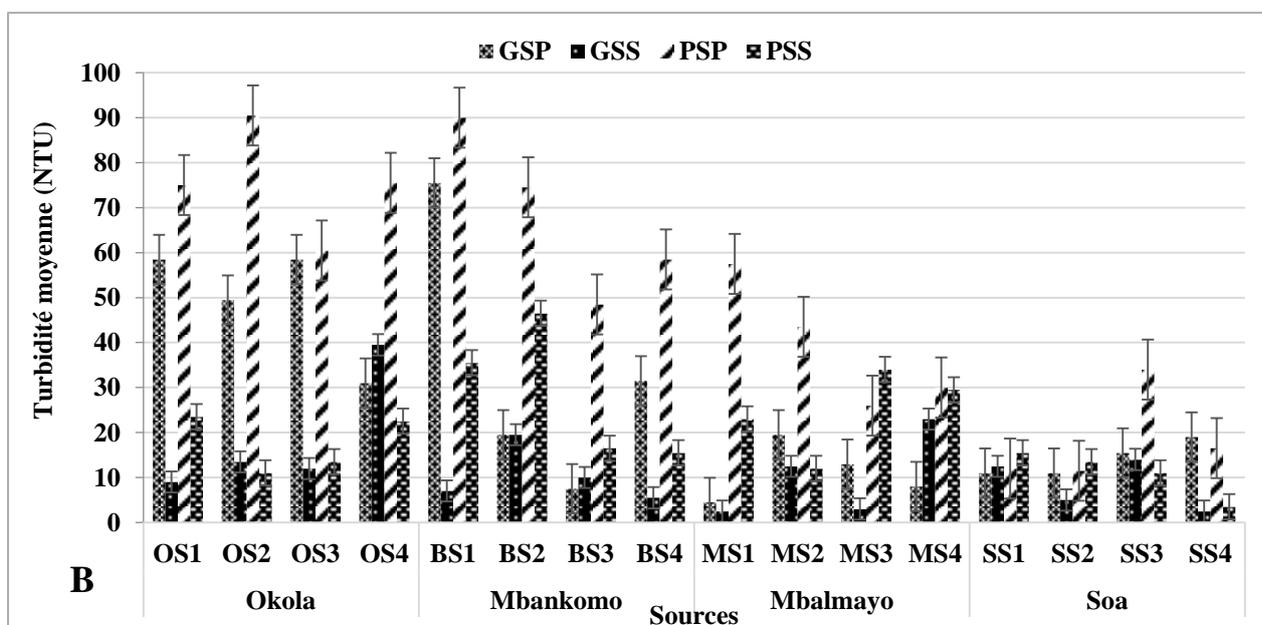
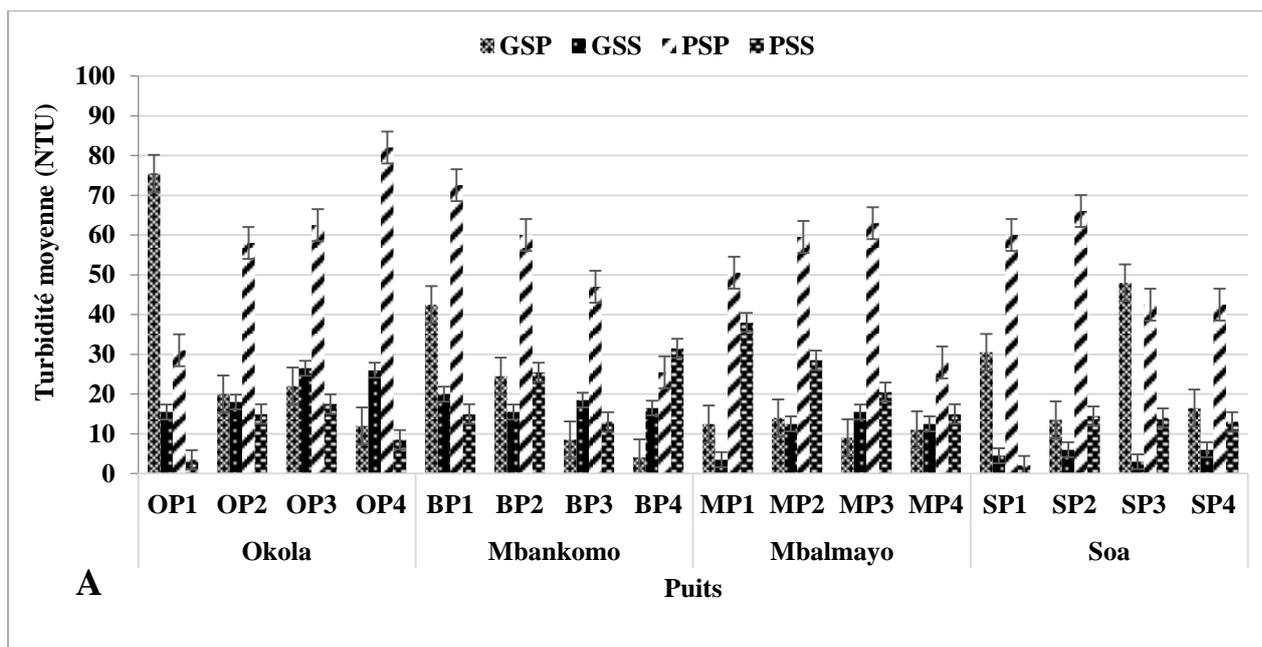
**Figure 29:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la couleur dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la couleur obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
<b>Couleur</b>	GSP	0,001875*	0,01219*	1,34E-05*	GSP	0,0004247*	0,1134	0,0002759*
	GSS		0,1011	0,327	GSS		0,009825*	0,6109
	PSP			0,000846*	PSP			0,003937*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les valeurs de la turbidité croissent dans les puits et les sources en fonction des saisons (Figures 30 A et B). Elles sont plus basses en l'absence des pluies, notamment en GSS ( $13,75 \pm 7,69$  NTU dans les puits et  $11,94 \pm 4,77$  NTU dans les sources) et plus élevées en présence des pluies, notamment en GSP ( $22,75 \pm 21,88$  NTU dans les puits) et en PSP ( $50,25 \pm 43,22$  NTU dans les sources). Sur le plan temporel, il existe une différence significative entre les valeurs de la turbidité enregistrées dans les puits et les sources (tableau XXIII). Sur le plan spatial, il n'existe pas de différence significative entre les valeurs de la turbidité enregistrées dans les différents puits. Au niveau des sources par contre, il existe une différence significative entre les valeurs de la turbidité obtenues aux sources (tableau XXIV).



**Figure 30:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la turbidité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la turbidité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
<b>Turbidité</b>	GSP	0,2657	0,000151*	0,8357	GSP	0,0225*	0,01579*	0,8062
	GSS		2,21E-06*	0,5973	GSS		6,44E-05	0,01348*
	PSP			7,18E-06*	PSP			0,001537*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wiwhitney

**Tableau XXIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la turbidité obtenues dans les sources

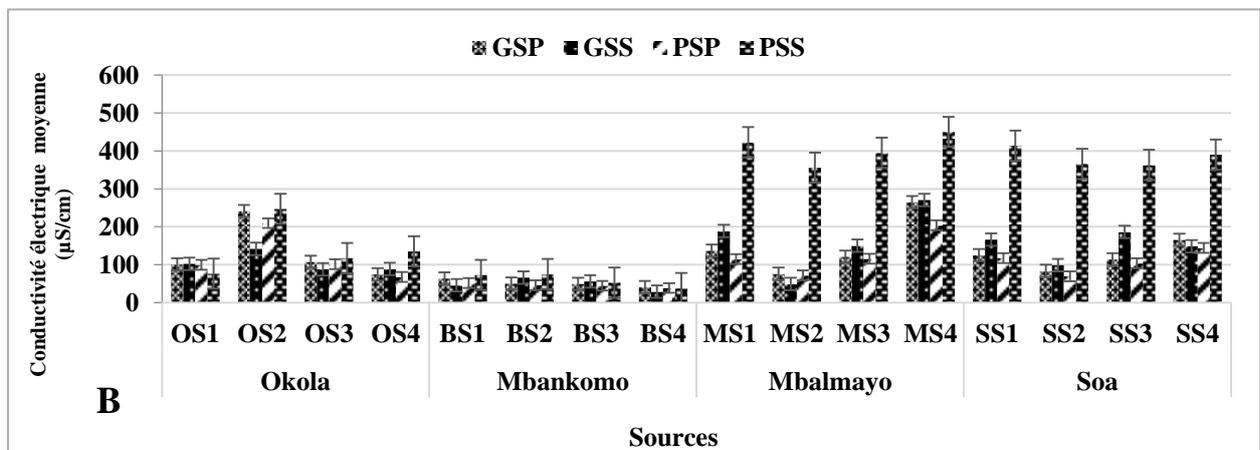
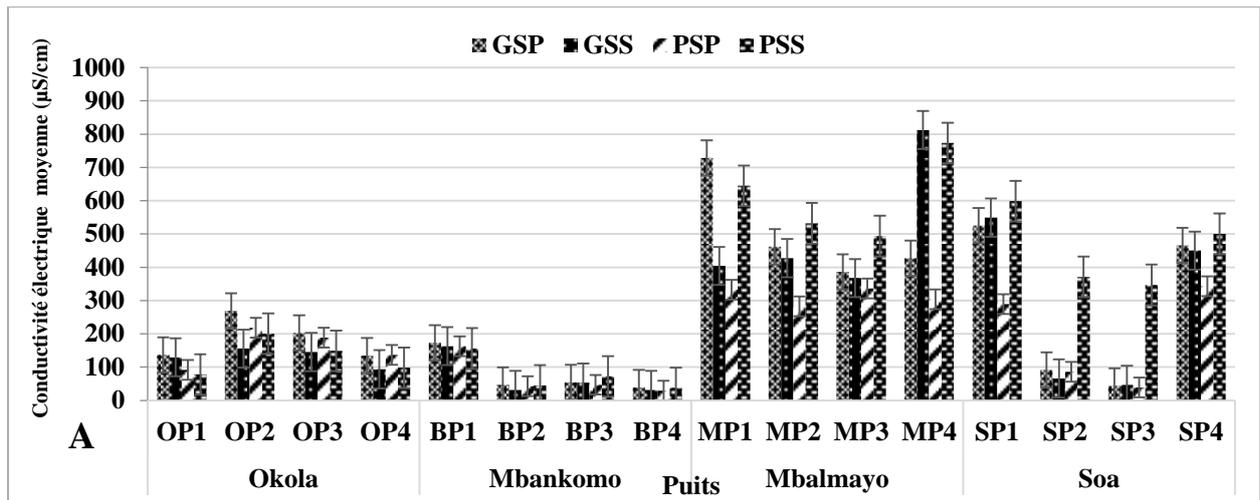
Sources	Turbidité														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,885	0,885	0,885	0,665	0,884	0,312	0,561	0,193	0,470	0,470	0,470	0,312	0,193	0,470	0,112
OS2			0,885	0,885	0,884	0,312	0,885	0,470	0,665	0,470	0,665	0,383	0,188	0,771	0,312
OS3			0,665	0,665	0,663	0,312	0,771	0,312	0,561	0,470	0,665	0,245	0,081	0,665	0,312
OS4				0,771	0,663	0,193	0,470	0,312	0,193	0,193	0,193	0,0303*	0,0303*	0,112	0,030*
BS1					0,663	0,470	0,312	0,193	0,470	0,193	0,312	0,312	0,193	0,312	0,112
BS2						0,191	0,467	0,467	0,183	0,309	0,663	0,029*	0,029*	0,110	0,029*
BS3							0,885	0,885	0,665	0,885	0,665	0,885	0,665	0,885	0,561
BS4								0,470	0,885	0,665	0,885	0,383	0,193	0,771	0,312
MS1									0,885	0,885	0,561	0,885	0,885	0,885	0,561
MS2										0,885	0,885	0,306	0,112	0,885	0,312
MS3											0,885	0,470	0,470	0,885	0,470
MS4												0,312	0,193	0,885	0,112
SS1													0,383	0,465	0,885
SS2														0,146	0,885
SS3															0,665

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wiwhitney

### III.1.2.3. Conductivité électrique, Solides Totaux Dissous (STD) et Potentiel d'oxydo-réduction (POR)

Les valeurs de la conductivité électrique sont en moyenne plus basses pendant toutes les saisons dans les localités d'Okola et de Mbankomo ( $132 \pm 19,66 \mu\text{S/cm}$  en GSP;  $100,31 \pm 65,14 \mu\text{S/cm}$  en GSS;  $114,56 \pm 20,59 \mu\text{S/cm}$  en PSP et  $104,44 \pm 38,98 \mu\text{S/cm}$  dans les puits et  $91,19 \pm 4,43 \mu\text{S/cm}$  en GSP;  $77,13 \pm 37,73 \mu\text{S/cm}$  en GSS;  $82,25 \pm 10,04 \mu\text{S/cm}$  en PSP;  $101,94 \pm 11,40 \mu\text{S/cm}$  dans les sources). Elles sont plus élevées dans les localités de Mbalmayo et Soa pendant toutes les saisons ( $391,31 \pm 40,92 \mu\text{S/cm}$  en GSP;  $390,50 \pm 123,92 \mu\text{S/cm}$  en GSS;  $251,50 \pm 69,65 \mu\text{S/cm}$  en PSP;  $532,69 \pm 217,17 \mu\text{S/cm}$  en PSS dans les puits et  $136,00 \pm 23,33 \mu\text{S/cm}$  en GSP;  $157,31 \pm 35,09 \mu\text{S/cm}$  en GSS;  $117,50 \pm 21,39 \mu\text{S/cm}$  en PSP;  $394,75 \pm 358,50 \mu\text{S/cm}$  en PSS dans les sources). Des valeurs élevées ont été obtenues dans les puits MP1 ( $728,62 \pm 68,59 \mu\text{S/cm}$  pendant la GSP) et MP4 ( $812,60 \pm 144,96 \mu\text{S/cm}$ ) à Mbalmayo (Figures 31 A et B). Sur le plan temporel, aucune différence significative entre les valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les puits n'a été observée entre les saisons ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs de la conductivité électrique enregistrées dans les différents puits (Tableau XXV).

Au niveau des sources par contre, une différence significative a été observée pour les valeurs de la conductivité électrique entre les saisons GSP et PSS ( $p = 0,03997$ ), PSS et GSS ( $p = 0,05226$ ), PSS et PSP ( $p = 0,01286$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs de la conductivité électrique obtenues aux sources (Tableau XXVI).



**Figure 31:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la conductivité électrique dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la conductivité électrique obtenues dans les puits

Puits	Conductivité électrique													
	OP2	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,030*	0,471	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,885	0,312	0,030*
OP2		0,030*	0,312	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,030*
OP3		0,030*	0,885	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,030*
OP4			0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,030*
BP1				0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,030*
BP2					0,030*	0,112	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,471	0,030*
BP3						0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,061	0,384	0,030*
BP4							0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
MP1								0,665	0,471	0,665	0,665	0,061	0,061	0,885
MP2									0,665	0,665	0,312	0,061	0,061	0,885
MP3										0,471	0,312	0,112	0,061	0,471
MP4											0,665	0,061	0,061	0,885
SP1												0,061	0,061	0,312
SP2													0,194	0,061
SP3														0,061

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihtney

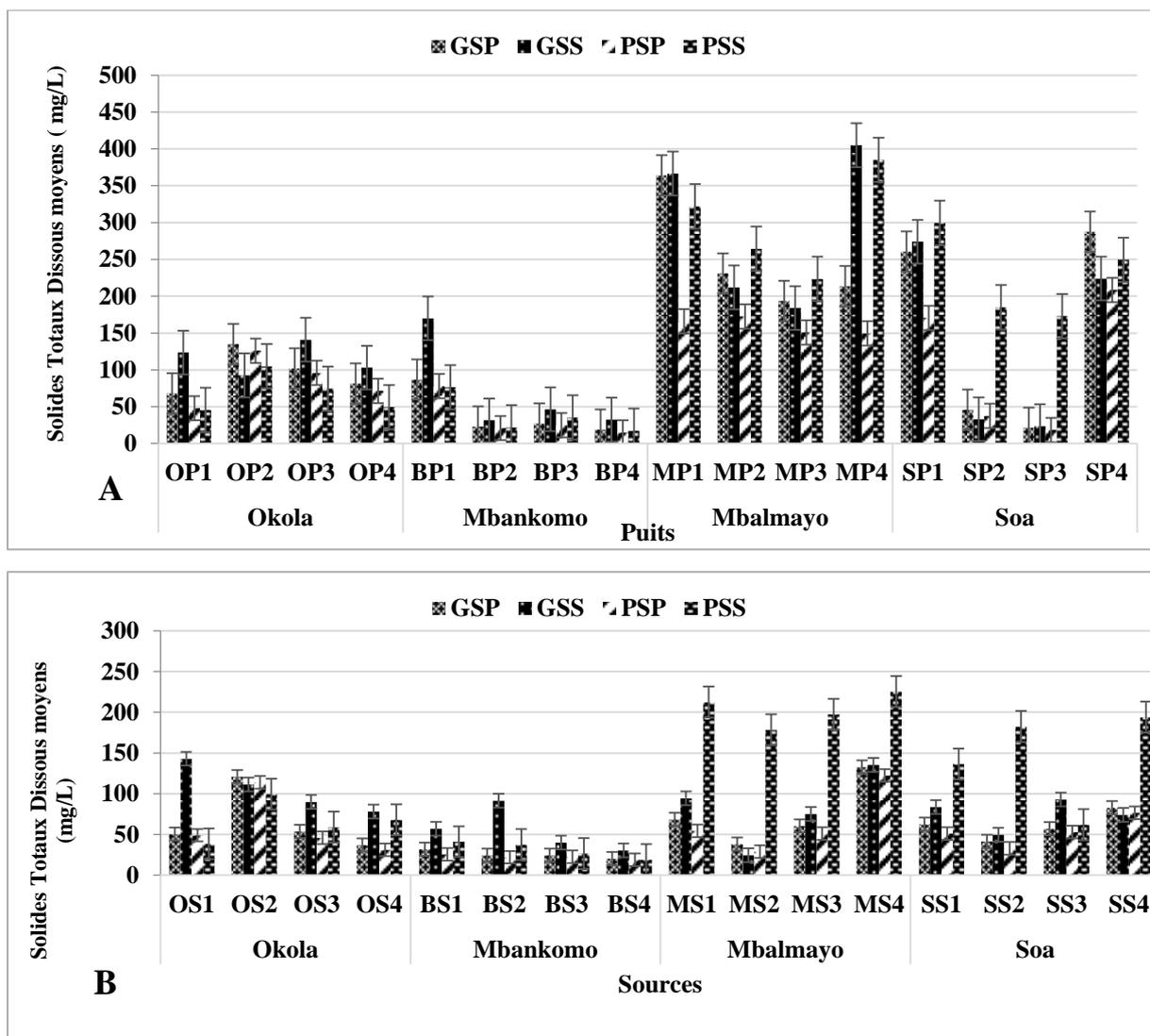
**Tableau XXVI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la conductivité électrique obtenues dans les sources

Sources	Conductivité électrique													
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,030*	0,384	0,471	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,665	0,030*	0,030*
OS2		0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,471	0,471	0,194	0,471	0,312	0,471	0,885
OS3			0,471	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,061	0,061	0,030*	0,042*	0,471	0,194	0,030*
OS4				0,061	0,112	0,030*	0,030*	0,061	0,112	0,030*	0,112	0,665	0,112	0,030*
BS1					0,885	0,471	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,061	0,030*	0,030*
BS2						0,471	0,030	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,061	0,030*	0,030*
BS3							0,030	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
BS4								0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*
MS1								0,194	0,885	0,194	0,885	0,194	0,471	0,885
MS2									0,194	0,194	0,194	0,471	0,194	0,194
MS3										0,194	0,665	0,194	0,665	0,665
MS4											0,194	0,194	0,194	0,194
SS1												0,194	0,665	0,885
SS2													0,312	0,194
SS3														0,665

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihtney

Dans les localités d'Okola et de Mbankomo, les valeurs moyennes des STD sont plus basses pendant toutes les saisons (67,81±10,74 mg/L en GSP; 92,56±41,10 mg/L en GSS; 60,06±9,81 mg/L en PSP; 53,25±19,09 mg/L en PSS dans les puits et 45,44±2,31 mg/L en GSP; 80,19±44,76 mg/L en PSP; 41,13±1,55 mg/L en PSS dans les sources). Ces valeurs de STD sont plus élevées dans les localités de Mbalmayo et de Soa pendant toute la période d'étude (202,19±29,79 mg/L en GSP; 215,25±33,06 mg/L en GSS; 134,25±17,32 mg/L en PSP; 262,75±104,48 mg/L en PSS dans les puits et 68,00±11,67 mg/L en GSP; 78,69±17,59 mg/L en GSS; 58,81±13,52 mg/L en PSP; 173,63±145,66 mg/L en PSS dans les sources). Des valeurs atypiques ont été obtenues dans les puits MP1 (364,00±33,94 mg/L) et MP4 (405,00±132,94 mg/L) à Mbalmayo (Figures 32 A et B).

Sur le plan saisonnier, il n'existe pas de différence significative entre les valeurs des STD enregistrées dans les différents puits ( $P > 0,05$ ). Par contre, au niveau des sources, il existe une différence significative entre la GSP et la GSS ( $p = 0,04174$ ), entre la GSS et le PSP ( $p = 0,01505$ ) et entre la PSP et la PSS ( $p = 0,01943$ ). Sur le plan spatial, il existe des différences significatives entre les valeurs des Solides Totaux Dissous obtenues dans les puits (Tableau XXVII) et les sources (Tableau XXVIII).



**Figure 32:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes des Solides Totaux Dissous (STD) dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXVII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Solides Totaux Dissous obtenues dans les puits

Puits	Solides Totaux Dissous														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,12	0,20	0,470	0,193	0,030*	0,060	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,470	0,31	0,03*
OP2		0,67	0,060	0,312	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,31	0,03*
OP3			0,312	0,885	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,03*
OP4				0,470	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,03*
BP1					0,030*	0,030*	0,030*	0,060	0,030*	0,060	0,060	0,030*	0,312	0,312	0,03*
BP2						0,112	0,312	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,885	0,03*
BP3							0,112	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,03*
BP4								0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,312	0,312	0,03*
MP1									0,312	0,193	0,885	0,312	0,060	0,060	0,31
MP2										0,312	0,66	0,470	0,060	0,060	0,665
MP3											0,470	0,193	0,112	0,060	0,06
MP4												0,885	0,060	0,060	0,88
SP1													0,060	0,060	0,67
SP2														0,193	0,03*
SP3															0,03*

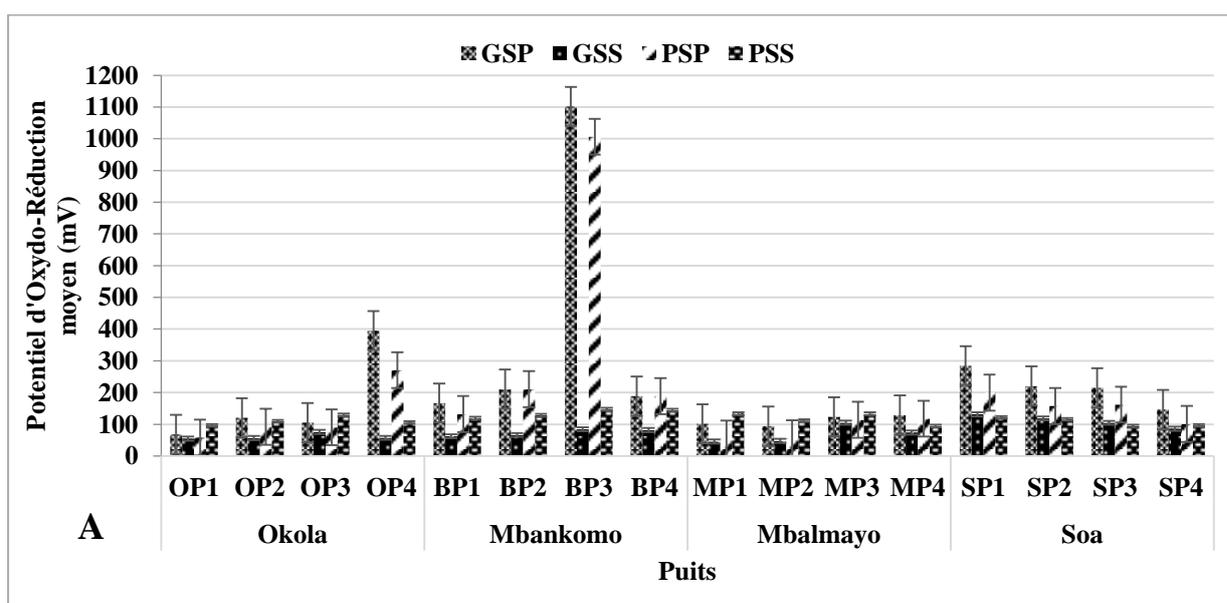
Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

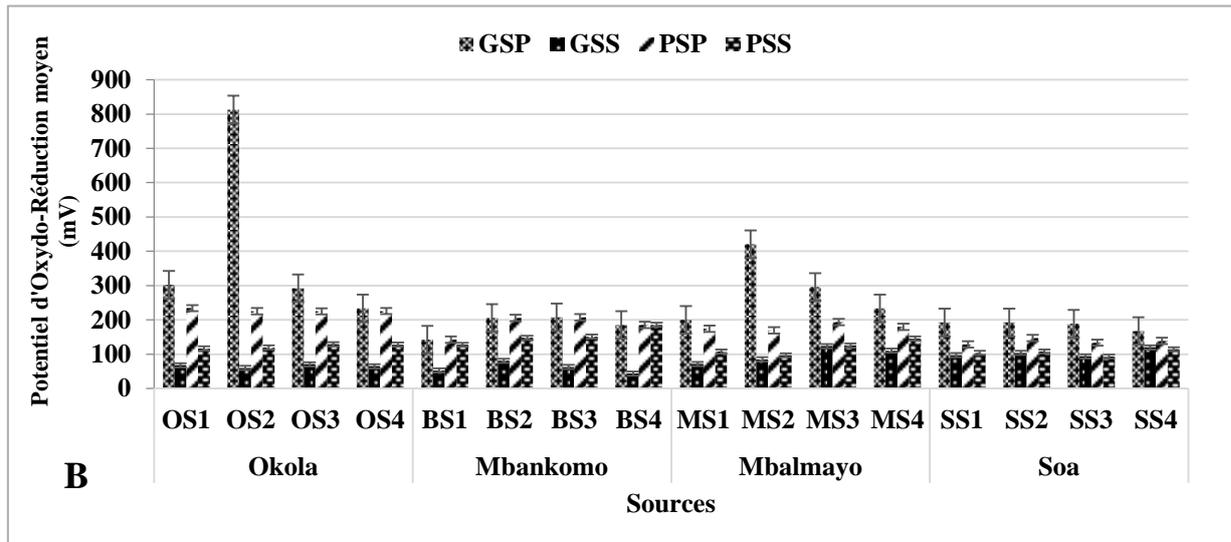
**Tableau XXVIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des Solides Totaux Dissous obtenues dans les sources

Sources	Solides Totaux Dissous														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,312	0,665	0,665	0,312	0,193	0,060	0,029*	0,193	0,312	0,193	0,193	0,312	0,885	0,312	0,193
OS2		0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,029*	0,312	0,312	0,312	0,030*	0,312	0,312	0,030*	0,312
OS3			0,665	0,112	0,312	0,030*	0,029*	0,193	0,312	0,470	0,030*	0,470	0,470	0,665	0,193
OS4				0,470	0,665	0,112	0,029*	0,193	0,665	0,470	0,030*	0,312	0,885	0,665	0,112
BS1					0,665	0,193	0,059	0,060	0,885	0,060	0,030*	0,060	0,312	0,081	0,030*
BS2							0,110	0,112	0,561	0,193	0,030*	0,193	0,312	0,193	0,193
BS3							0,191	0,030*	0,383	0,030*	0,030*	0,030*	0,060	0,030*	0,030*
BS4								0,029*	0,110	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*
MS1									0,665	0,193	0,193	0,665	0,193	0,312	0,885
MS2									0,193		0,193	0,312	0,312	0,312	0,193
MS3										0,193	0,193	0,312	0,199	0,885	0,470
MS4											0,193	0,312	0,193	0,030*	0,193
SS1												0,193	0,193	0,665	0,665
SS2													0,312	0,312	0,193
SS3														0,312	0,193

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les valeurs moyennes du Potentiel d'Oxydo-Réduction ont oscillé entre 78,21mV (GSS) et 229,55 mV (en GSP) dans les puits avec des valeurs très atypiques enregistrées dans le puits BP3 (1101,95 mV pendant la GSP et 1006,45 mV pendant la PSP). Dans les sources, les valeurs ont oscillé entre 81,76 mV (en GSS) et 267,20 mV (en GSP). Un pic a été observé pendant la GSP à la source OS2 (813,1 mV). Dans l'ensemble, les plus fortes valeurs ont été enregistrées pendant les saisons pluvieuses (Figures 33 A et B). Les valeurs du Potentiel d'Oxydo-Réduction enregistrées durant les saisons dans les puits et les sources diffèrent significativement (Tableau XXIX). Sur le plan spatial, il n'existe pas de différence significative entre les valeurs enregistrées au niveau des différentes sources ( $p > 0,05$ ). Par contre, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les puits (Tableau XXX).





**Figure 33:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes du Potentiel d’oxydo-réduction (POR) dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d’étude.

**Tableau XXIX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du Potentiel d’Oxydo-Réduction obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
<b>POR</b>	GSP	7,00E-05*	0,1934	0,04575*	GSP	1,54E-06*	0,03015*	4,66E-06*
	GSS		0,005603*	0,0001768*	GSS		1,55E-06*	0,0001305*
	PSP			0,5847	PSP			9,59E-05*
	PSS				PSS			

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

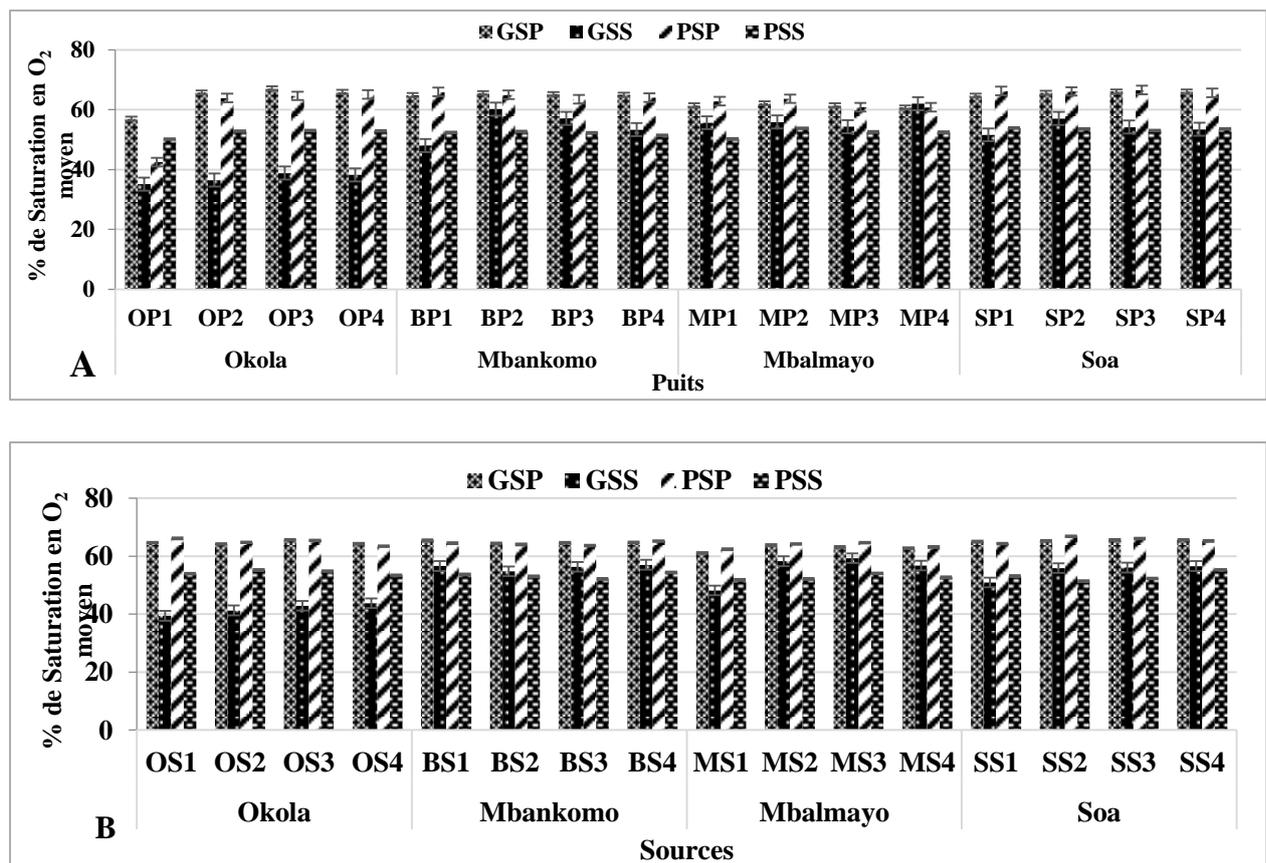
**Tableau XXX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du Potentiel d’Oxydo-Réduction obtenues dans les puits

Puits	Potentiel d’Oxydo-Réduction														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,312	0,112	0,193	0,112	0,110	0,060	0,059	0,885	0,885	0,030*	0,112	0,030*	0,030*	0,060	0,060
OP2		0,885	0,470	0,312	0,191	0,193	0,191	0,665	0,470	0,193	0,665	0,030*	0,112	0,312	0,885
OP3			0,470	0,470	0,467	0,193	0,191	0,665	0,470	0,312	0,885	0,060	0,112	0,312	0,885
OP4				0,885	0,884	0,470	0,884	0,193	0,193	0,885	0,665	0,885	0,885	0,665	0,470
BP1					0,467	0,312	0,309	0,312	0,112	0,885	0,470	0,312	0,885	0,885	0,665
BP2						0,467	0,883	0,191	0,110	0,467	0,467	0,884	0,884	0,884	0,467
BP3							0,467	0,112	0,112	0,312	0,193	0,665	0,665	0,665	0,312
BP4								0,110	0,110	0,309	0,191	0,663	0,884	0,884	0,467
MP1									0,885	0,312	0,665	0,112	0,112	0,193	0,665
MP2										0,060	0,193	0,030*	0,030*	0,146	0,312
MP3											0,470	0,193	0,312	0,885	0,312
MP4												0,060	0,193	0,470	0,885
SP1													0,470	0,470	0,112
SP2														0,665	0,112
SP3															0,312

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

### III.1.2.4. Pourcentage de saturation en Oxygène, CO<sub>2</sub> dissous et Orthophosphates

Les figures 34, 35 et 36 présentent respectivement les variations spatio-temporelles du pourcentage de saturation en oxygène, les teneurs de l'eau en CO<sub>2</sub> dissous ainsi que les valeurs de l'orthophosphate dans les puits et les sources étudiés. Le pourcentage de saturation en oxygène dans les puits a montré que les eaux sont faibles à moyennement oxygénées, avec des taux de saturation oscillant entre 35,15 % et 67,10 %, pour une moyenne de  $57,56 \pm 11,96$  % (Figure 34 A). Dans les sources, des valeurs du pourcentage de saturation en oxygène sont comprises entre 39,45 et 66,90 pour une moyenne de  $58,65 \pm 6,88$  % (Figure 34 B). Les valeurs du pourcentage de saturation en oxygène sont globalement similaires dans les puits et les sources. Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les valeurs de l'oxygène obtenues dans les sources et les puits pendant (Tableau XXXI). Par contre sur le plan spatial, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs obtenues aux différents points d'eau ( $p > 0,05$ ).



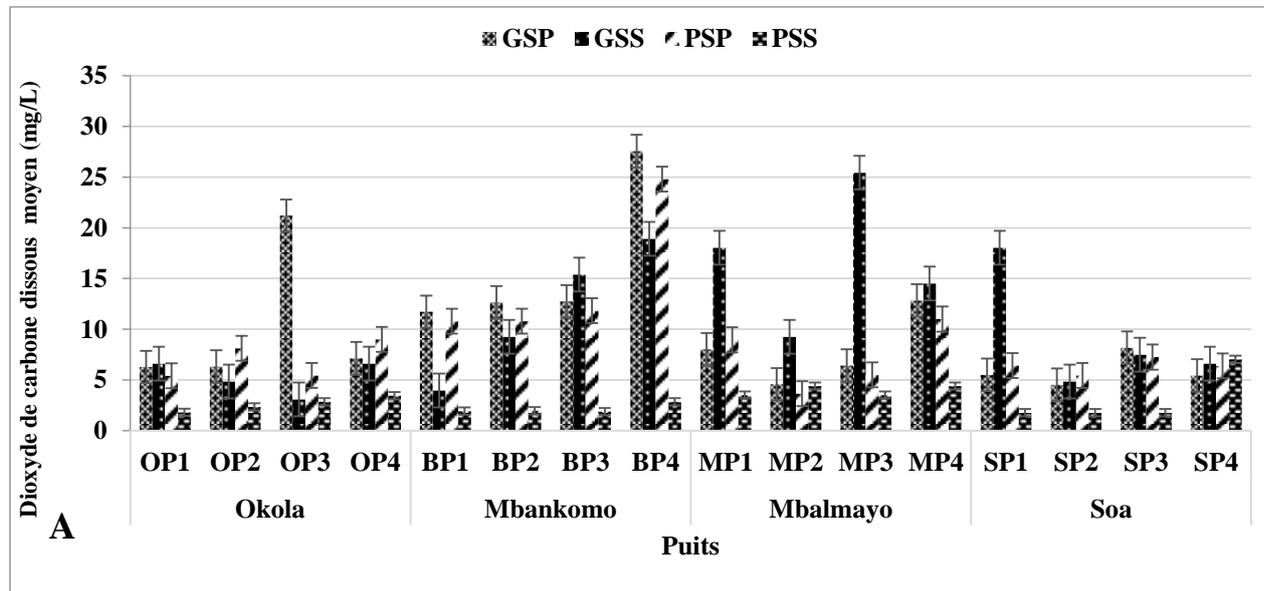
**Figure 34:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes du pourcentage de saturation en oxygène dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

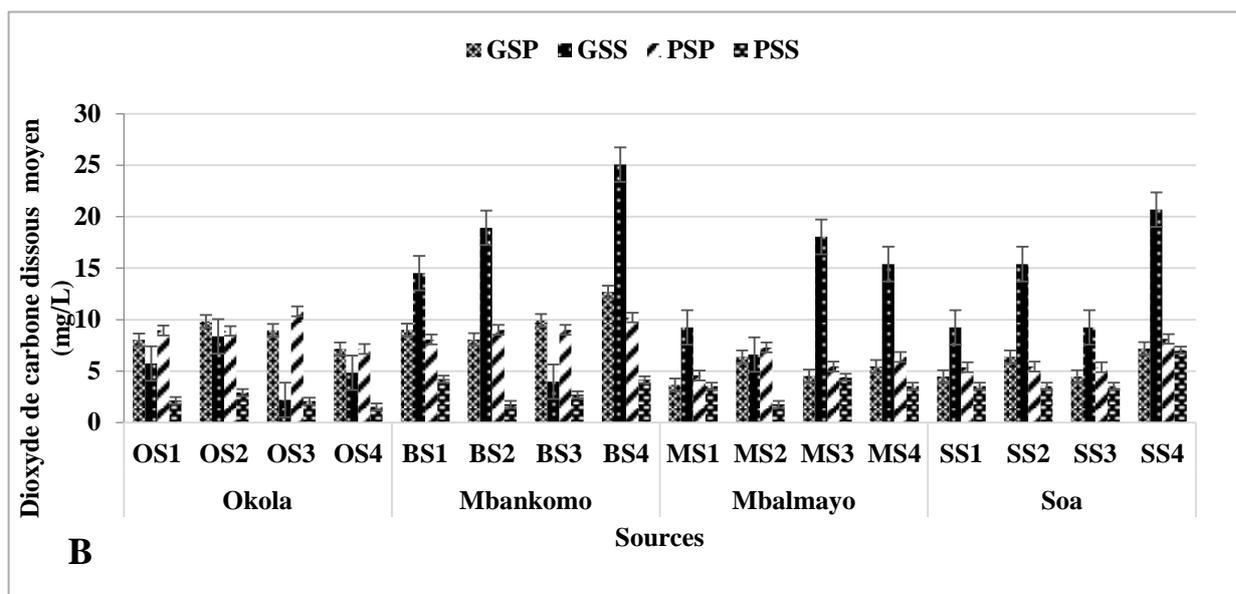
**Tableau XXXI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du pourcentage de saturation en oxygène obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
% de saturation en O <sub>2</sub>	GSP	5,56E-06	0,6922	1,54E-06	GSP	1,54E-06	0,8801	1,54E-06
	GSS		1,89E-05	0,3179	GSS		1,55E-06	0,2827
	PSP			2,64E-05	PSP			1,54E-06

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Pour ce qui est des valeurs du CO<sub>2</sub> dissous, elles ont oscillé autour d'une moyenne de  $8,16 \pm 6,91$  mg/L dans les puits et  $7,44 \pm 6,18$  mg/L dans les sources. Les valeurs du CO<sub>2</sub> dissous des puits et des sources ont été très variables pendant toutes les saisons avec des pics observés dans le puits BP4 (27,58 mg/L pendant la GSP) et dans la source BS4 (25,08 mg/L pendant la GSS) à Mbankomo (Figures 35 A et B). Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les valeurs du CO<sub>2</sub> obtenues dans les sources et les puits (Tableau XXXII). Par contre sur le plan spatial, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs obtenues aux différents points d'eau.





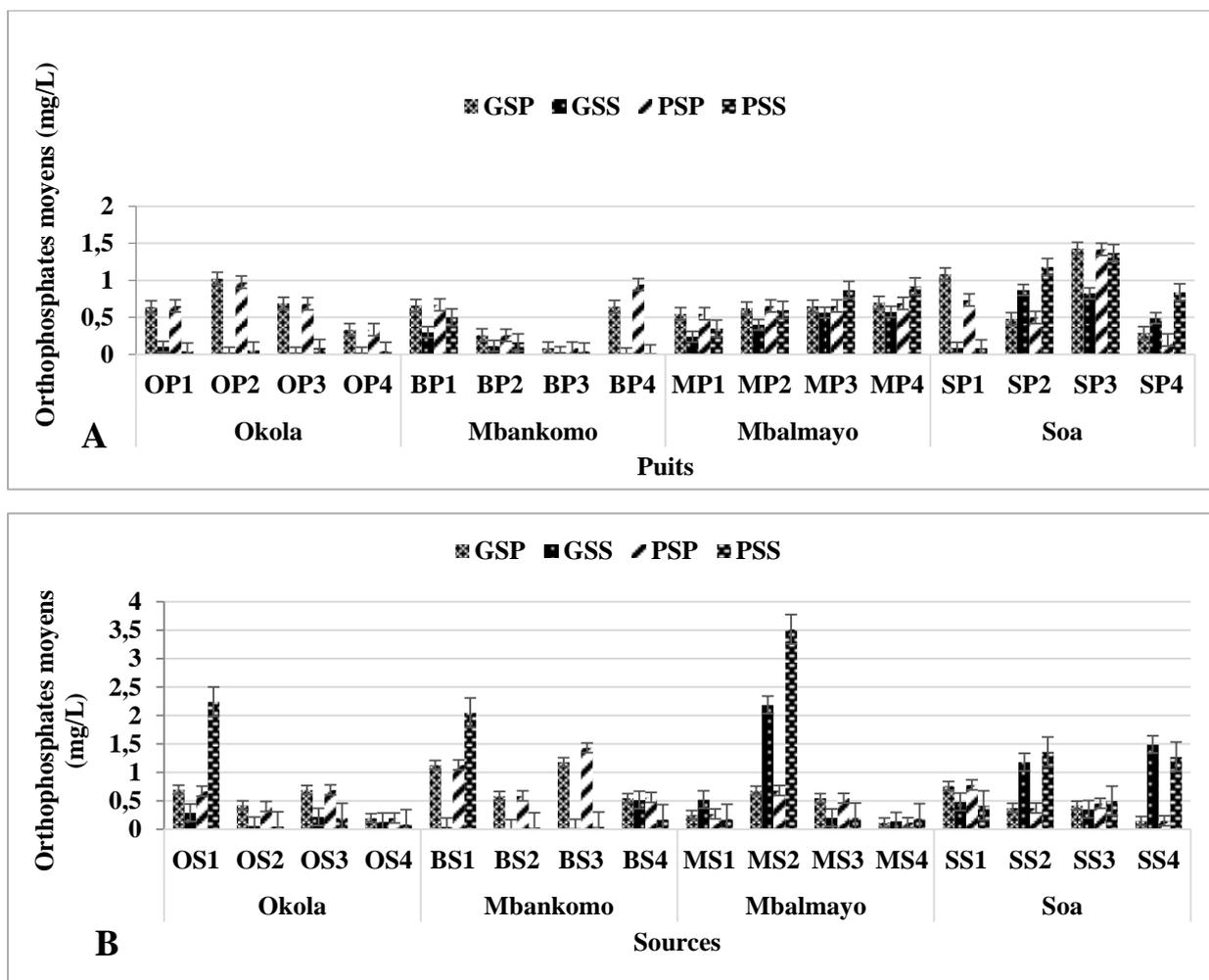
**Figure 35:** Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en CO<sub>2</sub> dissous dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXXII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs du CO<sub>2</sub> dissous obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
CO <sub>2</sub> dissous	GSP	0,7201	0,6645	5,51E-06*	GSP	0,05684	0,5972	9,11E-06*
	GSS		0,5337	1,84E-05*	GSS		0,07321	3,53E-05*
	PSP			7,83E-06*	PSP			4,46E-06*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les orthophosphates présentent des valeurs oscillantes entre 0,02 (au BP4 pendant la GSS et la PSS) et 1,43 mg/L (au puits SP1 à Soa pendant la GSP) et de 0,02 (aux sources BS2 et BS3 à Mbankomo pendant la GSS) à 3,52 mg/L (pendant PSS à la source MS2 à Mbalmayo) respectivement dans les puits et les sources (Figures 36 A et B). Les plus grandes valeurs dans les puits ont été enregistrées dans la localité de Soa 1,37 à 1,43 mg/L (SP3 pendant les PSS et GSP) et dans la localité de Mbalmayo (2,19 à 3,52 mg/L pendant la GSS et la PSS à MS2) pour ce qui est des sources. Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les valeurs de l'orthophosphate obtenues dans les puits entre la GSP et GSS ( $p= 0,005586$ ) et entre la GSS et PSP ( $p= 0,005568$ ). Par contre, les valeurs saisonnières enregistrées au niveau des sources ne diffèrent pas significativement ( $p>0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs de l'orthophosphates enregistrées dans les puits (Tableau XXXIII) et les sources (Tableau XXXIV).



**Figure 36:** Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en orthophosphates dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXXIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'orthophosphate obtenues dans les puits

Puits	Orthophosphate														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,885	0,885	0,467	0,312	0,884	0,110	0,884	0,884	0,771	0,245	0,112	0,665	0,312	0,030*	0,665
OP2		0,771	0,559	0,885	0,884	0,663	0,309	0,884	0,885	0,885	0,885	0,665	0,665	0,112	0,885
OP3			0,559	0,885	0,884	0,309	0,663	0,884	0,885	0,665	0,146	0,470	0,312	0,030*	0,665
OP4				0,110	0,883	0,661	0,883	0,108	0,029*	0,029*	0,029*	0,309	0,029*	0,029*	0,309
BP1					0,0294*	0,029*	0,663	0,467	0,885*	0,665	0,112	0,885	0,561	0,030*	0,470
BP2						0,028*	0,883	0,108	0,029*	0,029*	0,029*	0,884	0,029*	0,029*	0,110
BP3							0,883	0,028*	0,029*	0,029*	0,029*	0,110	0,029*	0,029*	0,029*
BP4								0,883	0,884	0,467	0,467	0,467	0,467	0,059	0,884
MP1									0,110	0,029*	0,029*	0,884	0,309	0,029*	0,884
MP2										0,383	0,19	0,885	0,665	0,030*	0,470
MP3											0,470	0,885	0,885	0,060	0,193
MP4												0,885	0,885	0,060	0,193
SP1													0,470	0,060	0,885
SP2														0,112	0,193
SP3															0,060

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau XXXIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'orthophosphate obtenues dans les sources

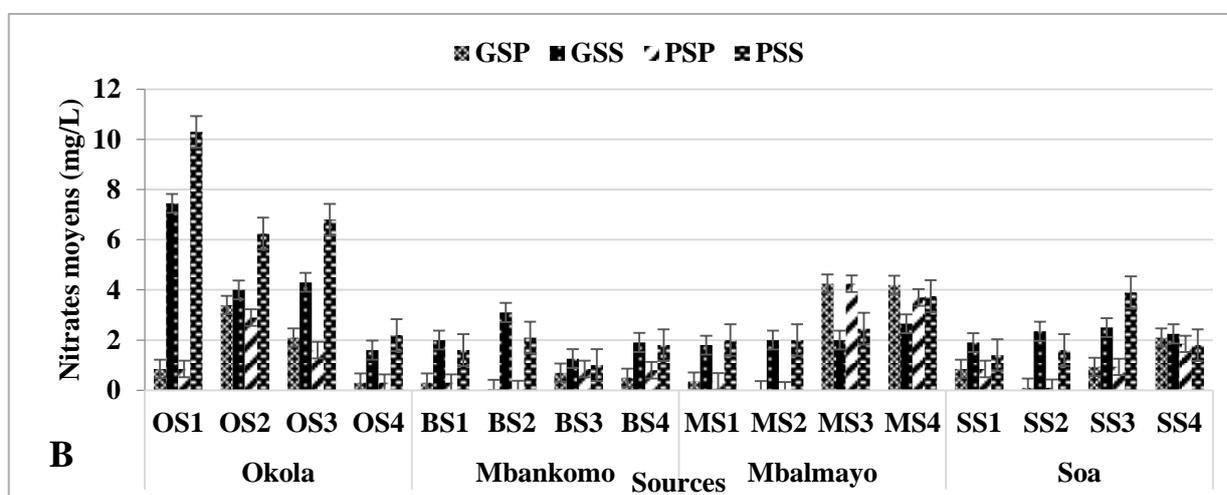
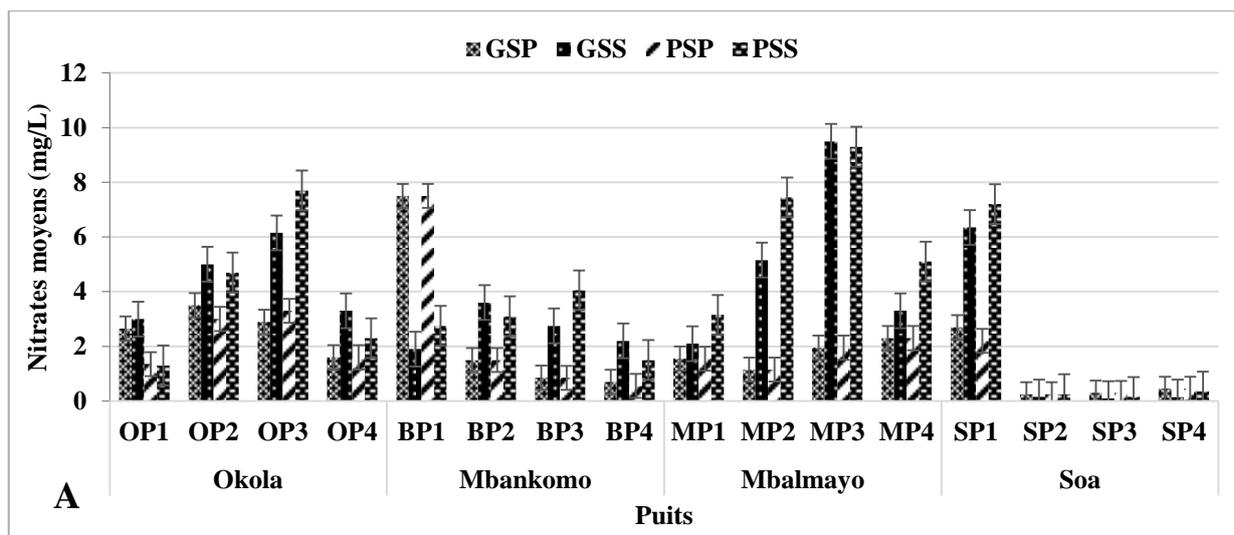
Sources	Orthophosphate														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,112	0,309	0,029*	0,884	0,110	0,665	0,193	0,060	0,467	0,108	0,029*	0,885	0,885	0,312	0,663
OS2		0,309	0,884	0,309	0,884	0,885	0,112	0,665	0,029*	0,306	0,884	0,060	0,312	0,193	0,309
OS3			0,0530	0,306	0,306	0,884	0,661	0,663	0,306	0,659	0,0284*	0,309	0,309	0,884	0,883
OS4				0,306	0,883	0,884	0,110	0,110	0,028*	0,0274*	0,661	0,029*	0,029*	0,029*	0,306
BS1					0,108	0,770	0,309	0,309	0,661	0,303	0,306	0,309	0,884	0,309	0,883
BS2						0,467	0,884	0,884	0,028*	0,883	0,883	0,309	0,309	0,884	0,306
BS3							0,885	0,885	0,309	0,883	0,884	0,885	0,771	0,885	0,467
BS4								0,470	0,029*	0,881	0,059	0,66	0,665	0,312	0,884
MS1									0,029*	0,661	0,050	0,11	0,112	0,312	0,884
MS2										0,027*	0,028*	0,309	0,309	0,029*	0,306
MS3											0,02747*	0,306	0,306	0,883	0,883
MS4												0,029*	0,029*	0,029*	0,108
SS1													0,885	0,245	0,884
SS2														0,665	0,884
SS3															0,884

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

### III.1.2.5. Nitrates et Azote Ammoniacal

Les variations spatiales des valeurs saisonnières de nitrates et d'azote ammoniacal sont respectivement présentées dans les figures 37 et 38. Parlant des nitrates, ils présentent des valeurs oscillant entre 0,09 (au puits SP3 pendant la GSS) et 9,50 mg/L (au puits MP3 pendant la GSS) et de 0,00 (à la source MS2 pendant la GSP) à 10,30 mg/L (pendant PSS à la source OS1) respectivement dans les puits et les sources (Figures 37 A et B). Les plus grandes valeurs dans les puits ont été enregistrées dans la localité de Mbalmayo 9,30 à 10,30 mg/L (au puits MP3 pendant les GSS et PSS) et dans la localité d'Okola (7,45 à 10,30 mg/L pendant la GSS et la PSS à la source OS1) pour ce qui est des sources.

Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les valeurs des nitrates obtenues dans les sources entre la GSP et GSS ( $p=0,007843$ ), entre la GSS et PSP ( $p=0,001531$ ), entre la PSP et PSS ( $p=0,005564$ ) et entre la PSS et la PSP ( $p=0,001632$ ). Pour ce qui est des puits, les valeurs saisonnières des nitrates enregistrées ne présentent aucune différence significative ( $p>0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe des différences significatives entre les valeurs des nitrates enregistrées dans les puits (Tableau XXXV) et les sources (Tableau XXXVI).



**Figure 37:** Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en nitrates dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXXV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des nitrates obtenues dans les puits

Puits	Nitrates														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,042*	0,060	0,663	0,191	0,309	0,884	0,312	0,663	0,884	0,309	0,309	0,193	0,026*	0,029*	0,029*
OP2		0,885	0,059	0,884	0,191	0,110	0,030*	0,059	0,884	0,884	0,467	0,885	0,026*	0,029*	0,029*
OP3			0,079	0,663	0,191	0,110	0,030*	0,059	0,467	0,884	0,242	0,665	0,026*	0,029*	0,029*
OP4				0,188	0,883	0,883	0,110	0,465	0,883	0,306	0,230	0,191	0,025*	0,028*	0,028*
BP1					0,306	0,239	0,059	0,188	0,306	0,661	0,661	0,663	0,025*	0,028*	0,028*
BP2						0,661	0,183	0,883	0,883	0,306	0,465	0,309	0,025*	0,028*	0,028*
BP3							0,309	0,883	0,306	0,306	0,465	0,309	0,025*	0,028*	0,028*
BP4								0,191	0,309	0,110	0,029*	0,042	0,026*	0,029*	0,029*
MP1									0,883	0,306	0,108	0,110	0,025*	0,028*	0,028*
MP2										0,883	0,306	0,883	0,663	0,025*	0,028*
MP3											0,883	0,884	0,025*	0,028*	0,028*
MP4												0,663	0,025*	0,028*	0,028*
SP1													0,026*	0,029*	0,029*
SP2														0,029*	0,297
SP3															0,188

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihtney

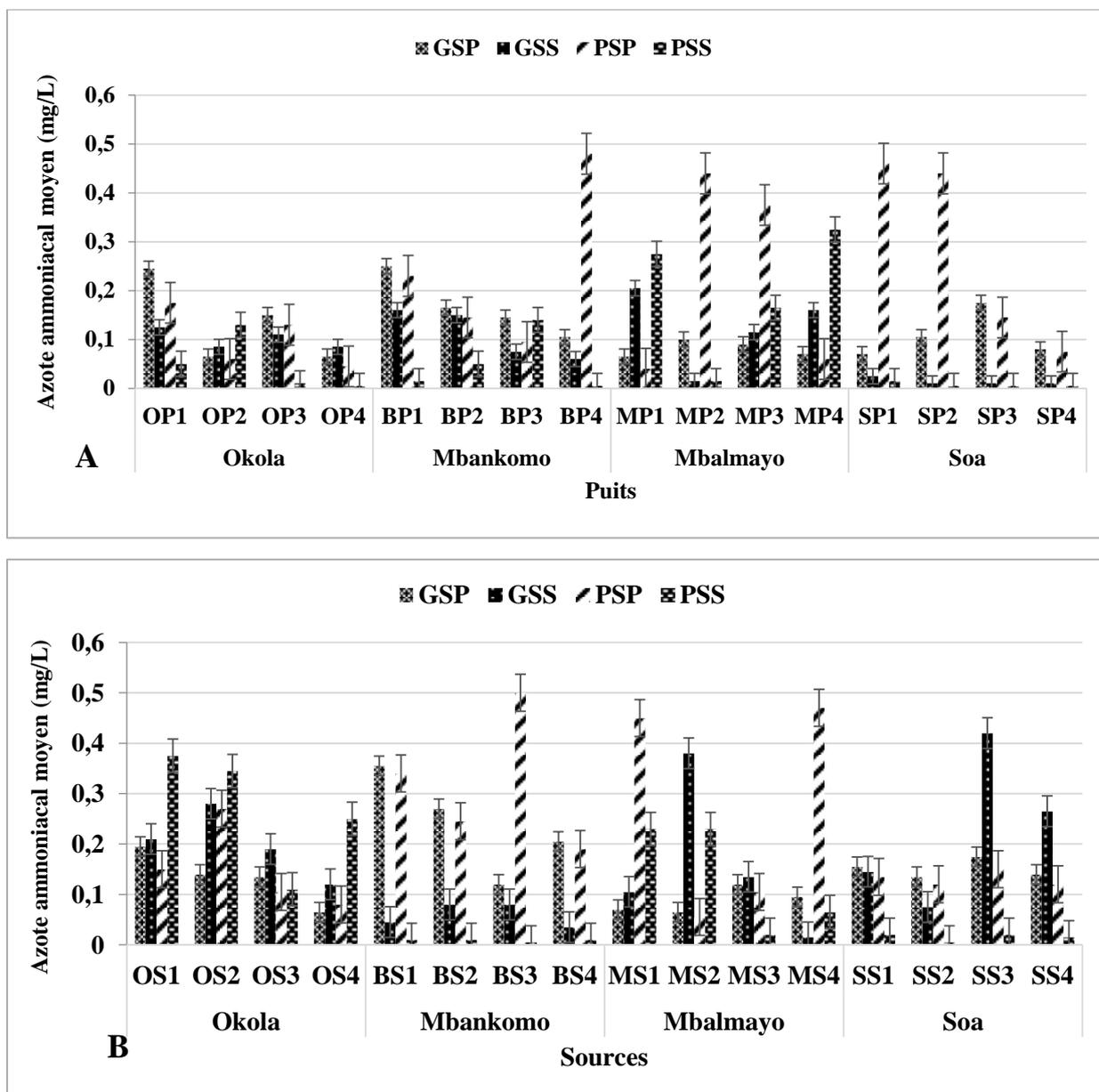
**Tableau XXXVI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs des nitrates obtenues dans les sources

Sources	Nitrates														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,884	0,884	0,306	0,306	0,306	0,459	0,309	0,306	0,303	0,883	0,884	0,644	0,306	0,883	0,884
OS2		0,882	0,029*	0,029*	0,059	0,030*	0,030*	0,029*	0,028*	0,663	0,885	0,029*	0,029*	0,110	0,030*
OS3			0,144	0,079	0,242	0,030*	0,112	0,110	0,108	0,884	0,885	0,059	0,144	0,309	0,561
OS4					0,883	0,884	0,663	0,661	0,659	0,057	0,029*	0,883	0,768	0,306	0,191
BS1					0,883	0,884	0,663	0,556	0,880	0,039*	0,029*	0,883	0,768	0,306	0,110
BS2						0,884	0,884	0,883	0,303	0,188	0,059	0,883	0,883	0,465	0,770
BS3							0,885	0,884	0,883	0,029*	0,030*	0,459	0,884	0,309	0,0*
BS4								0,770	0,883	0,029*	0,030*	0,884	0,663	0,309	0,146
MS1									0,880	0,039*	0,029*	0,883	0,661	0,306	0,144
MS2										0,051	0,028*	0,883	0,659	0,303	0,306
MS3											0,884	0,028*	0,057	0,306	0,110
MS4												0,029*	0,029*	0,191	0,030*
SS1													0,883	0,306	0,110
SS2														0,306	0,309
SS3															0,884

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les teneurs de l'azote ammoniacal dans les puits (Figure 38 A) varient entre 0,01 (OP3, OP4, SP2, SP3, SP4 pendant la PSS et SP2, SP3, SP4 pendant la PSP) et 0,48 mg/L (au puits BP4 pendant la PSP). Dans les sources, ces teneurs en azote ammoniacal oscillent entre 0,01 (sources BS1, BS2, BS3, BS4 et SS2 pendant la PSS) et 0,50 mg/L (source BS3 pendant la PSP). Les teneurs les plus élevées dans les puits ont été obtenues pendant la PSP dans les localités de Mbankomo (0,48 mg/l à BP4), Mbalmayo (0,44 mg/L au puits MP2 et 0,38 mg/L au puits MP3) et Soa (0,46 au puits SP1 et 0,44 au puits SP2). Dans les sources (Figure 38 B) par contre, ces teneurs élevées varient d'une localité à une autre en fonction des saisons.

Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les valeurs de l'azote ammoniacal obtenues dans les puits et les sources (Tableau XXXVII). Sur le plan spatial, il existe des différences significatives entre les valeurs de l'azote ammoniacal enregistrées entre les sources OS1-MS1, OS2-MS3, OS1-SS2 et OS2-SS2 ( $p=0,033038$ ). Il existe aussi une différence significative entre les valeurs de l'azote ammoniacal obtenues entre les puits OP4-MP3 et entre MP3-SP4 ( $p=0,03038$ ).



**Figure 38:** Variation spatio-temporelle des teneurs moyennes en azote ammoniacal dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

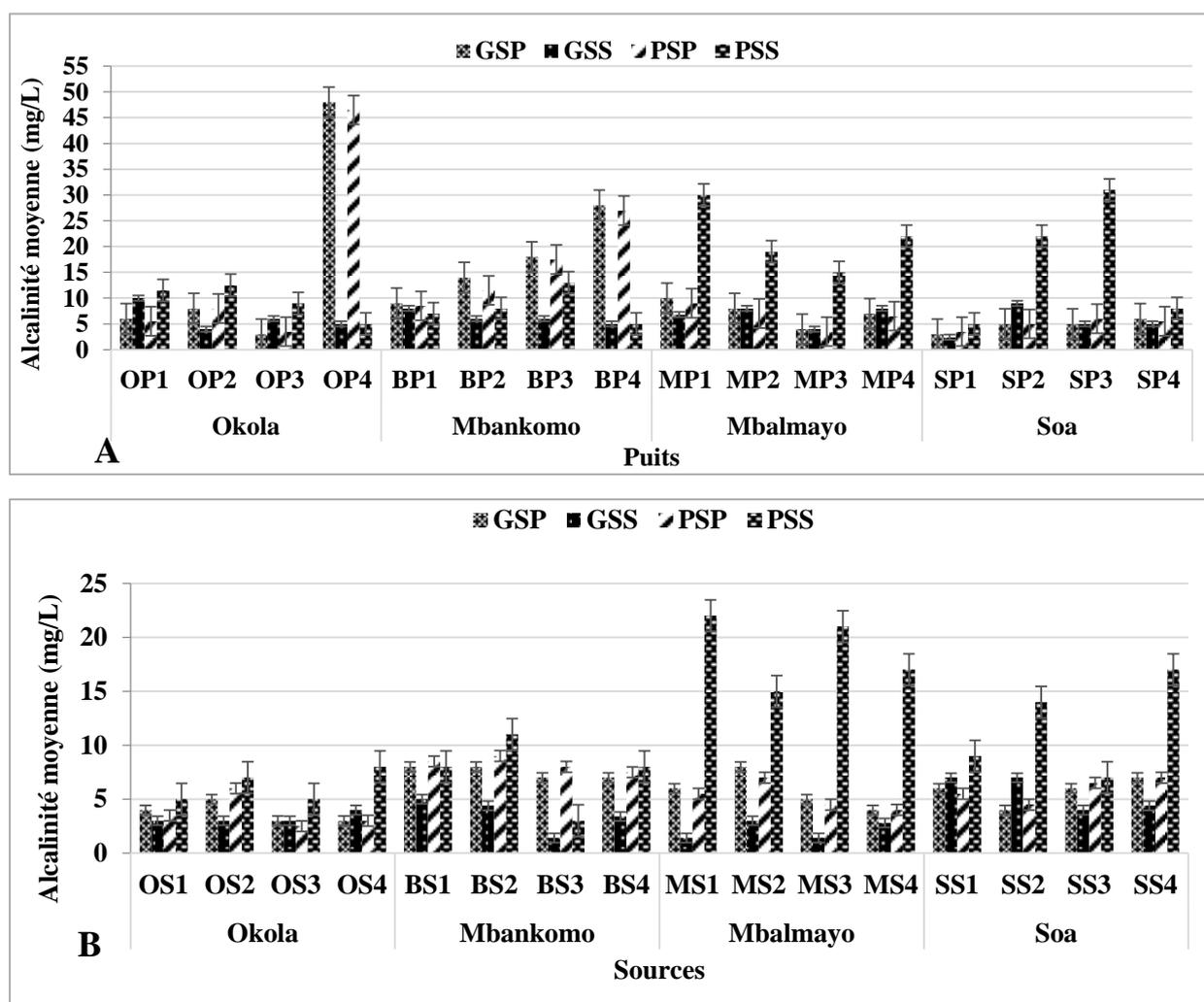
**Tableau XXXVII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'azote ammoniacal obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

Azote ammoniacal	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
	GSP	0,2421	0,4065	0,01725*	GSP	0,8356	0,3852	0,06169
	GSS		0,03795*	0,1917	GSS		0,2061	0,05922
	PSP			0,002832*	PSP			0,01345*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wiwhitney

### III.1.2.6. Alcalinité, Oxydabilité et Salinité

Dans les puits, les valeurs de l'alcalinité sont comprises entre 2,40 mg/L (puits SP1 pendant la GSS) et 48,00 mg/L (puits OP4 pendant la GSP). (Figure 39 A). Dans les sources, ces valeurs ont oscillé entre de 0,02 mg/L (à la source MS4 pendant la GSS) et 1,40 mg/L (puits BP3, MP1 et MP3 pendant la GSS). Les valeurs élevées de l'alcalinité dans les puits ont été obtenues dans la localité d'Okola (48,00 et 46,50 mg/L pendant la GSP et la PSP respectivement); tandis que dans les sources, les valeurs les plus élevées ont été obtenues pendant la PSS dans toutes les localités de l'étude (Figure 39 B). Sur le plan saisonnier, il existe des différences significatives entre les valeurs de l'alcalinité obtenues dans les sources et les puits (Tableau XXXVIII). Sur le plan spatial, il existe également des différences significatives entre les valeurs enregistrées au niveau des puits (Tableau XXXIX) et des sources (Tableau XL).



**Figure 39:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de l'alcalinité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XXXVIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

Alcalinité	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
	GSP	0,2171	0,8949	0,1257	GSP	0,004107*	0,9095	0,002709*
GSS		0,2892	0,002096*	GSS		0,004287*	2,89E-05*	
PSP			0,09282	PSP			0,004605*	

Légende: \*= Différence significative

**Tableau XXXIX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues dans les puits

Puits	Alcalinité														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,884	0,245	0,884	0,885	0,465	0,146	0,884	0,561	0,663	0,309	0,665	0,030*	0,663	0,559	0,306
OP2		0,309	0,661	0,882	0,657	0,191	0,661	0,467	0,877	0,456	0,882	0,059	0,883	0,883	0,459
OP3			0,309	0,245	0,146	0,081	0,309	0,081	0,191	0,770	0,193	0,306	0,380	0,559	0,771
OP4				0,884	0,884	0,884	0,644	0,884	0,883	0,108	0,884	0,054	0,644	0,644	0,882
BP1					0,771	0,312	0,884	0,383	0,383	0,309	0,661	0,030*	0,661	0,309	0,081
BP2						0,383	0,884	0,885	0,882	0,309	0,882	0,030*	0,663	0,380	0,108
BP3							0,884	0,885	0,884	0,110	0,885	0,030*	0,467	0,380	0,081
BP4								0,884	0,883	0,108	0,884	0,054	0,644	0,877	0,882
MP1								0,663	0,663	0,191	0,470	0,030*	0,380	0,309	0,060
MP2										0,188	0,766	0,029*	0,883	0,306	0,103
MP3											0,191	0,242	0,188	0,188	0,309
MP4												0,030*	0,770	0,309	0,146
SP1													0,054	0,054	0,042*
SP2														0,877	0,882
SP3															0,191

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

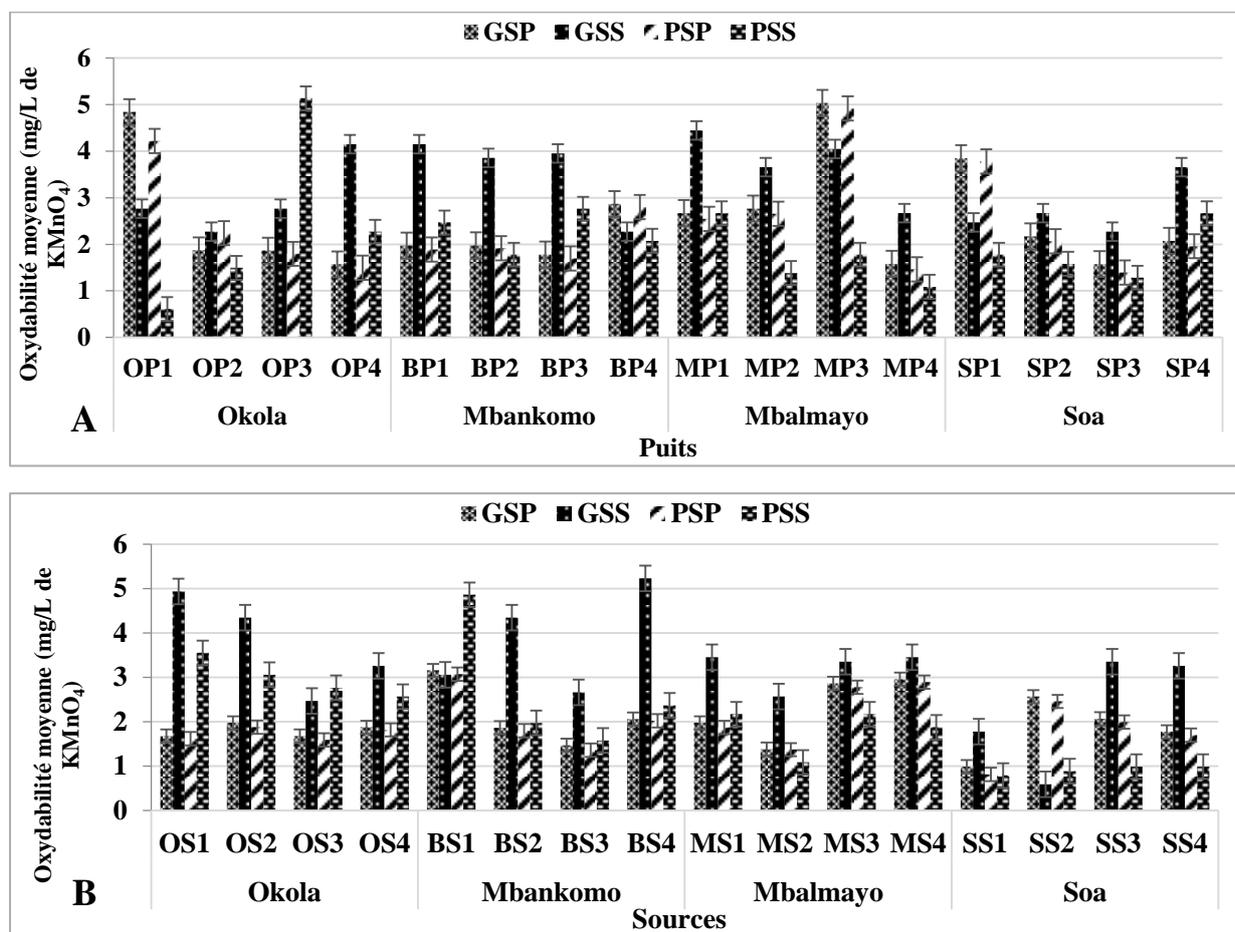
**Tableau XL:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'alcalinité obtenues dans les sources

Sources	Alcalinité														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,306	0,371	0,371	0,040*	0,060	0,060	0,193	0,312	0,245	0,561	0,882	0,030*	0,146	0,081	0,059
OS2		0,136	0,657	0,144	0,193	0,883	0,245	0,312	0,306	0,771	0,663	0,306	0,771	0,661	0,300
OS3			0,441	0,039*	0,059	0,657	0,059	0,309	0,103	0,559	0,465	0,029*	0,110	0,059	0,057
OS4				0,101	0,079	0,079	0,380	0,663	0,371	0,663	0,881	0,191	0,242	0,380	0,188
BS1					0,657	0,183	0,300	0,663	0,882	0,380	0,306	0,884	0,467	0,191	0,661
BS2						0,146	0,245	0,665	0,771	0,665	0,309	0,561	0,665	0,193	0,770
BS3							0,465	0,465	0,377	0,377	0,884	0,561	0,561	0,561	0,459
BS4								0,665	0,883	0,665	0,663	0,663	0,665	0,383	0,882
MS1									0,665	0,561	0,663	0,661	0,885	0,771	0,663
MS2										0,665	0,663	0,771	0,771	0,383	0,882
MS3											0,663	0,312	0,663	0,665	0,663
MS4												0,309	0,459	0,459	0,239
SS1													0,771	0,661	0,882
SS2														0,883	0,657
SS3															0,300

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

L'oxydabilité a présenté des valeurs allant de 0,61 à 5,13 mg/L (Figure 40 A) dans les eaux de puits pour 0,59 à 5,25 mg/L dans les eaux des sources. La GSS a été la saison pendant

laquelle les plus grandes valeurs d'oxydabilité ont été enregistrées dans les sources (Figure 40 B). Cependant, elles ont été très variables dans les puits et dans toutes les localités d'étude. Sur le plan temporel, il existe des différences significatives entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues dans les sources et les puits (Tableau XLI). Sur le plan spatial, une différence significative a été observée entre les valeurs enregistrées aux puits (Tableau XLII) et aux sources (Tableau XLIII).



**Figure 40:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de l'oxydabilité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'été.

**Tableau XLI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
Oxydabilité	GSP	0,01662*	0,6923	0,1411	GSP	0,0007389*	0,5977	0,985
	GSS		0,007837*	0,0007176*	GSS		0,000561*	0,007002*
	PSP			0,266	PSP			0,8064
	PSS				PSS			

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

**Tableau XLII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues dans les puits

Puits	Oxydabilité														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,312	0,312	0,470	0,470	0,470	0,561	0,665	0,665	0,665	0,470	0,312	0,665	0,312	0,312	0,470
OP2		0,665	0,771	0,312	0,885	0,665	0,146	0,030*	0,312	0,193	0,470	0,193	0,885	0,383	0,312
OP3			0,470	0,885	0,885	0,561	0,665	0,885	0,885	0,885	0,112	0,885	0,665	0,112	0,885
OP4				0,561	0,885	0,665	0,561	0,193	0,885	0,193	0,470	0,470	0,885	0,383	0,665
BP1					0,665	0,665	0,665	0,193	0,885	0,470	0,193	0,470	0,885	0,112	0,885
BP2							0,312	0,193	0,885	0,245	0,193	0,771	0,885	0,193	0,470
BP3							0,665	0,665	0,885	0,146	0,112	0,771	0,665	0,112	0,885
BP4								0,665	0,885	0,312	0,112	0,665	0,193	0,081	0,771
MP1									0,885	0,470	0,081	0,665	0,081	0,030*	0,383
MP2										0,193	0,312	0,665	0,470	0,193	0,383
MP3											0,060	0,245	0,193	0,060	0,312
MP4												0,112	0,306	0,885	0,146
SP1													0,312	0,060	0,665
SP2														0,193	0,561
SP3															0,112

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

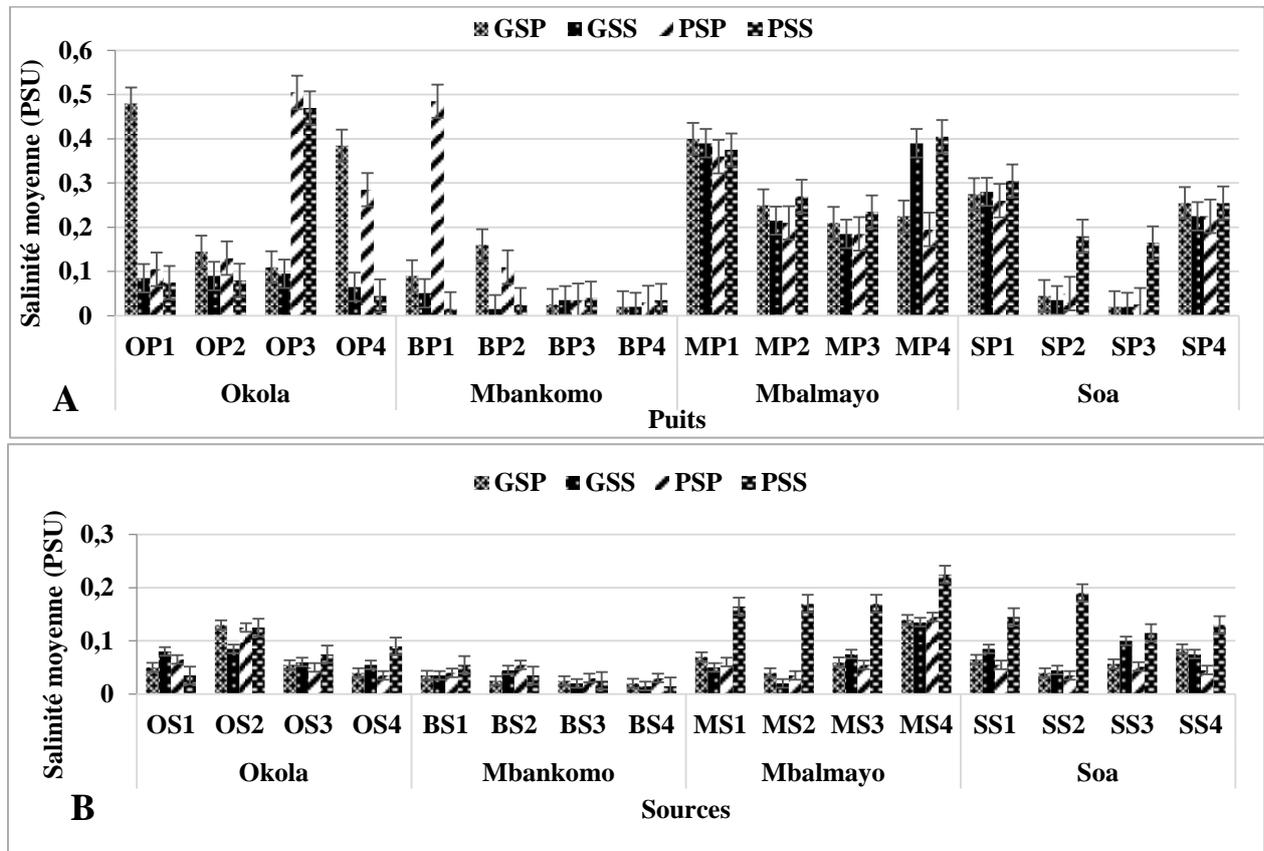
**Tableau XLIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de l'oxydabilité obtenues dans les sources

Sources	Oxydabilité														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,885	0,470	0,885	0,885	0,885	0,112	0,665	0,885	0,112	0,885	0,885	0,112	0,312	0,665	0,665
OS2		0,312	0,561	0,245	0,383	0,112	0,665	0,771	0,112	0,885	0,885	0,030*	0,312	0,885	0,193
OS3			0,470	0,030*	0,665	0,193	0,665	0,665	0,193	0,112	0,112	0,112	0,470	0,885	0,885
OS4				0,193	0,885	0,193	0,665	0,885	0,146	0,312	0,470	0,030*	0,470	0,885	0,245
BS1					0,193	0,030*	0,312	0,193	0,030*	0,193	0,193	0,030*	0,030*	0,193	0,193
BS2						0,193	0,193	0,470	0,193	0,312	0,470	0,030*	0,665	0,885	0,193
BS3							0,193	0,193	0,470	0,060	0,060	0,193	0,665	0,665	0,665
BS4								0,470	0,193	0,470	0,885	0,030*	0,665	0,470	0,193
MS1									0,193	0,383	0,561	0,030*	0,665	0,885	0,193
MS2										0,060	0,060	0,193	0,885	0,665	0,665
MS3											0,665	0,030*	0,112	0,245	0,193
MS4												0,030*	0,112	0,470	0,193
SS1													0,665	0,112	0,312
SS2														0,665	0,665
SS3															0,561

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations de la salinité dans les puits (Figure 41 A) étudiés ont présenté des valeurs oscillant entre 0,02 (puits BP4, SP3 pendant la GSP, BP2, BP4, SP3 pendant la GSS et BP1 pendant la PSS) et 0,51 PSU (le puits OP3 pendant la PSP). Dans les sources (Figure 41 B), ces variations ont été comprises entre 0,01 (sources BS4, MS1 pendant la GSS et la PSS) et 0,15 PSU (MS4 pendant la GSP). Dans les puits, les valeurs de la salinité ont fluctué d'une saison à une autre et d'une localité à une autre. Par contre dans les sources, elles ont été plus élevées pendant la PSS dans les localités de Mbalmayo et de Soa. Sur le plan saisonnier, il existe des différences significatives entre les valeurs de la salinité obtenues dans les sources durant les saisons PSS-GSP ( $p=0,0397$ ), PSS-GSS ( $p=0,03972$ ), PSS-PSP, ( $p=0,03424$ ). Par contre, aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs obtenues dans les différents puits. Sur

le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs de la salinité enregistrées dans les puits (Tableau XLIV) et dans les sources (Tableau XLV).



**Figure 41:** Variation spatio-temporelle des valeurs moyennes de la salinité dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la région du Centre pendant la période d'étude.

**Tableau XLIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la salinité obtenues dans les puits

Puits	Salinité														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,885	0,312	0,665	0,665	0,665	0,029*	0,029	0,312	0,312	0,309	0,312	0,312	0,193	0,191	0,306
OP2		0,312	0,885	0,561	0,665	0,029*	0,029	0,030	0,030*	0,029*	0,030*	0,030*	0,312	0,309	0,028*
OP3			0,312	0,193	0,245	0,029*	0,029	0,885	0,885	0,884	0,885	0,885	0,112	0,110	0,883
OP4				0,885	0,312	0,029*	0,029	0,112	0,885	0,884	0,312	0,885	0,245	0,110	0,883
BP1					0,885	0,309	0,309	0,312	0,312	0,309	0,312	0,312	0,665	0,663	0,306
BP2							0,663	0,030	0,030*	0,029*	0,030*	0,030*	0,665	0,312	0,028*
BP3							0,180	0,029	0,029*	0,028*	0,029*	0,029*	0,103	0,377	0,027*
BP4								0,029	0,029*	0,028*	0,029*	0,029*	0,040*	0,877	0,027*
MP1									0,030*	0,029*	0,771	0,030*	0,030*	0,029*	0,028*
MP2										0,144	0,665	0,060	0,030*	0,029*	0,661
MP3											0,191	0,029*	0,029*	0,028*	0,105
MP4												0,885	0,0303*	0,029*	0,881
SP1													0,030*	0,029*	0,028*
SP2														0,191	0,028*
SP3															0,027*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau XLV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les valeurs de la salinité obtenues dans les sources

Sources	Salinité														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,029*	0,245	0,300	0,300	0,245	0,029*	0,029*	0,561	0,561	0,470	0,030*	0,245	0,771	0,312	0,312
OS2		0,029*	0,059	0,028*	0,029*	0,028*	0,028*	0,309	0,309	0,309	0,029*	0,380	0,309	0,110	0,303
OS3			0,561	0,079	0,081	0,029*	0,029*	0,661	0,312	0,377	0,030*	0,245	0,312	0,470	0,383
OS4				0,453	0,465	0,029*	0,029*	0,312	0,661	0,245	0,030*	0,245	0,883	0,193	0,312
BS1						0,028*	0,028*	0,059	0,028*	0,040*	0,029*	0,040*	0,551	0,059	0,059
BS2						0,103	0,059	0,060	0,059	0,042*	0,030*	0,042	0,661	0,060	0,081
BS3							0,300	0,029*	0,242	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*	0,029	0,029*
BS4								0,029*	0,079	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*	0,029*
MS1									0,312	0,771	0,193	0,885	0,312	0,885	0,885
MS2										0,245	0,199	0,313	0,465	0,312	0,312
MS3											0,193	0,193	0,312	0,885	0,312
MS4												0,146	0,193	0,030*	0,030*
SS1													0,312	0,885	0,885
SS2														0,312	0,383
SS3															0,885

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

### III.1.3. Caractéristiques biologiques

#### III.1.3.1. Morphologie et diversité des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux identifiés dans les eaux de puits et de sources échantillonnés

Les analyses biologiques des eaux échantillonnées au cours de cette étude ont permis de mettre en évidence les formes de résistance et de dispersion des helminthes appartenant à huit (08) genres (Figure 42). Il s'agit des œufs d'*Ascaris*, d'*Enterobius*, d'*Ankylostoma*, de *Taenia*, de *Trichostrongylus*, de *Fasciola*, de *Schistosoma* et des larves de *Strongyloides*. Les tailles de ces formes de résistance et de dispersion varient entre 40 et 150 µm pour les œufs et entre 500 et 630 µm pour les larves.

Les œufs d'*Ascaris* sp. (Figure 42 A) ont une taille variant entre 55 et 60 µm de long. Ces œufs sont symétriques et comportent une coque épaisse et transparente constituée de trois parois. Les œufs contiennent une cellule ovulaire n'occupant pas toute la cavité de l'œuf, séparée de la coque par un espace en croissant à chaque pôle de l'œuf.

Les œufs d'*Enterobius* sp. (Figure 42 B) ont une taille qui varie entre 50 et 55 µm de long. Ils sont ovoïdes, asymétriques, l'une des faces est convexe, l'autre presque plane. La coque épaisse, lisse, transparente, comporte deux membranes.

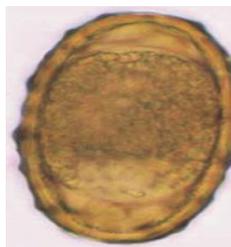
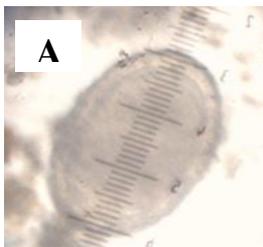
Les œufs d'*Ankylostoma* sp. ont une taille comprise entre 60 et 65 µm de long. Ils sont ovoïdes, à coque mince et caractérisés par la présence de blastomères. Les pôles sont arrondis (figure 42 C). Les œufs de *Taenia* sp. (Figure 42 D) ont une taille 40 µm de long, sont sphériques, à coque épaisse et striée.

Les larves de *Strongyloides* sp. (Figure 42 E) ont une taille variant entre 550 et 600 µm de long. Elles sont caractérisées par deux extrémités (antérieure et postérieure). Les œufs de

*Trichostrongylus* sp. (Figure 42 F) mesurent 70 à 80  $\mu\text{m}$ . Ils sont clairs et présentent une coque mince et irrégulière. Ils sont asymétriques et très segmentés.

Les œufs de *Fasciola* sp. (Figure 42 G) quant à eux ont une taille variant entre 120 et 140  $\mu\text{m}$  de long. Ils sont ovoïdes, symétriques, à coque mince, lisse avec un opercule à une extrémité.

Les œufs de *Schistosoma* spp. (Figure 42 H) possèdent une taille qui est comprise entre 140 et 150  $\mu\text{m}$  de long. Ils sont ovalaires, avec un rétrécissement dans la largeur sur le côté opposé à l'éperon. La coque est lisse et épaisse.



Œufs d'*Ascaris* sp.

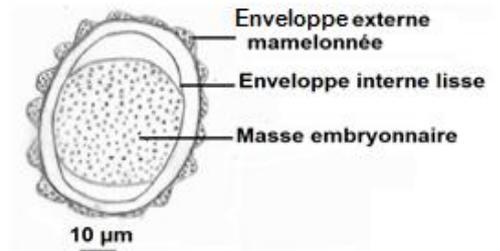
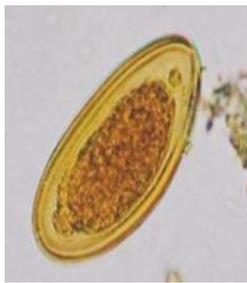
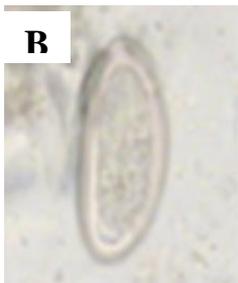


Schéma d'un œuf d'*Ascaris* sp.



Œufs d'*Enterobius* sp.

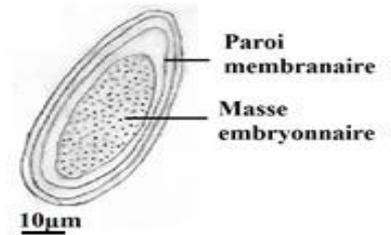


Schéma d'un œuf d'*Enterobius* sp.



Œufs d'*Ankylostoma* sp.

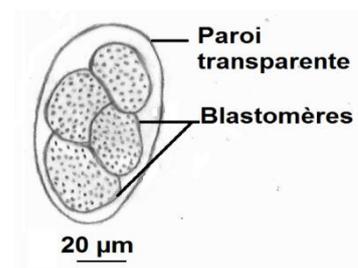
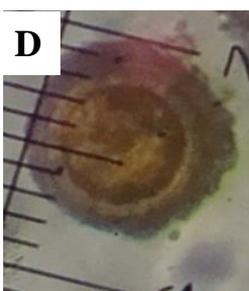


Schéma d'un œuf d'*Ankylostoma* sp.



Œufs de *Taenia* sp.

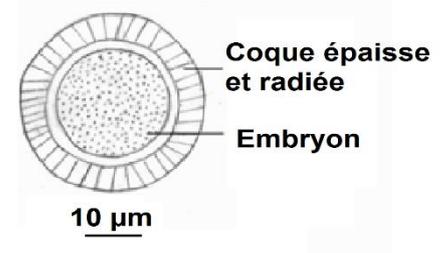
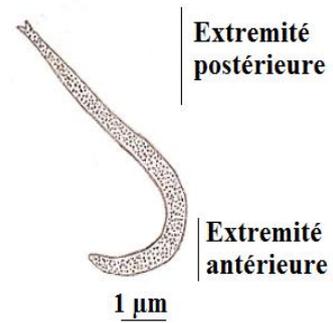
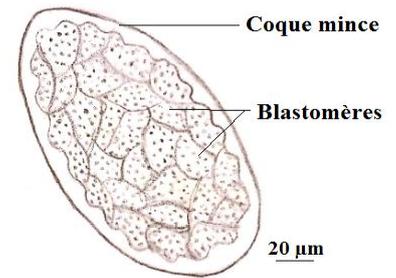
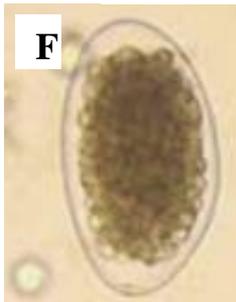


Schéma d'un œuf de *Taenia* sp.



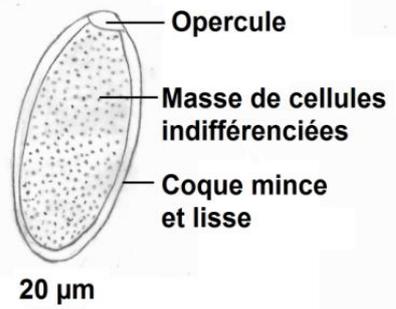
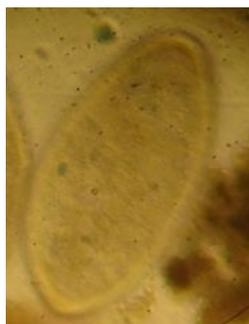
Larves de *Strongyloides* sp.

Schéma d'une larve de *Strongyloides* sp.



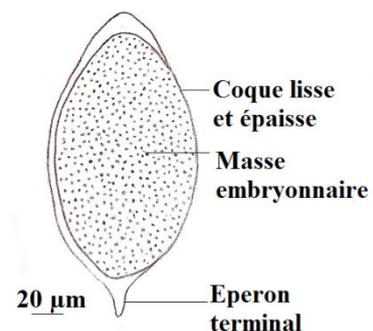
Œufs de *Trichostrongylus* sp.

Schéma d'un œuf de *Trichostrongylus* sp.



Œufs de *Fasciola* sp.

Schéma d'un œuf de *Fasciola* sp.



Œufs de *Schistosoma* spp.

Schéma d'un œuf de *Schistosoma* spp.

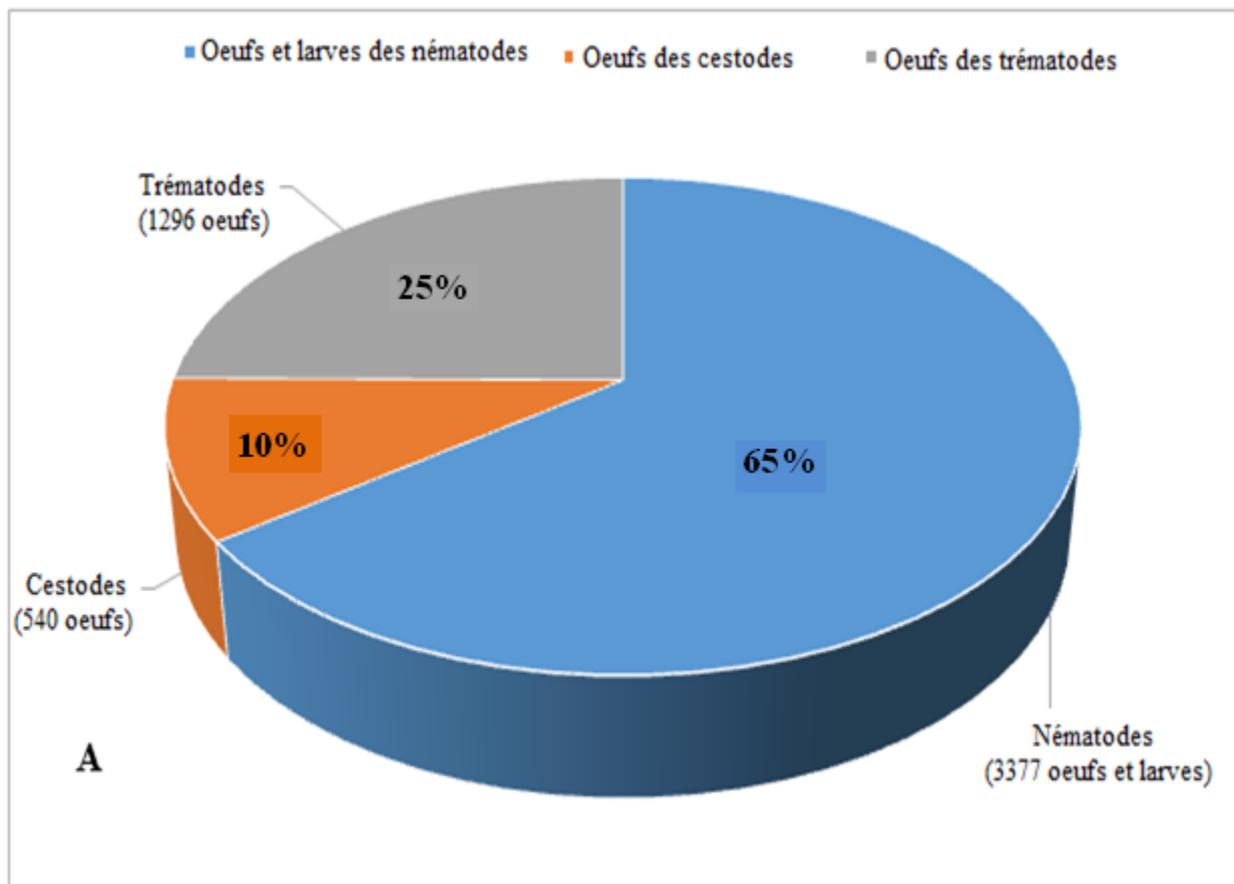
**Figure 42:** Quelques formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux identifiées dans les eaux des sources et des puits échantillonnés: A (œufs d'*Ascaris* sp.); B (œufs d'*Enterobius* sp.); C (œufs d'*Ankylostoma* sp.); D (œufs de *Taenia* sp.); E (Larves de *Strongyloides* sp.); F (œufs de *Trichostrongylus* sp.); G (œufs de *Fasciola* sp.) et H (œufs de *Schistosoma* spp.).

### III.1.3.2. Abondance des œufs et larves d'helminthes identifiés dans les puits et les sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude

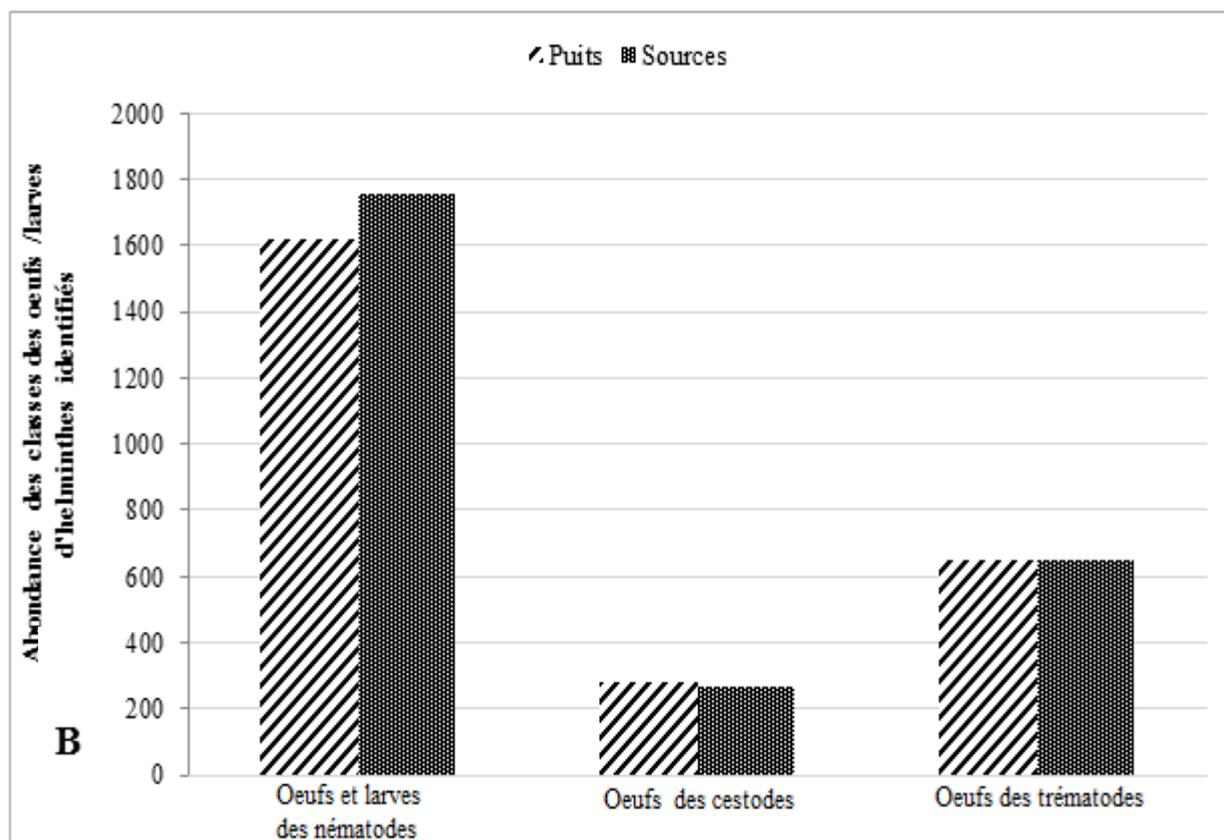
#### III.1.3.2.1. Abondance totale des différentes classes des œufs et des larves d'helminthes identifiés dans la région du Centre pendant la période d'étude

Au cours de cette étude, un total 5213 œufs et larves d'helminthes ont été identifiés. Il en ressort que les œufs et les larves des nématodes ont largement dominé avec un total de 3377 œufs et larves (65%), suivis des œufs des trématodes avec un total de 1296 œufs (25%). Les œufs des cestodes ont été les moins représentés avec un total de 540 œufs (10%) (Figure 43).

Sur le plan spatial, les œufs et les larves des nématodes identifiés ont été plus abondants au niveau des sources comparativement aux puits. Les œufs des cestodes ont été plus abondants au niveau des puits tandis que les œufs des trématodes ont présenté une abondance similaire (648 œufs) au niveau des sources et des puits (Figure 44). Globalement, il n'existe aucune différence significative entre les différentes valeurs obtenues dans les puits et les sources ( $p > 0,05$ ).



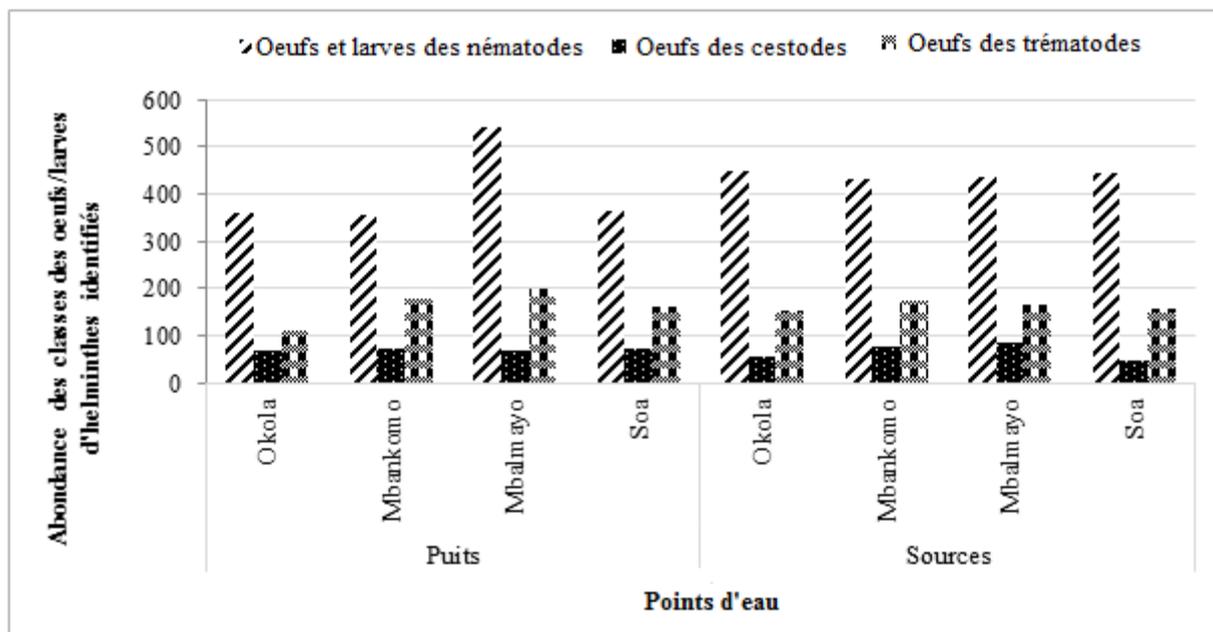
**Figure 43:** Abondance des œufs et larves d'helminthes identifiés en fonction des différentes classes dans les différents points d'eau de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude.



**Figure 44:** Répartition des abondances des différentes classes des œufs et larves d’helminthes identifiés dans les puits et les sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.

### III.13.2.2. Abondance des classes des œufs et larves d’helminthes identifiées dans les différentes localités d’étude

Les œufs et les larves d’helminthes faisant partie de la classe des nématodes ont présenté les plus fortes abondances dans toutes les localités d’étude suivis de ceux de la classe des trématodes (Figure 45). La localité de Mbalmayo a enregistré la plus forte abondance des œufs et larves des nématodes (543 œufs et larves) et des œufs des trématodes (197 œufs) dans les puits d’une part et la plus forte abondance des œufs des cestodes dans les sources d’autre part. Il existe une différence significative entre l’abondance des œufs et larves de la classe des nématodes et celle des œufs des cestodes ( $p=0,92.10^{-4}$ ); entre l’abondance des œufs et larves des nématodes et des œufs des trématodes ( $p=0,93.10^{-4}$ ); entre l’abondance des œufs des cestodes et celle des œufs des trématodes ( $p=0,92.10^{-4}$ ).

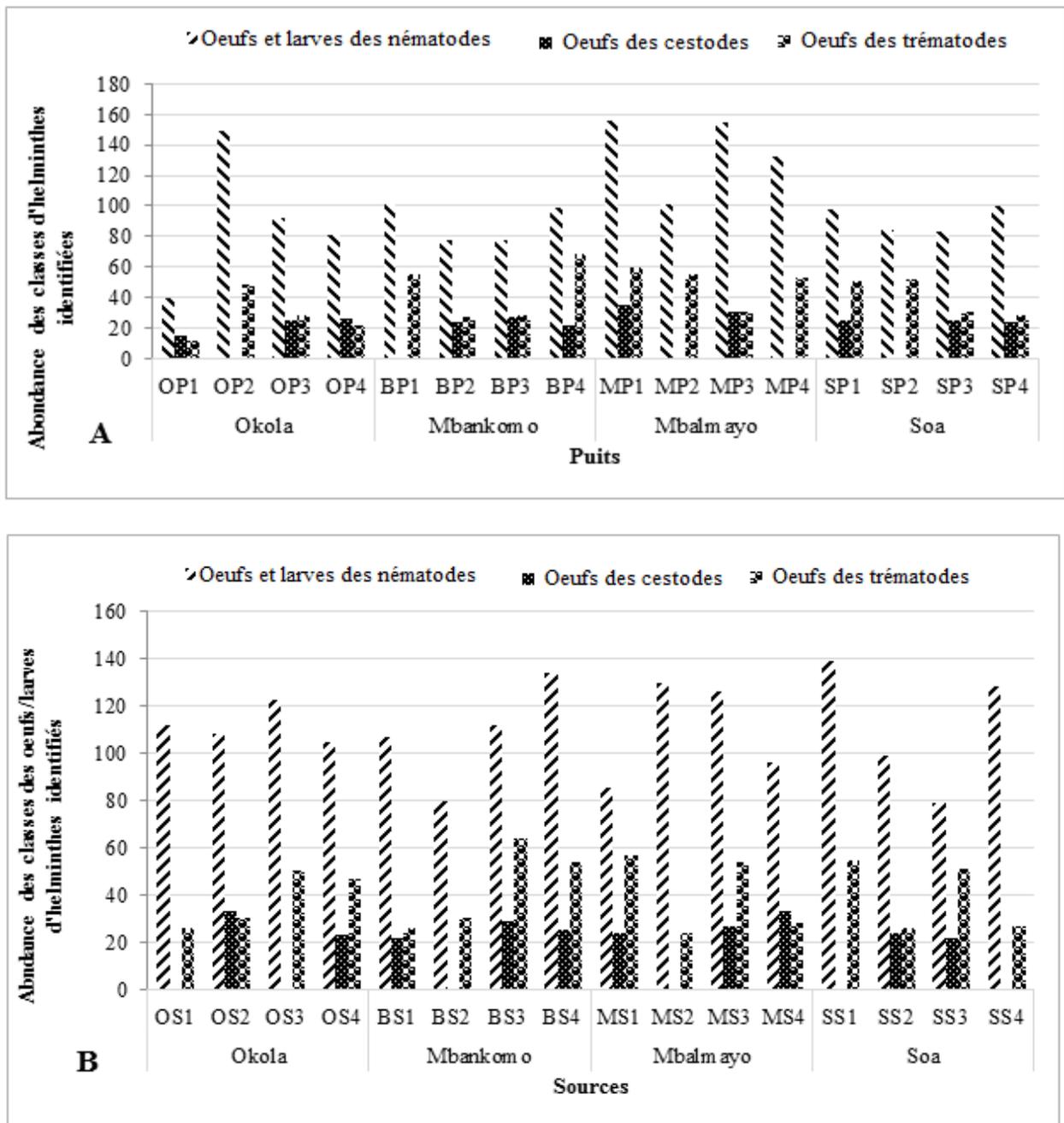


**Figure 45:** Abondance des classes des œufs et larves d’helminthes identifiés dans quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.

### III.13.2.3. Abondance des classes des œufs et de larves d’helminthes identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d’étude

Les œufs et les larves d’helminthes de la classe des nématodes présente les plus fortes abondances dans tous les puits (Figure 46 A) étudiés. Les puits MP1 et MP3 à Mbalmayo ont présenté les plus fortes abondances (respectivement 156 et 154 œufs et larves des nématodes). Les œufs des trématodes présentent les abondances les plus élevées dans les puits par rapport aux œufs des cestodes, excepté les puits OP1 et OP4 à Okola où les abondances des œufs des cestodes ont été supérieures à celles des œufs des trématodes. Sur le plan spatial, il n’existe aucune différence significative entre les abondances obtenues aux différents puits ( $p > 0,05$ ). Par contre, une différence significative a été observée entre l’abondance des œufs et larves des nématodes, des œufs des cestodes et des œufs des trématodes ( $p = 6,52 \cdot 10^{-6}$ ).

Pour ce qui est des sources (Figure 46 B), les œufs et les larves des nématodes ont également présenté les plus fortes abondances. L’abondance la plus élevée a été obtenue à la source SS1 à Soa (139 œufs et larves), tandis que les œufs des cestodes ont été absents (0 œufs) dans les sources OS1 et OS3 à Okola; BS2 à Mbankomo; MS2 à Mbalmayo; SS1 et SS4 à Soa. Sur le plan spatial, aucune différence significative n’a été observée entre les abondances obtenues aux différentes sources ( $p > 0,05$ ). Par contre, il existe une différence significative entre l’abondance des œufs et des larves des nématodes, des œufs des cestodes et des œufs des trématodes ( $p = 6,53 \cdot 10^{-6}$ ).



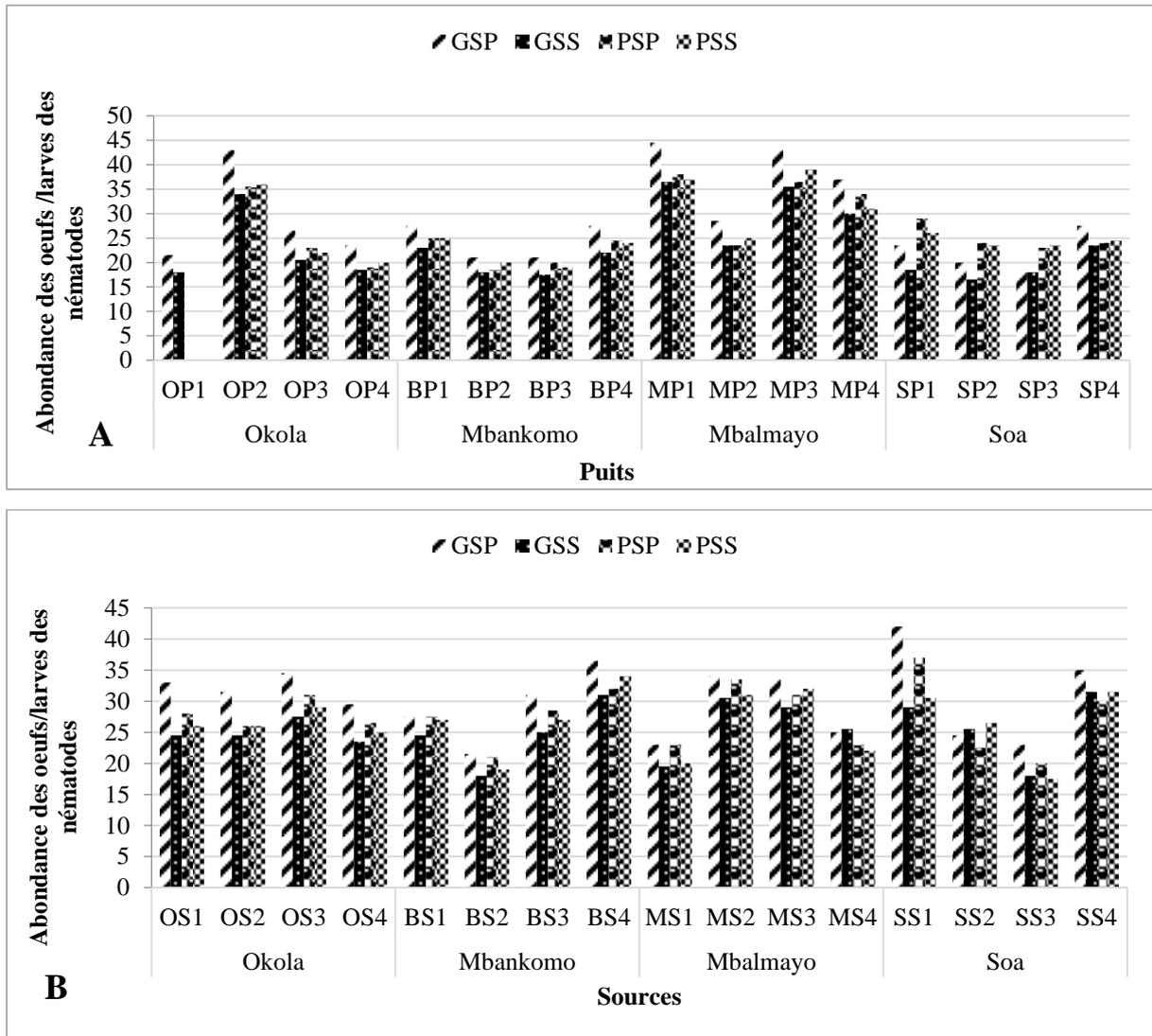
**Figure 46:** Abondance des classes des œufs et des larves d’helminthes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d’étude.

### III.1.3.2.4. Variations saisonnières des abondances des classes des œufs et des larves d’helminthes identifiés dans les puits et les sources des localités d’étude

#### III.1.3.2.4.1. Classe des nématodes

Pour ce qui est des puits (Figure 47 A), les abondances les plus élevées des œufs et larves des nématodes ont été obtenues dans les puits MP1, MP2, MP3 à Mbalmayo et dans le puits OP2 à Okola. Les plus fortes abondances au niveau des sources (Figure 47 B) ont été

enregistrées à la source SS1 à Soa. Les plus fortes abondances ont été obtenues pendant la grande saison des pluies (GSP). Sur le plan saisonnier, il existe une différence significative entre les abondances obtenues entre la GSP et la GSS ( $p=0,02593$ ) dans les différents puits et sources. Une différence significative a également été observée entre les valeurs obtenues dans les différents points d'eau ( $p=0,03038$ ).

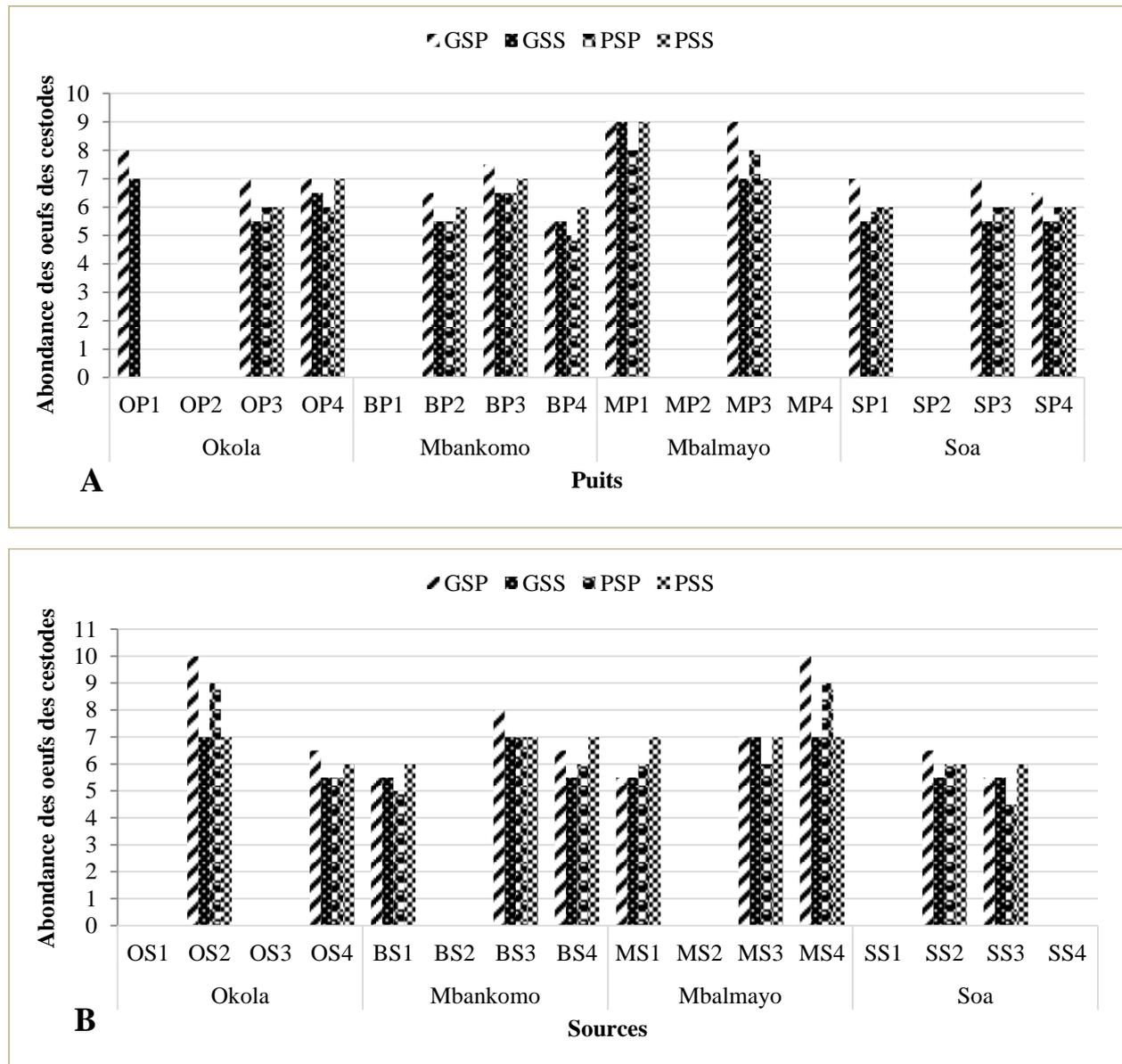


**Figure 47:** Variation saisonnière des abondances des œufs et des larves appartenant à la classe des nématodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de la région du Centre.

#### III.1.3.2.4.2. Classe des cestodes

Dans l'ensemble, les abondances les plus élevées des œufs d'helminthes appartenant à la classe des cestodes ont été obtenues pendant la grande saison des pluies (GSP). Aucun œuf de cestode n'a été obtenu dans les puits (Figure 48 A) OP2 à Okola, BP1 à Mbankomo, MP2 et MP4 à Mbalmayo, SP2 à Soa et dans les sources (Figure 48 B) OS1, OS3 (à Okola), BS2 (à

Mbankomo), MS2 (à Mbalmayo), SS1 et SS4 (à Soa). Sur le plan saisonnier, il n'existe aucune différence significative entre les abondances obtenues aux différentes saisons ( $p > 0,05$ ). Par contre, sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs obtenues dans les différents puits ( $p = 6,52 \cdot 10^{-6}$ ) et sources ( $p = 0,02593$ ).

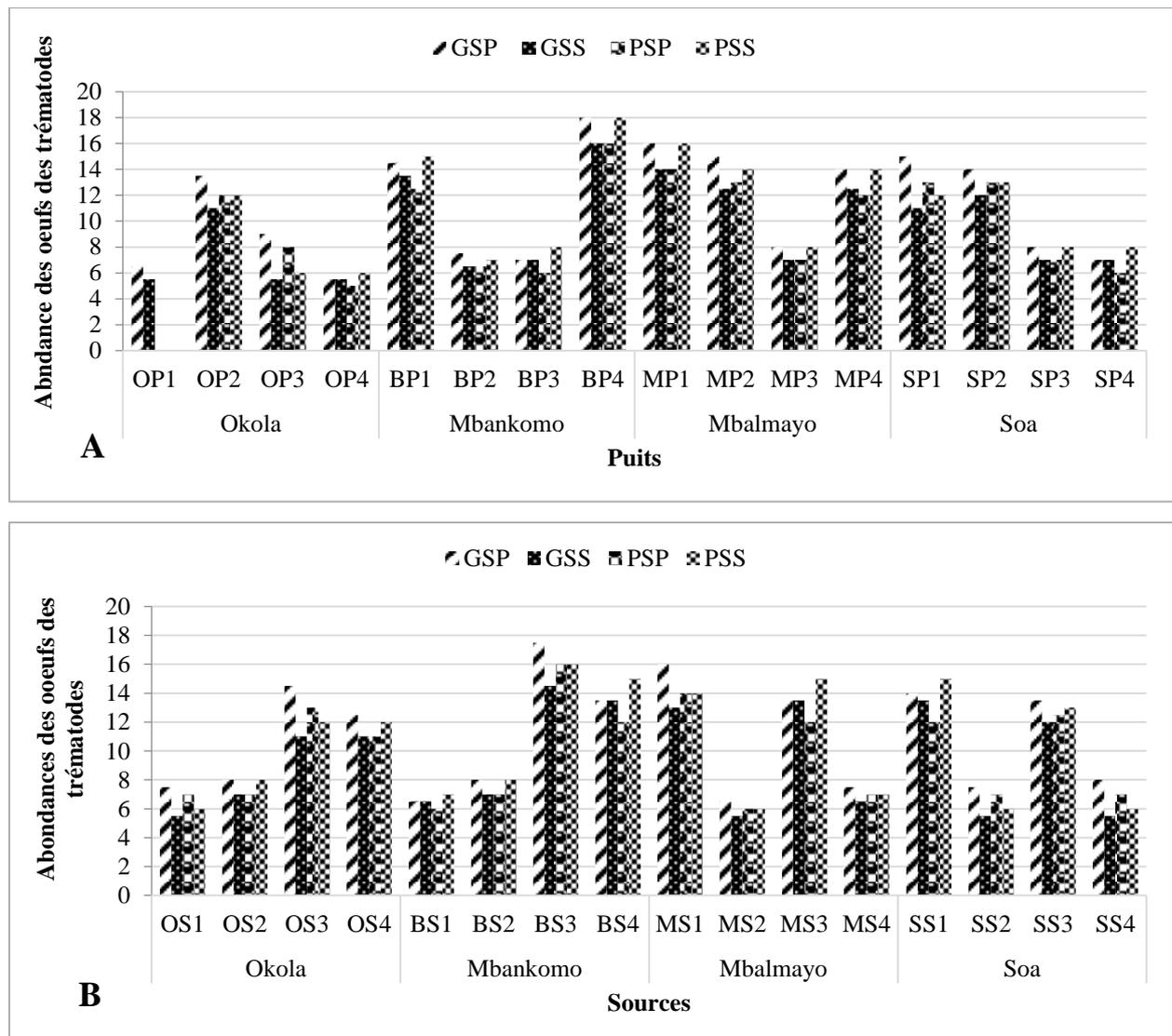


**Figure 48:** Variation saisonnière des abondances des œufs d'helminthes appartenant à la classe des cestodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude.

#### III.1.3.2.4.3. Classe des trématodes

Les plus fortes abondances (18 œufs) des trématodes ont été obtenues pendant la grande saison des pluies dans le puits BP4 (Figure 49 A) et dans la source BS3 à Mbankomo (Figure 49 B), tandis qu'aucun œuf n'a été obtenu au puits OP1 à Okola pendant la petite saison des pluies

et la petite saison sèche. Sur le plan saisonnier, il n'existe aucune différence significative entre les abondances des œufs des trématodes obtenues aux différentes saisons. Par contre, sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs obtenues dans les différents puits ( $p=0,03038$ ).et sources ( $p=0,02593$ ).

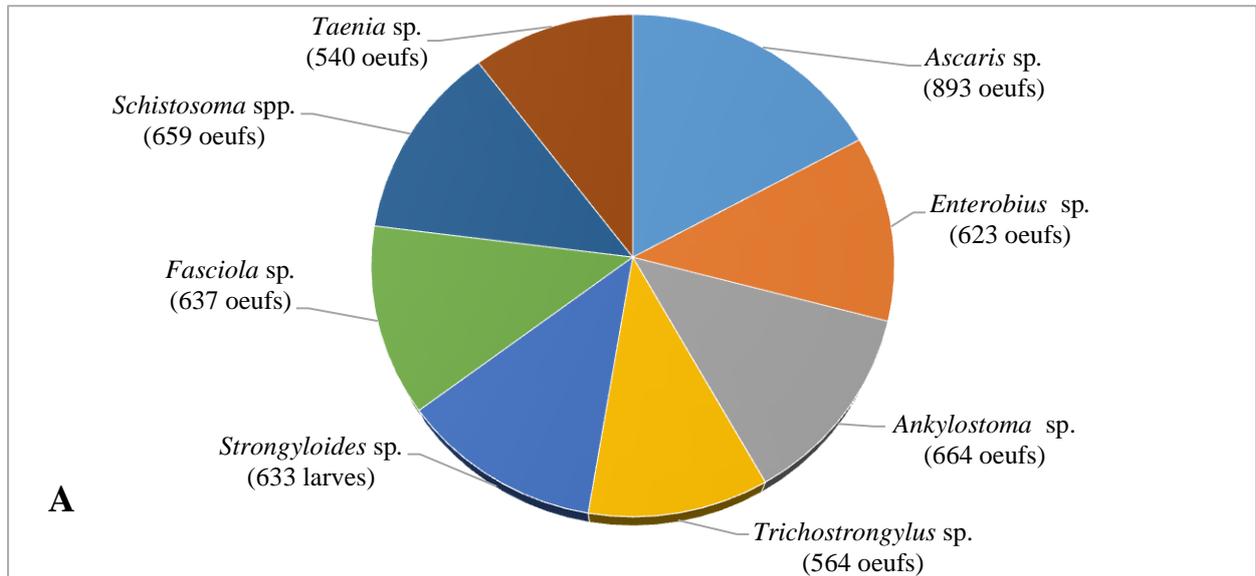


**Figure 49:** Variation saisonnière des abondances des œufs d'helminthes de la classe des trématodes identifiés dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre.

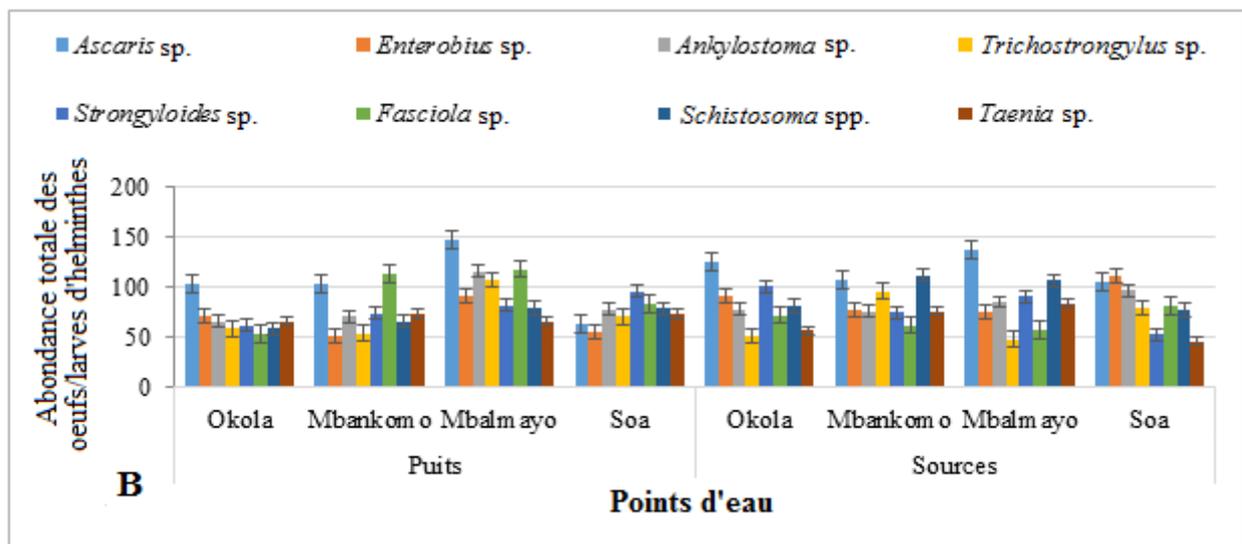
### III.1.3.3. Abondance des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées

Au cours de cette étude, un total de 5213 œufs et larves (Figure 50) ont été identifiés avec une forte dominance des œufs d'*Ascaris* sp. (893 œufs), tandis que ceux de *Taenia* sp. ont présenté la plus faible abondance (540 œufs). Les plus fortes abondances ont été obtenues dans

les puits (Figure 51) de la localité de Mbalmayo (806 œufs et larves), alors que les plus faibles abondances ont été obtenues dans les puits de la localité d'Okola (538 œufs). Les abondances des œufs d'*Ascaris* sp. obtenues diffèrent significativement de celles de *Enterobius* sp., d'*Ankylostoma* sp., de *Trichostrongylus* sp., des larves de *Strongyloides* sp., des œufs de *Taenia* sp. et de *Schistosoma* spp. ( $p=0,0073$ ).



**Figure 50:** Abondance des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées dans les puits et les sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude.

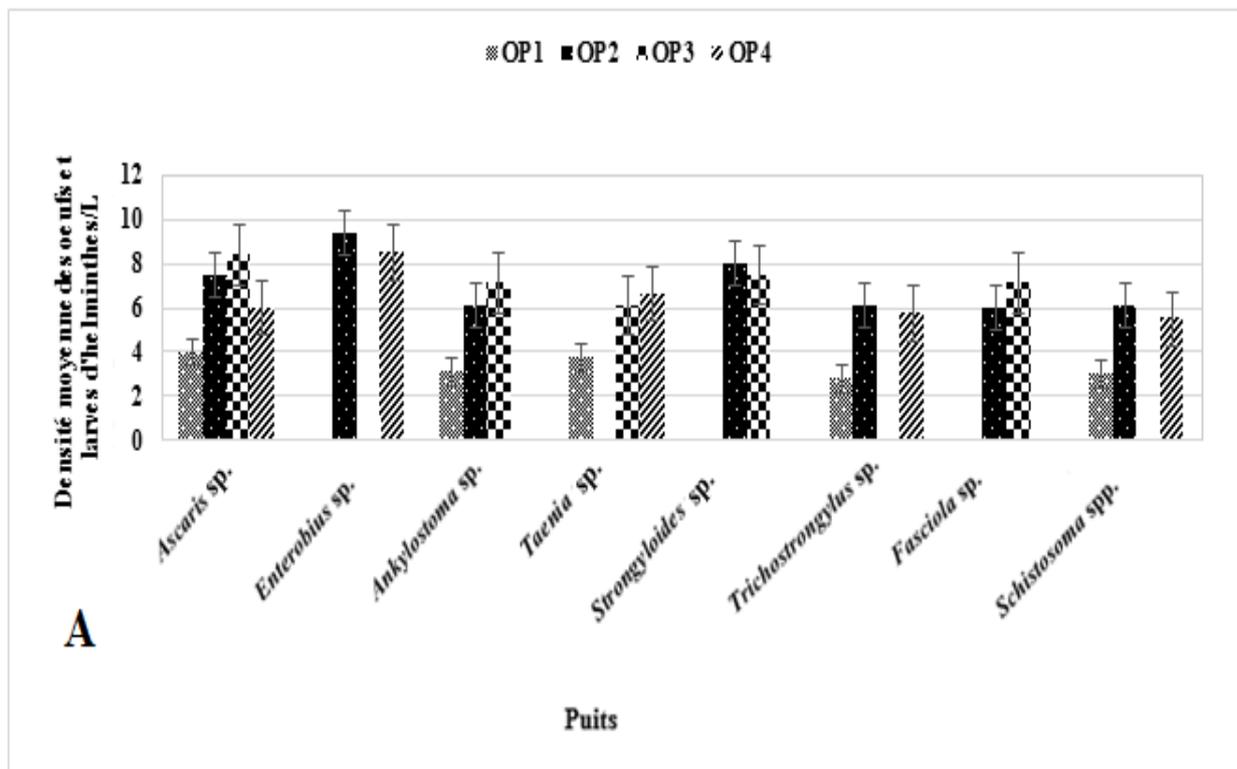


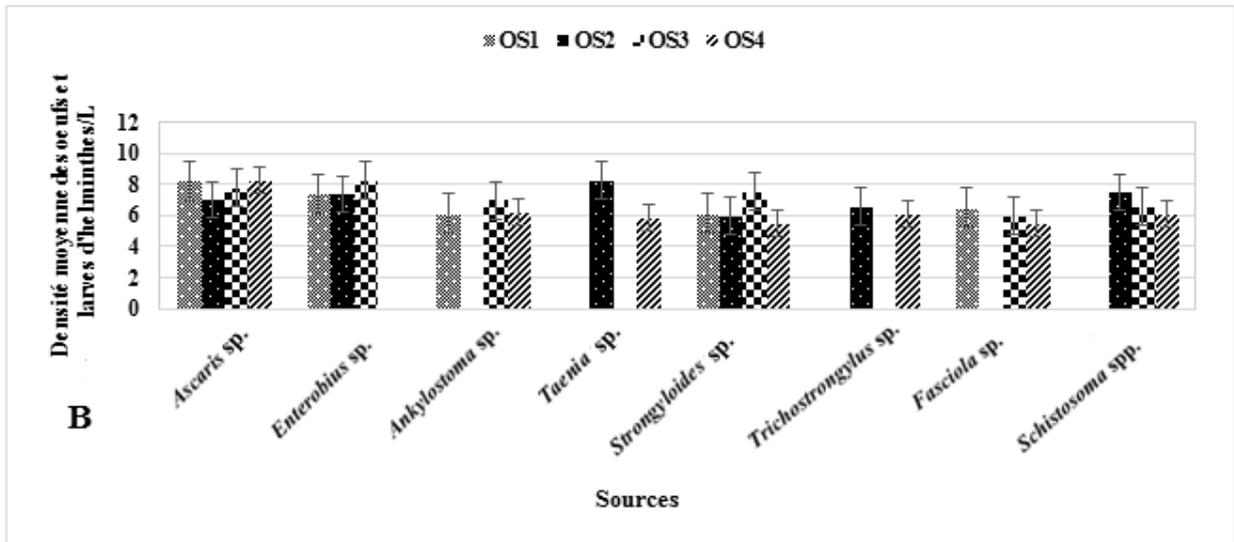
**Figure 51:** Abondance totale des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées dans les puits et sources de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude.

### III.1.3.4. Variations spatiales des densités des œufs et/ou des larves d’helminthes dans les sources et les puits étudiés dans les différentes localités d’étude

Les variations spatiales des densités des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits et les sources d’Okola sont présentées sur les figures 52 A et B. Dans les puits, les œufs et les larves d’helminthes identifiés sont représentés sur la figure 52 A. Les densités moyennes ont varié de 0 (dans tous les puits et pour toutes les formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées à l’exception des œufs d’*Ascaris* sp.) à  $9 \pm 1$  œufs /L pour *Enterobius* sp. (OP2). Le puits OP1 est le moins chargé en œufs et larves d’helminthes dénombrés.

Au niveau des sources, les densités des œufs et des larves ont varié de 0 (pour toutes les formes de résistance et de dispersion des helminthes identifiées sauf les œufs d’*Ascaris* sp. et les larves de *Strongyloides* sp. dans toutes les sources) à  $8 \pm 1$  œufs et larves/L pour les œufs d’*Ascaris* sp. (sources OS1 et OS4); d’*Enterobius* sp. (Source OS3) et de *Taenia* sp. ( $8 \pm 2$  œufs /L à la source OS2). La source OS1 a été la moins contaminée (Figure 52 B). Il existe une différence significative entre les densités des œufs et larves d’helminthes enregistrées dans les puits et les sources ( $p=0,04389$ ).

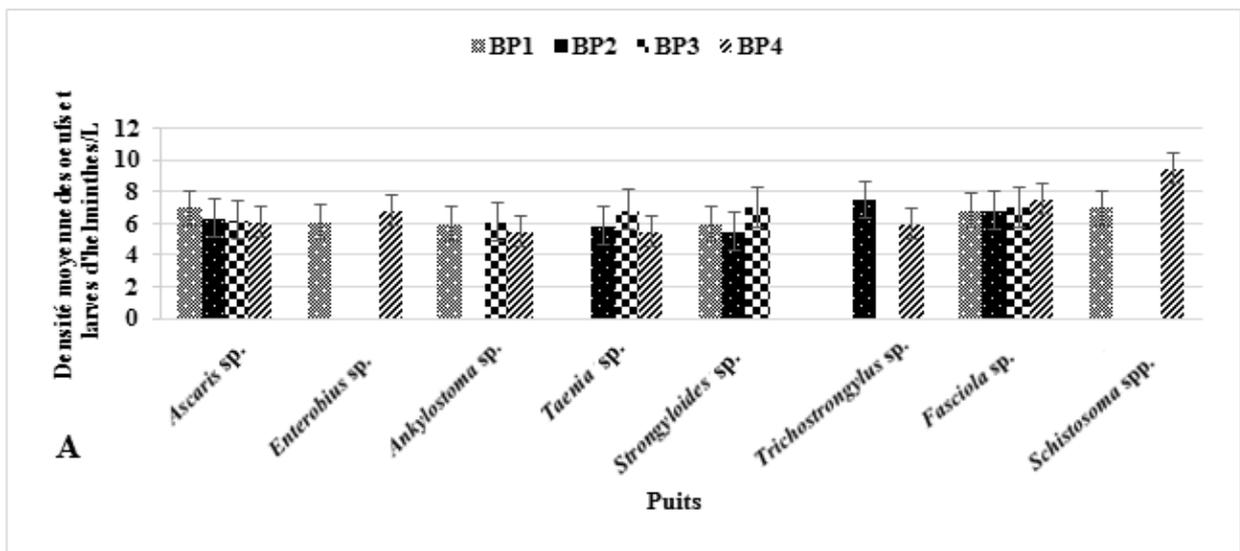


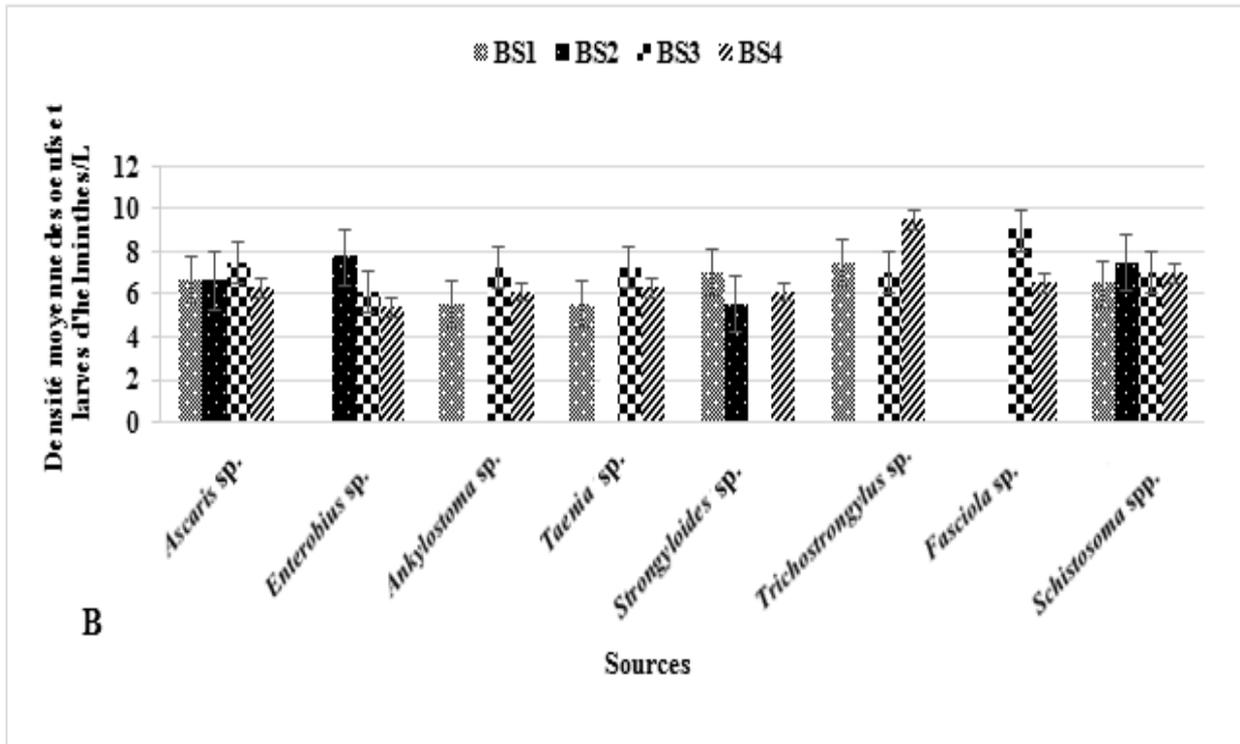


**Figure 52:** Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité d’Okola.

Dans la localité de Mbankomo, les densités des œufs et larves d’helminthes intestinaux sont présentées sur les figures 53 A et B. Dans les puits (Figure 53 A), les densités ont varié de 0 à 10 œufs et larves/L. La densité la plus élevée ( $10 \pm 1$  œufs/L) a été obtenue au puits BP4 représenté par les œufs de *Schistosoma spp.*. Les œufs d’*Ascaris sp.* et de *Fasciola sp.* ont été identifiés dans tous les puits.

Dans les sources (Figure 53 B), les densités des œufs et larves d’helminthes intestinaux ont varié de 0 à  $10 \pm 1$  œufs et larves/L. Elles ont été plus élevées dans les sources BS4 ( $10 \pm 1$  œufs de *Trichostrongylus sp.*/L) et BS3 ( $9 \pm 1$  œufs de *Fasciola sp.*/L). La source BS2 a enregistré les plus faibles densités. Il existe une différence significative entre les densités des œufs et larves d’helminthes enregistrées dans les puits et les sources ( $p=6,65.10^{-7}$ ).

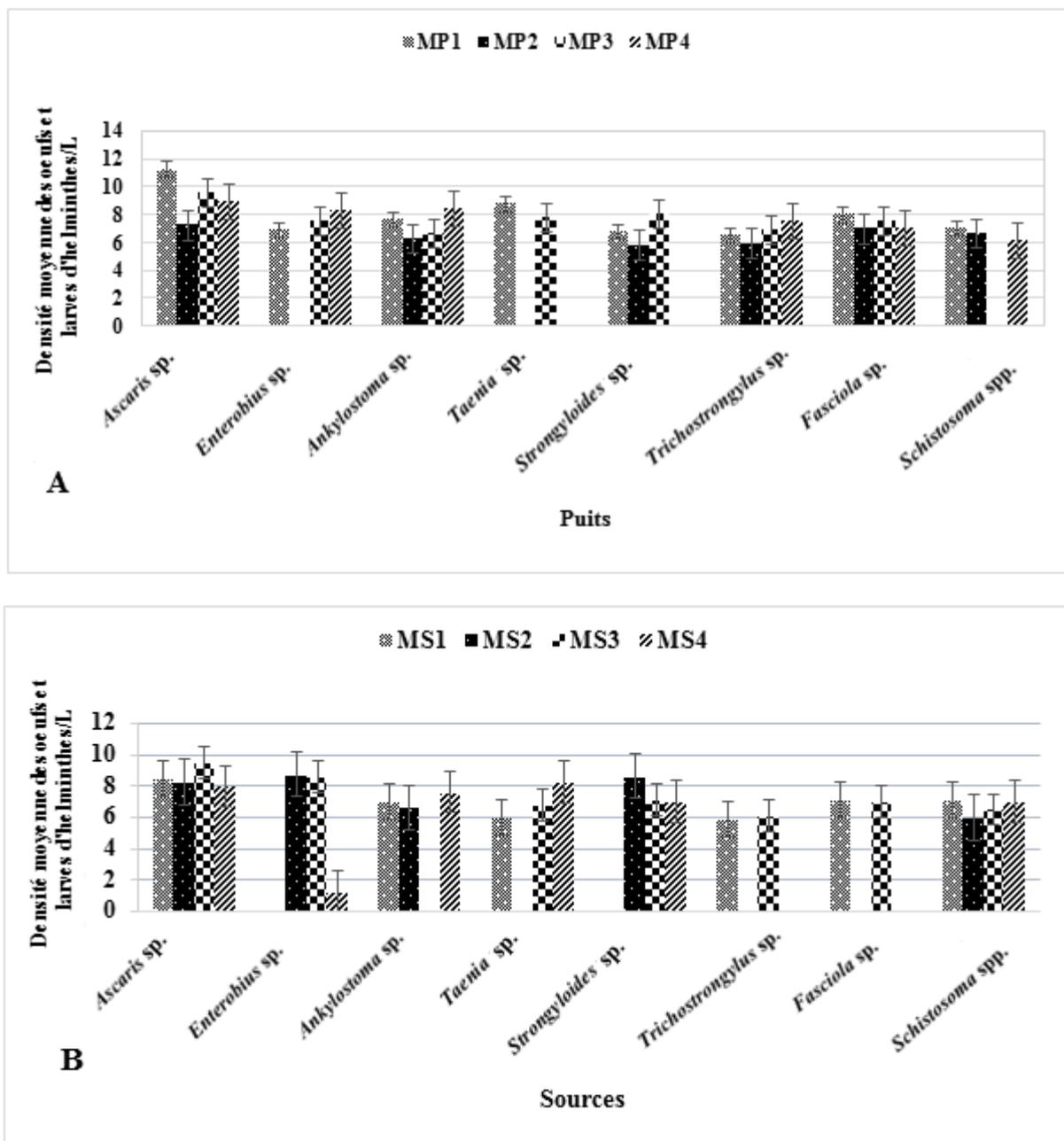




**Figure 53:** Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Mbankomo.

A Mbalmayo, les densités ont varié entre 0 et  $11 \pm$  œufs et larves d’helminthes/L. Le puits MP1 a été le plus chargé avec des densités moyennes maximales pour les œufs d’*Ascaris* sp. ( $11 \pm 3$  œufs/L), de *Taenia* sp. ( $9 \pm 1$  œufs/L), de *Fasciola* sp. ( $8 \pm 1$  œufs/L) et de *Schistosoma* spp. ( $7 \pm 1$  œufs/L). Il est suivi du puits MP4 avec les œufs d’*Enterobius* sp. ( $8 \pm 2$  œufs/L) et de *Trichostrongylus* sp. ( $8 \pm 3$  œufs/L). Le puits MP2 a enregistré les plus faibles densités (Figure 54 A).

Au niveau des sources, les densités ont varié de 0 (pour les œufs d’*Enterobius* sp. et les larves de *Strongyloides* sp. à la source MS1, des œufs de *Taenia* sp., de *Trichostrongylus* sp. et de *Fasciola* sp. à la source MS2, les œufs d’*Ankylostoma* sp. à la source MS3, les œufs de *Trichostrongylus* sp. et de *Fasciola* sp. à la source MS4, à  $9 \pm 3$  œufs/L pour les œufs d’*Ascaris* sp. à la source MS3. La source MS2 a enregistré les plus faibles densités des œufs et larves d’helminthes (Figure 54 B). Il existe une différence significative entre les densités des œufs et larves d’helminthes enregistrées dans les puits et les sources ( $p=0,04389$ ).

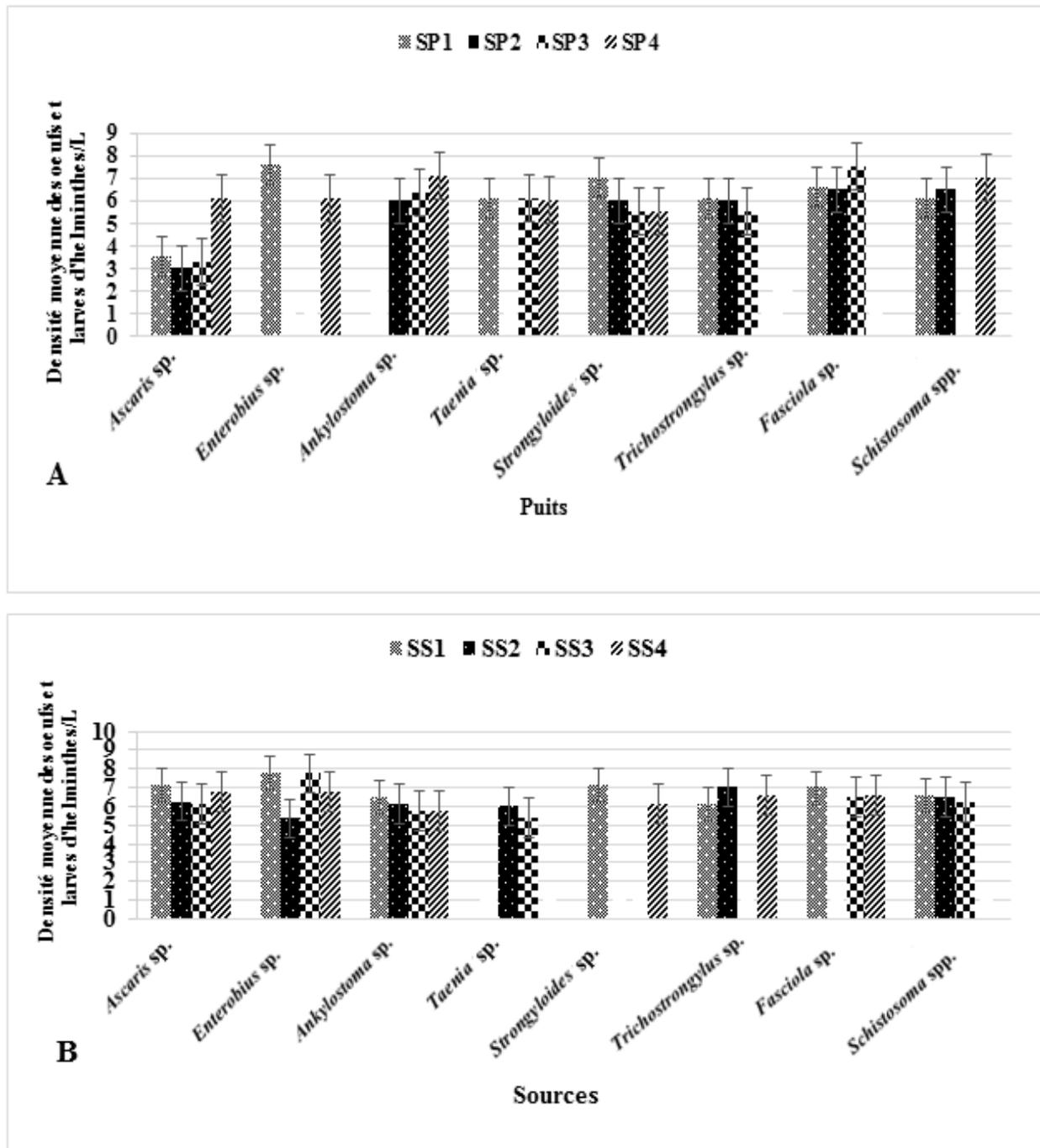


**Figure 54:** Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Mbalmayo.

Dans la localité de Soa, les densités dans les puits ont varié entre 0 et  $8 \pm 1$  œufs et larves d’helminthes/L. Le puits SP1 à Soa a été le plus chargé avec des moyennes maximales pour *Enterobius sp.* ( $8 \pm 1$  œufs/L) et *Strongyloides sp.* ( $7 \pm 1$  larves/L). Il est suivi du puits SP4 avec *Ankylostoma sp.* ( $7 \pm 1$  œufs/L), *Schistosoma spp.* ( $7 \pm 1$  œufs/L) et *Ascaris sp.* ( $6 \pm 1$  œufs/L). Le puits SP2 a enregistré les plus faibles densités (Figure 55 A).

Dans les sources, les densités ont varié de 0 pour les œufs de *Taenia sp.* (sources SS1 et SS4), les larves de *Strongyloides sp.* (sources SS2 et SS3), les œufs de *Trichostrongylus sp.*

(source SS3), de *Fasciola* sp. (source SS2) et de *Schistosoma* spp. (source SS4) à  $8 \pm 1$  oeufs/L pour *Enterobius* sp. (dans les sources SS1 et SS3). La source SS2 a enregistré la plus faible densité des œufs et larves d'helminthes, tandis que la source SS1 en a enregistré la plus grande (Figure 55 B). Il existe une différence significative entre les densités des œufs et larves d'helminthes enregistrées dans les puits et les sources ( $p=0,001587$ ).



**Figure 55:** Variation spatiale des densités moyennes des œufs et larves d'helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B) étudiés dans la localité de Soa.

### III.1.3.5. Variations spatio-temporelles des différentes formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux identifiées dans les puits et les sources des localités d'étude

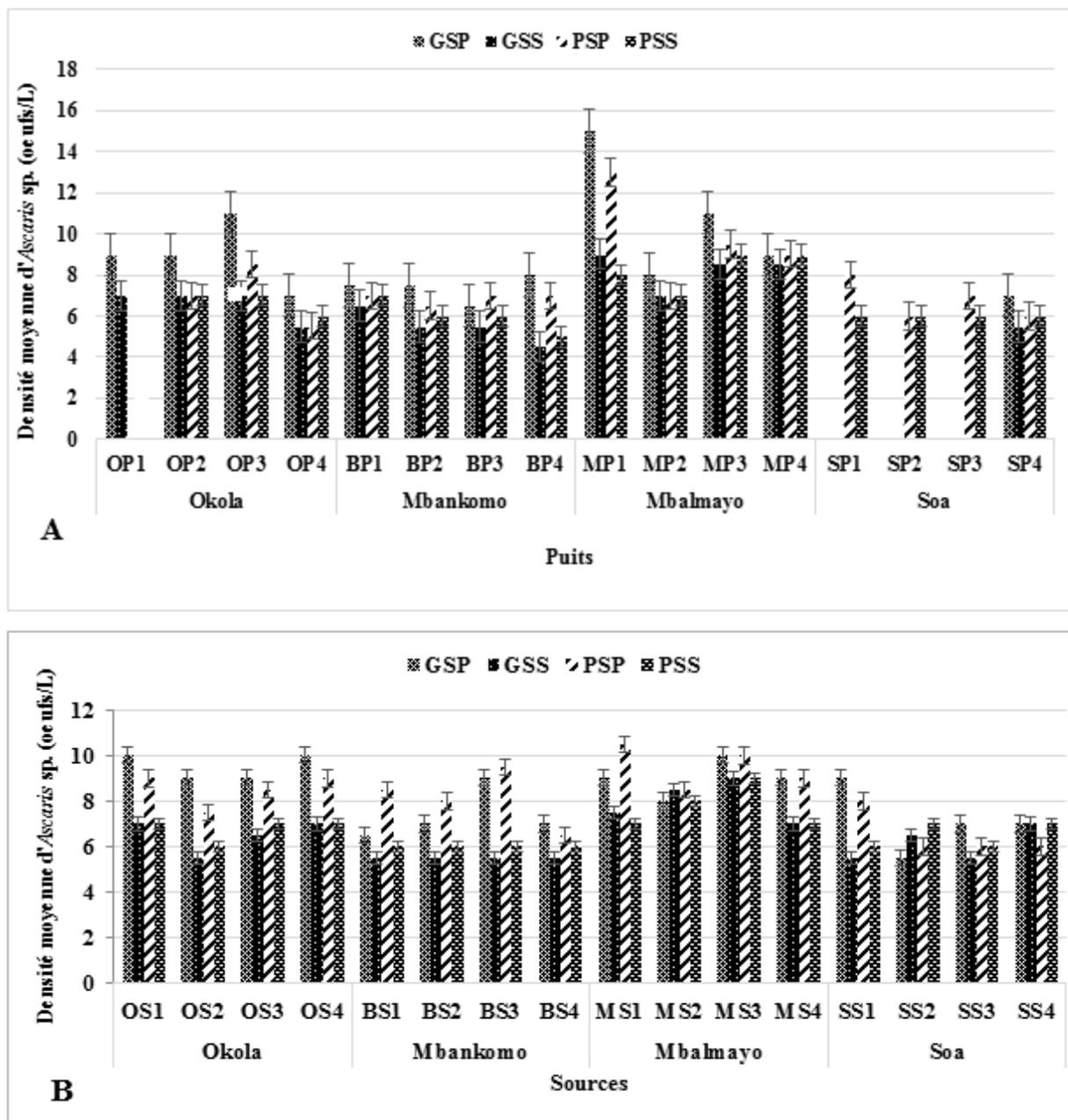
Les œufs et des larves d'helminthes identifiés dans les puits indiquent que les œufs d'*Ascaris* sp. ont été les plus représentés avec une densité moyenne de  $7 \pm 0,84$  œufs/L. Ils ont été suivis par les œufs de *Fasciola* sp. avec une densité moyenne de  $6 \pm 0,59$  œufs/L. Ensuite, les œufs d'*Ankylostoma* sp. ( $5 \pm 0,52$  œufs/L) et des larves de *Strongyloides* sp. ( $5 \pm 0,78$  larves/L). Enfin sont venus, les œufs d'*Enterobius* sp., de *Taenia* sp., de *Schistosoma* spp. et de *Trichostrongylus* sp. avec des densités moyennes respectives de  $4 \pm 0,45$  œufs/L,  $4 \pm 0,51$  œufs/L,  $4 \pm 0,52$  œufs/L et  $4 \pm 0,59$  œufs/L.

Dans les sources, les œufs d'*Ascaris* sp. ont également été les plus dénombrés avec une densité moyenne de  $7 \pm 0,94$  œufs/L. Ils ont été suivis des œufs d'*Enterobius* sp. ( $6 \pm 0,47$  œufs/L) et de *Schistosoma* spp. ( $6 \pm 1$  œufs/L) qui, à leur tour, ont précédé directement les œufs d'*Ankylostoma* sp. et les larves *strongyloides* sp. avec des densités respectives de  $5 \pm 0,38$  œufs/L et  $5 \pm 0,91$  larves/L. Sont venus enfin, les œufs de *Taenia* sp., de *Trichostrongylus* sp. ( $4 \pm 0,63$  œufs/L) et de *Fasciola* sp. ( $4 \pm 0,49$  œufs/L).

Les variations saisonnières des œufs d'*Ascaris* sp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 54 A et B.

Au niveau des puits (Figure 56 A), les œufs d'*Ascaris* sp. ont été enregistrés dans toutes les localités d'étude, (Okola, Mbankomo, Mbalmayo et Soa) dans tous les puits et pendant toutes les saisons à l'exception des puits OP1 (à Okola pendant les PSP et PSS); SP1, SP2 et SP3 (à Soa pendant les GSP et GSS). Le puits MP1 à Mbalmayo a enregistré la plus grande densité d'œufs d'*Ascaris* sp. soit,  $15 \pm 1$  œufs/L pendant la grande saison des pluies.

Dans les sources, les œufs d'*Ascaris* sp. ont été identifiés dans toutes les sources des différentes localités d'étude et pendant toutes les saisons. La densité la plus élevée des œufs d'*Ascaris* sp. ( $11 \pm 2$  œufs/L) a été enregistrée à la source MS1 à Mbalmayo pendant la PSP (Figure 56 B). Globalement, les densités élevées des œufs *Ascaris* sp. ont été obtenues pendant les saisons pluvieuses (GSP et PSP) dans toutes les localités. Sur le plan temporel, il existe une différence significative entre les valeurs des œufs d'*Ascaris* sp. enregistrées dans les sources et les puits (Tableau XLVI). Sur le plan spatial, des différences significatives ont été observées entre les puits (Tableau XLVII) et les sources (Tableau XLVIII).



**Figure 56:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d'*Ascaris* sp. dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'études.

**Tableau XLVI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Ascaris* sp. obtenues entre les saisons dans les puits et les sources

Œufs d' <i>Ascaris</i> sp.	Puits				Sources			
	Saisons	GSS	PSP	PSS	Saisons	GSS	PSP	PSS
GSP		0,04389*	0,3411	0,05655	GSP	0,001587*	0,7165	0,003105*
GSS			0,09105	0,4216	GSS		0,00235*	0,2936
PSP				0,1814	PSP			0,005855*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau XLVII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Ascaris* sp. obtenues dans les puits

Puits	œufs d' <i>Ascaris</i> sp.														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,435	0,297	0,297	0,655	0,884	0,884	0,770	0,079	0,535	0,079	0,121	0,877	0,642	0,756	0,756
OP2		0,619	0,063	0,619	0,183	0,064	0,356	0,074	0,356	0,074	0,113	0,180	0,024*	0,063	0,063
OP3			0,053	0,281	0,110	0,054	0,183	0,191	0,408	0,303	0,368	0,108	0,027*	0,053	0,053
OP4				0,101	0,551	0,653	0,653	0,029	0,063	0,029*	0,025*	0,768	0,453	0,657	0,768
BP1					0,303	0,136	0,657	0,029	0,619	0,029*	0,0255*	0,306	0,027*	0,101	0,101
BP2							0,885	0,030*	0,183	0,030*	0,026*	0,559	0,180	0,380	0,766
BP3								0,030*	0,064	0,030*	0,026*	0,559	0,180	0,462	0,880
BP4								0,042*	0,438	0,030*	0,026*	0,559	0,306	0,380	0,380
MP1									0,037	0,771	0,538	0,040*	0,028*	0,029*	0,029*
MP2										0,026*	0,022*	0,230	0,024*	0,063	0,063
MP3											0,438	0,029*	0,028*	0,029*	0,029*
MP4												0,025*	0,024*	0,025*	0,025*
SP1													0,874	0,874	0,655
SP2														0,874	0,278
SP3															0,549

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau XLVIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Ascaris* sp. obtenues dans les sources

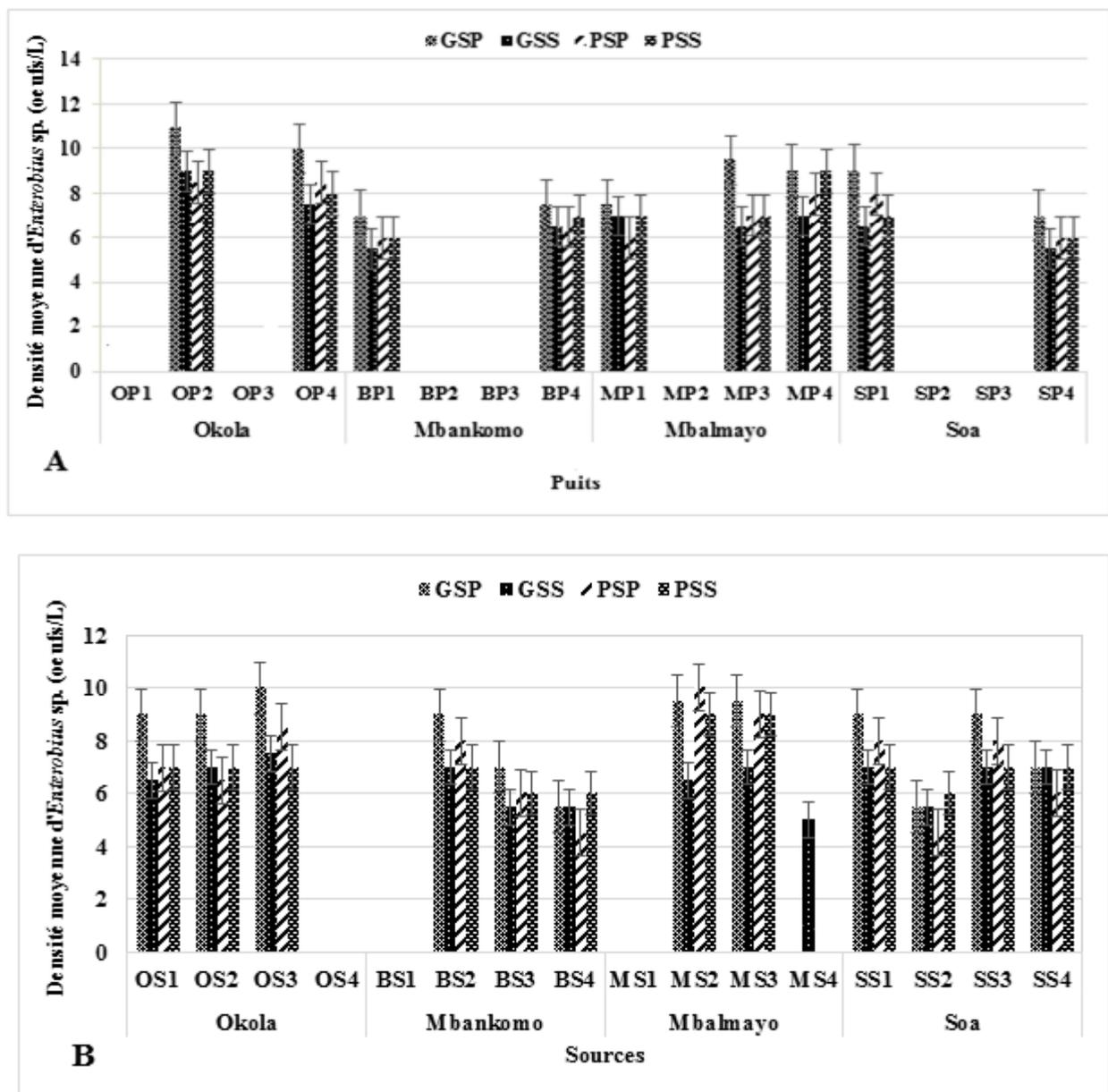
Sources	œufs d' <i>Ascaris</i> sp.														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,380	0,551	0,876	0,110	0,183	0,559	0,054	0,766	0,883	0,284	0,874	0,380	0,054	0,053	0,136
OS2		0,561	0,380	0,883	0,883	0,768	0,661	0,306	0,306	0,053	0,456	0,456	0,661	0,551	0,661
OS3			0,551	0,188	0,245	0,245	0,108	0,465	0,881	0,053	0,648	0,561	0,108	0,079	0,356
OS4				0,110	0,183	0,559	0,054	0,766	0,883	0,284	0,874	0,380	0,054	0,053	0,136
BS1					0,883	0,661	0,883	0,112	0,180	0,028*	0,108	0,883	0,108	0,766	0,551
BS2						0,661	0,768	0,146	0,053	0,028*	0,180	0,768	0,768	0,653	0,877
BS3							0,661	0,561	0,883	0,180	0,881	0,768	0,661	0,551	0,768
BS4								0,042*	0,028*	0,028*	0,053	0,661	0,882	0,880	0,278
MS1									0,883	0,456	0,648	0,383	0,042*	0,040*	0,064
MS2										0,026*	0,882	0,456	0,028*	0,027*	0,024*
MS3											0,086	0,053	0,028*	0,027*	0,024*
MS4												0,456	0,053	0,051	0,133
SS1													0,661	0,551	0,661
SS2														0,880	0,278
SS3															0,205

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs d'*Enterobius* sp. retrouvés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 57 A et B. Les œufs d'*Enterobius* sp. dans les puits, ont été très variables d'une localité à une autre. Ils ont été présents dans les puits OP2 et OP4 (à Okola); BP1 et BP4 (à Mbankomo); MP1, MP3 et MP4 (à Mbalmayo); SP1 et SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons. Le puits OP2 à Okola a enregistré la densité la plus élevée d'œufs d'*Enterobius* sp. soit,  $11 \pm 1$  œufs/L pendant la GSP (Figure 57 A).

Dans les sources, les œufs d'*Enterobius* sp. identifiés ont été variables d'une ville d'étude à une autre. Ils ont été présents dans les sources OS1, OS2 et OS3 (à Okola); BS2, BS3 et BS4 (à Mbankomo); MS2, MS3 et MS4 (à Mbalmayo); SS1, SS2, SS3 et SS4 (à Soa) pendant toutes les

saisons exceptée la source MS4 (uniquement pendant GSS). La source OS3 à Okola a enregistré la densité la plus élevée d'œufs d'*Enterobius* sp. ( $10 \pm 3$  œufs/L) pendant la GSP (Figure 57 B). Les œufs d'*Enterobius* sp. ont été présents dans toutes les sources de Soa et pendant toutes les saisons. Dans l'ensemble, certains puits et certaines sources dans toutes les localités d'étude et pendant toutes les saisons n'ont enregistré aucun œuf d'*Enterobius* sp.. Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les densités d'*Enterobius* sp. enregistrées dans les sources et puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau XLIX) et sources (tableau L).



**Figure 57:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d'*Enterobius* sp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau XLIX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Enterobius* sp. obtenues dans les puits

Puits	œufs d' <i>Enterobius</i> sp.														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,020*	0,021*	0,021*	0,020*	0,103	0,103	0,020*	0,020*	0,103	0,020*	0,020*	0,021*	0,103	0,103	0,020
OP2		0,020*	0,242	0,028*	0,020*	0,020*	0,028*	0,028*	0,020*	0,188	0,281	0,103	0,020*	0,020*	0,028
OP3			0,021*	0,020*	0,077	0,188	0,020*	0,020*	0,188	0,020*	0,020*	0,021*	0,188	0,188	0,020
OP4				0,029*	0,021*	0,021*	0,040*	0,040*	0,021*	0,191	0,191	0,383	0,021*	0,021*	0,029
BP1					0,020*	0,020*	0,141	0,172	0,020*	0,101	0,039*	0,079	0,020*	0,020*	0,876
BP2						0,103	0,020*	0,020*	0,188	0,020*	0,020*	0,021*	0,141	0,141	0,020*
BP3							0,020*	0,020*	0,141	0,020*	0,020*	0,021*	0,141	0,141	0,020*
BP4									0,020*	0,648	0,077	0,371	0,020*	0,020*	0,141
MP1									0,020*	0,877	0,101	0,459	0,020*	0,020*	0,172
MP2											0,020*	0,021*	0,101	0,101	0,020*
MP3										0,020*	0,456	0,456	0,020*	0,020*	0,101
MP4												0,453	0,020*	0,020*	0,039
SP1													0,021*	0,021*	0,079
SP2														0,456	0,020*
SP3														0,453	0,020*

Légende\*=Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau L:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Enterobius* sp. obtenues dans les sources

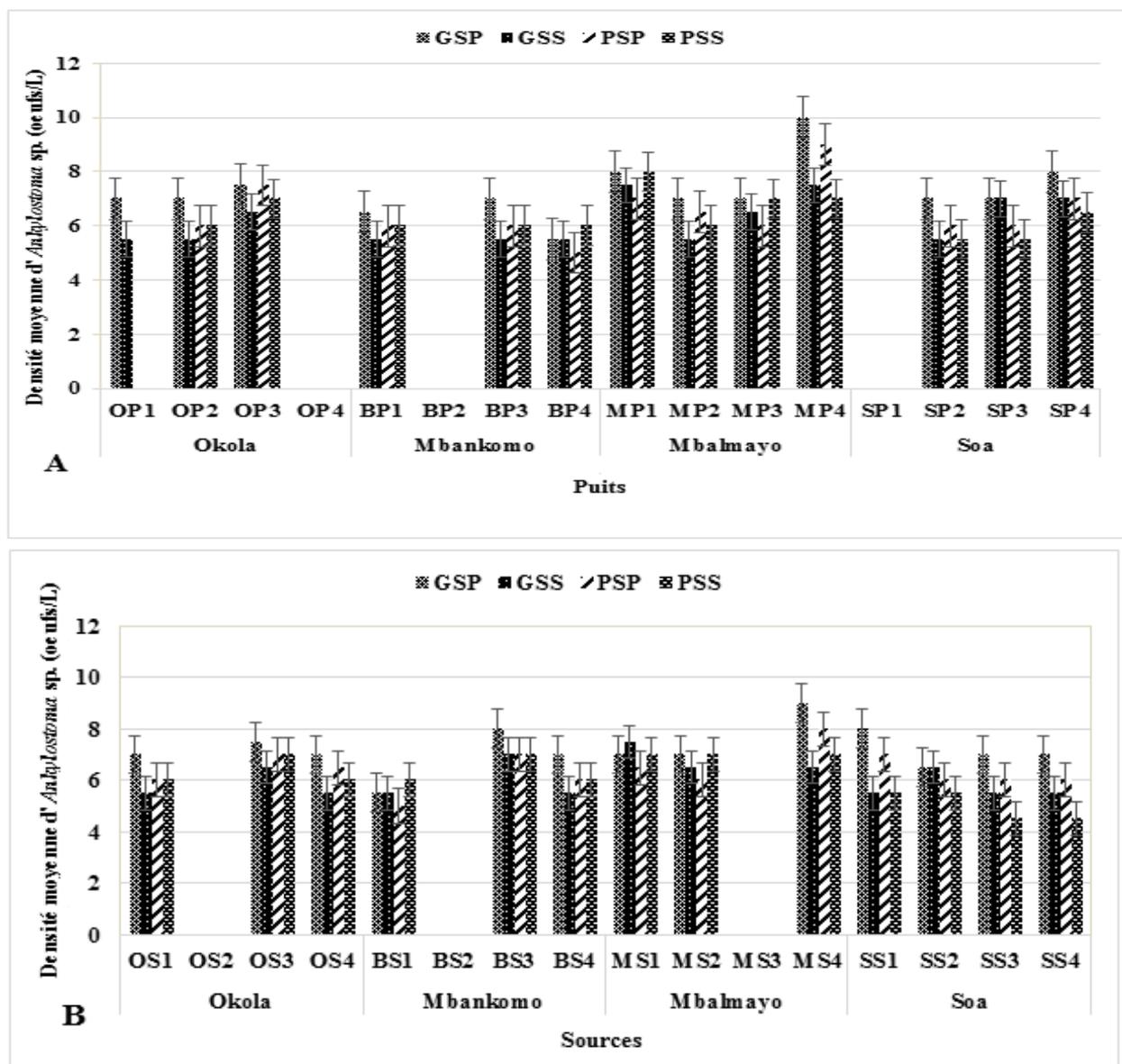
Puits	œufs d' <i>Enterobius</i> sp.														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,876	0,300	0,020*	0,020*	0,535	0,101	0,028*	0,020*	0,303	0,172	0,025*	0,535	0,028*	0,535	0,619
OS2		0,300	0,020*	0,020*	0,535	0,101	0,028*	0,020*	0,303	0,172	0,025*	0,535	0,028*	0,535	0,619
OS3			0,021*	0,021*	0,657	0,040*	0,029*	0,021*	0,771	0,770	0,026*	0,657	0,029*	0,657	0,064
OS4				0,453	0,020*	0,020*	0,020*	0,453	0,021*	0,020*	0,453	0,020*	0,020*	0,020*	0,017*
BS1					0,020*	0,020*	0,020*	0,453	0,021*	0,020*	0,453	0,020*	0,020*	0,020*	0,017*
BS2						0,053	0,028*	0,020*	0,380	0,288	0,025*	0,876	0,028*	0,876	0,136
BS3							0,172	0,020	0,0590	0,039*	0,025*	0,053	0,172	0,053*	0,205
BS4								0,020	0,029*	0,028*	0,053	0,028*	0,876	0,028*	0,035*
MS1									0,021*	0,020*	0,453	0,020*	0,020*	0,020*	0,017*
MS2										0,766	0,026*	0,387	0,029*	0,380	0,183
MS3											0,025*	0,281	0,028*	0,288	0,063
MS4												0,025*	0,053	0,025*	0,022
SS1													0,028*	0,876	0,136
SS2														0,028*	0,035*
SS3															0,136

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs d'*Ankylostoma* sp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 58 A et B. Les œufs d'*Ankylostoma* sp. dans les puits, ont été très variables d'une localité à une autre. Ils ont été présents dans les puits OP1, OP2 et OP3 (à Okola); BP1, BP3 et BP4 (à Mbankomo); MP1, MP2, MP3 et MP4 (à Mbalmayo); SP2, SP3 et SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons à l'exception du puits OP1 (pendant les GSP et GSS uniquement). Le puits MP4 à Mbalmayo a enregistré la densité la plus élevée d'œufs d'*Ankylostoma* sp. soit,  $10 \pm 3$  œufs/L pendant la GSP (Figure 58 A). Les œufs d'*Ankylostoma* sp. ont été identifiés dans tous les puits de Mbalmayo pendant toutes les saisons. Dans l'ensemble, les densités les plus élevées d'œufs d'*Ankylostoma* sp. ont été enregistrées pendant la GSP.

Dans les sources, les œufs d'*Ankylostoma* sp. retrouvés ont été variables d'une ville d'étude à une autre. Ils ont été identifiés dans les sources OS1, OS3 et OS4 (à Okola); BS1, BS3

et BS4 (à Mbankomo); MS1, MS2 et MS4 (à Mbalmayo); SS1, SS2, SS3 et SS4 (à Soa) pendant toutes les saisons. La source MS4 à Mbalmayo a enregistré la densité la plus élevée d'œufs d'*Ankylostoma* sp. ( $9 \pm 1$  œufs/L) pendant la GSP (Figure 58 B). Les œufs d'*Ankylostoma* sp. ont été enregistrés dans toutes les sources de la localité de Soa et pendant toutes les saisons. Globalement, aucun œuf d'*Ankylostoma* sp. n'a été identifié dans certains puits et certaines sources dans toutes les localités et pendant toutes les saisons. Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des œufs d'*Ankylostoma* sp. enregistrées dans les sources et les puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial par contre, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LI) et sources (Tableau LII).



**Figure 58:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs d'*Ankylostoma* sp. dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités du centre.

**Tableau LI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Ankylostoma* sp. obtenues dans les puits

œufs d' <i>Ankylostoma</i> sp.															
Puits	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,300	0,077	0,185	0,377	0,185	0,300	0,655	0,039*	0,303	0,180	0,040*	0,185	0,368	0,230	0,101
OP2		0,077	0,020*	0,077	0,020*	0,876	0,172	0,039*	0,880	0,288	0,040*	0,020*	0,077	0,077	0,101
OP3			0,020*	0,039*	0,020*	0,077	0,028*	0,230	0,105	0,230	0,233	0,020*	0,077	0,180	0,077
OP4				0,020*	0,300	0,020*	0,020*	0,020*	0,021*	0,020*	0,021*	0,077	0,020*	0,020*	0,020*
BP1					0,020*	0,300	0,172	0,028*	0,653	0,134	0,029*	0,020*	0,879	0,549	0,039*
BP2						0,020*	0,020*	0,020*	0,021*	0,020*	0,021*	0,077	0,020*	0,020*	0,020*
BP3							0,172	0,039*	0,880	0,288	0,040*	0,020*	0,077	0,077	0,101
BP4								0,028*	0,136	0,039*	0,029*	0,020*	0,352	0,134	0,028*
MP1									0,040*	0,053	0,659	0,020*	0,039*	0,053	0,288
MP2										0,453	0,042*	0,021*	0,652	0,880	0,136
MP3											0,054	0,020*	0,230	0,756	0,352
MP4												0,021*	0,040*	0,054	0,183
SP1													0,020*	0,020*	0,020*
SP2														0,541	0,101
SP3															0,281

Légende\*=Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs d'*Ankylostoma* sp. obtenues dans les sources

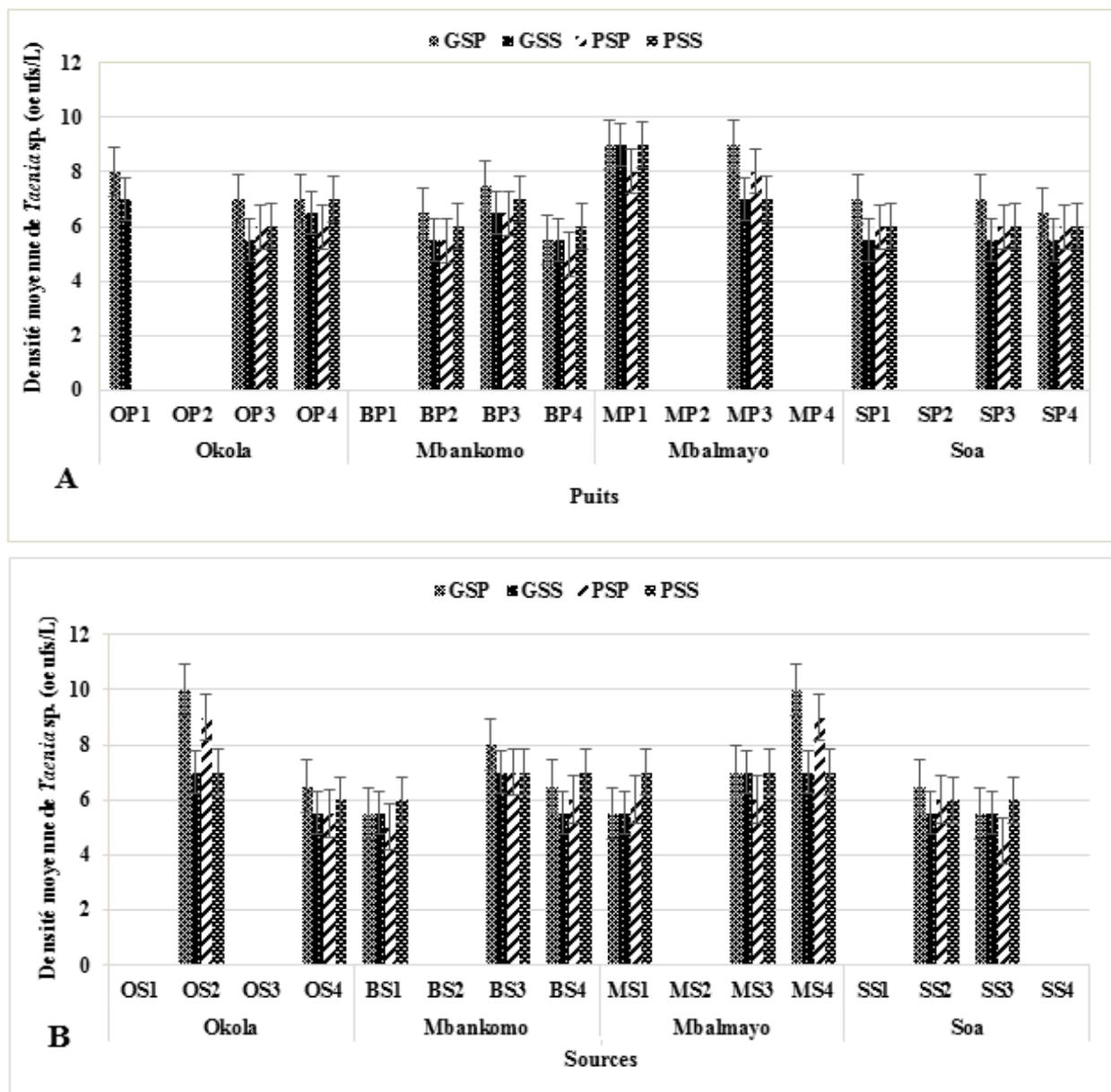
œufs d' <i>Ankylostoma</i> sp.															
Puits	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,020*	0,101	0,880	0,172	0,020*	0,063	0,876	0,101	0,288	0,020*	0,079	0,653	0,172	0,653	0,653
OS2		0,020*	0,021*	0,020*	0,653	0,017*	0,020*	0,020*	0,020*	0,653	0,021*	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*
OS3			0,136	0,028*	0,020*	0,619	0,101	0,876	0,352	0,020*	0,551	0,655	0,053	0,103	0,103
OS4				0,136	0,021*	0,064	0,880	0,136	0,453	0,021*	0,108	0,172	0,880	0,556	0,556
BS1					0,020*	0,025*	0,172	0,028*	0,039*	0,020*	0,029*	0,281	0,134	0,766	0,766
BS2						0,017*	0,020*	0,020*	0,020*	0,653	0,021*	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*
BS3							0,063	0,619	0,137	0,017*	0,877	0,435	0,025*	0,064	0,064
BS4								0,101	0,288	0,020*	0,079	0,288	0,288	0,653	0,653
MS1									0,352	0,020*	0,551	0,655	0,053	0,103	0,103
MS2										0,020*	0,233	0,881	0,230	0,233	0,233
MS3											0,021*	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*
MS4												0,303	0,054	0,081	0,081
SS1													0,881	0,551	0,551
SS2														0,659	0,659
SS3															0,882

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs de *Taenia* sp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 59 A et B. Les œufs de *Taenia* sp dans les puits, ont été très variables d'une localité à une autre. Ils ont été présents dans les puits OP1, OP3 et OP4 (à Okola); BP2, BP3 et BP4 (à Mbankomo); MP1 et MP3 (à Mbalmayo); SP1, SP3 et SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons à l'exception du puits OP1 (pendant les GSP et GSS uniquement). Les puits MP1 et MP3 à Mbalmayo ont enregistré les densités les plus élevées des œufs de *Taenia* sp. ( $9 \pm 1$  œufs/L pendant la GSP, GSS et PSS pour MP1 et  $9 \pm 4$  œufs/L pendant la GSP ( $9 \pm 4$  œufs/L pour MP3) (Figure 59 A). Dans les sources, les œufs de *Taenia* sp. ont été identifiés dans les sources OS2 et OS4 (à Okola); BS1, BS3 et BS4 (à

Mbankomo); MS1, MS3 et MS4 (à Mbalmayo); SS2 et SS3 (à Soa) pendant toutes les saisons. Les sources OS2 (Okola) et MS4 (Mbalmayo) ont enregistré les densités les plus élevées des œufs de *Taenia* sp. ( $10 \pm 3$  œufs/L) pendant la GSP (Figure 59 B). Globalement, aucun œuf de *Taenia* sp. n'a été identifié dans certains puits et certaines sources dans toutes les localités et pendant toutes les saisons.

Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des œufs de *Taenia* sp. enregistrées dans les sources et les puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LIII) et sources (Tableau LIV).



**Figure 59:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de *Taenia* sp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les entre les densités des œufs de *Taenia* sp. obtenues dans les puits

œufs de <i>Taenia</i> sp.															
Puits	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,185	0,881	0,881	0,185	0,883	0,768	0,883	0,035*	0,185	0,230	0,185	0,185	0,185	0,883	0,883
OP2		0,020*	0,020*	0,185	0,020	0,020*	0,020*	0,017*	0,185	0,020*	0,883	0,020*	0,185	0,020*	0,020*
OP3			0,288	0,020*	0,648	0,141	0,172	0,025*	0,020*	0,053	0,020*	0,876	0,020*	0,876	0,876
OP4				0,020*	0,103	0,648	0,039*	0,025*	0,020*	0,090	0,020*	0,288	0,020*	0,288	0,134
BP1					0,020*	0,020*	0,020*	0,017*	0,352	0,020*	0,352	0,020*	0,352	0,020*	0,020*
BP2						0,053	0,352	0,025*	0,020*	0,028*	0,020*	0,648	0,020*	0,648	0,76
BP3							0,028*	0,025*	0,020*	0,180	0,020*	0,141	0,020*	0,141	0,053
BP4								0,025*	0,020*	0,028*	0,020*	0,172	0,020*	0,172	0,172
MP1									0,017*	0,160	0,017*	0,025*	0,017*	0,025*	0,025*
MP2										0,020*	0,876	0,020*	0,876	0,020*	0,020*
MP3											0,020*	0,053	0,020*	0,053	0,028*
MP4												0,020*	0,876	0,020*	0,020*
SP1													0,020*	0,876	0,876
SP2														0,020*	0,020*
SP3															0,876

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

**Tableau LIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs *Taenia* sp. obtenues dans les sources

œufs de <i>Taenia</i> sp.															
Sources	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,020*	0,352	0,020*	0,020*	0,352	0,017*	0,021*	0,020*	0,352	0,017*	0,020*	0,352	0,020*	0,020*	0,352
OS2		0,020*	0,028*	0,028*	0,020*	0,408	0,054	0,053	0,020*	0,136	0,876	0,020*	0,028*	0,028*	0,020*
OS3			0,020*	0,020*	0,453	0,017*	0,021*	0,020*	0,453	0,017*	0,020*	0,354	0,020*	0,020*	0,354
OS4				0,352	0,020*	0,025*	0,453	0,453	0,020*	0,072	0,028*	0,020*	0,76	0,352	0,020*
BS1					0,020*	0,025*	0,136	0,352	0,020*	0,035*	0,028*	0,020*	0,172	0,352	0,020*
BS2						0,017*	0,021*	0,020*	0,278	0,017*	0,020*	0,278	0,020*	0,020*	0,274
BS3							0,064	0,063	0,017*	0,256	0,408	0,017*	0,025*	0,025*	0,017*
BS4								0,653	0,021*	0,278	0,054	0,021*	0,653	0,136	0,021*
MS1									0,020*	0,160	0,053	0,020*	0,879	0,352	0,020*
MS2										0,017*	0,020*	0,136	0,020*	0,020*	0,136
MS3											0,136	0,017*	0,095	0,035*	0,017*
MS4												0,020*	0,028*	0,028*	0,020*
SS1													0,020*	0,020*	0,172
SS2														0,172	0,020*
SS3															0,020*

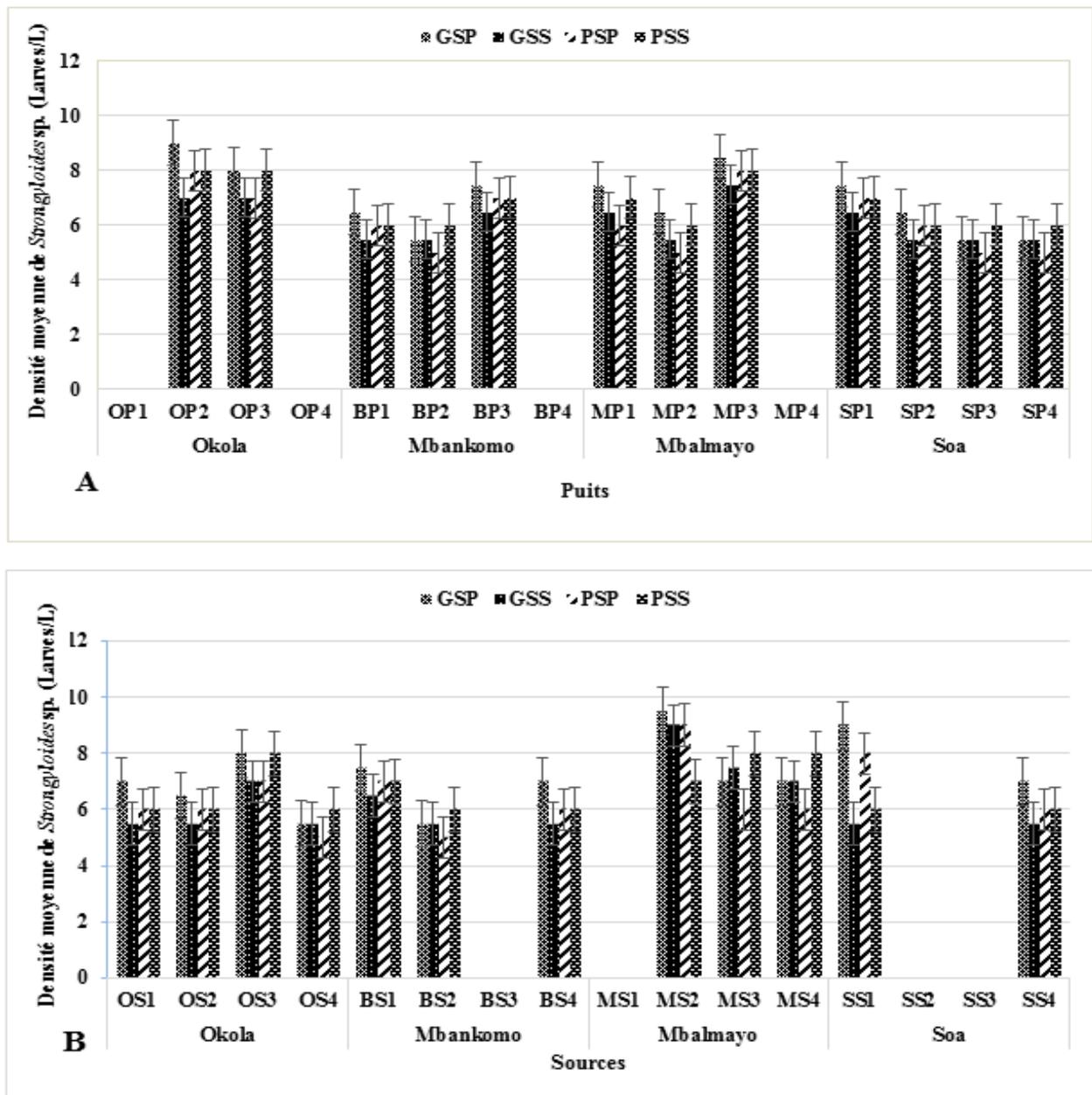
Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wihitney

Les variations des larves de *Strongyloides* sp. identifiées dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 60 A et B. Dans les puits, les larves de *Strongyloides* sp. ont été présentes dans les puits OP2 et OP3 (à Okola); BP1, BP2 et BP3 (à Mbankomo); MP1, MP2 et MP3 (à Mbalmayo); SP1, SP2, SP3 et SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons. Le puits OP2 à Okola a enregistré la densité la plus élevée ( $9 \pm 1$  larves/L) pendant la GSP (Figure 60 A). Les larves de *Strongyloides* sp. ont été enregistrées dans tous les puits de la localité de Soa pendant toutes les saisons.

Dans les sources, les larves de *Strongyloides* sp. ont été identifiées dans les sources OS1, OS2, OS3 et OS4 (à Okola); BS1, BS2 et BS4 (à Mbankomo); MS2, MS3 et MS4 (à Mbalmayo); SS1 et SS4 (à Soa) pendant toutes les saisons. La source MS2 à Mbalmayo a enregistré la densité la plus élevée de larves de *Strongyloides* sp. ( $10 \pm 4$  larves/L) pendant la

GSP (Figure 60 B). Les larves de *Strongyloides* sp. ont été enregistrées dans toutes les sources de la localité d'Okola et pendant toutes les saisons. De manière générale, aucune larve de *Strongyloides* sp. n'a été identifiée dans certains puits et certaines sources dans toutes les localités et pendant toutes les saisons.

Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des larves de *Strongyloides* sp. enregistrées dans les sources et les puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LV) et sources (Tableau LVI).



**Figure 60:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des larves de *Strongyloides* sp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des larves de *Strongyloides* sp. obtenues dans les puits

larves de <i>Strongyloides</i> sp.															
Puits	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,020*	0,019*	0,278	0,020*	0,020*	0,020*	0,278	0,021*	0,021*	0,020*	0,278	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*
OP2		0,429	0,020*	0,028*	0,028*	0,101	0,020*	0,079	0,029*	0,877	0,020*	0,101	0,028*	0,028*	0,028*
OP3			0,019*	0,027*	0,027*	0,278	0,019	0,180	0,028*	0,278	0,019*	0,278	0,027*	0,027*	0,027*
OP4				0,020*	0,020*	0,020*	0,876	0,021*	0,021*	0,020*	0,876	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*
BP1					0,172	0,039*	0,020*	0,136	0,653	0,028*	0,020*	0,039*	0,876	0,172	0,172
BP2						0,028*	0,020*	0,040*	0,653	0,028*	0,020*	0,028*	0,172	0,876	0,876
BP3							0,020*	0,653	0,040*	0,039*	0,020*	0,876	0,039*	0,028*	0,028*
BP4								0,021*	0,021*	0,020*	0,653	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*
MP1									0,108	0,040*	0,021*	0,653	0,136	0,040*	0,040*
MP2										0,029*	0,021*	0,040*	0,653	0,653	0,653
MP3											0,020*	0,039*	0,028*	0,028*	0,028*
MP4												0,020*	0,020*	0,020*	0,020*
SP1													0,039*	0,028*	0,028*
SP2														0,172	0,172
SP3															0,876

Légende\*=Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LVI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des larves de *Strongyloides* sp. obtenues dans les sources

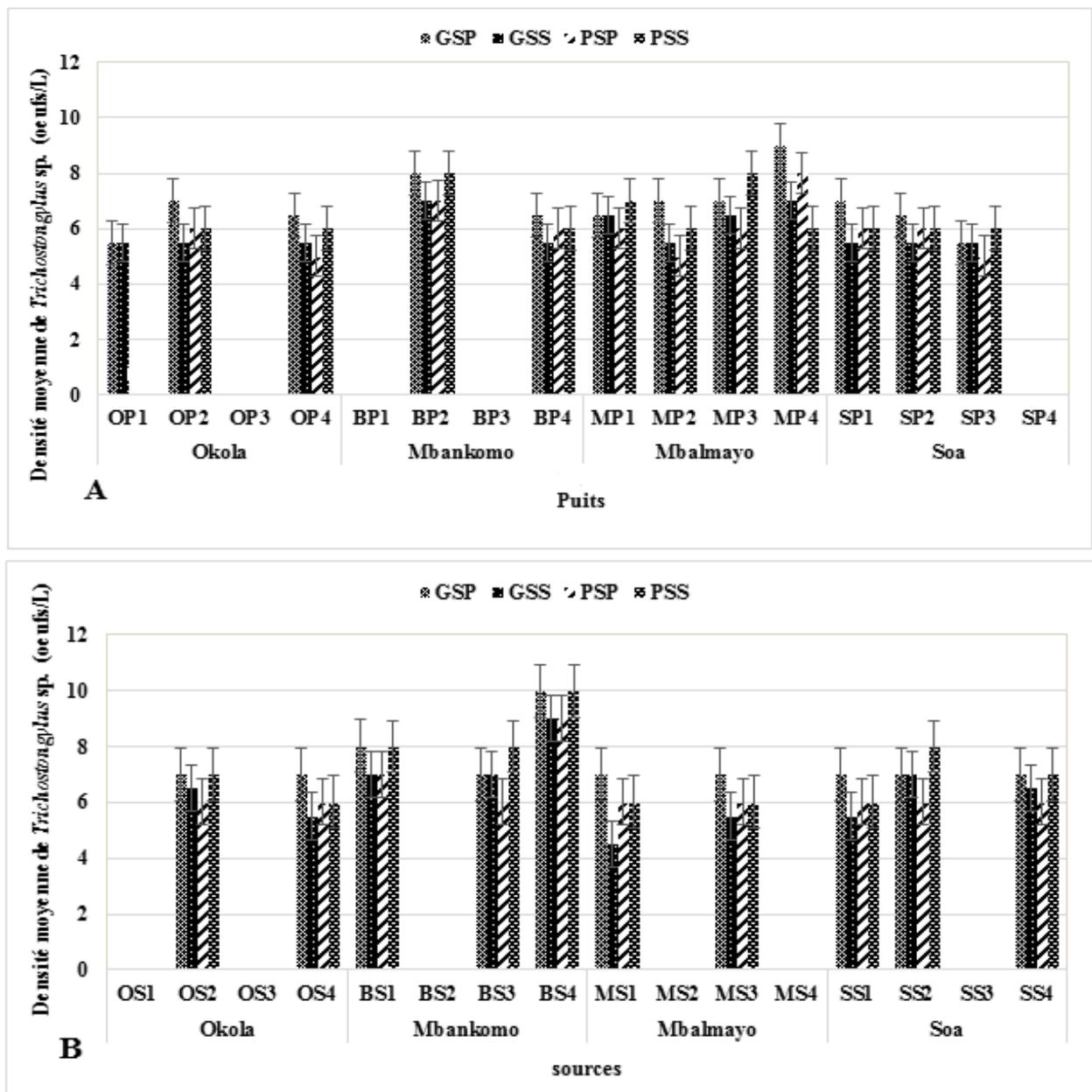
larves de <i>Strongyloides</i> sp.															
Sources	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,172	0,051	0,172	0,101	0,172	0,020*	0,876	0,020*	0,039*	0,136	0,172	0,551	0,020*	0,020*	0,876
OS2		0,027*	0,172	0,039*	0,172	0,020*	0,172	0,020*	0,028*	0,103	0,101	0,551	0,021*	0,020*	0,172
OS3			0,027*	0,278	0,027*	0,019*	0,051	0,019*	0,177	0,648	0,429	0,881	0,019*	0,019*	0,051
OS4				0,028*	0,876	0,020*	0,172	0,020*	0,028*	0,040*	0,039*	0,136	0,020*	0,020*	0,172
BS1					0,028*	0,020*	0,101	0,020*	0,101	0,766	0,877	0,884	0,020*	0,020*	0,101
BS2						0,020*	0,172	0,020*	0,028*	0,040*	0,039*	0,136	0,020*	0,020*	0,172
BS3							0,020*	0,278	0,020*	0,021*	0,020*	0,021*	0,278	0,278	0,020*
BS4								0,020*	0,039*	0,136	0,172	0,551	0,020*	0,020*	0,876
MS1									0,020*	0,021*	0,020*	0,021*	0,144	0,144	0,020*
MS2										0,144	0,101	0,183	0,020*	0,020*	0,039*
MS3											0,880	0,883	0,021*	0,021*	0,136
MS4												0,883	0,020*	0,020*	0,172
SS1													0,021*	0,021*	0,551
SS2														0,883	0,020*
SS3															0,020*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs de *Trichostrongylus* sp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 61 A et B. Les œufs de *Trichostrongylus* sp. dans les puits, ont été très variables d'une localité à une autre. Ils ont été identifiés dans les puits OP1, OP2 et OP4 (à Okola); BP2 et BP4 (à Mbankomo); MP1, MP2, MP3 et MP4 (à Mbalmayo); SP2, SP2 et SP3 (à Soa) pendant toutes les saisons à l'exception du puits OP1 (pendant les GSP et GSS uniquement). Le puits MP4 à Mbalmayo a enregistré la densité la plus élevée ( $9 \pm 1$  œufs/L) pendant la GSP (Figure 61 A). Les œufs de *Trichostrongylus* sp. ont été enregistrés dans tous les puits de Mbalmayo pendant toutes les saisons.

Au niveau des sources, les œufs de *Trichostrongylus* sp. retrouvés ont été variables d'une ville d'étude à une autre. Ils ont été identifiés dans les sources OS2 et OS4 (à Okola); BS1, BS3

et BS4 (à Mbankomo); MS1 et MS3 (à Mbalmayo); SS1, SS2 et SS4 (à Soa) pendant toutes les saisons. La source BS4 à Mbankomo a enregistré la densité la plus élevée ( $10 \pm 3$  œufs/L) pendant la GSP et PSS (Figure 61 B). Aucun œuf de *Trichostrongylus* sp. n'a été identifié dans certains puits et certaines sources dans toutes les localités et pendant toutes les saisons. Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des œufs de *Trichostrongylus* sp. enregistrées dans les sources et puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LVII) et sources (Tableau LVIII).



**Figure 61:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de *Trichostrongylus* sp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LVII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Trichostrongylus* sp. obtenues dans les puits

œufs de <i>Trichostrongylus</i> sp.															
Puits	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,051	0,181	0,180	0,181	0,026*	0,181	0,051	0,027*	0,180	0,028*	0,028*	0,051	0,051	0,278	0,181
OP2		0,020*	0,551	0,020*	0,051	0,020*	0,368	0,368	0,653	0,233	0,136	0,876	0,368	0,172	0,020*
OP3			0,021*	0,288	0,019*	0,288	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*	0,021*	0,020*	0,020*	0,020*	0,876
OP4				0,021*	0,028*	0,021*	0,653	0,137	0,653	0,108	0,081	0,551	0,653	0,653	0,021*
BP1					0,019*	0,193	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*	0,021*	0,020*	0,020*	0,020*	0,653
BP2						0,019*	0,020*	0,051	0,053	0,288	0,879	0,051	0,027*	0,027*	0,019*
BP3							0,020*	0,020*	0,021*	0,021*	0,021*	0,020*	0,020*	0,020*	0,368
BP4								0,172	0,766	0,136	0,103	0,172	0,876	0,172	0,020*
MP1									0,303	0,653	0,303	0,368	0,172	0,039*	0,020*
MP2										0,188	0,108	0,653	0,766	0,653	0,021*
MP3											0,556	0,233*	0,136	0,040*	0,021*
MP4												0,136	0,103	0,040*	0,021*
SP1														0,172	0,020*
SP2														0,172	0,020*
SP3															0,020*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LVIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Trichostrongylus* sp. obtenues dans les sources

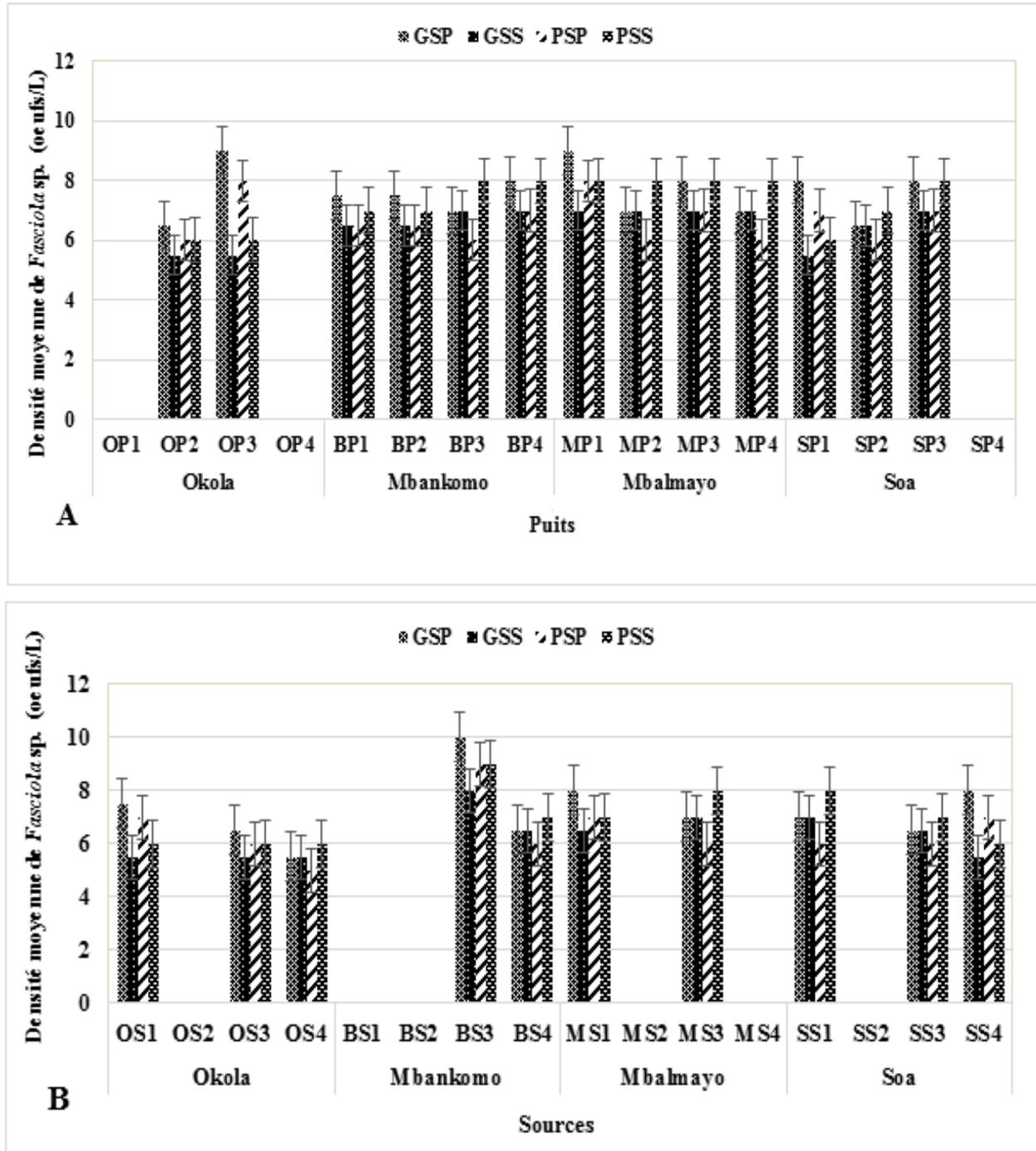
œufs de <i>Trichostrongylus</i> sp.															
Sources	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,020*	0,288	0,020*	0,019*	0,288	0,020*	0,019*	0,020*	0,193	0,020*	0,193	0,020*	0,020*	0,193	0,020*
OS2		0,020*	0,288	0,088	0,020*	0,535	0,027*	0,288	0,020*	0,288	0,020*	0,288	0,535	0,020*	0,876
OS3			0,020*	0,019*	0,193	0,020*	0,019*	0,020*	0,193	0,020*	0,193	0,020*	0,020*	0,193	0,020*
OS4				0,051	0,020*	0,172	0,027*	0,876	0,020*	0,876	0,020*	0,876	0,172	0,020*	0,288
BS1					0,019*	0,429	0,026*	0,051	0,019*	0,051	0,019*	0,051	0,429	0,019*	0,088
BS2						0,020*	0,019*	0,020*	0,193	0,020*	0,193	0,020*	0,020*	0,193	0,020*
BS3							0,027*	0,172	0,020*	0,172	0,020*	0,172	0,876	0,020*	0,535
BS4								0,027*	0,019*	0,027*	0,019*	0,027*	0,027*	0,019*	0,027*
MS1									0,020*	0,429	0,020*	0,288	0,172	0,020*	0,288
MS2										0,020*	0,876	0,020*	0,020*	0,876	0,020*
MS3											0,020*	0,876	0,172	0,020*	0,288
MS4												0,020*	0,020*	0,535	0,020*
SS1													0,172	0,020*	0,288
SS2														0,020*	0,535
SS3															0,020*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs de *Fasciola* sp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 62 A et B. Les œufs de *Fasciola* sp. ont été identifiés dans tous les puits des localités de Mbankomo et de Mbalmayo. Par contre, ils ont été absents dans les puits OP1 et OP4 (à Okola); SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons. Les puits OP3 à Okola et MP1 à Mbalmayo ont enregistré les densités les plus élevées d'œufs de *Fasciola* sp. ( $9 \pm 4$  œufs/L et  $9 \pm 1$  œufs/L respectivement) pendant la GSP (Figure 62 A).

Dans les sources, les œufs de *Fasciola* sp. ont été identifiés dans les sources OS1, OS3 et OS4 (à Okola); BS3 et BS4 (à Mbankomo); MS1 et MS3 (à Mbalmayo); SS1, SS3 et SS4 (à Soa) pendant toutes les saisons. La source BS3 (Mbankomo) a enregistré la plus grande densité des œufs de *Fasciola* sp. ( $10 \pm 3$  œufs/L) pendant la GSP (Figure 62 B). Globalement, aucun œuf de *Fasciola* sp. n'a été identifié dans certains puits et certaines sources dans toutes les localités

et pendant toutes les saisons. Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des œufs de *Fasciola* sp. enregistrées dans les sources et les puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial par contre, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LIX) et sources (Tableau LX).



**Figure 62:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de *Fasciola* sp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LIX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Fasciola* sp. obtenues dans les puits

œufs de <i>Fasciola</i> sp.															
Puits	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,020*	0,021*	0,551	0,020*	0,020*	0,020*	0,019*	0,020*	0,020*	0,019*	0,020*	0,021*	0,020*	0,019*	0,551
OP2		0,551	0,020*	0,053	0,053	0,101	0,027*	0,028*	0,101	0,027*	0,101	0,551	0,172	0,027*	0,020*
OP3			0,021*	0,884	0,884	0,883	0,881	0,551	0,883	0,881	0,883	0,768	0,053	0,881	0,021*
OP4				0,020*	0,020*	0,020*	0,019*	0,020*	0,020*	0,019*	0,020*	0,021*	0,020*	0,019*	0,053
BP1					0,876	0,881	0,177	0,077	0,881	0,177	0,881	0,770	0,352	0,177	0,020*
BP2						0,881	0,177	0,077	0,881	0,177	0,881	0,770	0,352	0,177	0,020*
BP3							0,429	0,172	0,876	0,429	0,876	0,653	0,368	0,429	0,020*
BP4								0,429	0,429	0,868	0,429	0,288	0,051	0,868	0,019*
MP1									0,172	0,429	0,172	0,136	0,039*	0,429	0,020*
MP2										0,429	0,876	0,653	0,368	0,429	0,020*
MP3											0,429	0,288	0,0515	0,868	0,019*
MP4												0,653	0,368	0,429	0,020*
SP1													0,883	0,288	0,021*
SP2														0,051	0,020*
SP3															0,019*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LX:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Fasciola* sp. obtenues dans les sources

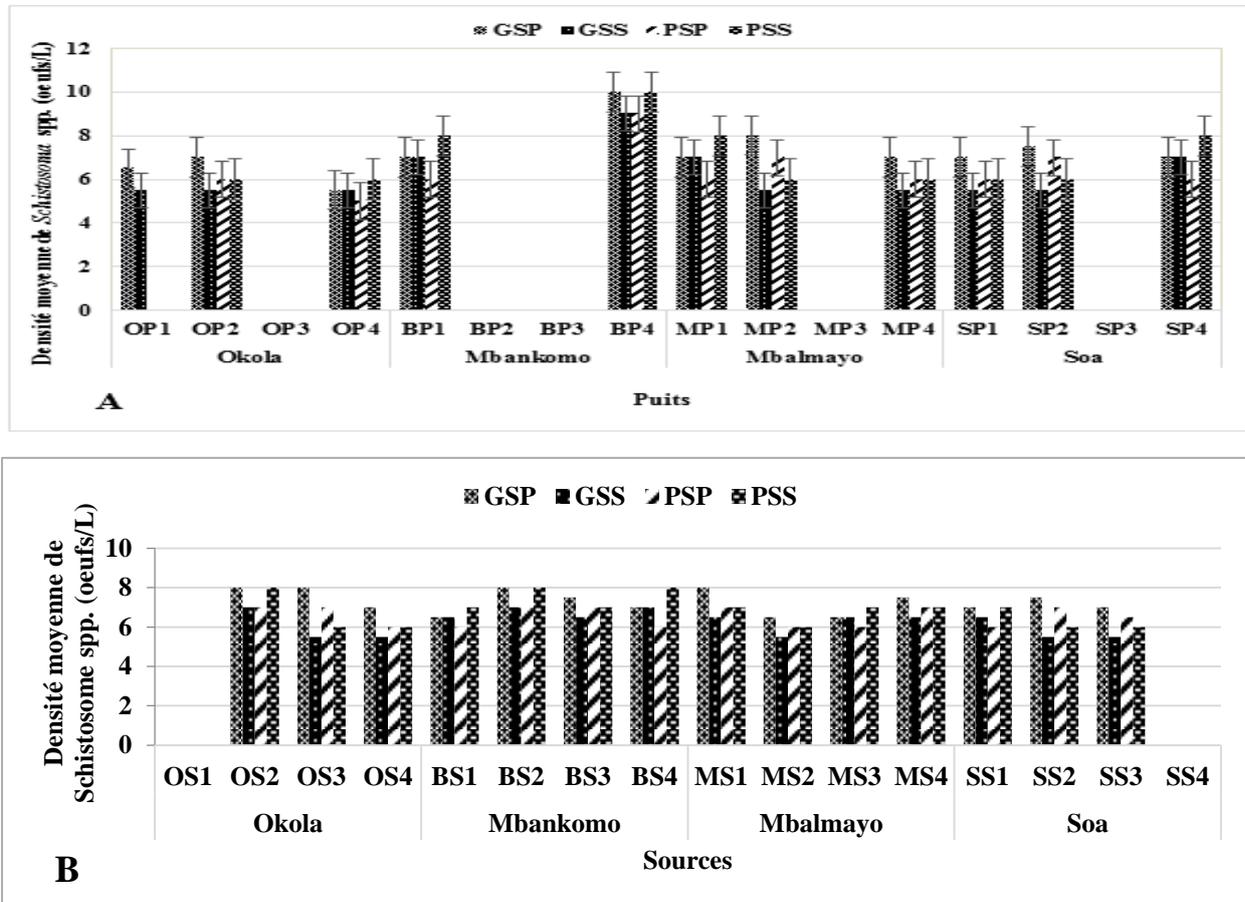
œufs de <i>Fasciola</i> sp.															
Sources	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,021*	0,551	0,136	0,021*	0,021*	0,029*	0,883	0,459	0,021*	0,551	0,021*	0,551	0,021*	0,883	0,551
OS2		0,020*	0,020*	0,101	0,101	0,020*	0,020*	0,020*	0,101	0,020*	0,101	0,020*	0,101	0,020*	0,021*
OS3			0,172	0,020*	0,020*	0,028*	0,172	0,039*	0,020*	0,101	0,020*	0,101	0,020*	0,172	0,551
OS4				0,020*	0,020*	0,028*	0,039*	0,028*	0,020*	0,039*	0,020*	0,039*	0,020*	0,039*	0,136
BS1					0,136	0,020*	0,020*	0,020*	0,136	0,020*	0,136	0,020*	0,136	0,020*	0,021*
BS2						0,020*	0,020*	0,020*	0,284	0,020*	0,284	0,020*	0,284	0,020*	0,021*
BS3							0,028*	0,039*	0,020*	0,039*	0,020*	0,039*	0,020*	0,028*	0,040*
BS4								0,172	0,020*	0,368	0,020*	0,368	0,020*	0,876	0,883
MS1									0,020*	0,551	0,020*	0,556	0,020*	0,172	0,5516
MS2										0,020*	0,368	0,020*	0,368	0,020*	0,021
MS3											0,020*	0,876	0,020*	0,368	0,653
MS4												0,020*	0,876	0,020*	0,021*
SS1													0,020*	0,368	0,652
SS2														0,020*	0,0210*
SS3															0,883

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

Les variations des œufs de *Schistosoma* spp. identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude sont présentées dans les figures 63 A et B. Les œufs de *Schistosoma* spp. dans les puits (Figure 63 A), ont été présents dans les puits OP1, OP2 et OP4 (à Okola); BP1 et BP4 (à Mbankomo); MP1, MP2 et MP4 (à Mbalmayo); SP1, SP2 et SP4 (à Soa) pendant toutes les saisons à l'exception du puits OP1 (uniquement pendant les GSP et GSS). Le puits BP4 à Mbankomo a enregistré la densité la plus élevée des œufs de *Schistosoma* spp. pendant la GSP ( $10 \pm 3$  œufs/L) et PSS ( $9 \pm 1$  œufs/L).

Dans les sources, les œufs de *Schistosoma* spp. ont été présents dans toutes les sources des localités de Mbankomo et de Mbalmayo. Par contre, ils ont été absents dans les sources OS1 (à Okola); SS4 (à Soa) pendant toutes les saisons (Figure 63 B). Sur le plan temporel, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des œufs de *Schistosoma* spp. enregistrées dans

les sources et puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LXI) et sources (Tableau LXII).



**Figure 63:** Variation spatio-temporelle des densités moyennes des œufs de *Schistosoma* spp. dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LXI:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Schistosoma* sp. obtenues dans les puits

Puits	œufs de <i>Schistosoma</i> sp.														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,239	0,185	0,655	0,057	0,185	0,185	0,027*	0,057	0,144	0,185	0,239	0,239	0,144	0,185	0,057
OP2		0,020*	0,172	0,172	0,020*	0,020*	0,027*	0,172	0,653	0,020*	0,876	0,876	0,653	0,020*	0,172
OP3			0,020*	0,020*	0,655	0,655	0,019*	0,020*	0,655	0,020*	0,655	0,020*	0,020*	0,021*	0,655
OP4				0,039*	0,020*	0,020*	0,027*	0,039*	0,136	0,020*	0,172	0,172	0,136	0,020*	0,039*
BP1					0,020*	0,020*	0,027*	0,871	0,653	0,020*	0,172	0,172	0,551	0,020*	0,8761
BP2						0,185	0,019*	0,020*	0,021*	0,185	0,020*	0,020*	0,021*	0,185	0,020*
BP3							0,019*	0,020*	0,021*	0,876	0,020*	0,020*	0,021*	0,876	0,020*
BP4								0,027*	0,028*	0,019*	0,027*	0,027*	0,028*	0,019*	0,027*
MP1									0,653	0,020*	0,172	0,172	0,551	0,020*	0,876
MP2										0,021*	0,653	0,653	0,653	0,021*	0,653
MP3											0,020*	0,020*	0,021*	0,876	0,020*
MP4												0,876	0,653	0,020*	0,172
SP1													0,653	0,020*	0,172
SP2														0,021*	0,551
SP3															0,020*

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LXII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs de *Schistosoma* sp. obtenues dans les sources

Sources	œufs de <i>Schistosoma</i> sp.														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,019*	0,021*	0,0202*	0,020*	0,019*	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*	0,020*	0,021*	0,021*	0,429
OS2		0,288	0,051	0,051	0,868	0,278	0,429	0,429	0,027*	0,051	0,278	0,088	0,180	0,053	0,019*
OS3			0,653	0,883	0,288	0,657	0,653	0,551	0,551	0,883	0,657	0,551	0,657	0,768	0,021*
OS4				0,368	0,051	0,101	0,172	0,101	0,101	0,368	0,101	0,288	0,653	0,880	0,020*
BS1					0,051	0,172	0,368	0,172	0,172	0,876	0,172	0,76	0,883	0,653	0,020*
BS2						0,278	0,429	0,429	0,027*	0,051	0,278	0,088	0,180	0,0531	0,019*
BS3							0,877		0,039*	0,172	0,876	0,352	0,551	0,136	0,020*
BS4									0,101	0,368	0,877	0,535	0,551	0,233	0,020*
MS1									0,039*	0,172	0,877	0,352	0,459	0,136	0,020*
MS2										0,172	0,039*	0,134	0,551	0,653	0,020*
MS3											0,172	0,76	0,883	0,653	0,020*
MS4												0,352	0,551	0,136	0,020*
SS1														0,453	0,020*
SS2														0,768	0,021*
SS3															0,021*

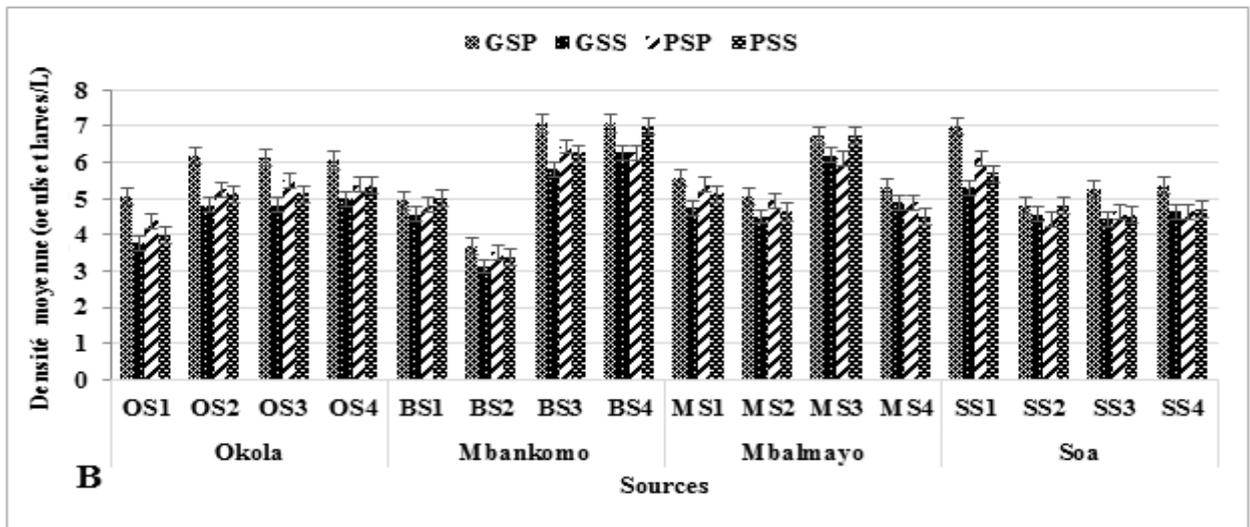
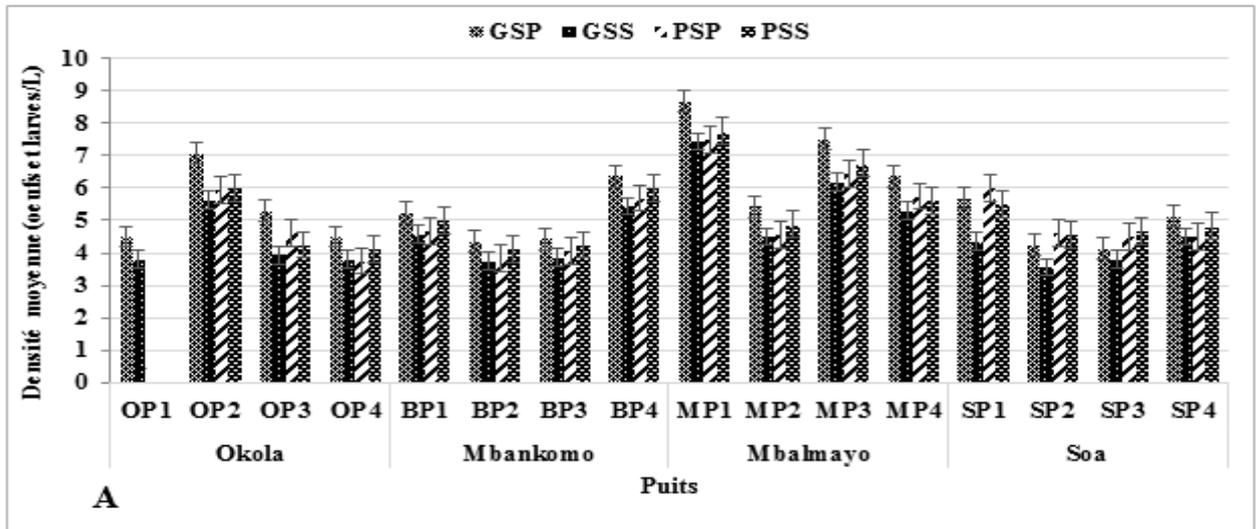
Légende: \*= Différence significative Test du test de Mann-Wiwhitney

### III.1.3.6. Variations saisonnières des densités moyennes des œufs et des larves d'helminthes intestinaux dans les sources et les puits étudiés

Les figures 64 A et B présentent les variations saisonnières des œufs et des larves d'helminthes intestinaux identifiés dans les puits et les sources des différentes localités d'étude.

Dans les puits (Figure 64 A), la densité a varié entre 0 et  $9 \pm 3$  œufs et larves/L respectivement dans les puits OP1 à Okola (pendant la PSP et PSS) et MP1 à Mbalmayo (pendant la GSP). Les densités les plus élevées ont été obtenues pendant la GSP pour l'ensemble des puits et pendant la PSS pour les puits SP2 et SP3 à Soa. Le puits MP1 a enregistré les densités les plus élevées des œufs et des larves d'helminthes et pendant toutes les saisons.

La densité au niveau des sources a varié entre  $3 \pm 3$  (BS2 à Mbankomo) et  $7 \pm 3$  œufs et larves/L (BS3, BS4 à Mbankomo; MS3 à Mbalmayo et SS1 à Soa). Dans l'ensemble, les densités élevées ont été enregistrées pendant la grande saison des pluies à l'exception des sources BS1, BS4, MS3 et SS2 (GSP et PSS). La source BS2 à Mbankomo est la moins chargée (Figure 64 B). Sur le plan temporel, il existe aucune différence significative entre les valeurs enregistrées dans les sources et les puits ( $p > 0,05$ ). Sur le plan spatial, il existe une différence significative entre les valeurs enregistrées dans les différents puits (Tableau LXIII) et sources (Tableau LXIV).



**Figure 64:** Variation saisonnière des densités moyennes des œufs et des larves d’helminthes intestinaux dans les puits (A) et les sources (B).

**Tableau LXIII:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs et larves d’helminthes intestinaux obtenues dans les puits

Puits	œufs et larves d’helminthes														
	OP2	OP3	OP4	BP1	BP2	BP3	BP4	MP1	MP2	MP3	MP4	SP1	SP2	SP3	SP4
OP1	0,029*	0,110	0,462	0,029*	0,559	0,309	0,029*	0,029*	0,040*	0,029*	0,029*	0,059	0,191	0,185	0,053
OP2		0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,771	0,030*	0,030*	0,193	0,383	0,245	0,030*	0,030*	0,029*
OP3			0,193	0,470	0,193	0,383	0,030*	0,030*	0,470	0,030*	0,042*	0,112	0,661	0,665	0,663
OP4				0,030*	0,665	0,665	0,030*	0,030*	0,042*	0,030*	0,030*	0,060	0,470	0,377	0,054
BP1					0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,771	0,030*	0,030*	0,312	0,081	0,081	0,467
BP2						0,470	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,042*	0,470	0,306	0,029*
BP3							0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,060	0,561	0,665	0,029*
BP4								0,030*	0,042*	0,060	0,771	0,465	0,030*	0,030*	0,029*
MP1									0,030*	0,081	0,030*	0,030*	0,030*	0,030*	0,029*
MP2										0,030*	0,060	0,312	0,245	0,146	0,657
MP3											0,060	0,030*	0,030*	0,030*	0,029*
MP4												0,665	0,030*	0,030*	0,029*
SP1													0,112	0,112	0,309
SP2														0,885	0,309
SP3															0,183

Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Whitney

**Tableau LXIV:** Valeurs des probabilités du test de Mann-Whitney entre les densités des œufs et larves d’helminthes intestinaux obtenues dans les sources

Sources	œufs et larves d’helminthes														
	OS2	OS3	OS4	BS1	BS2	BS3	BS4	MS1	MS2	MS3	MS4	SS1	SS2	SS3	SS4
OS1	0,060	0,060	0,059	0,312	0,030*	0,030*	0,029*	0,060	0,245	0,029*	0,191	0,030*	0,309	0,193	0,191
OS2		0,883	0,663	0,146	0,030*	0,060	0,029*	0,060	0,112	0,079	0,467	0,193	0,054	0,146	0,191
OS3			0,884	0,146	0,030*	0,060	0,029*	0,771	0,112	0,040*	0,309	0,245	0,054	0,112	0,110
OS4				0,040	0,029*	0,059	0,028*	0,657	0,059	0,028*	0,057	0,309	0,028*	0,059	0,101
BS1					0,030*	0,030*	0,029*	0,193	0,193	0,029*	0,884	0,030*	0,233	0,561	0,884
BS2						0,030*	0,029*	0,030*	0,030*	0,029*	0,029*	0,030*	0,029*	0,030*	0,029*
BS3							0,766	0,030*	0,030*	0,884	0,029*	0,312	0,029*	0,030*	0,029*
BS4								0,029*	0,029*	0,306	0,028*	0,144	0,028*	0,029*	0,028*
MS1									0,112	0,029*	0,309	0,112	0,110	0,112	0,144
MS2										0,029*	0,309	0,030*	0,467	0,771	0,882
MS3											0,028*	0,380	0,028*	0,029*	0,028*
MS4												0,040*	0,188	0,467	0,883
SS1													0,029*	0,030*	0,059
SS2														0,883	0,661
SS3															0,300

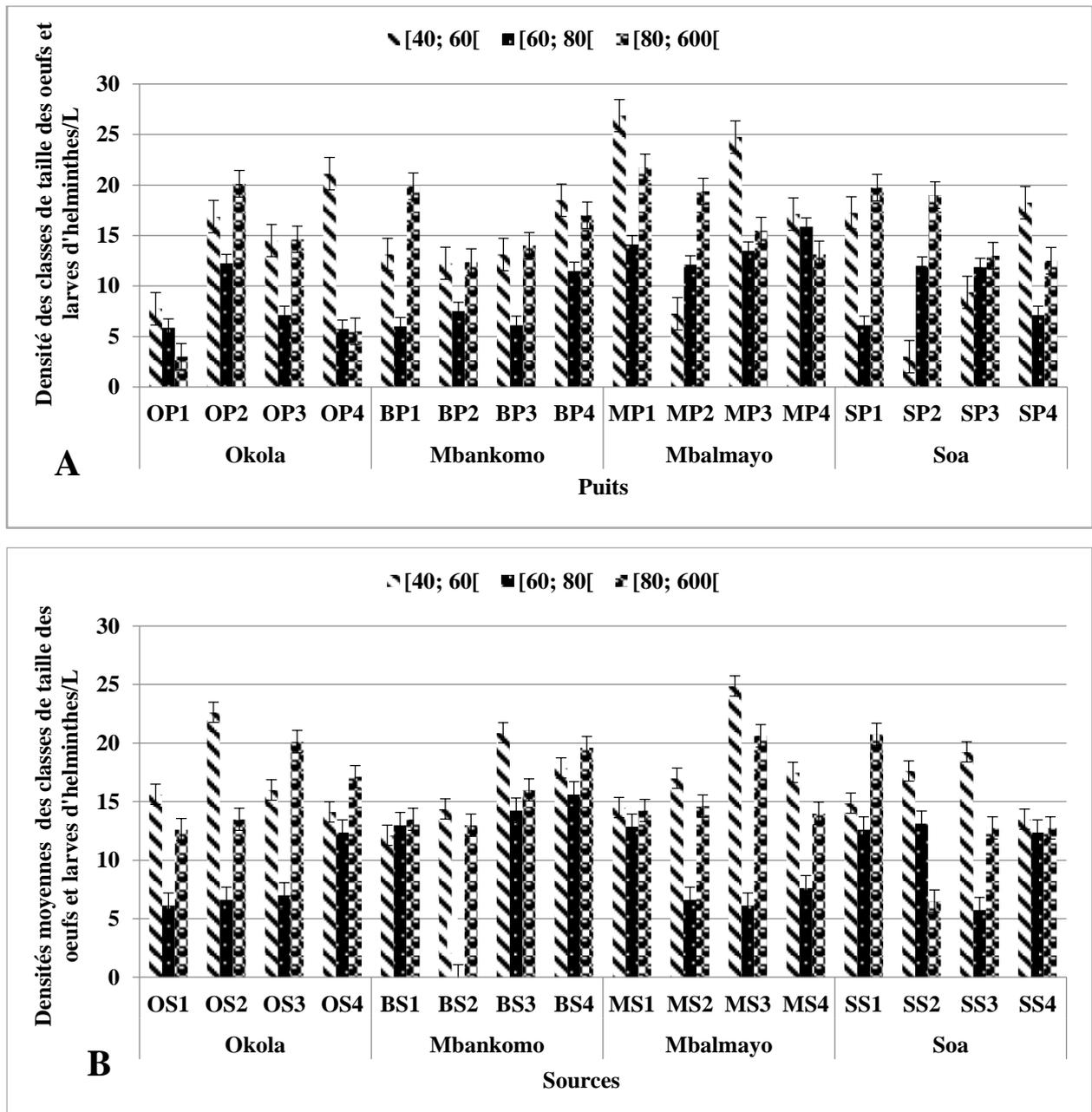
Légende: \*= Différence significative du test de Mann-Wiwhitney

### III.1.3.7. Variation spatio-temporelle de la densité des différentes classes de taille des œufs et des larves d’helminthes dans les puits et les sources des localités d’étude

Les formes de résistance et de dispersion répertoriées ont été regroupées en trois classes en fonction de leur taille: la classe des œufs d’helminthes de petite taille ([40 ; 60[), la classe de taille moyenne ([60 ; 80[) et la classe de grande taille ([80 ; 600[). La classe des œufs d’helminthes de petite taille ([40 ; 60[) coïncide avec la gamme de taille des œufs d’*Ascaris* sp. d’*Enterobius* sp. et de *Taenia* sp.. Celle de moyenne taille regroupe les œufs d’*Ankylostoma* sp. et de *Trichostrongylus* sp.. Quant à la classe de grande taille, elle correspond à la gamme de taille des œufs de *Fasciola* sp., de *Schistosoma* spp. et des larves de *Strongyloides* sp.. Cette classe contient la totalité des larves observées pendant l’étude.

Dans les puits (Figure 65 A), les pics élevés des œufs de petite taille ont été enregistrés dans les puits MP1 ( $27 \pm 3$  œufs/L) et MP3 ( $25 \pm 3$  œufs/L) à Mbalmayo. Les plus faibles densités ( $8 \pm 9$  œufs/L;  $6 \pm 7$  œufs/L et  $3 \pm 3$  larves/L respectivement pour les œufs et larves d’helminthes de petites, moyennes et grande taille) des trois gammes de taille ont été obtenues au puits OP1 à Okola. Il existe une différence significative entre les différentes classes de tailles enregistrées ( $p=6,65.10^{-7}$ ).

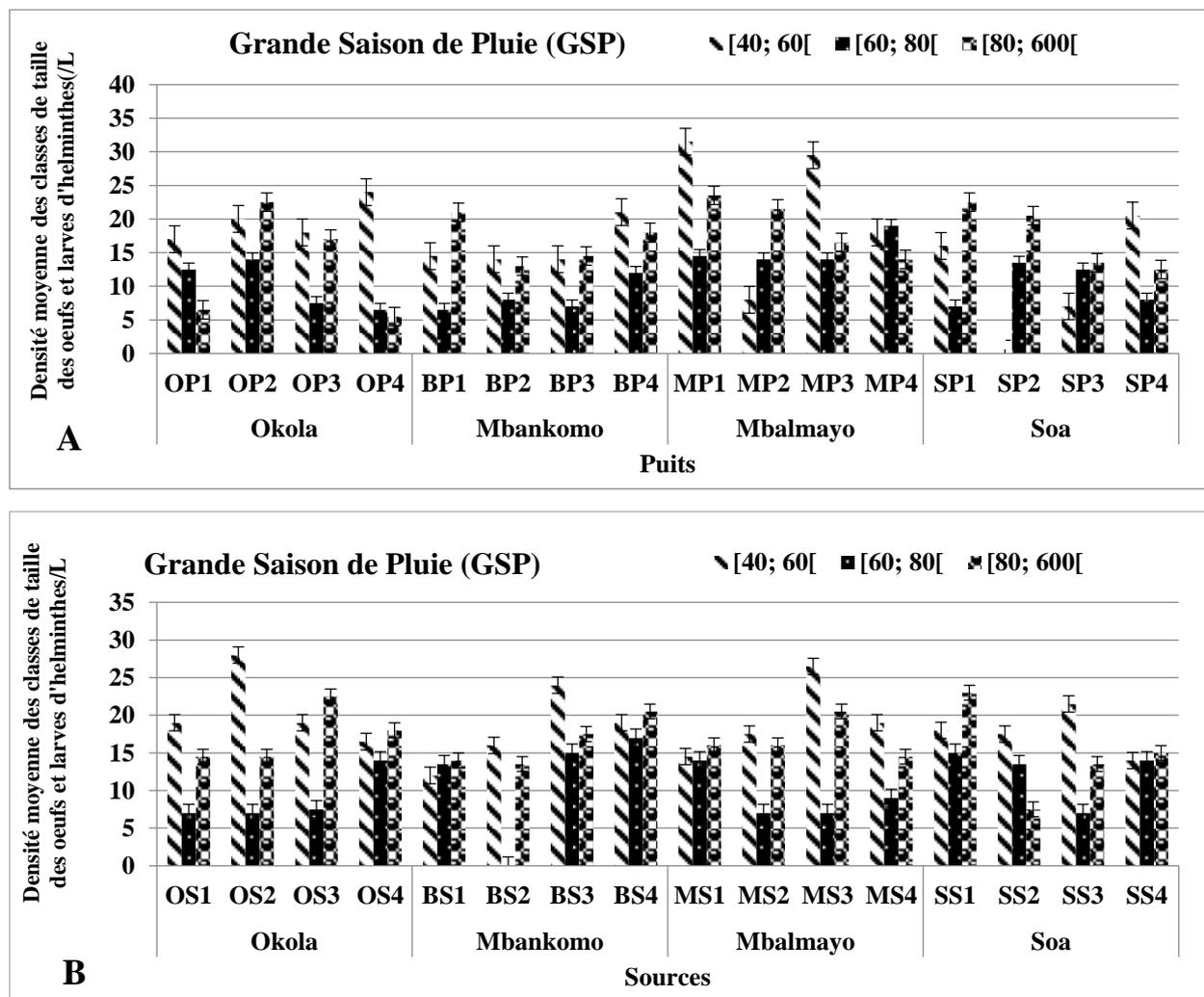
Dans les sources (Figure 65 B), les pics élevés des œufs de petite taille ont été enregistrés dans les sources OS2 ( $23 \pm 4$  œufs/L) dans la localité d’Okola et MS3 ( $25 \pm 1$  œufs/L) dans la localité de Mbalmayo. La source BS2 à Mbankomo n’a pas enregistré les œufs d’helminthes de taille moyenne. Il existe une différence significative entre les différentes classes de tailles enregistrées ( $p=1,16.10^{-7}$ ).



**Figure 65:** Variation spatiale de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) de quelques localités de la région du Centre pendant la période d'étude.

Globalement, les différentes classes de taille ont varié d'une localité à une autre aussi bien dans les sources que dans les puits (Figures 66 A et 66 B) pendant la grande saison de pluie (GSP). Les valeurs les plus élevées au niveau des puits ont été enregistrées à Mbalmayo dans les puits MP1 ( $32 \pm 1$  œufs/L) et MP2 ( $30 \pm 4$  œufs/L) pour les œufs d'helminthes appartenant à la classe de petite taille, tandis que le puits OP4 dans la localité d'Okola a montré les plus faibles densités ( $6 \pm 1$  œufs et larves/L) de la classe de grande taille (Figure 66 A). Pour ce qui est des

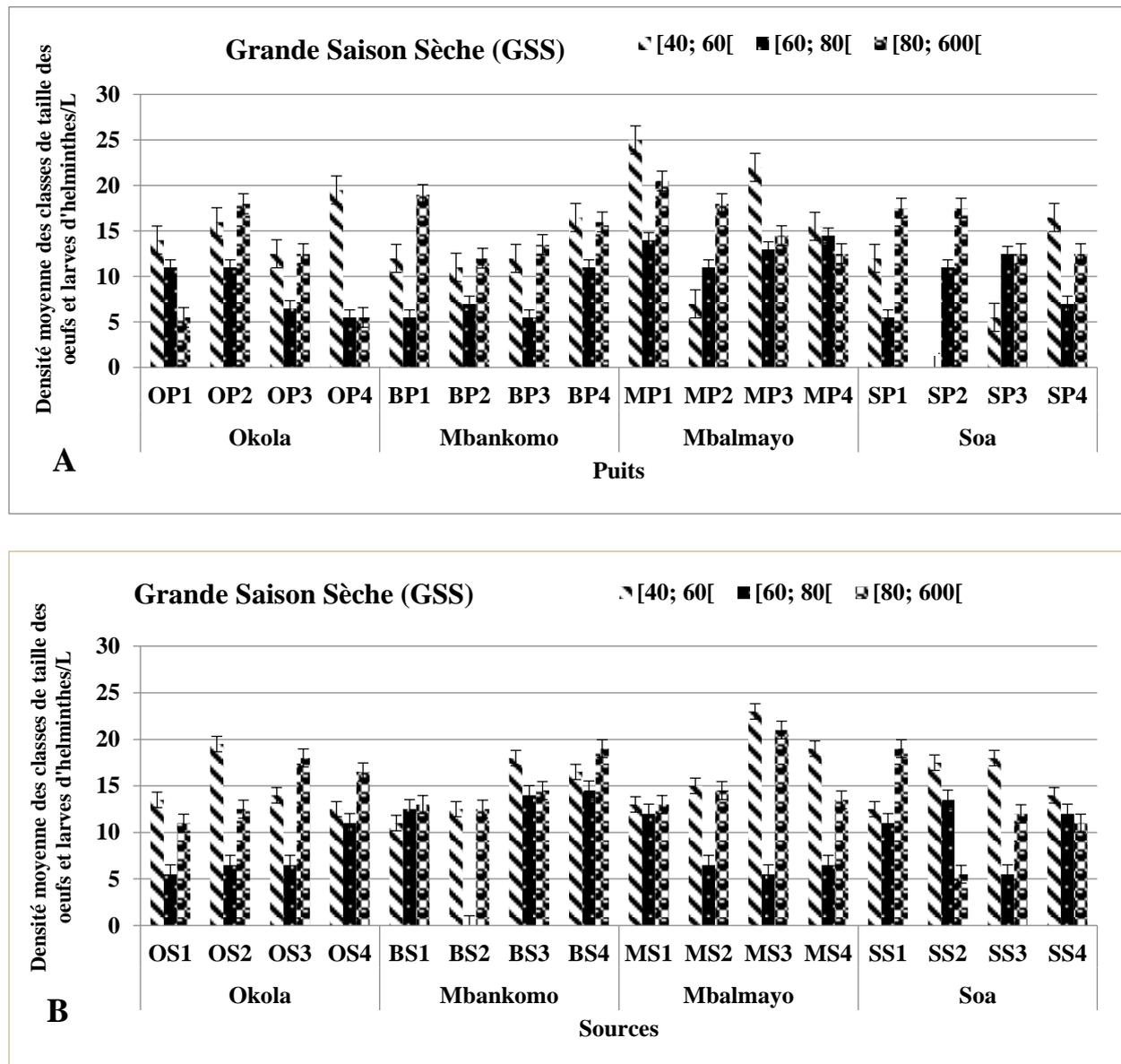
sources (Figure 66 B), la classe de petite taille a présenté les densités les plus élevées au niveau des points OS2 à Okola ( $28 \pm$  œufs/L) et MS3 à Mbalmayo ( $27 \pm 4$  œufs/L), par contre la classe de taille moyenne a enregistré les faibles densités ( $7 \pm 2$  œufs/L) notamment au niveau des sources OS1 et OS2 à Okola; MS2 et MS3 à Mbalmayo; SS3 à Soa. Par ailleurs, aucun œuf de taille moyenne n'a été identifié à la source BS2 à Mbankomo. (Figure 66 B). Il existe une différence significative entre les différentes classes de tailles enregistrées ( $p=6,65.10^{-7}$ ).



**Figure 66:** Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'étude pendant la grande saison des pluies (GSP).

Les différentes classes de taille ont varié d'une localité à une autre aussi bien dans les sources que dans les puits durant la grande saison sèche. Au niveau des puits (Figure 67 A), la classe de petite taille présente les pics les plus élevés ( $25 \pm 3$  et  $22 \pm 2$  œufs/L) respectivement aux puits MP1 et MP3 à Mbalmayo. Toutefois, aucun œuf de petite taille n'a été identifié au puits SP2 à Soa. Pour ce qui est des sources (Figure 67 B), la classe de petite taille a dévoilé le

pic le plus élevé ( $23 \pm 2$  œuf/L) à la source MS3 à Mbalmayo. Par ailleurs, aucun œuf de taille moyenne n'a été identifié à la source BS2 à Mbankomo. Il existe une différence significative entre les différentes classes de tailles enregistrées ( $p=6,98.10^{-6}$ ).

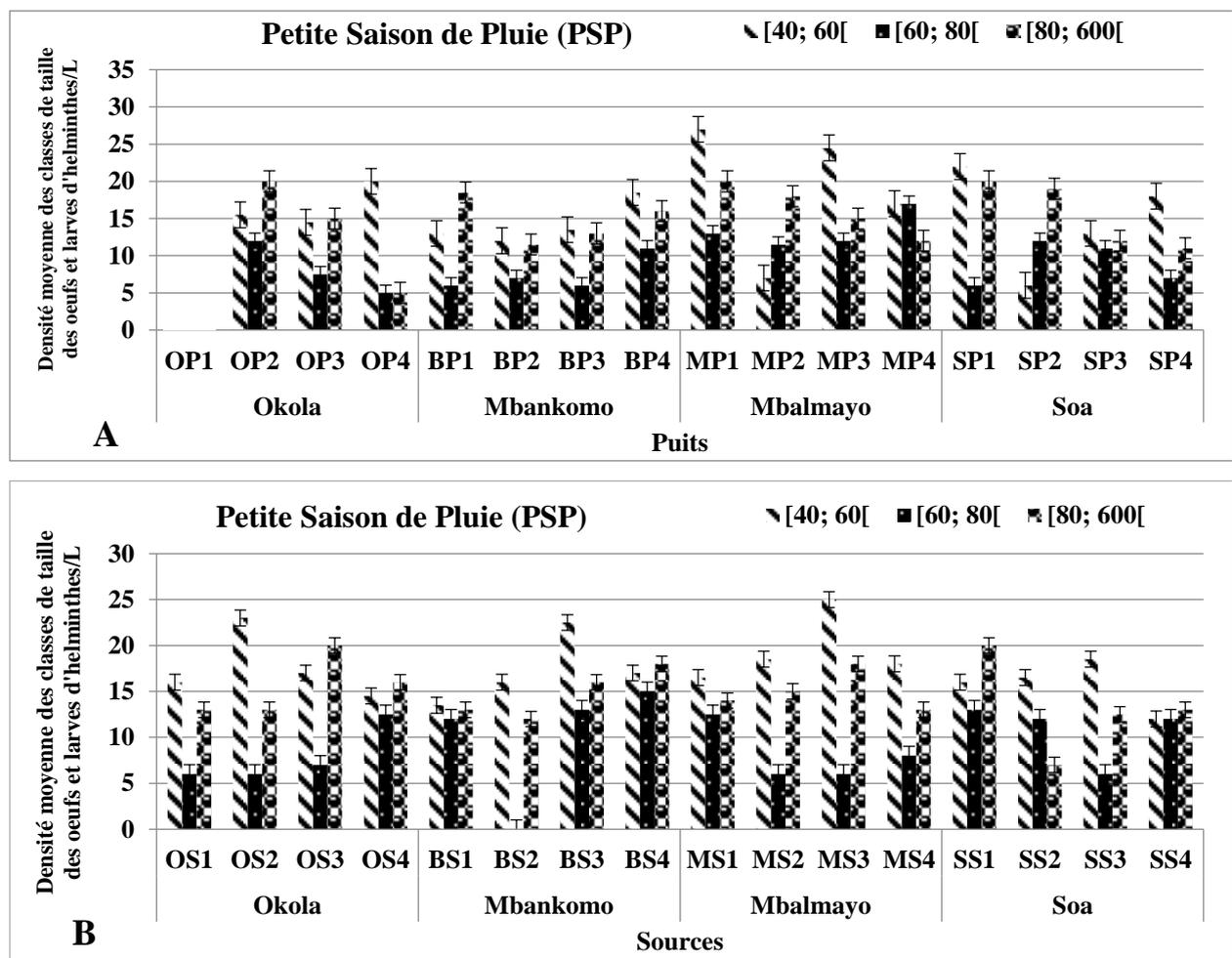


**Figure 67:** Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'étude pendant la grande saison sèche (GSS).

Dans l'ensemble, les différentes classes de taille ont varié d'une localité à une autre aussi bien dans les sources que dans les puits durant la petite saison de pluie (PSP). Au niveau des puits (Figure 68 A), la classe de petite taille a présenté les pics les plus élevés aux puits MP1 ( $27 \pm 2$  œufs/L) et MP3 ( $25 \pm 5$  œufs/L) dans la localité de Mbalmayo. Toutefois, aucun œuf ou

larve d'helminthe appartenant aux trois classes de taille n'a été identifié au puits OP1 à Okola pendant cette saison.

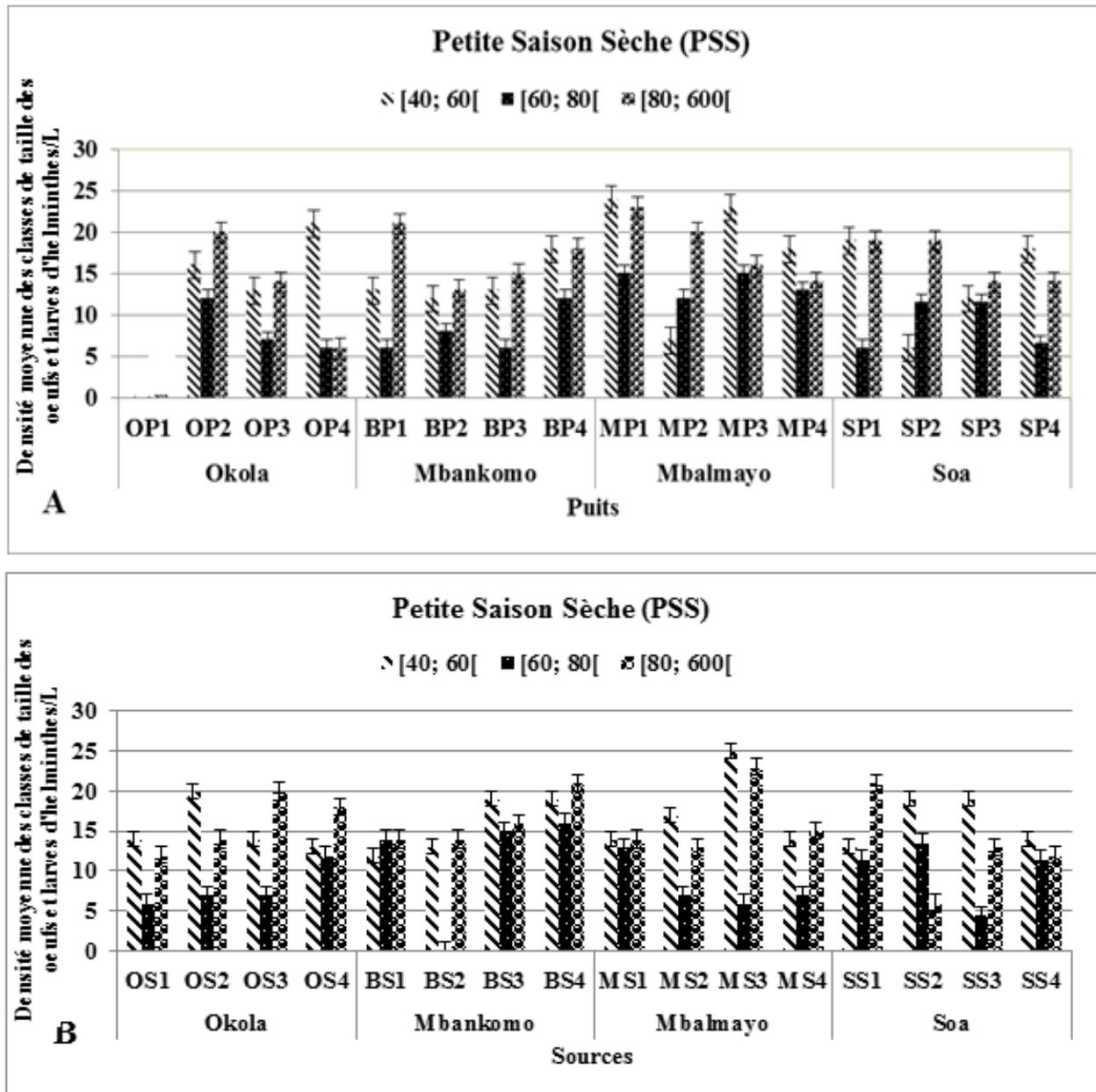
Pour ce qui est des sources (Figure 68 B), la classe de petite taille a présenté les pics les plus élevés aux sources OS2 à Okola ( $23 \pm 3$  œufs/L), BS3 à Mbankomo ( $23 \pm 1$  œufs/L) et MS3 à Mbalmayo ( $25 \pm 5$  œufs/L). Aucun œuf de taille moyenne n'a été identifié à la source BS2 à Mbankomo. Il existe une différence significative entre la densité des œufs de petites taille et celle de taille moyenne ( $p=1,16 \cdot 10^{-7}$ ). Une différence significative a également été observée entre la densité des œufs de moyenne taille et celle des œufs et larves de grande taille ( $p=5,67 \cdot 10^{-6}$ ).



**Figure 68:** Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'étude pendant la petite saison des pluies (PSP).

Globalement dans les puits et les sources, les œufs d'helminthes de petite taille et ceux de grande taille ont enregistré les plus grandes densités par rapport aux œufs de taille moyenne pendant la petite saison sèche (Figures 69 A et B). L'absence des œufs et des larves

d'helminthes appartenant aux différentes classes de taille a été notée au puits OP1 à Okola (Figure 69 A). Au niveau des sources (Figure 69 B), un pic élevé ( $25 \pm 2$  œufs/L) a été enregistré à la source MS3 à Mbalmayo pour les œufs de petite taille. Aucun œuf de taille moyenne n'a été identifié à la source BS2 à Mbankomo. Il existe une différence significative entre la densité des œufs de petites taille et celle des œufs de taille moyenne ( $p=9,97.10^{-7}$ ). Une différence significative a également été observée entre la densité des œufs de taille moyenne et celle de grande taille ( $p=1,04.10^{-6}$ ).



**Figure 69:** Variation spatio-temporelle de la densité moyenne des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits (A) et les sources (B) des localités d'étude pendant la grande saison des pluies (PSS).

### **III.1.3.8. Hiérarchisation des points d'eau en fonction des œufs et larves d'helminthes intestinaux durant la période d'étude**

#### **III.1.3.8.1. Hiérarchisation des puits en fonction des densités des œufs et larves d'helminthes intestinaux**

La hiérarchisation des puits en fonction des densités des variables biologiques identifiées a montré que le puits MP1 sis au quartier New Town à Mbalmayo a été le plus contaminé avec une densité moyenne de  $8 \pm 2$  œufs et larves/L. Ensuite sont venus les puits MP3 (toujours à Mbalmayo mais au quartier Ngalan avec une densité moyenne de  $7 \pm 3$  œufs et larves/L), OP2 (à Okola au quartier Ayos avec une densité moyenne de  $6 \pm 3$  œufs et larves/L), BP4 (à Mbankomo au quartier Bibong avec une densité moyenne de  $6 \pm 2$  œufs et larves/L), MP4 (à Mbalmayo au quartier Ngalan avec une densité moyenne de  $6 \pm 2$  œufs et larves/L), SP1 (à Soa au quartier Banda avec une densité moyenne de  $5 \pm 3$  œufs et larves/L), SP4 (à Soa au quartier Ntoùt me von avec une densité moyenne de  $5 \pm 2$  œufs et larves/L), BP1 (à Mbankomo au quartier Abang avec une densité moyenne de  $5 \pm 3$  œufs et larves/L); OP3 (à Okola au quartier Ebougsi une densité moyenne de  $5 \pm 3$  œufs et larves/L), MP2 (à Mbalmayo au quartier Nkong-Si avec une densité moyenne de  $4 \pm 3$  œufs et larves/L), BP3 (à Mbankomo au quartier Badoumou et OP4 à Okola au quartier Bissogo avec des densités moyennes respectives de  $4 \pm 3$  et  $4 \pm 3$  œufs et larves/L), SP3 (à Soa au quartier Dallas avec une densité moyenne de  $4 \pm 3$  œufs et larves/L), SP2 (à Soa au quartier Soa gendarmerie avec une densité moyenne de  $4 \pm 3$  œufs et larves/L), BP2 (à Mbankomo au quartier Angala avec une densité moyenne de  $4 \pm 3$  œufs et larves/L), et enfin OP1 (à Okola au quartier Haoussa avec une densité moyenne de  $2 \pm 3$  œufs et larves/L).

#### **III.1.3.8.2. Hiérarchisation des sources en fonction des densités des œufs et larves d'helminthes intestinaux**

La hiérarchisation des sources par rapport aux densités des œufs et larves d'helminthes quant à elle a débuté à Mbankomo avec les sources BS4 (au quartier Bibong) et BS3 (au quartier Badoumou) avec des densités moyennes respectives de  $7 \pm 1$  et  $7 \pm 2$  œufs et larves/L. Suivies des sources MS3 (à Mbalmayo au quartier Obeck avec une densité moyenne de  $6 \pm 3$  œufs et larves/L), SS1 (à Soa au quartier Fin goudron avec une densité moyenne de  $6 \pm 3$  œufs et larves/L), OS3 (à Okola au quartier Ebougsi avec une densité moyenne de  $6 \pm 3$  œufs et larves/L), OS4 et MS1(respectivement à Okola au quartier Bissogo et à Mbalmayo au quartier Ngalan avec la densité moyenne  $5 \pm 4$  œufs et larves/L). Puis, les sources OS2 (à Okola au quartier Ayos), SS3 (à Soa au quartier Dallas), SS2 (à Soa au quartier Banda), MS4 (à

Mbalmayo au quartier Obeck), SS4 (à Soa au quartier Ntoùt-me-von), BS1 (à Mbankomo au quartier Abang), OS1 (à Okola au quartier Haoussa) avec la densité moyenne de  $5 \pm 3$  œufs et larves/L). Enfin sont venues la source BS2 située à Mbankomo au quartier Angala avec une densité moyenne de  $3 \pm 3$  œufs et larves/L.

### **III.1.3.8.3. Hiérachisation des localités en fonction des densités des œufs et larves d'helminthes intestinaux**

La localité de Mbalmayo a présenté la plus grande densité des œufs et larves d'helminthes avec une moyenne de  $6 \pm 0,67$  œufs et larves/L. Elle est suivie de la localité de Mbankomo avec une densité moyenne de  $5,05 \pm 0,79$  œufs et larves/L. Ensuite, vient la localité d'Okola avec une densité moyenne de  $4,76 \pm 0,35$  œufs/L et enfin, la localité de Soa avec une densité moyenne de  $4,98 \pm 0,79$  œufs et larves/L.

### **III.1.4. Caractéristiques statistiques des variables physico-chimiques et biologiques**

#### **III.1.4.1. Corrélations de rang Spearman entre les paramètres physico-chimiques et les paramètres biologiques**

Des corrélations ont été calculées entre les variables physico-chimiques d'une part et entre les variables physico-chimiques et les abondances des œufs et des larves d'helminthes d'autre part. Concernant les variables physico-chimiques, des corrélations significatives ont été observées entre quelques paramètres physico-chimiques.

Positivement au seuil 1 %, les matières en suspension ont été corrélées à la couleur ( $r = 0,755$ ), à la turbidité ( $r = 0,633$ ), au pourcentage de saturation en  $O_2$  ( $r = 0,414$ ), à l'azote ammoniacal ( $r = 0,307$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = 0,430$ ); la température a été corrélée aux nitrates ( $r = 0,284$ ); les Solides Totaux Dissous ont été corrélés aux nitrates ( $r = 0,448$ ) et à la salinité ( $r = 0,838$ ); la conductivité électrique a été corrélée aux Solides Totaux Dissous ( $r = 0,951$ ), aux nitrates ( $r = 0,396$ ) et à la salinité ( $r = 0,863$ ); l'oxydabilité a été corrélée aux nitrates ( $r = 0,268$ ).

Négativement au seuil 1%, la température a été corrélée aux Matières en Suspension ( $r = -0,349$ ), à la couleur ( $r = -0,394$ ), à la turbidité ( $r = -0,323$ ), au pourcentage de saturation en  $O_2$  ( $r = -0,695$ ), au  $CO_2$  dissous ( $r = -0,379$ ), aux orthophosphates ( $r = -0,260$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,414$ ); le pH a été corrélé au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,236$ ); la conductivité électrique a été corrélée au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,260$ ); les Solides Totaux Dissous ont été corrélés au pourcentage de saturation en  $O_2$  ( $r = -0,295$ ), à la résistivité ( $r = -0,855$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,403$ ); l'oxydabilité a été

corrélée à l'alcalinité ( $r = -0,346$ ), aux orthophosphates ( $r = -0,236$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,378$ ); le pourcentage de saturation en  $O_2$  a été corrélé aux nitrates ( $r = -0,402$ ); les nitrates ont été corrélés aux orthophosphates ( $r = -0,261$ ), à la résistivité ( $r = -0,370$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,318$ ); la salinité a été corrélée à la résistivité ( $r = -0,771$ ).

Positivement au seuil 5%, la couleur a été corrélée au  $CO_2$  dissous ( $r = -0,227$ ); l'alcalinité a été corrélée à la salinité ( $r = 0,192$ ); les orthophosphates ont été corrélés à l'azote ammoniacal ( $r = 0,181$ ). Négativement et significativement au seuil 5%, la température a été corrélée à l'azote ammoniacal ( $r = -0,200$ ); les Matières en Suspension ont été corrélées à la conductivité électrique ( $r = -0,196$ ), aux Solides Totaux Dissous ( $r = -0,209$ ) et aux nitrates ( $r = -0,219$ ); la couleur a été corrélée à la conductivité électrique ( $r = -0,182$ ); la conductivité électrique a été corrélée au pourcentage de saturation en  $O_2$  ( $r = -0,204$ ) et au  $CO_2$  dissous ( $r = -0,200$ ); l'oxydabilité a été corrélée au pourcentage de saturation en  $O_2$  ( $r = -0,217$ ); le  $CO_2$  dissous a été corrélé à l'alcalinité ( $r = -0,179$ ) et la salinité a été corrélée au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = -0,210$ ).

Pour ce qui est des variables biologiques, positivement au seuil 1%, les œufs d'*Ascaris* sp. ont été corrélés à la couleur ( $r = 0,243$ ), à la conductivité électrique ( $r = 0,268$ ), au pourcentage de saturation en oxygène ( $r = 0,263$ ), aux orthophosphates ( $r = 0,321$ ), à l'azote ammoniacal ( $r = 0,302$ ), à la salinité ( $r = 0,267$ ) et au Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $r = 0,235$ ) et l'oxydabilité a été corrélée aux œufs de *Taenia* sp. ( $r = 0,275$ ). Négativement et significativement au seuil 1%, les œufs d'*Ascaris* sp. ont été corrélés à la température ( $r = -0,313$ ) et à la résistivité ( $r = -0,304$ ); les œufs de *Taenia* sp. ont été corrélés aux orthophosphates ( $r = -0,274$ ) et les larves de *Strongyloides* sp. ont été corrélées à la résistivité ( $r = -0,255$ ).

Positivement au seuil 5%, les œufs d'*Ascaris* sp. ont été corrélés à la turbidité ( $r = 0,207$ ) et aux Solides Totaux Dissous ( $r = 0,198$ ); les œufs d'*Enterobius* sp. ont été corrélés à la conductivité électrique ( $r = 0,209$ ), aux Solides Totaux Dissous ( $r = 0,187$ ) et aux nitrates ( $r = 0,176$ ); les œufs d'*Ankylostoma* sp. ont été corrélés à la conductivité électrique ( $r = 0,201$ ), aux Solides Totaux Dissous ( $r = 0,182$ ) et aux orthophosphates ( $r = 0,185$ ); les larves de *Strongyloides* sp. ont été corrélées à la conductivité électrique ( $r = 0,192$ ), aux Solides Totaux Dissous ; ( $r = 0,180$ ) et aux nitrates ( $r = 0,220$ ). Négativement au seuil 5%, les œufs d'*Ankylostoma* sp. ont été corrélés à la température ( $r = -0,199$ ) et la résistivité ( $r = -0,197$ ); les œufs de *Schistosoma* spp. ont été corrélés aux nitrates ( $r = -0,197$ ). Le Tableau LXV présente les corrélations entre les abondances des œufs et des larves d'helminthes et les paramètres physico-chimiques.

**Tableau LXV:** Corrélation entre les abondances des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux et les paramètres physico-chimiques

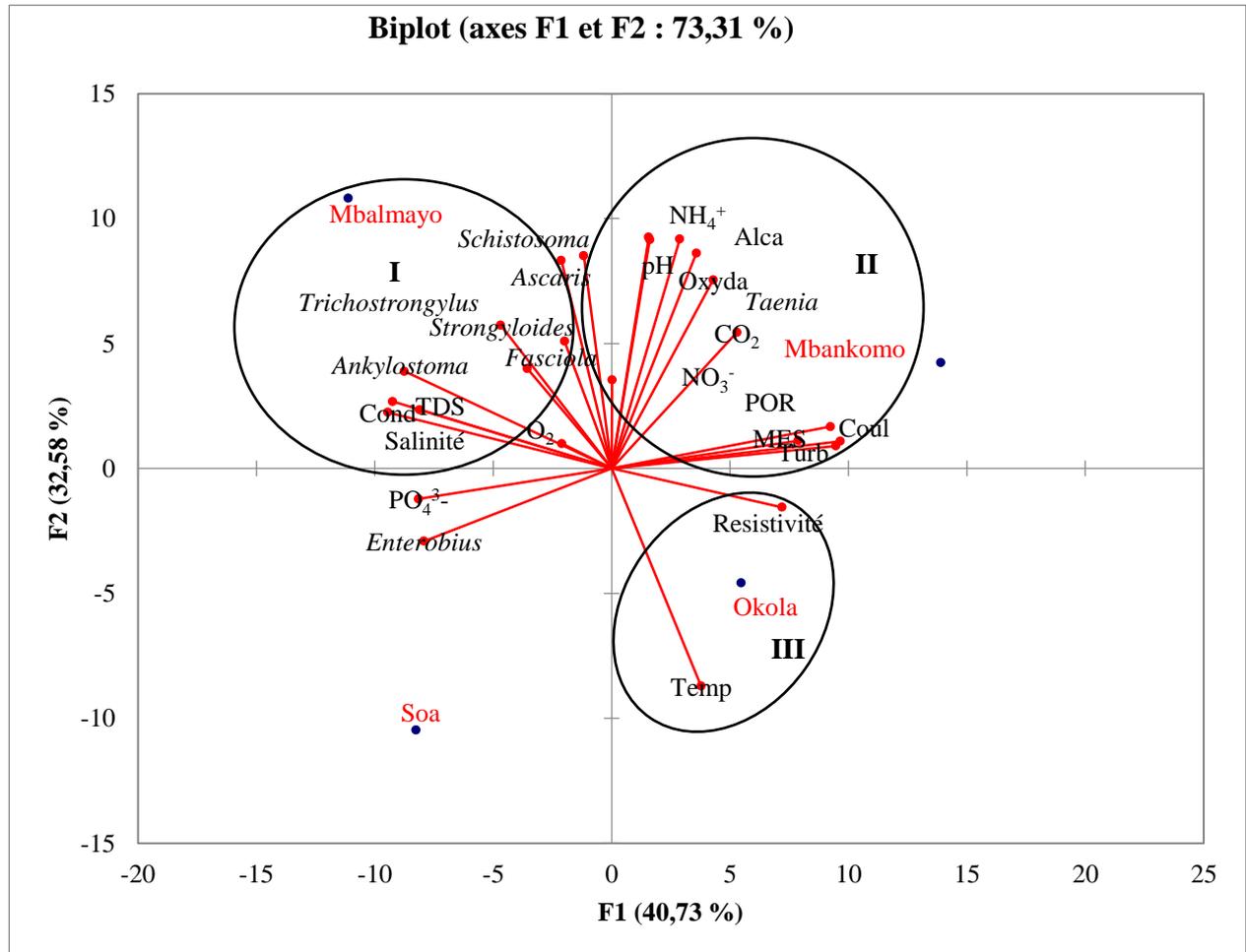
Paramètres	<i>Ascaris sp.</i>	<i>Enterobius sp.</i>	<i>Ankylostoma sp.</i>	<i>Taenia sp.</i>	<i>Strongyloides sp.</i>	<i>Schistosoma spp.</i>
Température	-0,313**	0,031	-0,199*	-0,025	-0,087	-0,060
Couleur	0,243**	0,003	-0,17	0,167	0,112	0,089
Turbidité	0,207*	-0,073	-0,100	-0,020	0,067	-0,064
Oxydabilité	-0,107	-0,165	-0,90	0,275**	0,114	0,097
Pourcentage de saturation en oxygène	0,263**	0,101	0,135	0,007	0,108	0,048
Conductivité	0,268**	0,209*	0,201*	0,037	0,192*	0,011
Solides Totaux Dissous	0,198*	0,187*	0,182*	0,053	0,180*	-0,020
Nitrates	0,100	0,176*	-0,065	0,067	0,220*	-0,197*
Orthophosphates	0,321**	0,164	0,185*	-0,274**	0,101	-0,096
Azote ammoniacal	0,302**	0,032	0,089	0,003	0,018	-0,040
Salinité	0,267**	0,139	0,112	0,092	0,122	-0,126
Résistivité	-0,304**	-0,148	-0,197*	-0,070	-0,255**	-0,005
Potentiel d'Oxydo-Réduction	0,235**	0,166	-0,027	0,117	0,114	0,151

NB: \*Corrélations Significatives à 5%; \*\*Corrélations Significatives à 1%

### III.1.4.2. L'Analyse en Composantes Principales des paramètres physico-chimiques et biologiques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée à partir des localités d'étude montre une répartition des variables mesurées en trois groupes (I, II et III) en fonction des affinités qui existent entre ces variables et ces localités (Figure 70). Le groupe I est caractérisé par les fortes liaisons entre la densité des paramètres biologiques à savoir des œufs d'*Ankylostoma sp.*, de *Schistosoma spp.*, de *Trichostrongylus sp.*, de *Fasciola sp.*, d'*Ascaris sp.*, les larves de *Strongyloides sp.* et les paramètres physico-chimiques tels que les Solides Totaux Dissous, la conductivité électrique et la salinité; ces variables caractérisent la localité de Mbalmayo. Le groupe II est marqué par la présence des œufs de *Taenia sp.* et les valeurs des paramètres physico-chimiques tels que l'azote ammoniacal, l'alcalinité, le pH, les nitrates; le

CO<sub>2</sub>, la couleur, les Matières en Suspension, la turbidité, le Potentiel d'Oxydo-Réduction et l'oxydabilité; ces paramètres déterminent la localité de Mbankomo. Le troisième groupe est caractérisé par une forte liaison entre les paramètres physico-chimiques tels que la résistivité et la température; ces paramètres caractérisent la localité d'Okola. La quatrième localité (Soa) ne présente pas véritablement d'affinité avec les paramètres mesurés.

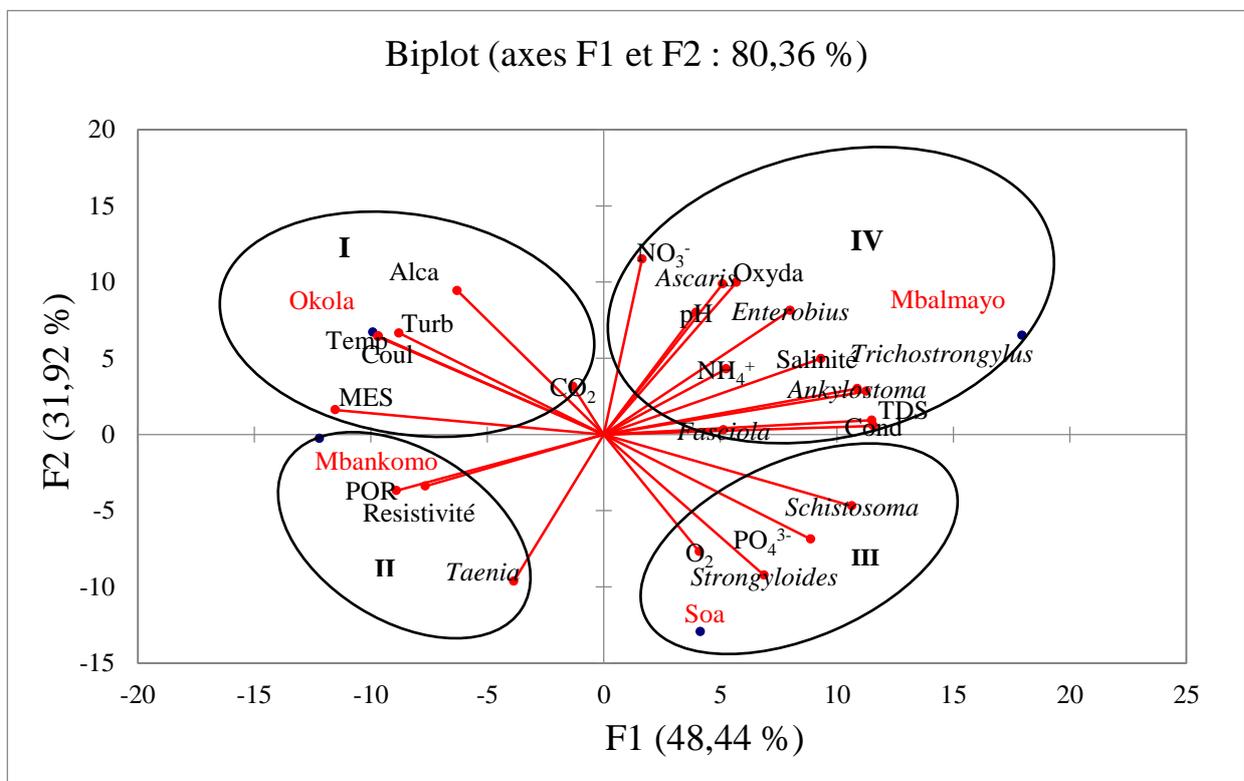


**Figure 70:** Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les localités d'étude.

### III.1.4.2.1 L'Analyse en Composantes Principales des variables biologiques et physico-chimiques dans les puits des localités étudiées

L'Analyse en Composantes Principales (ACP), réalisée à partir des puits des différentes localités d'étude montre une répartition des variables mesurées en quatre groupes (I, II, III et IV) en fonction des affinités entre ces variables et qui caractérisent les puits des différentes localités (Figure 71). Le groupe I est caractérisé par les fortes affinités entre la densité des paramètres physico-chimiques à savoir la couleur, les Matières en Suspension, la turbidité, l'alcalinité et la température; ces variables marquent les puits de la localité d'Okola. Le groupe II est caractérisé

par la présence des œufs de *Taenia* sp. et les paramètres physico-chimiques tels que le Potentiel d'Oxydo-Réduction et la résistivité; ces paramètres déterminent les puits de la localité de Mbankomo. Le groupe III est caractérisé par une forte liaison entre les paramètres physico-chimiques tels que les orthophosphates et le pourcentage de saturation en oxygène et les variables biologiques tels que les œufs de *Schistosoma* spp. et les larves de *Strongyloides* sp.; ces paramètres définissent les puits de la localité de Soa. Le quatrième groupe quant à lui est marqué par la présence des œufs d'*Ankylostoma* sp., de *Trichostrongylus* sp., d'*Ascaris* sp. et *Enterobius* sp. qui présentent une forte liaison avec les paramètres physico-chimiques à savoir: l'azote ammoniacal, le pH, les nitrates, l'oxydabilité, la conductivité électrique, les Solides Totaux Dissous et salinité; ces paramètres sont caractéristiques des puits de la localité de Mbalmayo.

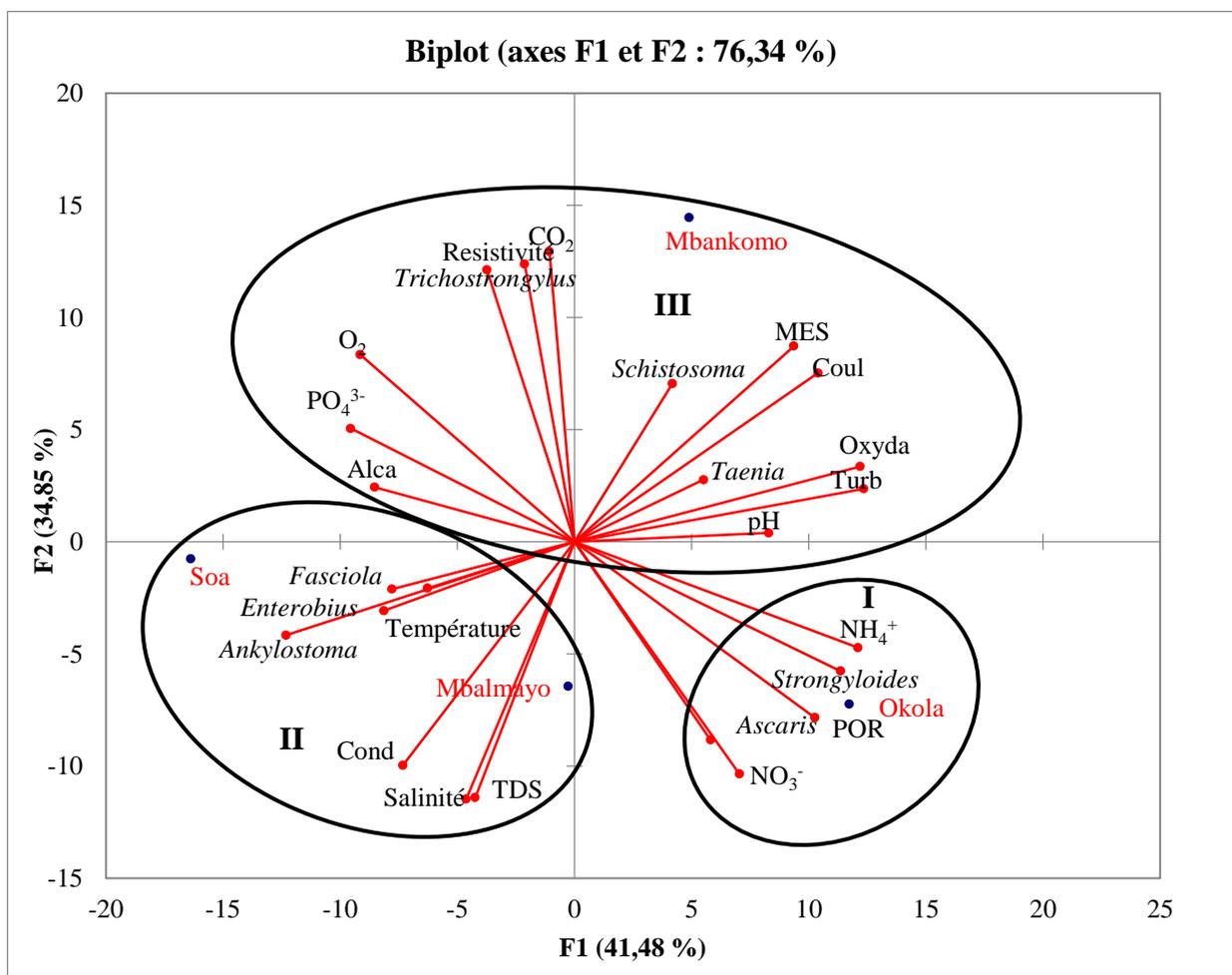


**Figure 71:** Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les puits étudiés.

### III.1.4.2.2 Analyse en Composantes Principales des variables biologiques et physico-chimiques dans les sources des localités étudiées

L'Analyse en Composantes Principales (ACP), réalisée à partir des sources des différentes localités d'étude montre une répartition des variables mesurées en trois groupes (I, II et III) en fonction des affinités existant entre ces variables et caractérisant les sources des différentes localités (Figure 72). Le groupe I est marqué par les fortes affinités entre la densité

des paramètres physico-chimiques à savoir le Potentiel d'Oxydo-Réduction, l'azote ammoniacal, les nitrates et les fortes densités des œufs d'*Ascaris* sp. et des larves de *Strongyloides* sp.; ces paramètres déterminent les sources de la localité d'Okola. Le groupe II est défini par la présence des œufs d'*Enterobius* sp., d'*Ankylostoma* sp., de *Fasciola* sp. et les paramètres physico-chimiques tels que la température, la salinité, la conductivité électrique et les Solides Totaux Dissous, ces paramètres définissent les sources des localités de Mbalmayo et de Soa. Le troisième groupe est caractérisé par une forte liaison entre les paramètres physico-chimiques tels que la couleur, les Matières en Suspension, la turbidité, l'oxydabilité, les orthophosphates, le CO<sub>2</sub> dissous, le pourcentage de saturation en oxygène, l'alcalinité, la résistivité, le pH et les variables biologiques tels que œufs de *Schistosoma* spp., de *Trichostrongylus* sp. et de *Taenia* sp.. Ces paramètres déterminent les sources de la localité de Mbankomo.

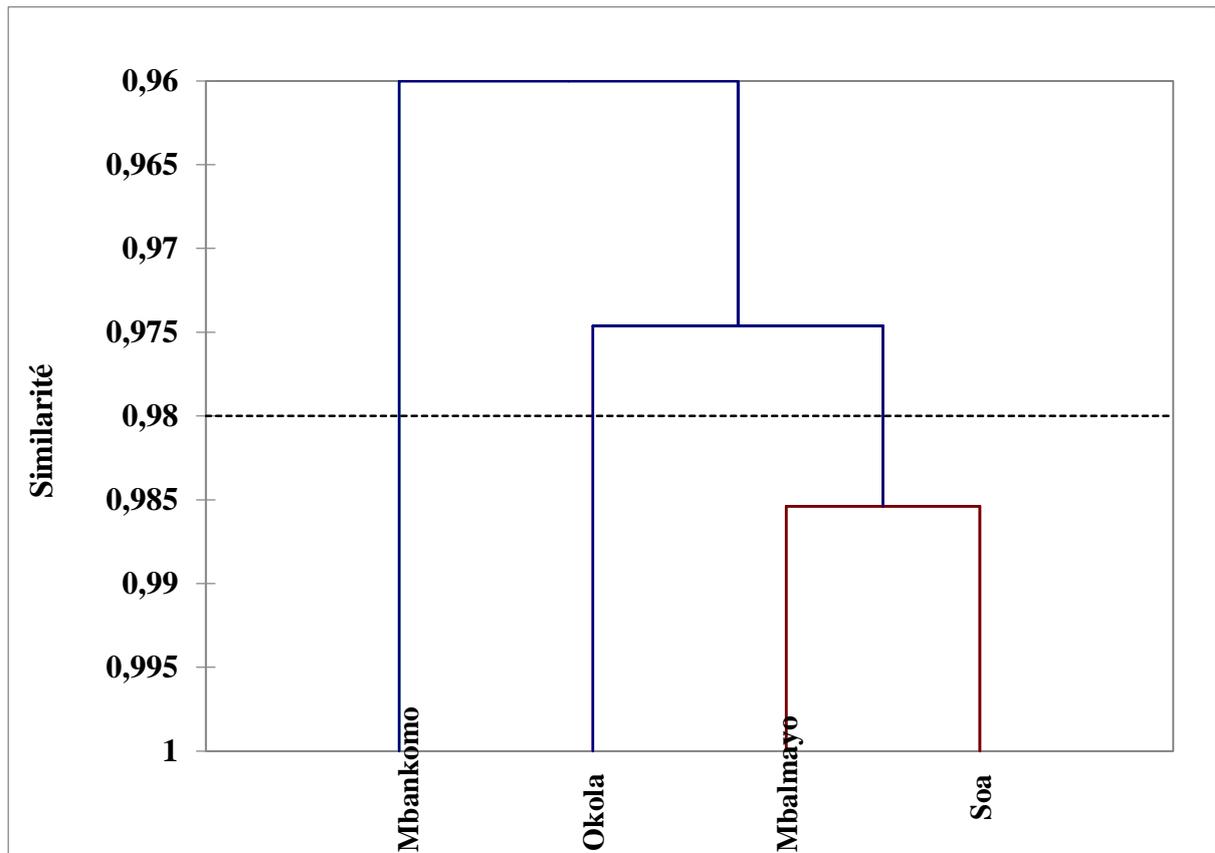


**Figure 72:** Analyse en Composantes Principales des variables physico-chimiques et biologiques dans les sources étudiées.

### III.1.4.3. Analyse de Classification Hiérarchique des différentes localités d'étude en fonction des paramètres physico-chimiques et biologiques

#### III.1.4.3.1. Analyse de Classification Hiérarchique des localités d'étude

L'Analyse de Classification Hiérarchique montre une forte similarité entre les paramètres mesurés dans les localités de Soa et de Mbalmayo (Figure 73); ces localités présentent un degré de similarité de 98,5%. Elle présente un degré de similarité de 97,5% avec la localité d'Okola et 96% avec la localité de Mbankomo.

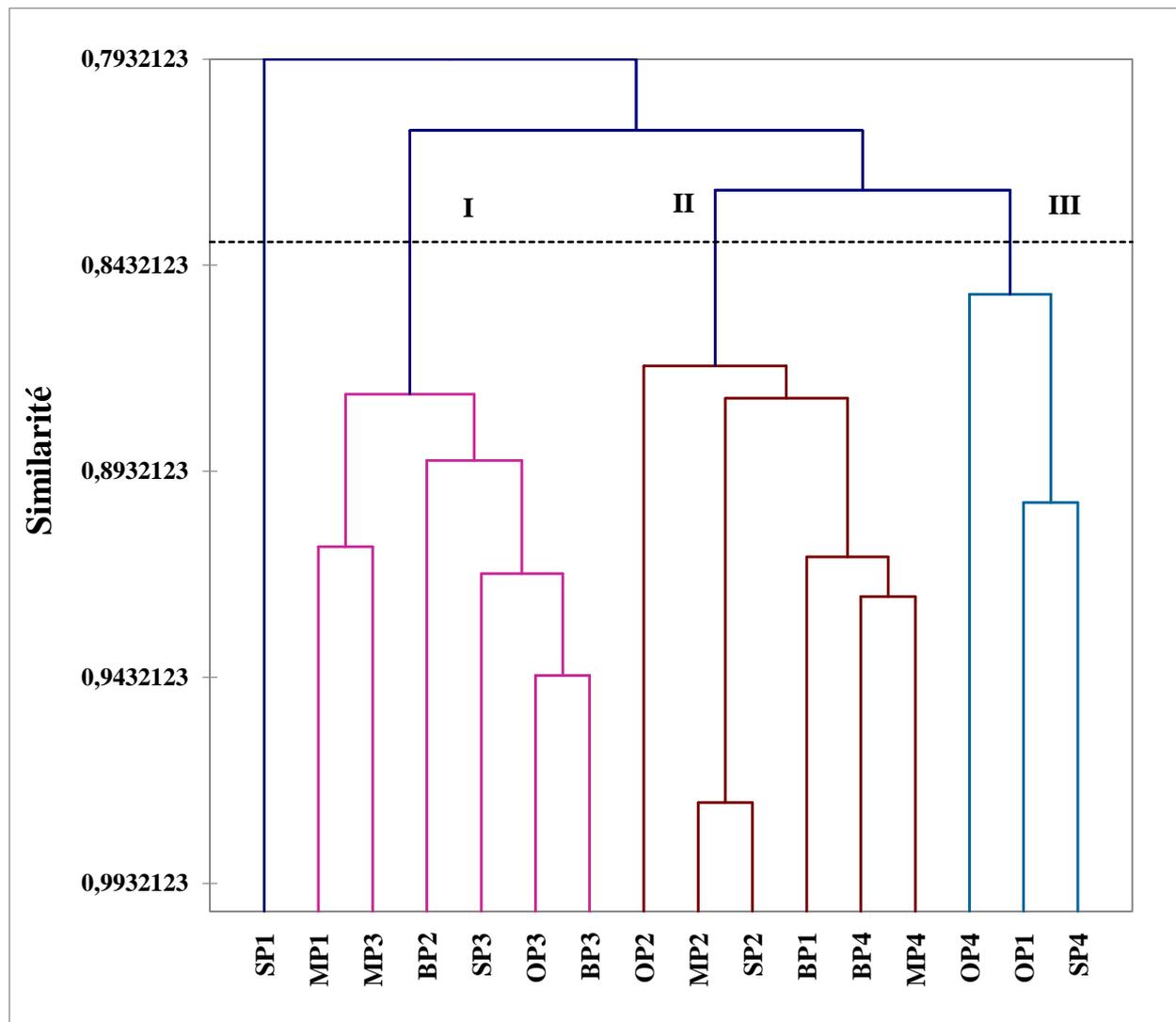


**Figure 73:** Analyse de Classification Hiérarchique des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.

#### III.1.4.3.2. Analyse de Classification Hiérarchique des puits étudiés

La hiérarchisation des puits faite sur la base des paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés dans les puits est présentée dans le dendrogramme de la figure 74. Les variables mesurées permettent de regrouper les puits en 3 noyaux, le noyau I qui regroupe les puits MP1, MP3, BP2, SP3, OP3 et BP3 liés à 87 %. Le noyau II quant à lui, regroupe les puits OP2, MP2, SP2, BP1, BP4, MP4 et liés à 86 %. Le noyau III regroupe les puits OP4, OP1, SP4

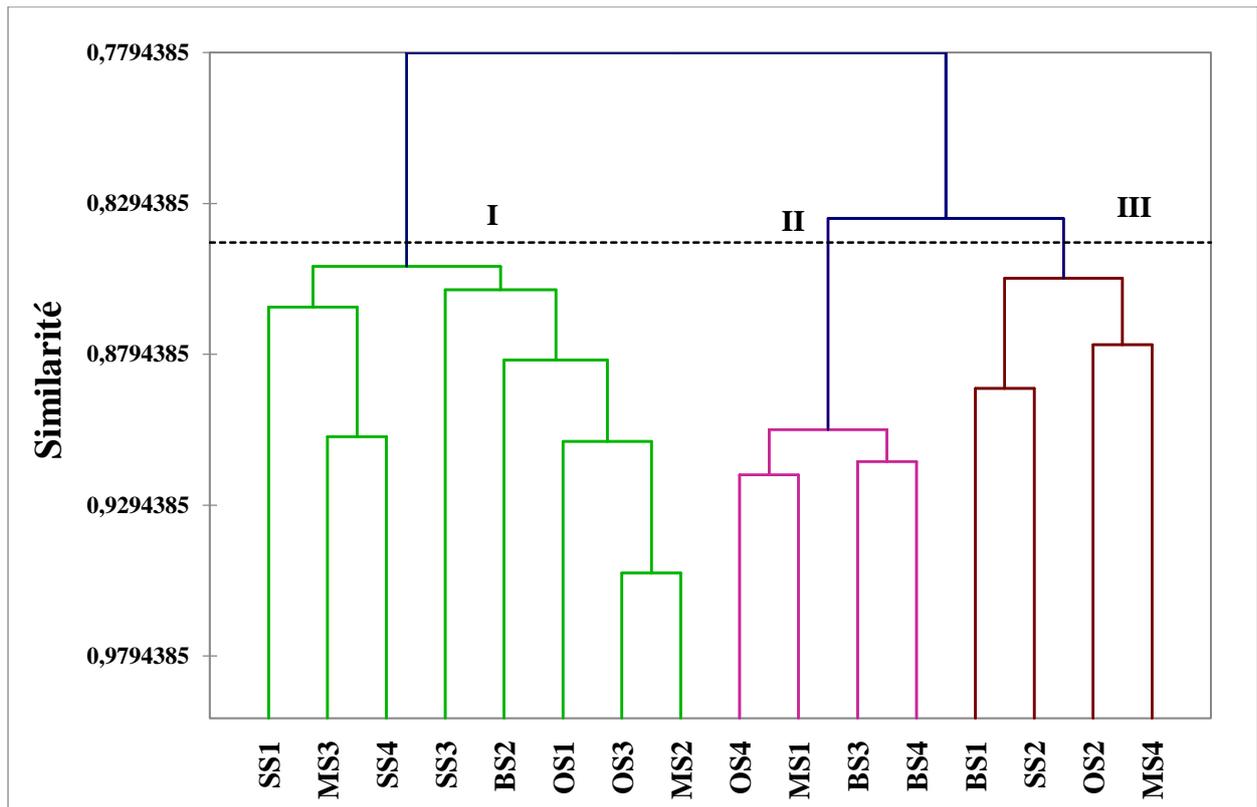
et liés à 85 %. Le puits SP1 présente une similarité de 79 % avec les trois groupes formés (Figure 74).



**Figure 74:** Analyse de Classification Hiérarchique des puits des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.

### III.1.4.3.3. Analyse de Classification Hiérarchique des sources étudiées

La hiérarchisation des sources obtenue à partir des paramètres physico-chimiques et biologiques mesurés dans les sources est présentée dans le dendrogramme de la figure 75. Les variables mesurées permettent de regrouper les sources en 3 noyaux, le noyau I qui regroupe les sources SS1, MS3, SS4, SS3, BS2, OS1, OS3 et MS2 liées à 84 %. Le noyau II, regroupe les sources OS4, MS1, BS3 et BS4 liées à 90 %. Le noyau III regroupe les sources BS1, SS2, OS2 et MS4 liées à 84,5 %.



**Figure 75:** Analyse de classification hiérarchique des sources des localités d'étude à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques et biologiques.

## III.2. Discussion

### III.2.1. Caractéristiques morphométriques, hydrologiques et physico-chimiques des sources et des puits étudiés

Nos résultats montrent que les puits de la localité de Soa sont plus profonds par rapport aux puits des trois autres localités; ceci serait lié à leur position géographique car ces points d'eau sont situés en altitude. Ces grandes profondeurs pourraient contribuer à réduire la contamination. El Kayssi *et al.* (2020) et Asi *et al.* (2022) soulignent que les puits profonds sont moins vulnérables à la pollution.

Plus de 75% de puits étudiés n'étaient pas couverts, avec une hauteur de margelle inférieure à 0,5 m. Ce qui les exposerait à des pollutions diverses. En effet, la protection des puits par la construction des margelles hautes d'au moins 0,5 m de hauteur préviendrait les risques de pollution (OMS, 2011)

L'épaisseur de la couche d'eau évaluée pendant la période d'étude a montré des valeurs élevées pendant les saisons de pluies. Ce résultat pourrait se justifier par l'apport des eaux de pluies dans les ouvrages surtout lorsqu'ils sont ouverts et non aménagés d'une part et par le

phénomène d'infiltration d'autre part. D'où les différences significatives observées entre la grande saison des pluies et la grande saison sèche ( $p= 0,001628$ ) d'une part, et entre la grande saison des pluies et la petite saison sèche ( $p= 0,04771$ ) d'autre part. En effet, les fortes pluies contribueraient à l'augmentation du volume d'eau dans les points d'eau (Haijoubi *et al.*, 2017).

Le débit d'écoulement de l'eau a très peu varié d'une saison à une autre avec des pics plus importants dans les sources de type rhéocrène. Cette faible variation pourrait se justifier par le fait que la majorité des sources étudiées sont situées dans les zones marécageuses et emmagasinaient de l'eau. En effet, les zones humides agissent comme des éponges qui absorbent l'eau quand elle est en excès pour ensuite la restituer pendant les périodes sèches en soutenant les débits (Office International de l'eau, 2021).

Les résultats des variables physico-chimiques ont révélé que les eaux des puits et des sources des localités d'Okola, Mbankomo, Mbalmayo et Soa, ont des températures qui fluctuent très peu, les températures moyennes étant de  $25,03\pm 0,45$  et  $25,28\pm 0,53$  °C respectivement dans les puits et les sources. Ce qui expliquerait la stabilité thermique dans les puits et les sources. En effet, les variations thermiques sont très faibles dans les eaux souterraines, du fait de la faible conductivité du sol (Aît Boughrous, 2007).

Les valeurs du pH indiquent que les eaux des puits et des sources étudiées sont dans l'ensemble légèrement acides avec les valeurs moyennes respectives de  $6,23\pm 0,51$  et  $6,08\pm 0,50$  UC dans les puits et dans les sources. Cette acidité serait liée à la nature du sol des localités d'étude. A ce propos, Nola *et al.* (1998) soulignent que le pH d'une eau dépend de la nature des terrains traversés. Ce résultat confirme les travaux de Bah *et al.* (2019) sur les ressources en eau dans la région de Fatick au Sénégal.

Les Matières en Suspension, la couleur et la turbidité ont présenté des valeurs très variables aussi bien dans les puits que dans les sources. Elles ont été plus importantes en présence des pluies. Les valeurs élevées obtenues seraient liées à l'absence ou au mauvais état d'aménagement et à l'action de l'érosion qui favorise le transport des particules dans les points d'eau. En effet, la conception d'un puits doit faire en sorte que les eaux qui ruissellent se drainent en s'éloignant du puits, ce qui suppose un aménagement en pente à la tête du point d'eau. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la protection des puits par la construction de margelles hautes d'au moins 0,5 m, la présence de couvercle et le bétonnage de l'ouvrage empêcheraient les risques de pollution (OMS, 2011).

Les valeurs de la conductivité électrique ont été plus élevées dans les localités de Soa et de Mbalmayo. Ces valeurs élevées seraient liées à la nature du sol de ces deux localités. Les fortes concentrations de la conductivité électrique de l'eau matérialisent sa teneur en sels ionisables dissous et dépendent de la nature géochimique des roches rencontrées (Liechti *et al.*, 2004; Zébazé Togouet *et al.*, 2009). Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Kouakou *et al.* (2017) dans les eaux des puits de la ville de Soubré en Côte d'Ivoire et se rapprochent de celles de Kapso (2018) dans les eaux de puits et de sources de la ville de Yaoundé. Les valeurs du Potentiel d'Oxydo-Réduction ( $158,71 \pm 69,12$  mV) montrent que les eaux sont favorables à la vie aquatique. En effet, plus le Potentiel d'Oxydo-Réduction est fort, plus le milieu est oxydant, et inversement, plus il est faible, plus le milieu est réducteur (Parizot *et al.*, 2008).

Les valeurs du pourcentage de saturation en oxygène enregistrées dans les eaux des puits et de sources, révèlent que ces eaux sont moyennement oxygénées, avec des moyennes respectives de  $57,56 \pm 11,96$  % pour les puits et  $58,65 \pm 6,88$  % pour les sources. Les valeurs inférieures à 50% obtenues à certaines stations, seraient liées à l'absence des végétaux photosynthétiques dans ces points d'eau. Dans les eaux souterraines, les teneurs en oxygène dissous sont relativement faibles à cause de l'absence des végétaux photosynthétiques et du faible contact eau-atmosphère (Ginet & Decou, 1977). Néanmoins, une circulation rapide, entraînant un renouvellement perpétuel d'eau, assure parfois une bonne oxygénation de l'eau, en milieu hypogé (Abdelbaki & Bouklihacène, 2007; Ajeegah *et al.*, 2018a).

Les faibles valeurs de l'oxydabilité enregistrées dans les puits ( $2,56 \pm 0,50$  mg/L de  $KM_nO_4$ ) et les sources ( $2,33 \pm 0,62$  mg/L de  $KM_nO_4$ ) étudiées sont indicatrices des faibles teneurs en matières organiques oxydables et donc, une faible activité métabolique des décomposeurs dans ces eaux. Ces résultats s'éloignent de ceux obtenus par Kapso (2018) dans eaux souterraines à Yaoundé.

Les valeurs des nitrates sont restées faibles dans les puits ( $2,76 \pm 0,98$  mg/L) et les sources ( $2,10 \pm 0,98$  mg/L). Ces faibles valeurs des nitrates seraient liées à la complexité des phénomènes de transfert des nitrates vers les eaux souterraines. Les nappes d'eau souterraines ne sont pas trop touchées par la pollution aux nitrates car les nitrates piégés dans les sols peuvent mettre des années à s'infiltrer à la faveur des pluies (Observatoire Régional de la Santé, 2007; Agence Régionale de la Biodiversité, 2019). Ces résultats s'éloignent de ceux obtenus par Moussima *et al.* (2020) dans les eaux souterraines de l'arrondissement de Yaoundé VII où les

teneurs en nitrates dans les puits étaient supérieures (>50 mg/L) aux normes préconisées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

### **III.2.2. Caractéristiques biologiques des eaux des puits et des sources étudiés**

Les identifications faites à partir des échantillons d'eau prélevés dans les puits et les sources des quatre localités d'étude, ont permis de mettre en évidence la présence des œufs et des larves d'helminthes intestinaux appartenant à trois classes que sont les nématodes, les cestodes et les trématodes. La représentation de ces trois classes des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux indiquerait le degré d'infestation de la population. En effet, le nombre et la variété des formes de résistance retrouvées dans l'environnement sont liés au niveau d'infestation de la population humaine et/ou animale desservies (Bouhoum *et al.*, 1997). Stien (2018) souligne que la grande variété d'œufs retrouvés est sous la dépendance de plusieurs facteurs à savoir, le nombre d'individus infestés et le nombre d'œufs éliminés par gramme de matière fécale humaine infestée. Les œufs et larves d'helminthes appartenant à la classe des nématodes ont présenté les plus fortes abondances dans toutes les localités d'étude suivis des œufs des trématodes. La forte abondance des œufs et larves des nématodes serait liée au fait qu'ils ont un cycle direct ce qui faciliterait leur dissémination dans les puits et les sources. Par ailleurs, la plupart des maladies dues aux helminthes seraient causées par les œufs et les larves des nématodes car cette classe compte le plus grand nombre d'espèces d'helminthes intestinaux. A ce propos, Toulleron (2009) souligne que les infections à nématodes représentent la plus grande majorité des helminthiases.

Les puits de la localité de Mbalmayo ont enregistré les plus fortes abondances des œufs et larves des nématodes et des trématodes, ceci serait lié au genre d'helminthes dont souffrent les populations environnantes des puits de cette ville car ces formes de résistance et de dispersion d'helminthes pourraient être acheminées dans les points d'eau par les fèces humains. Bouhoum *et al.* (1997) soulignent que les parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme d'œufs ou de larves avec les matières fécales de l'hôte. La localité de Mbalmayo a également enregistré la plus forte abondance des œufs des cestodes dans les sources. Ces sources étaient le plus souvent visitées par des cochons, ce qui augmenterait leur nombre. De plus, la majorité de ces sources étaient non aménagées, elles pourraient donc de ce fait, être des receptacles de toute sorte de substances.

Les œufs d'*Ascaris* sp. ont été identifiés dans toutes les 04 localités d'étude. Ce qui témoignerait de leur capacité de répartition géographiquement très vaste et répandue. En effet,

l'ascaridiose est cosmopolite et évolue selon un mode endémique en Afrique subsaharienne, en milieu pauvre périurbain (Ndiaye *et al.*, 2012). Cette résistance des œufs d'*Ascaris* sp. serait également liée à la structure de leur coque qui leur permettrait de résister face aux contraintes environnementales.

Ce résultat corrobore les travaux de Sumo *et al.* (2021), qui avaient trouvé qu'*Ascaris* sp. est le plus répandu des helminthes dans la région de l'Ouest au Cameroun. Par ailleurs, la structure de la coque des œufs d'*Ascaris* sp. leur permettrait de résister face aux facteurs environnementaux pouvant compromettre à leur survie dans le milieu extérieur. L'abondance des œufs d'*Ascaris* sp. pourrait aussi s'expliquer par le nombre d'œufs pondus par jour et la durée de survie de ceux-ci dans l'environnement qui serait de plusieurs mois voire de plusieurs années. Toulleron (2009) souligne que la prolifération des œufs d'*Ascaris* sp. se justifie par la ponte journalière de ceux-ci par les femelles d'*Ascaris* sp. qui s'élève à 200 000 œufs par jour.

Dans la localité d'Okola, les œufs d'*Enterobius* sp. ont présenté la plus grande densité concomitamment dans les puits et dans les sources. Cela s'expliquerait par le fait que dans cette ville, le ravitaillement des ménages en eau est principalement effectué par les enfants or, ces derniers adoptent des comportements insalubres à proximité y compris dans les points d'eau. En effet, l'oxyurose est favorisée par la vie en collectivité et est particulièrement fréquente chez les enfants. De plus, l'apparition très rapide d'œufs embryonnés favorise l'infestation (ANOFEL, 2014). Ceci confirme les travaux de Baraha (2020) sur l'épidémiologie des parasites intestinaux dans la région d'Ouarzazate, qui avait enregistré une densité élevée d'œufs d'*Enterobius*.

La transformation du puits OP1 situé au quartier haoussa à Okola en puits aménagé a contribué à réduire considérablement la contamination des eaux de ce puits. D'où l'absence totale des œufs et des larves d'helminthes observée pendant les deux dernières saisons de l'étude (la petite saison de pluies et la petite saison sèche). En effet, le respect des normes de construction d'un point d'eau et son assainissement contribueraient à l'éradication des œufs et des larves d'helminthes intestinaux dans les eaux souterraines. Les eaux de ce puits pourraient donc être consommées par les populations locales sans risque parasitaire d'helminthes.

A Mbankomo par contre, les œufs de *Schistosoma* spp. dominent dû au fait de la forte ponte des œufs par les femelles qui s'élève à des milliers d'œufs par jour, qui sont ensuite expulsés dans l'environnement. Les zones où sont localisés les points d'eau échantillonnés dans cette ville, sont majoritairement occupées par des personnes dont les conditions d'hygiène fécale et urinaire sont précaires. Le contenu de leurs latrines à canon qui hébergerait les œufs de

*Schistosoma* spp. se retrouve très souvent largué dans l'environnement. Aubry & Gaüzère (2019) mentionnent que la transmission de la schistosomiase est urinaire et fécale. Dans le même ordre d'idées, l'OMS (2017) souligne que la schistosomiase touche essentiellement les communautés pauvres et rurales. La présence des bovins et le fait que la majorité des points d'eau de cette localité soient situés dans les zones marécageuses qui constituent des contenants des eaux usées de toute nature justifieraient également la présence de *Fasciola* sp. dans tous les puits de la localité de Mbankomo. La fasciolose touche principalement les personnes vivant dans la pauvreté, qui n'ont pas accès à l'eau potable, aux équipements d'assainissement adéquat et qui sont en contact avec le bétail (Sabourin, 2019).

Quant à la localité de Mbalmayo, plusieurs œufs et larves d'helminthes ont été recensés au puits MP1 situé au quartier New town à des densités plus élevées. Ceci serait lié au mauvais état d'aménagement du point d'eau. En effet, ce puits est de faible profondeur, sans couvercle, presque sans margelle et dans un état de délabrement; il favoriserait de ce fait, la dissémination des formes de résistance et de dispersion des helminthes. Dégbey *et al.* (2010); Sokegbe *et al.* (2017) signalent que la faible profondeur de la nappe phréatique favorise la prolifération des microorganismes pathogènes.

Pour ce qui est de la localité de Soa, le puits SP1 à Banda a été le plus chargé du fait de sa proximité avec les latrines d'une part et du mode d'utilisation de la puisette qui se retrouve le plus souvent au contact du sol d'autre part. Cet usage serait propice à la propagation des œufs et larves d'helminthes intestinaux dans les puits. En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé recommande une distance de 15 mètres entre la latrine et le point d'eau (2011). La source SS1 sis au quartier Fin goudron à Soa a enregistré le plus grand nombre d'œufs d'helminthes. La proximité de cette source avec le barrage d'eau l'expose à des pollutions diverses dues aux activités pratiquées par les populations riveraines à l'instar des baignades et des lessives entre autre. De plus, le tuyau par lequel l'eau est recueillie est en contact intermittent avec les eaux usées qui stagnent autour du point d'écoulement de l'eau. Selon Edge (2001), Torkil (2004), Ajeegah *et al.* (2007); Ajeegah *et al.* (2017), les formes de dissémination présentes dans un point d'eau s'expliqueraient par le manque d'hygiène et le mauvais assainissement. La source SS2 (à Banda) dans la localité de Soa a enregistré moins d'œufs et de larves d'helminthes car elle est distante des maisons d'habitation, ce qui réduirait donc la contamination.

Cette étude a également mis en évidence les classes de taille des œufs et des larves d'helminthes répertoriés avec une nette variation œufs de petite taille ([40 ; 60µm []), de

moyenne taille ([60 ; 80µm ]) et de grande taille ([80 ; 600µm ]). Cette variation pourrait s'expliquer par le fait que la distribution des œufs et des larves d'helminthes répertoriés varie d'un point d'eau à un autre et d'une localité à une autre.

Dans les puits, les pics élevés des œufs de petite taille enregistrés dans les puits MP1 (au quartier New town) et MP3 (au quartier Ngalan) dans la localité de Mbalmayo se justifieraient par les densités élevées des œufs d'helminthes regroupés dans cette gamme de taille (petite taille), à l'instar des œufs d'*Ascaris* sp. qui ont été les plus représentés dans les puits de cette localité. Les plus faibles densités des trois gammes de taille des œufs et larves d'helminthes obtenues au puits OP1 à Okola seraient dues à la faible représentativité des formes de résistance et de dispersion des helminthes regroupées dans les différentes classes de taille identifiées dans ce puits. En effet, le puits OP1 à Okola situé au quartier Haoussa plus précisément, devant la mosquée avait été transformé en forage six mois après le début de notre étude. Cette transformation aurait empêché de manière remarquable la contamination de ce point d'eau par les œufs et les larves d'helminthes intestinaux. D'après N'guettia *et al.* (2019), la pollution est limitée dans les forages à cause des grandes profondeurs.

Quant aux sources, les pics élevés des œufs de petite taille enregistrés dans les sources OS2 dans la localité d'Okola et MS3 dans la localité de Mbalmayo pourraient s'expliquer par le fait que les deux sources sont situées dans les zones marécageuses et auraient regroupé de façon considérable les œufs d'helminthes faisant partie de cet éventail de taille. Les plus faibles densités de classe de moyenne taille obtenues seraient liées au fait que cette classe de taille ne regroupe que deux espèces d'œufs d'helminthes (*Ankylostoma* sp. et *Trichostrongylus* sp.) parmi les œufs helminthes intestinaux identifiés. Ce qui contribuerait à la faible charge des œufs d'helminthes de la classe de taille moyenne dans les sources. La source BS2 à Abang dans la ville de Mbankomo n'a pas enregistré les œufs de taille moyenne. Ceci pourrait s'expliquer par l'absence totale des œufs d'helminthes incluant cette gamme de taille dans cette source.

Les différentes classes de tailles n'ont pas varié significativement d'une saison à une autre. Cette absence de différence significative observée entre les saisons et les classes de taille des œufs et larves d'helminthes serait due au fait que durant les différentes saisons, les formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux incluant les trois gammes de taille ont été identifiées dans les puits et les sources.

Cette étude a aussi permis de mettre en évidence les variations saisonnières des œufs et des larves d'helminthes dans les eaux des différents points d'eau. Ces variations se traduisent de

manière générale, par des densités élevées des œufs et larves d'helminthes pendant la grande saison des pluies et des densités faibles pendant la grande saison sèche. L'augmentation accrue du péril fécal dans l'environnement en saison des pluies entrainerait des charges élevées des formes de résistance d'helminthes dans les points d'eau car durant cette saison, les eaux de ruissellement transportent le trop plein des caniveaux et des latrines pour le conduire dans les sources et les puits. Les eaux des pluies favorisent l'augmentation des œufs d'helminthes dans les eaux souterraines (Bah *et al.*, 2019). D'où les corrélations positives et significatives obtenues entre la couleur, la turbidité, l'oxydabilité et la densité des œufs et larves d'helminthes pendant cette saison. Bouhoum *et al.* (1997) soulignent que les particules en suspension jouent un rôle dans l'adsorption des éléments parasites, favorisant ainsi leur transport et leur dissémination dans le milieu. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ngankomo *et al.* (2020) dans les eaux souterraines de la commune d'Akono. Les faibles densités observées pendant la petite saison sèche comparativement à celles enregistrées pendant la petite saison des pluies seraient dues à la rareté des eaux de ruissellement.

Les larves de *Strongyloides* sp. ont été enregistrées dans les puits et les sources des différentes localités d'étude. Elles ont été identifiées dans tous les puits de la localité de Soa et dans toutes les sources de la localité d'Okola. La présence des larves de *Strongyloides* sp. dans ces puits et sources se justifierait par le fait que les conditions du milieu seraient propices à leur évolution. Les larves de *Strongyloides* ont un tropisme pour la chaleur et peuvent résister de nombreux mois en milieu humide, ce qui facilite la poursuite du cycle naturel (Haute Autorité de Santé, 2017). Ainsi, dans les milieux aquatiques, les larves rhabditoïdes se transforment en adultes libres stercoraux mâle et femelle qui, après copulation donnent naissance à des larves rhabditoïdes de deuxième génération qui se transforment au bout de 2 à 3 jours en larves de *strongyloides* infestante (Safaa, 2017).

La distribution des formes de résistance et de dispersion des helminthes dans les milieux étudiés serait sous la dépendance de certains paramètres physico-chimiques. Des corrélations significatives et négatives obtenues entre la densité des œufs et des larves d'helminthes et la température, montrent que les températures enregistrées ne sont pas très favorables à leur survie dans les milieux souterrains. Par contre, des corrélations positives obtenues entre la conductivité électrique, les Solides Totaux Dissous et les densités des œufs et larves, montrent que ces deux paramètres physico-chimiques seraient favorables à la survie des formes de dissémination des helminthes dans les eaux souterraines. En effet, les variables physico-chimiques peuvent influencer non seulement sur la croissance des microorganismes présents dans les écosystèmes

aquatiques (Centre d'Information sur l'Eau, 2018), mais également sur leur survie, leur pathogénicité, ainsi que sur les types et le nombre d'interactions qu'ils établissent dans le milieu (Wang *et al.*, 2011).

La hiérarchisation des paramètres physico-chimiques montrent que la conductivité électrique et les Solides Totaux Dissous pourraient occuper le premier rang parmi les paramètres abiotiques primordiaux influençant la dissémination des œufs et des larves d'helminthes dans les eaux souterraines car présentant quatre corrélations significativement positives avec les paramètres biologiques. Tandis que les nitrates et les orthophosphates pourraient se situer au deuxième rang car présentant deux corrélations significativement positives et une corrélation significativement négative avec les paramètres biologiques. La couleur, la turbidité, l'oxydabilité, l'azote ammoniacal, le pourcentage de saturation en oxygène et le potentiel d'oxydo-réduction quant à eux pourraient occuper le troisième rang dans la classification hiérarchique car présentant une corrélation significativement positive avec les paramètres biologiques.

Contrairement aux études menées dans les eaux superficielles qui ont montré que les matières en suspension et les matières organiques seraient les principaux facteurs influençant la dissémination des formes de résistance et de dispersion des helminthes dans les eaux superficielles (Kapsu, 2018; Ajeegah et Fotseu 2019; Mbouombouo Mama *et al.*, 2020; Ngankomo *et al.*, 2020), il ressort des analyses statistiques réalisées dans cette étude que dans les eaux souterraines, la conductivité électrique et les Solides Totaux Dissous sont parmi les facteurs les plus importants qui influenceraient la distribution des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux.



*CONCLUSION, RECOMMENDATIONS  
ET PERSPECTIVES*

## CONCLUSION

Parvenu au terme de ce travail, où il était question d'évaluer la distribution spatio-temporelle des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux dans les eaux souterraines de quelques localités (Mbalmayo, Mbankomo, Soa et Okola) de la région du Centre, il en ressort que les puits de Soa ont présenté des grandes profondeurs par rapports aux puits des trois autres localités d'étude. L'épaisseur de la couche d'eau au niveau des puits a été plus importante pendant les saisons des pluies comparativement aux saisons sèches. Le débit d'écoulement de l'eau au niveau des sources quant à lui a très peu varié d'une saison à une autre. Les sources et puits sont sujets au non-respect des normes de construction des points d'eau selon l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les analyses physico-chimiques réalisées ont montré que les eaux des puits et des sources étudiées sont légèrement acides, moyennement oxygénées et présentent une pollution organique faible. Cependant, les eaux de certains points d'eau exposés à des sources pollutions diverses sont de mauvaise qualité notamment, la source BS1 et le puits BP3 situés dans la localité de Mbankomo, le puits OP1 à Okola; les puits MP1 et MP4 à Mbalmayo et la source SS1 à Soa. Ces eaux sont très colorées, très turbides, riches en matières en suspension.

Les analyses biologiques quant à elles ont permis de recenser les œufs et les larves d'helminthes appartenant à trois classes que sont les nématodes (les œufs d'*Ascaris* sp., d'*Enterobius* sp., d'*Ankylostoma* sp., de *Trichostrongylus* sp. et larve de *Strongyloides* sp.), les cestodes (œuf de *Taenia* sp.) et les trématodes (œuf de *Fasciola* sp. et les de *Schistosoma* spp.). La classe des œufs des nématodes a présenté les plus fortes abondances suivie de celle des trématodes. Les œufs d'*Ascaris* sp. ont été identifiés dans toutes les sources et les puits échantillonnés. Tous les points d'eau étudiés dans les localités de Mbalmayo, Mbankomo, Okola et Soa hébergent les œufs et les larves d'helminthes. Ce résultat témoigne d'une forte infestation de la population humaine et animale des différentes localités étudiées. L'ensemble de ces résultats montre sans équivoque la dégradation de la nappe phréatique de ces localités de la région du Centre et la contamination par les œufs et larves d'helminthes. Ces eaux des puits et des sources sont impropres à la consommation humaine.

Trois classes de taille des œufs et des larves d'helminthes répertoriés ont été mises en évidence avec une nette variation des œufs de petite taille ([40 ; 60µm []), de moyenne taille ([60 ; 80µm []) et de grande taille ([80 ; 600µm []) sur le plan spatial. Les variations saisonnières n'ont pas influencé la distribution des classes de taille des œufs et des larves d'helminthes dans les puits et les sources. La source BS2 à Mbankomo n'a pas enregistré les œufs d'helminthes de taille moyenne. Les plus faibles densités des trois gammes de taille ont été obtenues au puits OP1 à Okola.

Les densités des œufs et des larves d'helminthes ont été plus élevées en saison de pluies comparativement aux saisons sèches. La distribution spatiale et saisonnière des formes de résistance et de dispersion des helminthes intestinaux identifiées au cours de l'étude ont été influencées par

certaines paramètres physico-chimiques. La hiérarchisation des paramètres physico-chimiques montre que la conductivité électrique et les solides totaux dissous occupent le premier rang parmi les paramètres physico-chimiques primordiaux influençant la dissémination des œufs et des larves d'helminthes dans les eaux souterraines.

La qualité physico-chimique et biologique des eaux des puits et des sources détériorée, exposerait les populations des différentes localités d'étude à des risques sanitaires accrus et augmenteraient de ce fait les coûts de traitement de l'eau.

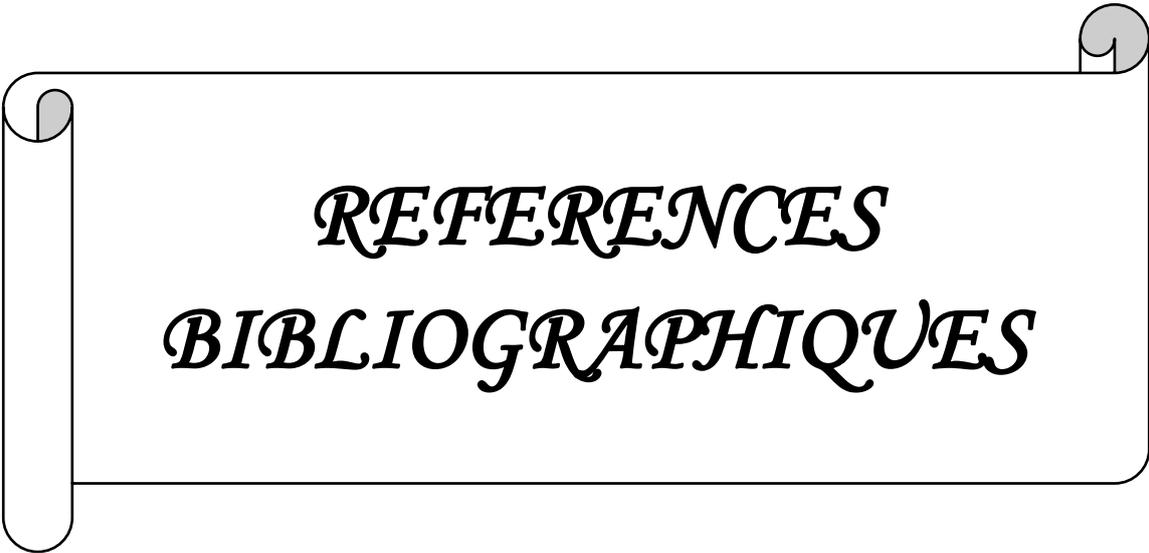
### **RECOMMANDATIONS**

Fort de ce constat, il est impératif pour les pouvoirs publics en collaboration avec les chercheurs, de prendre des mesures appropriées pour protéger et restaurer ces milieux en vue d'une gestion efficace et durable des ressources en eau. De tenir compte des différentes classes de taille des œufs et des larves d'helminthes intestinaux lors de la mise sur pied des filtres à eau. Les populations devraient changer de mentalités en adoptant des attitudes écologiquement responsables afin de réduire la contamination de la nappe d'eau superficielle. Elles devraient également se rapprocher des experts lors de la mise sur pied d'un point d'eau souterrain et des toilettes pour un meilleur respect des normes de construction. Les populations doivent respecter scrupuleusement les règles d'hygiène de base et traiter de l'eau avant toute consommation par des méthodes de traitement de l'eau à domicile (ébullition, filtration, méthode SODIS entre autre).

Nous recommandons aux décideurs des différentes communes d'arrondissement, de collaborer avec les populations environnantes afin que les initiatives soient prises dans le sens de la protection de l'environnement mais aussi dans la sensibilisation des populations quant au devoir du citoyen vis-à-vis de son environnement; de réactiver les services d'hygiène et salubrité des dites communes pour agir de manière efficiente et régulière dans l'exécution de leurs différentes tâches; de vulgariser les points d'eau aménagés et potables à usage public.

### **PERSPECTIVES**

De nouveaux champs de recherche ont pu être soulevés au terme de ce travail. Il s'agit entre autres, de faire des tests de viabilité des œufs et des larves d'helminthes afin d'évaluer le niveau d'infectiosité; de réaliser les tests biochimiques pour l'identification complète des espèces; d'effectuer des essais en microcosme sur les moyens efficaces de leur élimination dans les eaux souterraines (puits et sources); d'évaluer l'influence des paramètres physico-chimiques sur la structure et la perméabilité membranaire des œufs d'*Ascaris* sp. et comparer les sources et puits aménagés et non aménagés.



*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

- Abdelbaki, C. & Bouklihacène, F. (2007). Etude du phénomène de la dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemeen. *Revue des Energies Renouvelables*, 10: 257-263.
- Association pour le Développement des Communautés Locales (1997). *Plan Communal de Développement de Mbalmayo*: 133 p.
- Adewale, B., Heintz, J.R., Pastore C.F., Rossi H.L., Hung, L.Y., Rahman, N., Herbert, B.B.R., Bethony, J., Diemert, D. & Babatunde, J.A. (2021). Parasitic helminth infections in humans modulate Trefoll Factor levels in a manner dependent on the species of parasite and age of the host. *PloS Neglected tropical diseases*:22 p.
- Agence de l'eau Adour-Garonne (2012). *Les eaux souterraines*. Google consulté le 12 Octobre 2020 sur [www.eau-adour-garonne.fr/www.brgm](http://www.eau-adour-garonne.fr/www.brgm): 10 p.
- Ahoussi, K.E., Koffi, Y.B., Kouassi, A.M., Soro, G. & Biemi, J. (2013). Etude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'Ouest montagneux de la Côte d'Ivoire: Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouman). *Journal of Applied Biosciences*, 63: 4703-4719.
- Aït Boughrous, A. (2007). *Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc: le Tafilalet et la région de Marrakech*. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des Sciences. Université Cadi Ayyad Semlalia, Marrakech, Maroc: 236 p.
- Ajeegah, G.A., Foto, M.S., Talom, S.N., Ntwong, M.M., Tombi, J., Nola, M. & Njiné, T. (2014). Propriété Physico-Chimique et Dynamique D'abondance des Formes de dissémination des helminthes intestinaux dans les eaux usées et de surface à Yaoundé (Cameroun). *European Journal of Scientific Research*, 1: 44-63.
- Ajeegah, G.A. & Fotseu Kouam, A.L. (2019). Dissemination of the resistant forms of intestinal worms in the marshy area of the city of Yaoundé (Cameroon): importance of some abiotic factor of the medium, *Applied Water Science*, 9: 1-9.
- Ajeegah, G.A., Kapso, T.M., Foto, M.S., Mbondo, B.S. & Ngassam, P. (2017). Pléomorphisme des eaux polluées à Yaoundé (Cameroun). *Environnement Risque et Santé*, 16: 1-9.
- Ajeegah, G.A., Mbainissem, M.S., Njiawouo, P. & Ngankomo, A.R.P. (2018a). Caractérisation physico-chimique et biologique des eaux en zone périurbaine en Afrique équatoriale: cas de Ngoumou au Centre du Cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 23: 33-34.
- Ajeegah, G.A., Njiné, T., Bilong Bilong, C.F., Foto, M.S., Wouafo, N.M., Nola, M., Di, G.G.D. & Huw, S. (2010). Seasonal Distribution of Enteric Opportunistic *Cryptosporidium*

- spp. Oocysts and *Giardia* spp. Cysts in a tropical water basin, Cameroon. *Water*, 12: 44-57.
- Ajeegah, G.A., Njiné, T., Nola, M., Foto M.S. & Wouafo, N.M., (2007). Evaluation de l'abondance des formes de résistance de deux protozoaires pathogènes (*Giardia* sp. et *Cryptosporidium* sp.) dans deux biotopes aquatiques de Yaoundé (Cameroun). *Cahier d'Etudes et de Recherche Francophones/Santé*, 17: 167-172.
- Aka, N., Bamba, S.B., Soro, G. & Soro, N. (2013). Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'Altérites sous climat tropical humide: Cas du Département d'Abengourou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 16: 31-52
- Ako Eyongabane, S., Anguh, E., Ndassi Tankeu, V., Abiankan Nadesch, A. & Kimbi Kuokuo, H. (2018). Persistent Soil-Transmitted Helminth Infections and Associated Risk Factors among Children Aged Between 4 and 12 in Mile 16. Bolifamba, Buea, Cameroon: 6 months Post Deworming Campaign *International Journal of Tropical Disease & Health*, 32: 1-9.
- Alexander, N.D., Cousens, S.N., Yahaya, H., Abiose, A. & Jones, B.R. (1993). *Ivermectin dose assessment without weighing scales*. Bulletin of the World Health Organisation, 71: 361-366.
- Amadou, H., Sani, L.M. & Salam, M.A. (2014). Caractérisation hydrochimique des eaux souterraines de la région de Tahoua (Niger). *Journal of Applied Biosciences*, 80: 7161-7172.
- Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie (2014). *Parasitologie médicale. Généralités et définitions*. Université Médicale Virtuelle Francophonie: 411 p.
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire (2015). *Analyse des risques sanitaires liés à la réutilisation d'eau grise pour des usages domestiques*. France, Edition scientifique, Rapport: 144 p.
- American Public Health Association (2005). Standard method for examination of water and wastewater. American Water Works Association (AWWA), *Water Environment Federation (WEF)*, 21<sup>ème</sup> édition: 1522 p.
- Agence Régionale de la Biodiversité (2019). *Qualité des eaux souterraines vis à vis des nitrates*. Agences de l'eau, offices de l'eau: 2 p.
- Asi, Q.A., Ajeegah, G.A., Ngankomo, A.R.P., Mboumbouo, M. & Okoa, A.T.N. (2022). *Biodynamic and ecology of Human enteropathogenic Microsporidian spores in*

- groundwater in the municipalities of Mbankomo and Soa in Center region (Cameroon) and health risks of immunocompromised patient. Research Square: 28 p.*
- Asi, Q.A., Ajeegah, G.A. & Okoa, A.T.N. (2021). Dynamique d'abondance des charges oocystiques dans les eaux souterraines de Mbankomo, une zone périurbaine de Yaoundé: physico-chimie et risque sanitaire. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique: 11 p.*
- Aubry, P. & Gaüzère, B.A. (2019). Cysticercose. Centre René Labusquière, Institut, Université de Bordeaux, 33076 (France). *Medecine Tropicale: 9 p.*
- Aubry, P. & Gaüzère, B.A. (2019). Schistosomoses ou bilharzioses. Centre René Labusquière, Institut, Université de Bordeaux, 33076 (France). *Medecine Tropicale: 10 p.*
- Ayele, A., Tegegne, Y., Derson, A., Eshetu, T. & Zeleke A.J. (2021). Prevalence and associated factors of intestinal helminths among kindergarten children in Gondar Town, Northwest Ethiopia. *Pediatric Health Medicine, 12: 35-41.*
- Banque Africaine de Développement (2020). *Projet d'étude des flux de valeurs et préparation d'un programme de valorisation des déchets solides au Cameroun. Code SAP du Projet: P-CM-EBD-001: 27 p.*
- Bah, A., Camara, I. & Noblet, M. (2019). *Evaluation de la vulnérabilité du secteur ressources en eau à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatick .* Projet d'appui Scientifique aux processus de Plans nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les mons avancés d'Afrique subsaharienne, Climate Analytics gGmbH, Berlin: 125 p.
- Bakalowicz, M. (1975). Géochimie des eaux karstiques et karstification. *Annale de Spéléologie, 30: 581-589.*
- Banton, O. & Bangoy, L.M. (1997). *Hydrogéologie: Multiscience environnementale des eaux souterraines.* Presse de l'Université du Québec (Canada)/Aupelf: 460 p.
- Baraha, N. (2020). *Epidémiologie des parasites intestinaux dans la région d'Ouarzazate.* Thèse de Doctorat en médecine, Faculté de Médecine et de Pharmacie-Marrahech: 161 p.
- Belhaj, A. (2001). *Les épidémies d'origine hydrique dans le monde—synthèse Technique-ENGRET* centre de Montpellier et OIE de Limoges: 16 p.
- Bertrand, F. & Maumy, M. (2011). *Test de Kruskal-Wallis.* IRMA, Université de Strasbourg: 37 p.
- Bonnet, M. & Lallemand-Barrès, (1970). *Mesure de la vitesse d'écoulement en milieu saturé par les méthodes de traçage.* Bureau de recherches géologiques et Minières: 28 p.

- Boubakar, H.A. (2010). *Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique: Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER)*. Hydrologie. Thèse Université, Abdou Moumouni: 198 p.
- Bouhoum, K., Mahmid, O., Habb, A.K.H. & Schwartzbrod, (1997). Devenir des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2: 217- 232.
- Bourée, P., Dahanea, N.C., Resended, P., Bisaroa, F.E. & Alireza, E. (2012). Les cestodes et leur diagnostic au laboratoire. *Médecine et Santé Tropicale*, 22: 440-443.
- Bourée, P., Lançon, A. & Rosende, P. (2008). Parasitoses Intestinales Emergentes. *Revue Francophone des Laboratoires*: 6 p.
- Boutin, C. (1993). L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. *Revue des Sciences de l'Eau*, 6: 357 – 365.
- Boutin, C. (1984). Sensibilité à la pollution et répartition de quelques espèces de Crustacés phréatobies à Marrakech (Maroc). *Mém. Biospéol*, 11: 55-64.
- Brenier-Pinchart, M.P. (2022). *Traitements antiparasitaires des helminthes*. Thérapeutiques Anti-Infectieuses, Université Grenoble Alpes: 87 p.
- Brooker, S., Archie, C. A. & Don Bundy, A. P. (2006). Global epidemiology, ecology and control of soil-transmitted helminth infections. *Advance Parasitology*, 62: 221-261.
- Bureau Central de Recensement et d'Etude de la Population. (2005). *Synthèse du rapport général du Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat*. Volume 1/Tome 10: 59 p.
- Burkhart, C.N. & Burkhart, C.G. (2005). Assessment of frequency, transmission, and genitourinary complications of enterobiasis (pinworms). *International Journal of Dermatology*, 44: 837–40.
- Camacho, A.I., Bello, E. & Becerra, J.M.I. (1992). A natural history of the Subterranean environment and its associated fauna In: A. I. Camacho (ed.). The natural history of biospeleology. Monography 7. *Museo Nacional Ciencias Naturales*, C.S.I.C. Madrid, 27: 171-197.
- Centers for Disease Control (2007). *Acanthamoeba keratitis multiples states, 2005-2007*. Mortality and Morbidity weekly Report, 56: 532-534.
- Centre d'Expertise en Analyses Environnementales du Québec (2007). *Détermination des orthophosphates dans l'eau: méthode colorimétrique automatisée à l'acide*

- ascobique*. MA. 3030-P1.0, Rapport du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des parcs du Québec: 12 p.
- Chapman, D. & Kimstach, V. (1996). *Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediment and water in the environment monitoring*. 2<sup>nd</sup>e édition E & F.N. Spon, London: 609 p.
- Centre d'Information sur l'Eau (2018). *L'eau et la transition écologique*. Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E) France: 89 p.
- Cercle des Promoteurs du Développement Durable (2011). *Plan communal de développement de Mbankomo*:151 p.
- Cook, D.M., Swanson, C.R., Eggett, D.L. & Booth, G.M. (2009). A retrospective analysis of prevalence of gastro-intestinal parasites among school children in the Palajunoj Valley of Guatemala. *Journal of Health Population Nutrition*, 27: 31–40.
- Cormack, R.M. (1971). A review of classification. *Journal of the Royal Statistical Society*, 13: 321-367.
- Daubrée, A. (1987). *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. Dunod, Paris France: 455 p.
- Degbey, C., Makoutode, M., Ouendo, E.M. & De Brouwer, C. (2010). Pollution physico-chimique et microbiologique de l'eau des puits dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4: 227-257.
- De Ley, P. & Blaxter, M. (2004). A new system for Nematoda: combining morphological characters with molecular trees, and translating clades into ranks and taxa. *Nematology Monographs and Perspectives*, 2: 633 - 653.
- De Ley, P., Decraemer, W. & Eyualem-Abebe, (2006). *Introduction: Summary of present knowledge and research addressing the ecology and taxonomy of freshwater nematodes*. Freshwater nematodes: Ecology and taxonomy: 30 p.
- Derwich, D., Benabidat, L., Ziaan, A., Sadki, O. & Belghithy, D. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de la confluence avec oued Fes. *Laryss Journal*, 8: 101-112.
- Dupont, A. (1981). *Hydraulique Urbaine: Hydrologie, captage et traitement des eaux*. Eyralles édition, Paris: 1300 p.
- Edge, T., Byrne, J.M., Johnson, R., Robertson, W. & Tevenson, R. (2001). *Pathogène d'origine hydrique. Environnement Canada. Menaces pour les sources d'eau potable et les écosystèmes aquatiques au Canada*. Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario. Rapport d'évaluation scientifique de l'Institut National des Recherches en Education: 149 p.

- Edmuds, W.M., Guendouz, A.H., Mamou, A., Moulla, A., Shand, P. & Zouani, K. (2003). Groundwater evolution in the continental intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: Trace element and isotopic indicators. *Applied Geochemistry*, 18: 805-822.
- Ekodeck, G.E. & Kamgang, K.B. (2002). *L'altérologie normative et ses applications: une expression particulière des roches alluminosilicatées du point de vue de leur évolution supergène*. 1<sup>ère</sup> édition, Yaoundé, Presses Universitaires de Yaoundé (Cameroun): 231 p.
- El Kayssi, Y., Hilali, M., Kouz, T. & Kassimi, L. (2020). Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines par la méthode DRASTIC: cas de la nappe alluviale de Rich (Haut Atlas central, Maroc). *Revue des Sciences de l'eau*, 32: 317-334.
- Feng, Y. & Xiao, L. (2011). Zoonotic potential and molecular epidemiology of *Giardia* Species and Giardiasis. *Clinical Microbiology Reviews*, 24: 110-140.
- Foucault, A. & Raoult, J.F. (2003). *Dictionnaire de géologie*. Masson, Paris, 5<sup>ème</sup> édition: 379 p.
- Foussard, V. & Etcheber, H. (2011). *Proposition d'une stratégie de surveillance des paramètres physico-chimiques pour les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde*. Projet BEEST: 74 p.
- Gaudiot, C. (2000). *Contamination parasitaire chez l'homme par l'alimentation*. Thèse de Doctorat, Université Henry Poincaré, Nancy I: 101 p.
- Gentilini, M., Duflo, F., Lagardère, B., Danis, M. & Richard-Lenoble, D. (1977). Médecine Tropicale. 2<sup>e</sup> édition, *Flammarion Médecine-Science*, 97: 100-112, 153 et 156.
- Gibert, J., Danielopol, D.L. & Stanford, J.A. (1994). Groundwater Ecology. *Academic Press*, San Diego: 26 p.
- Gilli, E., Mangan, C. & Mudry, J. (2004). *Hydrogéologie, Objets, méthodes, application*. Edition Dunod: 258 p.
- Ginet, R. & Decou, V. (1977). *Initiation à la biologie et à l'écologie souterraine*. J. P Delarge edition, Paris France: 345 p.
- Guessoum, H., Benbrahim, F., Halilat, M.T. Laoua, F., Bensalama, M. & Darem, S. (2014). Caractérisation microbiologique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (Cas de Sebseb). *Journal of Advanced Research and Science and Technology*, 3: 35-43.
- Guillaume, V. (2007). *Parasitologie, fiches Pratiques (Auto-évaluation et Manipulation)*. Edition De Boeck et Laciera: 188 p.
- Haijoubi, H., Benyahya, F., Bendahou, A., Essadqui, F.Z., Behhari, M.E., Mamoune, A.F.E., Ghailani, N.N., Mechita, M.B. & Barakat, A. (2017). Etude de la qualité

- bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. *Pan African Medical Journal*: 7 p.
- Hamit, M.A., Fombotioh, N., Kemba, S., Issa, R.A., Nack, J. & Bilong Bilong, C.F. (2020). Gastrointestinal parasitosis in the population of the city of N'Djamena [Chad]: Causes of their persistence. *Journal of Biology and Life Science*: 12 p.
- Hamit, M.A., Issa, R.A., Fombotioh, N., Nack, J., Kemba, S., Ali, M.M. & Bilong Bilong, C.F. (2020). Prevalence of intestinal helminthes and their effects on anthropometric, haematological and metabolic parameters among patients of two teaching hospitals in N'Djamena (Chad). *Journal of Public Health and Epidemiology*, 12: 277-283.
- HAS: Haute Autorité de Santé (2017). *Actualisation des actes de biologie médicale relatifs au diagnostic de la strongyloïdose (Anguillulose)*. Argumentaire: 60 p.
- Hecky, R.E. (2000). A biogeochemical comparison of lakes Superior in Malawi and the limnological consequences of an endless summer. *Ecosystem Health and Management*, 3: 23-33.
- Jegede, E.F., Oyeyi, E.T., Bichi, A.H., Mbah, H.A. & Torpey, K. (2014). Prevalence of intestinal parasites among HIV/AIDS patients attending Infectious Disease Hospital Kano Nigeria. *Pan African Medical Journal*: 295 p.
- Kamgho Tezanou, B.M. (2008). *L'accès à l'eau potable et à l'assainissement au Cameroun: situation actuelle, contraintes, enjeux et défis pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD 7)*: 13 p.
- Kapso Tchouankep, M. (2018). *Dynamique d'abondance des amoebidés dans les milieux aquatiques à Yaoundé (Cameroun)*. Thèse de Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun: 214 p.
- Katz, K., Coelho, P.M.Z. & Pellegrino, J. (1970). Evaluation of kato's quantitative method through the recovery of *Schistosoma mansoni* eggs added to human faeces. *Journal of parasitology*, 56: 1032-1033.
- Kengne, I.M., Endamana, D., Soh, L. & Nya, J. (2002). *Réutilisation des eaux usées pour l'agriculture urbaine dans la ville de Yaoundé. Visite d'Etude et Atelier International sur la réutilisation des eaux usées en agriculture urbaine: un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest*. Rapport final, Ouagadougou - Burkina Faso: 8 p.
- Kouakou Konan, S., Goue, D.L., Ohou-Yao, M.J., Kouame, K.I., Kouakou Kouassi, L. & Dingui, K.B. (2017). Qualité chimique des eaux de consommation des populations de la ville de Soubré (Sud-Ouest, Côte d'Ivoire). *International Journal of Advanced Research*, 6: 58-65.

- Kouam Kenmogne, G., Rosillon, F., Mpakam, H.G. & Nono, A. (2010). Enjeux sanitaires, socio-économiques et environnementaux liés à la réutilisation des eaux usées dans le maraîchage urbain: cas du bassin versant de l'Abiergué (Yaoundé-Cameroun), *Vertigo la Revue Electronique en Sciences de l'Environnement*, 10: 57 - 60.
- Lacoste, R. (2009). *Les parasites intestinaux chez le macaque crabier (Macaca fascicularis): Etude expérimentale et recommandations pour la diagnose et la gestion des Rhizoflagelles et des ciliés*. Thèse pour le Doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil/Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort: 297 p.
- Lagnika, M., Ibikounle, M., Moudachirou, I., Montcho, J.P.C. & Sakiti, G.N. (2014). Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Benin, Afrique de l'Ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79: 6887-6897.
- Lallemand-Barrès, A. & Roux, J.C. (1999). Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. *Manuel et méthode n° 33*, Edition BRGM: 334 p.
- Le Bailly, M. (2005). *Evolution de la relation hôte/parasite dans les systèmes lacustres nord alpins au néolithique (3900-2900 BC), et nouvelles données dans la détection de paléoantigènes de Protozoa*. Thèse de Doctorat: 290 p.
- Legendre, L. & Legendre, P. (1979). *Ecologie numérique*. Masson (Eds), Paris (France): 247 p.
- Leynaud, G. & Verrel, J.L. (1980). *Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions: La pollution des eaux continentales. Influence sur les biocénoses aquatiques*. Edition Gauthier-Villars, Paris: 28 p.
- Liechti, P., Frutiger, A. & Zobrist, J. (2004). *Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse*. Module Chimie Analyses physico-chimiques Niveaux R & C. OFEFP. Berne: 32 p.
- Machouart, M. (2010). *Les helminthes, les nématodes ou némathelminthes*. Service de parasitologie-mycologie, CHU de Brabois (France): 54 p.
- Majdoub, R., Duchemin, M. & Côté, C. (2004). *Risque de contamination microbiologique des eaux souterraines et mesures préventives à adopter*. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Dossier Agroenvironnement: 7 p.
- Makoge, V., Mbah, G., Nkengazong, L., Ndzi, E.S. & Moyou, R. (2012). Falciparum malaria, helminth infection and anaemia in asymptomatic pupils in four villages in Cameroon. *European Journal of Zoological Research*. 1: 54-59.
- Margat, J. (1998). *Les eaux souterraines dans le bassin méditerranéen. Ressources et utilisations*. Ed. Plan Bleu et BRGM, Documents du BRGM, 28: 110 p.

- Mayaka, M.S. (2001). *Etude épidémiologique de la bilharziose à Schistosoma mansoni en milieu scolaire: cas du groupement de Kiyanka*. Thèse de Doctorat, Université de Kongo, Faculté de Médecine: 58 p.
- Mbog, P. A. (2021). Le Cameroun vise une croissance de 4,4% en 2022. *Finacial Afrik*, Lettre circulaire, <https://www.finacialafrik.com>: 3 p.
- Mbouombouo, M., Ajeegah, G.A., Tchakala, I., Enah, D., Tomkouani, K., Yao, P.H. & Gnon, B. (2020). Biodynamique des œufs et larves d'helminthes dans les eaux de surface de Bamenda, Région du Nord-Ouest, Cameroun: impact sanitaire et influence des paramètres physico-chimiques *Afrique Science*, 16: 55 –68.
- Soldner, M., Stephen, I., Ramos, L., Angus, R., Wells, N.C., Grosso, A. & Grue, M. (2004). Relationships between Macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic. *Water Research*, 38: 863-874.
- Ministère de l'Eau et de l'Energie (2021). *Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (PANGIRE): Etat des lieux du secteur de l'eau au Cameroun*. Rapport sur l'eau potable et l'assainissement au Cameroun. [www.minee.cm](http://www.minee.cm): 2 p.
- Ministère de l'Economie, de la planification et de l'Aménagement du Territoire (2018). *Plan Communal Développement d'Okola*: 316 p.
- Montresor, A., Crompton, D.W.T., Gyorkos, T.W. & Savioli, L. (2004). *Lutte contre les helminthiases chez les enfants d'âge scolaire. Guide à l'intention des responsables des programmes de lutte*. Organisation mondiale de la Santé, Genève: 70 p.
- Montresor, A., Odermatt, P., Muth, S., Iwata, F., Raja'a, Y.A., Assis, A.M., Zulkifli, A., Kabatereine, N.B., Fenwick, A., Al-Awaidy, S., Allen, H., Engels, D. & Savioli, L. (2005). The WHO dose pole for the administration of praziquantel is also accurate in non-African populations. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medecine and Hygiene*, 99: 78-81.
- Morris, B.L., Lawrence, A.R., Chilton, P.J.C., Adams, B., Calow, R.C. & Klinck, B.A. (2003). *Groundwater and its susceptibility to degradation: a global assessment of the problem and options for management*. Early warning and assessment. United Nations Environmental Programme. Nairobi, Kenya: 126 p.
- Moussa, H.C. (2014). *Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban: approche hydrogéochimique*. Thèse en Géoscience, Université de Lorraine: 329 p.
- Moussima, Y.D.A., Tiemeni, A.A., Zing, Z.B., Jokam, N.L.L., Aboubakar, A., Nzeket, A.B., Fokouong, T.B.H. & Mfopou, M.Y.C. (2020). Qualité physico-chimique et

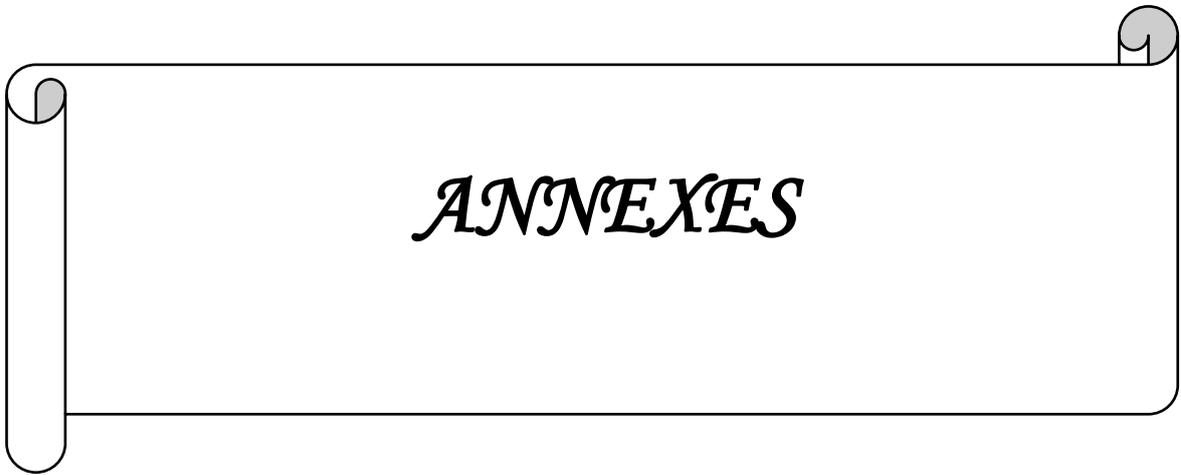
- bactériologique des eaux souterraines et risques sanitaires dans quelques quartiers de Yaoundé VII, Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14: 1902-1920.
- Ngankomo, A.R.P., Ajeegah, G.A., Elnaga, Z.A. & Ngassam, P. (2020). Caractéristique physico-chimique et dynamique des formes environnementales des coccidies entériques dans les eaux de sources, puits et cours d'eau dans la commune d'Akono (Cameroun, Afrique Centrale). *European Scientific Journal*, 16: 161-176.
- N'guettia, K.G., Mangoua, O.M.J., Aboua, K.N., Douagui, G.A. & Goné, D.L. (2019). Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du bassin versant de la Baya, Est Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13: 574-585.
- Ndiaye, A.R., Diallo, I. & Klotz, F. (2012). *Ascaridiose*. EMC-Pédiatrie/Maladies infectieuses:10 p.
- Nola, M., Njiné, T., Monkiedjé, A., Sikati, F.V. & Djuikom, E. (1998). Qualité bactériologique des eaux des sources et des puits de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé*, 8: 330-336.
- Nola, M., Njiné, T., Monkiedjé, A. & Taillez, R. (1999). Approche calorimétrique des eaux de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun). *Microbiologie Hygiène Alimentaire*, 11: 9-13.
- Nouayti, N., Khattach, D. & Hilali, M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas Central, Maroc). *Journal of materials and Environmental Science*, 6: 1068-1081.
- Nozais, J.P., Detry, A. & Danis, M. (1996). *Traité de Parasitologie médicale*. Paris, Pradel: 36 p.
- Nyantekyi, L., Legesse, M., Medhin, G., Animut, A., Tadesse, K., Macias, C., Degarege, A. & Erko B. (2014). Community awareness of intestinal parasites and the prevalence of infection among community members of rural Abaye Deneba area, Ethiopia. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4: 15-27.
- Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (2004). *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines*. L'environnement pratique. Berne: 141 p.
- Office International de l'Eau (2021). *L'eau, les zones humides et la vie*. Journée Mondiale des Zones Humides, Dossier de presse: 13 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (1988). Importance des parasitoses intestinales en santé publique. Rapport d'un comité d'Experts. *Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé*, 66: 23-34.

- Organisation Mondiale de la Santé (1994). *Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux*. Genève: 29 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (2004). *Schistosomiase et géohelminthiases; prévention et lutte: rapport d'un comité d'experts de l'OMS*. Série de Rapports techniques, N° 912. Genève: 68 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4<sup>ème</sup> édition, Genève: 564 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (2015). *Géohelminthiases*. Aides-mémoire N°366: 6 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (2017). *Directives de qualité pour l'eau de boisson*. 4<sup>ème</sup> édition Intégrant le premier additif, Genève, CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Organisation Mondiale de la Santé (2017). *Number you should know. Reaching a billion and Ending Neglected tropical diseases. A gate way to universal DXhealth coverage*. 5th progress report on the London declaration on NTDs: 9 p.
- Onguene, Mala, (1993). *Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun): Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol horizon jaune en relation avec l'évolution du modèle*. Thèse de Doctorat d'état, Université de Paris VI: 254 p.
- Organisation des Nations Unies (2018). *Eau propre et assainissement. Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante-Mise à l'essai de la méthode de suivi et résultats préliminaires relatifs à l'indicateur 6.3.2 des ODD*: 60 p.
- ORS: Observatoire Régional de la Santé (2007). *Les Nitrates*. Tableau de Bord Santé-Environnement, Région Rhône-Alpes: 16 p.
- Ouro-Boya, B.S. (2004). *Evaluation de l'état d'une eau de rivière par l'analyse multidimensionnelle utilisant des paramètres caractéristiques de la matière organique dissoute*. Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, France: 216 p.
- Oyono, R.R. (2015). *Communes et régions du Cameroun, Yaoundé Cameroun*. Editions SOPECAM: 418 p.
- Pankow, J.F. & Bidleman, T. (1991). Effects of temperature, TSP and percent non-exchangeable material in determining the gas-particle partitioning of organic compounds. *Atmospheric Environment*, 25: 2241-2249.
- Parizot, M., Laporte, P. & Joseph, B. (2008). *Contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eaux souterraines de Guyane conformément à la Directive Cadre Européenne sur l'Eau: saison sèche 2007*. Rapport final BRGM/RP-56199-FR: 102 p.

- PNDP: Programme National de Développement Participatif (2015). *Plan Communal de Développement de Soa*: 289 p.
- Ram, B., Ratna, B., Usha, S. & Nilambar, J. (2016). A Study of Prevalence of intestinal helminthic infections and associated risk factors among the school children of Biratnagar Submetropolitan, Eastern Region of Nepal. *International Journal of Current Research in Medical Sciences*, 2: 8-15.
- Ripert, C. (1998). Bilharzioses humaine à *Schistosoma japonicum* et à *Schistosoma mekongui*. *Epidémiologie des maladies parasitaires. Helminthiases, Editions médicales internationales*: 36 p.
- Rivest, L.P. & Pante, N. (1988). L'Analyse en Composantes Principales robuste. *Revue de Statistique Appliquée*, 36: 55-66.
- Rodier, J., Legube, B. & Merlet, N. (2009). *L'analyse de l'eau*. 9e édition, Dunod: Paris: 1526 p.
- Ruthy, I. & Brouyère, S. (2017). *Qu'est-ce que l'eau souterraine?* N°108, In Eco Karst: 3 p.
- Sabourin, E. (2019). *Dynamique de la fasciolose dans un système fortement anthropisé: la Camargue*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier: 250 p.
- Safaa, R. (2017). *Prévalence du portage parasitaire intestinal asymptomatique: mise en évidence chez les professionnels de l'alimentation de la région de Mekness*. Thèse de Doctorat, Université de Sidy Mohammed Ben Abdellah: 109 p.
- Sarrazin, V., Carrière, A. & Barbeau, B. (2003). *Protocole québécois d'évaluation d'une eau souterraine sous l'influence directe des eaux de surface: Revue de littérature et de développement d'un protocole provisoire*. Projet PARDE, Dossier n°: 3331.24.02.02, Montréal: Ecole Polytechnique: 166 p.
- Schaechter, M., Medoff, G. & Eusentein, B.I. (1999). *Microbiologie et pathologie infectieuse*. Paris-Bruxelle: 1000 p.
- Sferdjli, F. (2015). *Les périmètres de protection des ouvrages de captages des eaux souterraines. Bibliographie et étude de cas*. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen: 90 p.
- Smyth, J.D. (1994). *Introduction to animal parasitology*. 3rd edition. Cambridge University Press: 549 p.
- Sokegbe, O.Y., Djeri, B., Kogno, E., Kangni-Dossou, M., Mensah, R.T., Soncy, K. & AMEYAPOH, Y. (2017). Les risques sanitaires liés aux sources d'eau de boisson

- dans le district N°2 de Lomé-commune: cas du quartier d'Adakpané. *International Journal of Biological, Chemical and Sciences*, 11: 2341-2351.
- Stien, J.L. (2018). *Œufs d'helminthes et environnement: le modèle d'œufs d'Ascaris*. Thèse de Doctorat, Université Paul Verlaine: 171 p.
- Sumo, L., Otiobo Atibita, E.N., Mache, E., Gangue, T. & Nana-Djeunga, H.C. (2021). The transmission of soil transmitted helminthiasis in the Mifi Health District (West Region, Cameroon): Low endemicity but still prevailing risk. *Parasitologia*, 1: 95-104.
- Tchuem Tchuenté, L.A., Dongmo Noumedem, C., Ngassam, P., Nkenfack, C.M., Feussom Gipwe, N., Dankoni, E., Tarini, A. & Zhang, Y. (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: 602-613.
- Terer, C.C., Bustinduy, A.L., Magtanong, R.V., Muhoho, N., Mungai, P.L., Muchiri, E.M., Kitron, U., King, C.H. & Mutuku, F.M. (2013). Evaluation of the health-related quality of life of children in Schistosoma haematobium-endemic communities in Kenya: a cross-sectional study. *PLoS Neglected Tropical Diseases*: 7 p.
- Thomas, V., Loret, J.F., Jousset, M. & Greub, G. (2012). Biodiversity of amoebae and amoebaeresting bacteria in a drinking water treatment plant. *Environmental Microbiology*, 10: 2728–2745
- Torkil, J.C. (2004). *Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency plans by Why, What and How*. Global Water Partnership: 45 p.
- Toulleron, S. (2009). *Influence des helminthiases sur l'orientation des réactions immunitaires et relations avec les maladies atopiques et les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin*. Thèse de Doctorat d'Etat en Pharmacie. Université Henri Poincaré-Nancy 1: 252 p.
- Tsama, V., Pial, A.C., Youmbi, G.T. & Amougou, A. (2010). Incidence de la charge en œufs d'helminthes contenue dans les boues de vidange sur la qualité parasitaire de quelques cultures maraîchères à Nomayos (Yaoundé - Cameroun). *Afrique Science*, 6: 106 – 115.

- Ulrike, H. (2010). *Pièges des corrélations: les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman*. Biostatistique, Forum Med Suisse, 10: 652-653.
- UNESCO: Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture. (2021). *La valeur de l'eau*. Rapport de synthèse sur l'objectif de développement durable 6 relatif à l'eau et l'assainissement: 16 p.
- Verneaux, J. (1973). *Cours d'eau de Franche-Comité. Recherche sur le réseau hydrographique du Doubs Essai de biotypologie*. Thèse d'Etat Université. Fr. Comité, Besançon: 260 p.
- Vilagines, R. (2003). *Eau, environnement et santé publique: Introduction à l'hydrobiologie*. 2ième édition, Lavoisier, Paris: 196 p.
- Villeneuve, A. (2013). *Les parasites des bovin, fiches parasitaires*. Faculté de médecine vétérinaire Saint-Hyacinthe: 20 p.
- Wand, T., Dou, G., Yan, W., Zhang, L., Ding, K., Jia, C., Zhang, M. & Yu, D. (2011). Population characterization of *Balantidium coli* from pigs using ITS1-5.8S rRNA-ITS2 sequence. *Wei Sheng Wu Xue Bao*, 51: 828-834.
- Ward, J.H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association*, 58: 1-236.
- Yentur, D.N., Yidiz Zeyrek, F., Simsek, Z. & Zeyrek, D. (2014). The effects of intestinal parasites on anemia of children. *Turkish Journal of Parasitology*, 38: 85-90.
- Zébazé Togouet, S. H., Tuekam Kayo, R. P., Boutin, C., Nola, M. & Foto Menbohan, S. (2011). Impact de la pression anthropique sur l'eau et la faune aquatique des puits et sources de la région de Yaoundé (Cameroun, Afrique Centrale). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle*, Toulouse, 147: 27-41.
- Zébazé Togouet, S.H., Boutin, C., Njiné, T., Kemka, N. & Foto Menbohan, S. (2009). First data on the groundwater quality and aquatic fauna of some wells and springs from Yaounde (Cameroun). *European Journal Water Quality*, 40: 1-24.
- Zébazé Togouet, S.H. (2004). *Recherche des espèces animales indicatrices de la qualité des eaux souterraines du Cameroun*. Rapport de stage post-doctorat, AUF-UYI-Toulouse III: 51 p.



**ANNEXE 1:** Variation de la densité des œufs d'*Ascaris* sp., *Enterobius* sp., *Ankylostoma* sp. et *Taenia* sp. identifiés pendant les saisons

Localités d'étude et points d'eau			<i>Ascaris</i> sp.				<i>Enterobius</i> sp.				<i>Ankylostoma</i> sp.				<i>Taenia</i> sp.			
			GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS
Okola	puits	OP1	9	7	0	0	0	0	0	0	7	6	0	0	8	7	0	0
		OP2	9	7	7	7	11	9	8,5	9	7	6	6	6	0	0	0	0
		OP3	11	7	8,5	7	0	0	0	0	8	7	8	7	7	6	6	6
		OP4	7	5,5	5,5	6	10	8	8,5	8	0	0	0	0	7	7	6	7
	sources	OS1	10	7	9	7	9	7	7	7	7	6	6	6	0	0	0	0
		OS2	9	5,5	8	6	9	7	6,5	7	0	0	0	0	10	7	9	7
		OS3	9	6,5	9	7	10	8	8,5	7	8	7	7	7	0	0	0	0
		OS4	10	7	9	7	0	0	0	0	7	6	7	6	7	6	6	6
Mbankomo	puits	BP1	8	6,5	7	7	7	6	6	6	7	6	6	6	0	0	0	0
		BP2	8	5,5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	6	6
		BP3	7	5,5	7	6	0	0	0	0	7	6	6	6	8	7	7	7
		BP4	8	4,5	7	5	8	7	6,5	7	6	6	5	6	6	6	5	6
	sources	BS1	7	5,5	9	6	0	0	0	0	6	6	5	6	6	6	5	6
		BS2	7	5,5	8	6	9	7	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0
		BS3	9	5,5	9,5	6	7	6	6	6	8	7	7	7	8	7	7	7
		BS4	7	5,5	6,5	6	6	6	4,5	6	7	6	6	6	7	6	6	7
Mbalmayo	puits	MP1	15	9	13	8	8	7	6	7	8	8	7	8	9	9	8	9
		MP2	8	7	7	7	0	0	0	0	7	6	7	6	0	0	0	0
		MP3	11	9	9,5	9	10	7	7	7	7	7	6	7	9	7	8	7
		MP4	9	9	9	9	9	7	8	9	10	8	9	7	0	0	0	0
	sources	MS1	9	8	11	7	0	0	0	0	7	8	7	7	6	6	6	7
		MS2	8	9	9	8	10	7	10	9	7	7	6	7	0	0	0	0
		MS3	10	9	10	9	10	7	9	9	0	0	0	0	7	7	6	7
		MS4	9	7	9	7	0	5	0	0	9	7	8	7	10	7	9	7
Soa	puits	SP1	0	0	8	6	9	7	8	7	0	0	0	0	7	6	6	6
		SP2	0	0	6	6	0	0	0	0	7	6	6	6	0	0	0	0
		SP3	0	0	7	6	0	0	0	0	7	7	6	6	7	6	6	6
		SP4	7	5,5	6	6	7	6	6	6	8	7	7	7	7	6	6	6
	sources	SS1	9	5,5	8	6	9	7	8	7	8	6	7	6	0	0	0	0
		SS2	5,5	6,5	6	7	6	6	4,5	6	7	7	6	6	7	6	6	6
		SS3	7	5,5	6	6	9	7	8	7	7	6	6	5	6	6	5	6
		SS4	7	7	6	7	7	7	6	7	7	6	6	5	0	0	0	0

**Légende:** GSP= Grande Saison des Pluies, GSS= Grande Saison Sèche, PSP= Petite Saison des Pluies, PSS=Petite Saison Sèche

**ANNEXE 2:** Variation de la densité des espèces *Strongyloides* sp., *Trichostrongylus* sp., *Fasciola* sp. et *Schistosoma* spp. (œufs et larves/L) identifiées pendant les différentes saisons

Localités d'étude et points d'eau		<i>Strongyloides</i> sp.				<i>Trichostrongylus</i> sp.				<i>Fasciola</i> sp.				<i>Schistosoma</i> spp.				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
		OP2	9	8	8	7	7	6	6	9	7	6	6	6	7	6	6	0
		OP3	8	7	7	7	0	0	0	0	9	8	8	7	0	0	0	6
		OP4	0	0	0	6	7	5	5	8	0	0	0	0	6	5	5	7
	sources	OS1	7	6	6	7	0	0	0	7	8	7	7	6	0	0	0	0
		OS2	7	6	6	6	7	6	6	7	0	0	0	0	8	7	7	7
		OS3	8	7	7	7	0	0	0	7	7	6	6	7	8	7	7	0
		OS4	6	5	5	7	7	6	6	0	6	5	5	6	7	6	6	6
Mbankomo	puits	BP1	7	6	6	7	0	0	0	6	8	7	7	6	7	6	6	0
		BP2	6	5	5	6	8	7	7	0	8	7	7	0	0	0	0	6
		BP3	8	7	7	6	0	0	0	0	7	6	6	6	0	0	0	7
		BP4	0	0	0	5	7	6	6	7	8	7	7	6	10	9	9	6
	sources	BS1	8	7	7	6	8	7	7	0	0	0	0	6	7	6	6	6
		BS2	6	5	5	6	0	0	0	7	0	0	0	0	8	7	7	0
		BS3	0	0	0	6	7	6	6	6	10	9	9	7	8	7	7	7
		BS4	7	6	6	6	10	9	9	6	7	6	6	6	7	6	6	7
Mbalmayo	puits	MP1	8	6	6	8	7	6	6	7	9	8	8	8	7	6	6	9
		MP2	7	5	5	7	7	5	5	0	7	6	6	6	8	7	7	0
		MP3	9	8	8	9	7	6	6	7	8	7	7	7	0	0	0	7
		MP4	0	0	0	9	9	8	8	9	7	6	6	7	7	6	6	0
	sources	MS1	0	0	0	7	7	6	6	0	8	7	7	7	8	7	7	7
		MS2	10	9	9	8	0	0	0	9	0	0	0	7	7	6	6	0
		MS3	7	6	6	9	7	6	6	9	7	6	6	0	7	6	6	7
		MS4	7	6	6	7	0	0	0	0	0	0	0	7	8	7	7	7
Soa	puits	SP1	8	7	7	6	7	6	6	7	8	7	7	0	7	6	6	6
		SP2	7	6	6	6	7	6	6	0	7	6	6	6	8	7	7	0
		SP3	6	5	5	6	6	5	5	0	8	7	7	6	0	0	0	6
		SP4	6	5	5	6	0	0	0	6	0	0	0	7	7	6	6	6
	sources	SS1	9	8	8	6	7	6	6	7	7	6	6	6	7	6	6	0
		SS2	0	0	0	7	7	6	6	6	0	0	0	6	8	7	7	6
		SS3	0	0	0	6	0	0	0	7	7	6	6	5	7	7	7	6
		SS4	7	6	6	7	7	6	6	7	8	7	7	5	0	0	0	0

**ANNEXE 3:** Variation des densités moyennes des différentes classes de taille des œufs et larves d’helminthes observés pendant les différentes saisons

Localités d'étude et points d'eau		[40; 60[				[60; 80[				[80; 600[				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	17	14	0	0	12,5	11	0	0	6,5	5,5	0	0
		OP2	20	16	15,5	16	14	11	12	12	22,5	18	20	20
		OP3	18	12,5	14,5	13	7,5	6,5	7,5	7	17	12,5	15	14
		OP4	24	19,5	20	21	6,5	5,5	5	6	5,5	5,5	5	6
	Sources	OS1	19	13,5	16	14	7	5,5	6	6	14,5	11	13	12
		OS2	28	19,5	23	20	7	6,5	6	7	14,5	12,5	13	14
		OS3	19	14	17	14	7,5	6,5	7	7	22,5	18	20	20
		OS4	16,5	12,5	14,5	13	14	11	12,5	12	18	16,5	16	18
Mbankomo	puits	BP1	14,5	12	13	13	6,5	5,5	6	6	21	19	18,5	21
		BP2	14	11	12	12	8	7	7	8	13	12	11,5	13
		BP3	14	12	13,5	13	7	5,5	6	6	14,5	13,5	13	15
		BP4	21	16,5	18,5	18	12	11	11	12	18	16	16	18
	Sources	BS1	12	11	13,5	12	13,5	12,5	12	14	14	13	13	14
		BS2	16	12,5	16	13	0	0	0	0	13,5	12,5	12	14
		BS3	24	18	22,5	19	15	14	13	15	17,5	14,5	16	16
		BS4	19	16,5	17	19	17	14,5	15	16	20,5	19	18	21
Mbalmayo	puits	MP1	31,5	25	27	24	14,5	14	13	15	23,5	20,5	20	23
		MP2	8	7	7	7	14	11	11,5	12	21,5	18	18	20
		MP3	29,5	22	24,5	23	14	13	12	15	16,5	14,5	15	16
		MP4	18	15,5	17	18	19	14,5	17	13	14	12,5	12	14
	Sources	MS1	14,5	13	16,5	14	14	12	12,5	13	16	13	14	14
		MS2	17,5	15	18,5	17	7	6,5	6	7	16	14,5	15	13
		MS3	26,5	23	25	25	7	5,5	6	6	20,5	21	18	23
		MS4	19	19	18	14	9	6,5	8	7	14,5	13,5	13	15
Soa	puits	SP1	16	12	22	19	7	5,5	6	6	22,5	17,5	20	19
		SP2	0	0	6	6	13,5	11	12	11,5	20,5	17,5	19	19
		SP3	7	5,5	13	12	12,5	12,5	11	11,5	13,5	12,5	12	14
		SP4	20,5	16,5	18	18	8	7	7	6,5	12,5	12,5	11	14
	sources	SS1	18	12,5	16	13	15	11	13	11,5	23	19	20	21
		SS2	17,5	17,5	16,5	19	13,5	13,5	12	13,5	7,5	5,5	7	6
		SS3	21,5	18	18,5	19	7	5,5	6	4,5	13,5	12	12,5	13
		SS4	14	14	12	14	14	12	12	11,5	15	11	13	12

**ANNEXE 4:** Variation des paramètres physico-chimiques (température, MES, couleur, turbidité) mesurés durant l'étude

Localités d'étude et points d'eau		Température (°C)				MES (mg/L)				Couleur (Pt-Co)				Turbidité (NTU)				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	24,5	26	24,5	25,75	31,5	11	19	2	253,5	64,5	96	3	75,5	15,5	31	3,5
		OP2	25	26	24,75	25,75	8	8	12,5	5,5	101,5	58	51	22	20	18	58	15
		OP3	24,5	25,75	24,75	25,75	17	21,5	15	8	105,5	121	45	39	22	26,5	62,5	17,5
		OP4	24	26,25	24,25	25,5	14,5	13	13	5	394,5	70	62	3	12	26	82	8,5
	sources	OS1	25	26	24,5	25,75	36	7,5	14,5	9,5	272,5	45,5	100	22,5	58,5	9	75	23,5
		OS2	25	26,25	24,75	26,5	32	10,5	27	5	241,5	88,5	110,5	11	49,5	13,5	90,5	11
		OS3	24,5	26	24,5	25,25	31,5	10,5	26	7	145,5	33	92	2	58,5	12	60,5	13,5
		OS4	25	26	25,25	26,25	28	11,5	23,5	1,5	159	55,5	106	7	31	39,5	75,5	22,5
Mbankomo	puits	BP1	25	25	24,25	25,5	39	16	33,5	7	206	122,5	161	7,5	42,5	20	72,5	15
		BP2	25	26	24,75	25,75	16,5	7	13	8	136,5	78	101	53,5	24,5	15,5	60	25,5
		BP3	24,5	26,25	24,75	25,5	13	5	14,5	1,5	82	86	77	42	8,5	18,5	47	13
		BP4	24,5	25,5	24,25	25,5	10,5	6,5	10	5,5	44	55,5	39	51	4	16,5	25,5	31,5
	sources	BS1	25	25,5	24,5	25,5	71	6	64,5	23,5	457,5	47	195	59,5	75,5	7	90	35,5
		BS2	25	25,5	25,25	25,5	26,5	11	25	27	215	59	89,5	76	19,5	19,5	74,5	46,5
		BS3	25	25,5	25,25	25,75	16	17	13	14,5	74,5	44,5	64,5	29,5	7,5	10	48,5	16,5
		BS4	24,5	25,5	24,75	25,75	31	7	26,5	8,5	394	14	69	29	31,5	5,5	58,5	15,5
Mbalmayo	puits	MP1	25,25	26	25,25	25,75	7,5	3	7,5	17,5	71	19,5	57	91,5	12,5	3,5	50,5	38
		MP2	24,5	25	24,25	25,25	7,5	2,5	8,5	11,5	117	6	78,5	28	14	12,5	59,5	28,5
		MP3	25	26	24,75	25,5	13,5	4	14	4	106,5	36,5	67	58	9	15,5	63	20,5
		MP4	24,25	25,5	24,75	25,75	13	7	12,5	9	55	13	31,5	41	11	12,5	28	15
	sources	MS1	25	25,5	25,25	25,75	8,5	2	10	14,5	105	1,5	72	95,5	4,5	2,5	57,5	23
		MS2	24,5	26,5	25,25	26,5	14,5	3	11	15	60	17	48,5	26,5	19,5	12,5	43,5	12
		MS3	25	27	25,25	26,5	7	2,5	8,5	20	53	19	35	69,5	13	3	26	34
		MS4	24,75	25,5	24,75	25,75	8,5	5	11,5	7,5	60,5	27,5	38,5	10	8	23	30	29,5
Soa	puits	SP1	25	25,5	24,25	25,25	17	8,5	19	5,5	127,5	14	75	22	30,5	4,5	60	2
		SP2	24	25,5	24,25	25,25	15,5	8,5	13	0,5	137,5	4	87,5	3,5	13,5	6	66	14,5
		SP3	24	25,5	24,25	25,75	13,5	7	12	7,5	61,5	18	46	28,5	48	3	42,5	14
		SP4	24	26	24,25	25,25	10,5	8	10,5	7,5	51,5	10	46	42	16,5	6	42,5	13
	sources	SS1	26	26	25,25	26,5	6,5	3	6,5	6,5	20,5	4,5	14,5	13	11	12,5	12	15,5
		SS2	25,5	26,5	25,25	25,75	13	1	10	3	38,5	1,5	20	17,5	11	5	11,5	13,5
		SS3	25	26	25,25	26,5	11	12	11	7,5	67,5	46,5	55	18,5	15,5	14	34	11
		SS4	24	25,75	25,25	25,75	11,5	3,5	9,5	3,5	34,5	58	23	12	19	2,5	16,5	3,5

**ANNEXE 5:** Variation des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité électrique, Solides Totaux Dissous, Oxydabilité) mesurés durant l'étude

Localités d'étude et points d'eau		pH (U.C)				Conductivité électrique (µS/cm)				Solides Totaux Dissous (mg/L)				Oxydabilité (mg/L)				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	6,8	6,4	6,55	6,34	137	130	91,5	78	68	124	48	45,5	4,84	2,77	4,22	0,61
		OP2	6,17	6,69	6,24	5,67	269	156	218	201	135	92,5	126	105	1,87	2,27	2,24	1,49
		OP3	6,5	5,29	5,66	6,06	203	146	189	149	102	141	96	74,5	1,87	2,77	1,8	5,13
		OP4	6	5,92	5,75	6,32	135	93,5	137	98	81,5	103	71,5	49,5	1,57	4,15	1,5	2,27
	sources	OS1	6,25	5,99	6	6,46	101	103	99,5	76,5	50,5	143	49	38,5	1,68	4,94	1,62	3,56
		OS2	6,31	6,21	6,45	6,19	242	142	210	248	121	112	114	99,5	1,98	4,35	1,88	3,06
		OS3	5,9	5,78	6,71	6,16	108	88	101	118	53,5	90	46	59	1,68	2,47	1,59	2,77
		OS4	5,95	6,18	6,16	6,34	74,5	88,5	67,5	136	37	78	31	68	1,88	3,26	1,82	2,57
Mbankomo	puits	BP1	6,71	6,3	7,28	6,71	174	163	163	156	87	170	78	76,5	1,97	4,15	1,89	2,47
		BP2	5,59	6,33	6,54	6,05	46,5	31,5	42,5	44,5	23	31,5	21	22	1,98	3,85	1,92	1,78
		BP3	5,5	6,65	6,51	6,23	54,5	53	47	72	27	46,5	25	35,5	1,78	3,95	1,69	2,77
		BP4	5,65	6,3	6,95	5,76	38,5	31	29,5	37,5	19	32,5	15	17,5	2,87	2,27	2,8	2,07
	sources	BS1	5,94	6,34	6,33	6,65	64	45,5	51,5	73	32	57	25,5	41	3,16	3,06	3,07	4,86
		BS2	5,64	6,27	6,26	5,79	50,5	66	46	75	24,5	91,5	22	37,5	1,87	4,35	1,8	1,98
		BS3	5,63	6,18	6,05	5,64	49,5	56	44,5	52,5	24,5	40	22,5	26,5	1,47	2,67	1,36	1,58
		BS4	6,05	5,89	6,28	6,69	41	28,5	38,5	38	20,5	30,5	19	19	2,06	5,23	2,02	2,37
Mbalmayo	puits	MP1	6,31	6,5	6,34	7,18	729	404	333	645	364	367	166	322	2,67	4,44	2,55	2,67
		MP2	6,31	6,74	5,79	6,49	462	428	283	532	231	212	173	265	2,77	3,65	2,66	1,38
		MP3	6,61	5,45	6,18	5,85	387	368	336	494	194	184	151	224	5,04	4,05	4,92	1,78
		MP4	6,63	6,78	6,68	7,18	427	813	304	774	214	405	150	385	1,58	2,67	1,46	1,09
	sources	MS1	5,23	6,32	6,56	6,74	137	189	115	423	68,5	94,5	54,5	213	1,98	3,46	1,87	2,17
		MS2	5,62	6,33	5,85	7,06	76	49	71,5	356	38	24,5	29	179	1,38	2,57	1,37	1,09
		MS3	5,38	5,38	6,27	5,74	121	150	116	395	60,5	75	51	198	2,87	3,36	2,78	2,17
		MS4	6,1	5,43	6,08	5,91	265	271	204	451	133	136	123	226	2,96	3,46	2,89	1,88
Soa	puits	SP1	4,92	4,99	5,82	5,64	526	550	289	599	261	274	171	300	3,85	2,47	3,78	1,78
		SP2	6,31	5,81	6,26	6,24	92	66	86	371	46	33	37,5	185	2,17	2,67	2,06	1,58
		SP3	6,27	5,83	6,2	7,27	43,5	47	39	347	21,5	23,5	18,5	173	1,58	2,27	1,4	1,28
		SP4	6,47	6,09	6,24	5,94	466	450	343	501	288	224	209	250	2,07	3,65	1,96	2,67
	sources	SS1	5,95	5,89	6,22	6,3	126	167	118	414	62,5	83,5	51	137	0,99	1,78	0,81	0,79
		SS2	5,99	5,87	5,54	6,24	83,5	99	69,5	366	41,5	49,5	33	183	2,57	0,59	2,46	0,89
		SS3	6,02	5,68	6,4	7,19	114	186	104	363	57	93	53	62	2,07	3,36	2	0,99
		SS4	6,37	5,43	5,86	5,91	166	149	144	391	83	74	76,5	194	1,78	3,26	1,7	0,99

**ANNEXE 6:** Variation des paramètres physico-chimiques (Pourcentage de saturation en O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dissous, Alcalinité, Nitrates) mesurés durant l'étude

Localités d'étude et points d'eau		Pourcentage de saturation en O <sub>2</sub>				CO <sub>2</sub> dissous (mg/L)				Alcalinité (mg/L)				Nitrates (mg/L)				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	57	35,2	42,5	50,2	6,28	6,6	5,4	1,79	6	10	5,5	12	2,65	3	1,35	1,3
		OP2	65,8	36,5	63,9	52,8	6,33	4,84	8,13	2,35	8	4	8	13	3,5	5	3	4,7
		OP3	67,1	38,9	64,6	53	21,2	3,08	5,45	2,85	3	6	3,5	9	2,9	6,15	3,3	7,7
		OP4	65,9	38,3	65,1	53	7,15	6,6	9	3,45	48	5	47	5	1,6	3,3	1,6	2,3
	sources	OS1	64,7	39,5	66,2	54	8,03	5,72	8,95	2,12	4	3	3,5	5	0,85	7,45	0,85	10,3
		OS2	64,3	41,3	64,8	55,3	9,83	8,36	8,9	2,9	5	3	6	7	3,4	4	2,9	6,25
		OS3	65,7	42,9	65,5	54,9	8,95	2,2	10,8	2,07	3	3	2,5	5	2,1	4,3	1,6	6,8
		OS4	64,3	43,8	63,5	53,5	7,15	4,84	7,15	1,52	3	4	3	8	0,3	1,6	0,3	2,2
Mbankomo	puits	BP1	64,9	48,1	65,9	52,4	11,7	3,96	10,8	1,92	9	8	8,5	7	7,5	1,9	7,5	2,75
		BP2	65,6	60,2	65	52,7	12,7	9,24	10,8	1,97	14	6	12	8	1,5	3,6	1,5	3,1
		BP3	65,3	57,1	63,5	52,3	12,8	15,4	11,8	1,87	18	6	18	13	0,85	2,75	0,85	4,05
		BP4	65	53,4	64,1	51,4	27,6	18,9	24,8	2,85	28	5	27	5	0,7	2,2	0,55	1,5
	sources	BS1	65,5	56,7	64,5	53,7	9	14,5	8,08	4,22	8	5	8,5	8	0,3	2	0,3	1,6
		BS2	64,4	54,8	64,1	53,1	8,08	18,9	9	1,77	8	4,4	9	11	0,05	3,1	0,05	2,1
		BS3	64,6	56,4	63,7	52,2	9,93	3,96	9	2,7	7	1,4	8	3	0,7	1,26	0,85	1
		BS4	64,7	57,1	65,3	54,5	12,7	25,1	10,2	4,15	7	3,4	7,5	8	0,5	1,905	0,8	1,8
Mbalmayo	puits	MP1	61,5	55,7	62,8	50,2	8,03	18	8,95	3,52	10	6,8	9	30	1,55	2,1	1,55	3,15
		MP2	62,2	55,9	63,7	53,8	4,58	9,24	3,65	4,4	8	8	7	19	1,15	5,15	1,15	7,45
		MP3	61,5	54,4	60,9	52,6	6,43	25,5	5,5	3,52	4	4	3,5	15	1,95	9,5	1,95	9,3
		MP4	60,8	62	60,8	52,5	12,9	14,5	11	4,4	7	8	6,5	22	2,3	3,3	2,3	5,1
	sources	MS1	61,2	48,2	62,4	51,9	3,65	9,24	4,58	3,52	6	1,4	5,5	22	0,35	1,8	0,35	2
		MS2	63,9	58,3	64,3	52,2	6,38	6,6	7,3	1,76	8	3	7	15	0	2	0	2
		MS3	63,2	59,4	64,7	54,1	4,53	18	5,45	4,4	5	1,4	4,5	21	4,25	2	4,25	2,45
		MS4	62,8	56,8	63,2	52,7	5,45	15,4	6,38	3,52	4	2,8	4	17	4,2	2,65	3,7	3,75
Soa	puits	SP1	64,7	51,6	66,3	53,9	5,5	18	6,43	1,76	3	2,4	3,5	5	2,7	6,35	2,2	7,2
		SP2	65,7	57,1	66,1	53,6	4,53	4,84	5,45	1,76	5	9	5	22	0,25	0,15	0,25	0,25
		SP3	66,1	54,2	66,6	53,1	8,18	7,48	7,25	1,76	5	5	6	31	0,3	0,09	0,3	0,15
		SP4	66,1	53,5	65,6	53,6	5,45	6,6	6,38	7,04	6	5	5,5	8	0,45	0,145	0,45	0,35
	sources	SS1	65,1	51	64,4	53,2	4,48	9,24	5,38	3,52	6	7	5,5	9	0,85	1,9	0,85	1,4
		SS2	65,4	55,9	66,9	51,4	6,38	15,4	5,45	3,52	4	7	4,5	14	0,1	2,35	0,1	1,6
		SS3	65,6	56,1	66,1	52,4	4,48	9,24	5,38	3,52	6	4	6,5	7	0,933	2,5	0,933	3,9
		SS4	65,7	56,6	65,3	55,3	7,2	20,7	8,13	7,04	7	4,4	7	17	2,1	2,25	1,85	1,8

ANNEXE 7: Variation des paramètres physico-chimiques (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Azote ammoniacal, Salinité, Résistivité, POR) mesurés mesurés durant l'étude

Localités d'étude et points d'eau		Orthophosphates (mg/L)				Azote ammoniacal (mg/L)				Salinité (PSU)				Résistivité (Ω/cm)				POR (mV)				
		GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	GSP	GSS	PSP	PSS	
Okola	puits	OP1	0,64	0,105	0,655	0,041	0,25	0,13	0,18	0,05	0,48	0,085	0,105	0,075	7687	5915	6379	5041	68,45	54,95	58,25	96,5
		OP2	1,025	0,025	0,975	0,053	0,07	0,09	0,06	0,13	0,145	0,09	0,13	0,08	3717	11923	5766	5525	120,5	56,525	92	109,5
		OP3	0,69	0,025	0,685	0,088	0,15	0,11	0,13	0,01	0,11	0,095	0,505	0,47	2681	5250	3438	7765	105,1	75,55	90,55	129,4
		OP4	0,335	0,025	0,335	0,048	0,07	0,09	0,05	0,01	0,385	0,065	0,285	0,045	7475	7781	13902	10450	395,5	57,2	270,5	105,4
	sources	OS1	0,695	0,29	0,67	2,24	0,2	0,21	0,15	0,38	0,05	0,08	0,065	0,035	9925	8141	10009	13140	302,4	67,7	234,35	116,75
		OS2	0,42	0,06	0,4	0,05	0,14	0,28	0,27	0,35	0,13	0,085	0,125	0,125	4141	6777	4124	3999	813,1	59,85	225,6	119,6
		OS3	0,69	0,215	0,69	0,195	0,14	0,19	0,11	0,11	0,055	0,06	0,05	0,075	9300	8425	8785	8625	292,5	70,6	225	129,1
		OS4	0,195	0,13	0,195	0,085	0,07	0,12	0,08	0,25	0,04	0,055	0,035	0,09	13510	3345	12086	6146	233,7	65,125	225,7	128,1
Mbankomo	puits	BP1	0,66	0,3	0,67	0,5	0,25	0,16	0,23	0,02	0,09	0,051	0,485	0,016	6018	4744	6018	12398	167	62,15	132	118,8
		BP2	0,26	0,115	0,26	0,165	0,17	0,15	0,15	0,05	0,16	0,015	0,11	0,025	22055	24100	18527	23310	210,6	66,4	210,55	128,2
		BP3	0,085	0,03	0,085	0,04	0,15	0,08	0,1	0,14	0,025	0,035	0,035	0,04	22980	16190	17930	14332	1102	84,5	1006,45	147,15
		BP4	0,645	0,015	0,945	0,015	0,11	0,06	0,48	0,01	0,02	0,02	0,03	0,035	25950	13670	20463	26300	188,7	81,7	188,7	144,15
	sources	BS1	1,13	0,04	1,13	2,05	0,36	0,05	0,34	0,01	0,035	0,035	0,04	0,055	16015	12260	16015	11915	142,4	52,65	142,4	127,6
		BS2	0,585	0,015	0,585	0,03	0,27	0,08	0,25	0,01	0,025	0,045	0,055	0,035	20040	8915	16540	11470	205,8	80,95	205,75	147,7
		BS3	1,18	0,02	1,43	0,04	0,12	0,08	0,5	0,01	0,025	0,02	0,03	0,025	20205	19880	18961	19445	207,6	62,55	207,55	151,15
		BS4	0,545	0,515	0,56	0,175	0,21	0,04	0,19	0,01	0,02	0,015	0,03	0,015	24450	28120	18861	27890	185,3	43,6	185,25	185,6
Mbalmayo	puits	MP1	0,55	0,24	0,55	0,35	0,07	0,21	0,04	0,28	0,4	0,39	0,36	0,375	1379	1371	1265	1439	101,5	45,58	54,5	133,55
		MP2	0,625	0,4	0,655	0,6	0,1	0,02	0,44	0,02	0,25	0,215	0,21	0,27	2170	2359	1373	1993	94,25	47,45	55,75	111,6
		MP3	0,65	0,565	0,655	0,87	0,09	0,12	0,38	0,17	0,21	0,185	0,185	0,235	2589	2724	2602	2187	123,8	104,85	114	133,2
		MP4	0,7	0,575	0,69	0,92	0,07	0,16	0,06	0,33	0,225	0,39	0,195	0,405	2541	5813	2469	5751	129	74,1	117,5	94,4
	sources	MS1	0,25	0,52	0,265	0,18	0,07	0,11	0,45	0,23	0,07	0,05	0,06	0,165	7300	5358	7019	3399	200,5	71,55	174	107,75
		MS2	0,68	2,185	0,68	3,515	0,07	0,38	0,06	0,23	0,04	0,02	0,035	0,17	14485	10545	6901	10194	420,9	84,9	169,5	96,9
		MS3	0,545	0,2	0,545	0,2	0,12	0,14	0,11	0,02	0,06	0,075	0,055	0,17	5765	6754	5034	4470	296	123,9	193,5	125,5
		MS4	0,115	0,14	0,115	0,19	0,1	0,02	0,47	0,07	0,14	0,135	0,145	0,225	3805	3710	3714	2761	233,6	110,15	179,55	145,8
Soa	puits	SP1	1,085	0,09	0,735	0,085	0,07	0,03	0,46	0,02	0,275	0,28	0,26	0,305	1924	1825	1786	1689	284,8	131,25	199,75	121,59
		SP2	0,48	0,87	0,5	1,18	0,11	0,01	0,44	0,01	0,045	0,035	0,05	0,18	11030	15210	13813	7898	220,5	118,5	157,5	115,75
		SP3	1,43	0,825	1,42	1,37	0,18	0,01	0,15	0,01	0,02	0,02	0,025	0,165	23070	21350	25522	6953	215	104,6	162	94,25
		SP4	0,29	0,49	0,195	0,84	0,08	0,01	0,08	0,01	0,255	0,225	0,225	0,255	1178	2316	667	2144	146,3	86,1	100,7	96,55
	sources	SS1	0,76	0,48	0,78	0,415	0,16	0,15	0,14	0,02	0,065	0,085	0,055	0,145	7975	6260	6987	3164	192,5	97,1	128,5	103,8
		SS2	0,375	1,18	0,37	1,36	0,14	0,08	0,12	0,01	0,04	0,045	0,035	0,19	16470	10250	15641	45599	192,5	103,75	147	108
		SS3	0,415	0,35	0,455	0,5	0,18	0,42	0,15	0,02	0,057	0,1	0,052	0,115	10662	7686	6960	47956	188,8	93,8	133,7	93,2
		SS4	0,145	1,49	0,145	1,275	0,14	0,27	0,12	0,02	0,085	0,075	0,045	0,13	6153	6775	6708	4185	167,9	119,95	138,6	114,65

### ANNEXE 8: Corrélations entre les paramètres physico-chimiques

	Temp	MES	Coul	Turb	pH	Cond	STD	Oxyda	% O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> dissous	Alcalinité	Nitrates	Orthophosphates	Azote	Salinité	Résistivité	POR
Temp	1,000	-,349**	-,394**	-,323**	-,003	,025	,088	,012	-,695**	-,379**	,062	,284**	-,260**	-,200*	-,092	,082	-,414**
MES		1,000	,755**	,633**	,062	-,196*	-,209*	-,065	,414**	,141	-,026	-,219*	,139	,307**	-,062	,136	,430**
Coul			1,000	,572**	,036	-,182*	-,156	,075	,400**	,227*	,001	-,146	,041	,355**	-,011	,071	,362**
Turb				1,000	,173	-,136	-,166	-,088	,345**	,046	,067	-,085	,119	,304**	,042	,014	,308**
pH					1,000	,122	,114	-,003	-,074	-,035	,231**	,101	,097	,119	,126	-,064	-,236**
Cond						1,000	,951**	-,014	-,204*	-,200*	,114	,396**	,112	-,113	,863**	-,838**	-,260**
STD							1,000	,116	-,295**	-,160	,066	,448**	,007	-,112	,838**	-,855**	-,403**
Oxyda								1,000	-,217*	,131	-,346**	,268**	-,236**	,155	,027	-,154	-,378**
% O <sub>2</sub>									1,000	,416**	-,076	-,402**	,328**	,274**	-,102	,118	,610**
CO <sub>2</sub> dissous										1,000	-,179*	-,096	,142	,173	-,115	,086	,076
Alcalinité											1,000	-,085	,135	-,097	,192*	,042	,074
Nitrates												1,000	-,261**	,050	,388**	-,370**	-,318**
Orthophosphates													1,000	,181*	,078	,000	,128
Azote														1,000	-,036	,003	,130
Salinité															1,000	-,771**	-,210*
Resistivité																1,000	,274**
POR																	1,000

\*\* Corrélations significatives à 1%; \* Corrélations significatives à 5 %

**Légende:** Temp= Température; Coul= Couleur; Turb= Turbidité; Cond= Conductivité électrique; % O<sub>2</sub>= Pourcentage de saturation en oxygène; POR= Potentiel d'Oxydo-Réduction

## ANNEXE 9: Corrélation entre les paramètres biologiques

	<i>Ascaris</i> sp.	<i>Enterobius</i> sp.	<i>Ankylostoma</i> sp.	<i>Taenia</i> sp.	<i>Strongyloides</i> sp.	<i>Trichostrongylus</i> sp.	<i>Fasciola</i> sp.	<i>Schistosoma</i> spp.
<i>Ascaris</i> sp.	1,000	,262**	,409**	,115	,269**	,044	,194*	,022
<i>Enterobius</i> sp.		1,000	-,066	-,173	,178*	-,001	-,003	,153
<i>Ankylostoma</i> sp.			1,000	,075	,147	-,052	,244**	,115
<i>Taenia</i> sp.				1,000	-,004	,251**	,094	,100
<i>Strongyloides</i> sp.					1,000	-,082	,052	-,143
<i>Trichostrongylus</i> sp.						1,000	,227*	,130
<i>Fasciola</i> sp.							1,000	-,086
<i>Schistosoma</i> spp.								1,000

\*\* Corrélations significatives à 1%; \* Corrélations significatives à 5 %

## ANNEXE 10: Corrélations entre les paramètres Physico-chimiques et biologiques

	<i>Ascaris</i> sp.	<i>Enterobius</i> sp.	<i>Ankylostoma</i> sp.	<i>Taenia</i> sp.	<i>Strongyloides</i> sp.	<i>Trichostrongylus</i> sp.	<i>Fasciola</i> sp.	<i>Schistosoma</i> spp.
Température	-,313**	,031	-,199*	-,025	-,087	,015	-,077	-,060
MES	,169	,051	,034	,066	,021	-,052	-,024	,098
Couleur	,243**	,003	-,017	,167	,112	,047	,061	,089
Turbidité	,207*	-,073	-,100	-,020	,067	-,160	-,055	-,064
pH	,095	-,127	,101	-,109	-,156	-,033	,015	-,031
Conductivité	,268**	,209*	,201*	,037	,192*	-,047	,068	-,011
STD	,198*	,187*	,182*	,053	,180*	-,043	,014	-,020
Oxydabilité	-,107	-,165	-,090	,275**	,114	,019	-,123	,097
% O <sub>2</sub>	,263**	,101	,135	,007	,108	,048	,076	,037
CO <sub>2</sub> dissous	,134	,063	,066	,105	-,006	,136	,024	-,010
Alcalinité	-,013	-,077	-,149	-,097	-,090	,098	,071	-,033
Nitrates	,100	,176*	-,065	,067	,220*	-,066	,029	-,197*
Orthophosphates	,321**	,164	,185*	-,274**	,101	,107	,139	-,096
Azote	,302**	,032	,089	,003	,018	-,083	,011	-,040
Salinité	,267**	,139	,112	,092	,122	-,033	-,014	-,126
Resistivité	-,304**	-,148	-,197*	-,070	-,255**	,093	,006	-,005
POR	,235**	,166	-,027	,117	,114	,050	,054	,151

\*\* Corrélations significatives à 1%; \* Corrélations significatives à 5 %

**Légende:** Azote = Azote ammoniacal; % O<sub>2</sub>= Pourcentage de saturation en oxygène; POR= Potentiel d'Oxydo-Réduction; STD= Solides Totaux Dissous



*LISTE DES PUBLICATIONS  
SCIENTIFIQUES*

(1) Okoa Amougou, T.N., Ajeegah, G.A., Asi Quiggle, A., Fotseu Kouam, A.L., Tchouapi, Y.L. & Owona Edoa, F.D., 2020. Bioévaluation des formes de résistance des helminthes intestinaux dans les puits et les sources dans une zone rurale de la région du Centre, Mbalmayo, Cameroun. *Afrique SCIENCE*, 17 (5): 210-219.

(2) Okoa Amougou, T.N., Ajeegah, G.A. & Asi Quiggle, A., 2021. Cosmopolitan nature of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* identified in wells water destined for domestic usage in sub-urban areas in the Center region of Cameroon. *International Journal of Sciences*, 10 (2): 22-29.

## Bioévaluation des formes de résistance des helminthes intestinaux dans les puits et les sources dans une zone rurale de la région du Centre, Mbalmayo, Cameroun

Thérèse Nadège OKOA AMOUGOU\*, Gideon AJEAGAH AGHAINDUM, Quiggle ASI ATUD, Arnold Landry FOTSEU KOUAM, Yvonne Laure TCHOUAPI et François Désiré OWONA EDOUARD

Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement, BP 812, Yaoundé, Cameroun

\* Correspondance, courriel : [nadegeamougou21@yahoo.com](mailto:nadegeamougou21@yahoo.com)

### Résumé

Dans le but d'évaluer la qualité des eaux fréquemment consommées par les populations, une étude descriptive et analytique a été menée d'août 2018 à mars 2019 dans quatre sources et quatre puits de la ville Mbalmayo. La technique de concentration Formol-éther et la technique Kato-katz ont été utilisées pour l'identification des parasites. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux sont légèrement acides, très turbides, très colorées et moyennement minéralisées avec des valeurs maximales respectives (6,78 U.C), (23 FTU), (117 Pt-Co), (812,50  $\mu$ S/cm). Les résultats des analyses biologiques quant à eux révèlent la présence des œufs et des larves d'helminthes intestinaux dans ces eaux, avec des densités maximales de 15 œufs/L pour *Ascaris lumbricoides*, 10 Larves/L pour *Strongyloides* sp., 10 œufs/L pour *Ankylostoma* sp., 10 œufs/L pour *Taenia* sp., 10 œufs/L pour *Enterobius vermicularis*, 9 œufs/L pour *Trichostrongylus* sp., 9 œufs/L pour *Fasciola hepatica* et 8 œufs/L pour *Schistosoma* sp. Dans l'ensemble, les densités des œufs et des larves ont été plus élevées pendant la grande saison de pluies. La dynamique d'abondance de ces helminthes intestinaux et de certaines variables physico-chimiques a été largement au-dessus des normes préconisées par l'Organisation Mondiale de la Santé. La qualité de ces eaux est donc détériorée; de ce fait, elle doit être traitée avant toute consommation.

**Mots-clés :** Bioévaluation, puits, source, helminthes intestinaux, forme de résistance.

### Abstract

**Bioassessment of resistance forms of intestinal helminths in wells and springs in a rural area of the Center region, Mbalmayo, Cameroon**

In order to assess the quality of water frequently consumed by the population, a descriptive and analytical study was conducted from August 2018 to March 2019 in four springs and four wells in the town of Mbalmayo. The formalin-ether concentration technique and the Kato-katz technique were used for the identification of parasites. The results from physico-chemical analysis show that the water from the wells and springs are slightly acid moderately mineralized with high values of turbidity and color with respective maximum values (6.78 U.C), (23 FTU), (117 Pt-Co), (812.50  $\mu$ S/cm). The results from biological analysis reveal the presence of eggs and larvae of intestinal helminths in these waters, with maximum densities of 15 eggs/L for

*Ascaris lumbricoides*, 10 Larvae/L for *Strongyloides* sp., 10 eggs/L for *Ankylostoma* sp, 10 eggs/L for *Taenia* sp., 10 eggs/L for *Enterobius vermicularis*, 9 eggs/L for *Trichostrongylus* sp., 9 eggs/L for *Fasciola hepatica* and 8 eggs/L for *Schistosoma* sp. Overall, eggs and larvae densities were higher during the long rainy season. The abundance of dynamics of these intestinal helminths and some physico-chemical variables were above the standards values recommended by the World Health Organization. The quality of this water is therefore deteriorating and must be treated before consumption.

**Keywords :** *Bioassessment, well, spring, intestinal helminths, form of resistance.*

## 1. Introduction

L'eau est indispensable à la vie et tous les hommes doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau (suffisant, sûr et accessible). Cependant, l'approvisionnement en eau potable en quantité suffisante demeure un problème majeur. Pour faire face au dysfonctionnement du réseau de distribution de l'eau et réduire la pénurie en eau potable, la majorité (70 à 80 %) des populations, en l'occurrence celles des zones périurbaines de la région du Centre a recours aux eaux souterraines jugées sur l'unique aspect physique (eaux claire), généralement accessibles au niveau des puits et des sources [1, 2]. Malheureusement, la qualité de ces milieux est souvent douteuse et à l'origine de nombreux problèmes de santé [3 - 5]. En effet, l'expansion rapide des habitations rend difficile la gestion des services urbains de base (gestion des ordures ménagères, implantation des latrines, gestion des eaux usées), ce qui constitue une source potentielle de contamination des eaux souterraines. En outre, les eaux souterraines peuvent abriter de nombreux agents pathogènes (bactéries, protozoaires, helminthes, etc.) responsables de plusieurs maladies parmi lesquelles les helminthiases. Les géohelminthiases sévissent dans toutes les régions tropicales et surtout en Afrique subsaharienne, avec un taux de 85 % de personnes infectées et un fort pourcentage d'enfants même élevés dans de bonnes conditions d'hygiène, sont porteurs d'helminthes comme *Schistosoma mansoni*, *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Taenia saginata* [6, 7]. Ces parasitoses mettent à mal le parcours scolaire des enfants du fait qu'elles entraînent une insuffisance pondérale, des retards de croissance, d'importants coûts pour les soins, un manque d'attention en classe, l'absentéisme à l'école [8]. Outre ces effets néfastes, d'autres études ont montré que les enfants atteints de ces parasitoses intestinales sont plus affectés par différentes autres maladies infectieuses comparées à d'autres non infestés [9]. Ainsi ces pathologies constituent des causes de morbidité dans les pays tropicaux surtout parmi les enfants affectés par le Virus de l'Immunodéficience Humaine [10]. Les travaux antérieurs montrent la présence des protozoaires flagellés entériques dans les eaux souterraines à Yaoundé [11]. Cependant, il existe peu données disponibles sur la présence des œufs et des larves d'helminthes dans les eaux de puits et de sources en zone périurbaines de Yaoundé. La présente étude vise à faire une bioévaluation des formes de résistance des helminthes intestinaux dans les puits et les sources dans la ville de Mbamayo. Il s'agit plus spécifiquement, de mesurer les paramètres physico-chimiques de ces eaux, d'identifier les œufs et les larves d'helminthes dans ces eaux et de comparer les valeurs obtenues aux normes préconisées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Présentation de la zone d'étude

Mbamayo est une commune du Cameroun située dans la région du Centre et le département du Nyong-et-So'o dont elle est le chef-lieu. Elle se trouve sur les bords du fleuve Nyong, à environ 50 km au sud de la capitale Yaoundé à 3°31 de latitude Nord et à 11°30 de longitude Est. Elle est située entre 650 et 800 m d'altitude et est caractérisée par un climat guinéen à 4 saisons comprenant : une grande saison sèche (GSS) qui s'étend de mi-novembre à mi-mars, une petite saison de pluies (PSP) qui va de mi-mars à fin mai, une

petite saison sèche (PSS) de juin à août, une grande saison de pluies (GSP) qui va de septembre à mi-novembre avec une pluviosité moyenne annuelle de 1600 mm. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23°C et le degré hygrométrique moyen est de 78 % [12]. La ville de Mbalmayo tout comme les villes des pays en développement et plus particulièrement celles d'Afrique subsaharienne, connaît une forte croissance démographique. Les causes de cette croissance rapide s'expliquent par l'urbanisation effrénée, le faible coût de terrain à bâtir et l'occupation anarchique des sols. L'insalubrité et la dégradation des conditions socio-économiques sont les principaux maux qui rongent la ville de Mbalmayo.

## 2-2. Cadre de l'étude et description des stations d'échantillonnage

L'étude s'est déroulée en deux phases. La première phase (Mai à Juin 2018) a consisté à une prospection de la zone d'étude suivant les critères tels que le niveau piézométrique, la proximité aux sources de pollution, l'accord des propriétaires, le niveau d'urbanisation et la fréquence d'utilisation de l'ouvrage. 8 stations d'échantillonnage (4 puits et 4 sources) ont été choisies dans les quartiers de Ngallan, Mbockulu, Oyack et Obeck. Il s'agit des stations MS1 (Mbalmayo source 1), MS2 (Mbalmayo source 2), MS3 (Mbalmayo source 3), MS4 (Mbalmayo source 4), MP1 (Mbalmayo puits 1), MP2 (Mbalmayo puits 2), MP3 (Mbalmayo puits 3) et MP4 (Mbalmayo puits 4) (Figure 1). La deuxième phase (Septembre 2018 à Mars 2019) quant à elle a consisté aux campagnes d'échantillonnage avec une fréquence mensuelle de prélèvement.

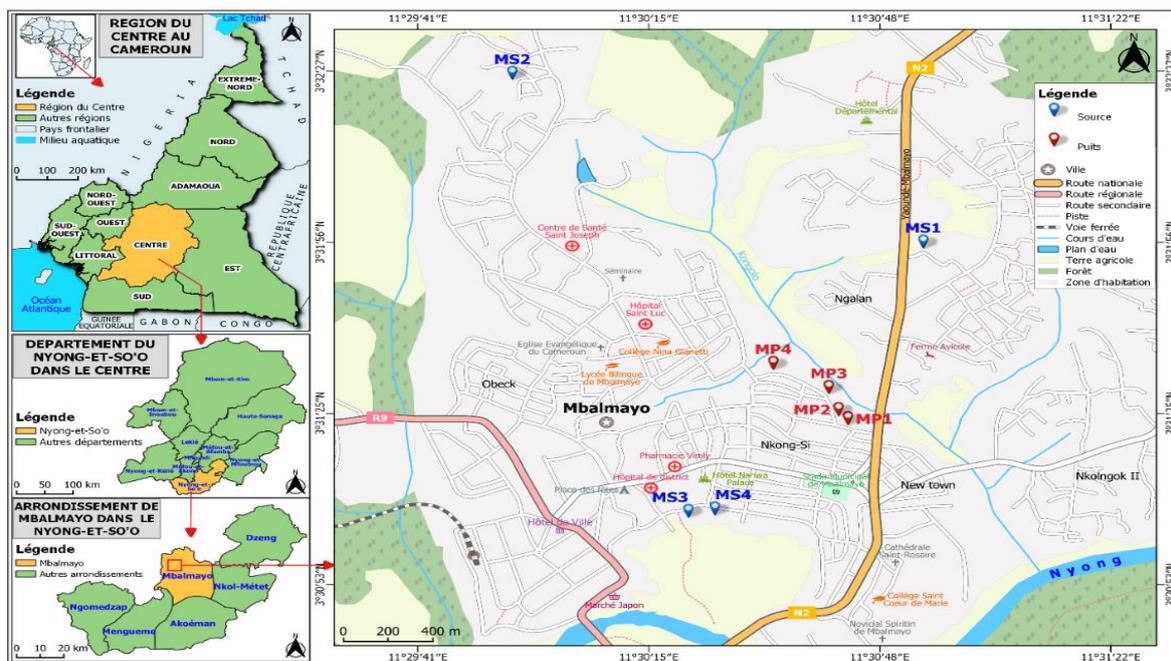


Figure 1 : Carte de la ville Mbalmayo présentant les stations d'échantillonnage

Les eaux des sources et des puits étudiés sont pour la plupart utilisées pour la boisson, la baignade, l'hygiène dentaire, la cuisson des repas, la lessive, l'arrosage des cultures et pour les activités domestiques (Tableau 1). Cependant, la majorité de ces points d'eau ne reçoit aucun traitement.

**Tableau 1 : Coordonnées Géographiques et caractérisation des points d'eau**

Points d'échantillonnage	Coordonnées géographiques	Altitudes (m)	Types de pollution aux alentours du point d'eau	Taux de fréquentation du point d'eau par jour	Niveau de protection
MP1	03°52'27.7"N 011°51'21.1"E	646	Effluents domestiques	40 à 60 personnes	Non protégé
MS1	03°53'18.4"N 011°51'51.6"E	644	Insalubrité	80 à 100 personnes	Non aménagée
MP2	03°52'30.0"N 011°51'19.8"E	660	Insalubrité	25 à 40 personnes	Aménagé (couvreclé + margelle)
MS2	03°54'04.8"N 011°49'86.0"E	650	Effluents domestiques	70 à 80 personnes	Non aménagée
MP3	03°52'32.4"N 011°51'18.0"E	647	Effluents des latrines + déjections animales	40 à 60 personnes	Sommairement aménagé
MS3	03°51'81.9"N 11°50'57.3"E	645	Effluents domestiques	25 à 50 personnes	Non aménagée
MP4	03°52'44.9"N 011°51'13.6"E	648	Insalubrité	60 à 80 personnes	Non aménagé
MS4	03°51'83.1"N 01°50'67.9"E	649	Effluents domestiques	70 à 85 personnes	Non aménagée

### 2-3. Analyses morphométriques et hydrologiques

La hauteur de la colonne d'eau, la profondeur et le diamètre du puits ont été mesurés à l'aide d'une corde lestée et graduée. Les coordonnées géographiques et l'altitude des différentes stations ont été obtenues à l'aide d'un GPS Harmin model Etrex 30. Le débit d'écoulement d'eau des sources a été déterminé par la formule, avec  $Q$  = débit  $m^3/s$ ,  $V$  = vitesse d'écoulement en  $m/s$ ,  $S$  = section d'eau en  $m^2$ .

### 2-4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques se sont déroulées à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant la méthode de [13, 14]. Pour les paramètres mesurés au laboratoire, les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des flacons en polyéthylène à double bouchage de 250 et 1000 mL, et ramenés au laboratoire en enceinte réfrigérée. La température, teneur en oxygène dissous, la conductivité électrique, les TDS et le pH ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un multiparamètre de marque HANNA HI 9829. Les MES, la turbidité et la couleur de l'eau ont été mesurés au laboratoire à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DR/3900. Les mesures des teneurs de l'eau en nitrates et en orthophosphates ont été faites par colorimétrie au spectrophotomètre HACH DR/3900 alors que les mesures de la teneur de l'eau en  $CO_2$  dissous, l'alcalinité, l'oxydabilité a été réalisée par volumétrie.

### 2-5. Analyses biologiques

Les échantillonnages d'eau pour l'identification des œufs et larves d'helminthes intestinaux ont été effectués dans les sources et les puits à des endroits caractérisés par une accumulation de la matière organique ou la présence de l'herbier. Les échantillons d'eau ainsi collectés ont été immédiatement introduits dans des flacons stériles en polyéthylène de 1000 mL puis transportés au laboratoire dans une glacière. Au laboratoire, les échantillons ont été placés pour décantation pendant 24 heures. Le surnageant a été versé et le culot restant

a été mesuré. La concentration des éléments parasitaires a ensuite été effectuée à l'aide des techniques Kato-Katz et formol-éther, suivie de leur observation au microscope inversé de marque Olympus CK2, à un grossissement de 40X.

### **2-5-1. Technique de Kato-Katz**

Un fragment de culot issu d'une centrifugation à 500 tours/min pendant 5 minutes a été prélevé et déposé au centre d'une lame. Cette dernière a été recouverte par un rectangle de papier cellophane imbibé de glycérol et à l'aide d'un tube à essai, le culot a été étalé entre la lame et la cellophane en un frottis. La préparation ainsi obtenue a été directement observée au microscope optique pour l'identification des œufs d'Ankylostomes et au moins 30 minutes plus tard pour celle des autres entéropathogènes.

### **2-5-2. Technique de concentration formol-éther**

Après homogénéisation du culot, 5 mL ont été prélevés à l'aide d'une seringue graduée et introduits dans un tube à essai de 10 mL. A cela, 2 mL de formol et 3 mL d'éther ont été successivement ajoutés. Le mélange obtenu a été porté à centrifugation à 500 tours/min pendant 5 minutes à l'aide d'une centrifugeuse de marque MEDIFRIGER (le contenu du tube se sépare en 4 couches: une couche supérieure d'éther, un bouchon de débris gras, une couche de formol et le culot). A l'aide d'une baguette, le bouchon de débris gras a été décollé et les trois couches supérieures ont été jetées en une fois. Puis, 2 ou 3 gouttes de solution colorante ont été ajoutées (lugol ou violet de crésyl) et une goutte de suspension a été transférée sur une lame pour examen sous une lamelle.

### **2-5-3. Identification et Dénombrement des œufs et larves d'helminthes**

L'identification de ces œufs et larves a été réalisée à l'aide des planches de [15]. Ainsi, le dénombrement a été effectué à l'aide de la **Formule** proposée par [16]. Le nombre ( $x$ ) d'œufs et larves contenus dans 1 L d'échantillon est obtenu par :

$$x = \frac{y \cdot V_x}{V_y} \quad (1)$$

$V_x$  étant le volume du culot dans 1 L d'échantillon,  $V_y$  = le volume du culot utilisé pour observation et  $y$  le nombre de parasites observés dans  $V_y$ .

## **3. Résultats**

### **3-1. Résultats des analyses morphométriques et hydrologiques**

Les résultats des différentes analyses morphométriques et hydrologiques réalisées sur les eaux de puits et des sources étudiés sont consignés dans le **Tableau 2**. Cette étude joue un rôle important dans la détermination de la qualité de l'eau. Seul le puits MP2 présente un couvercle dans l'ensemble des puits étudiés. Les diamètres varient de 0,6 m (MP3) à 1,26 m (MP2). Les épaisseurs moyennes des couches d'eau vont de  $0,50 \pm 0,00$  m (MP4) en grande saison sèche (GSS) à  $1,85 \pm 0,49$  m (MP2) en grande saison de pluies (GSP). Les débits moyens d'écoulement d'eau varient de  $0,0003 \pm 0,00004$  m<sup>3</sup>/s en GSS (MS3) à  $0,060 \pm 0,0566$  m<sup>3</sup>/s en PSP (MS1). Dans l'ensemble, le débit d'écoulement des sources et l'épaisseur de la colonne d'eau des puits ont été plus élevés en grande saison de pluies comparativement à la grande saison sèche. En effet, en saison de pluies, les eaux de pluies s'infiltrent et augmentent le niveau de la nappe. Dans ce même ordre d'idée, [17] ont montré qu'en saison de pluie, la nappe emmagasine d'importante quantité d'eau par le processus d'infiltration.

**Tableau 2 : Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des puits et sources échantillonnés**

Paramètres	Couvercle	Diamètre puits (m)	Profondeur puits (m)	Épaisseur couche d'eau (m)		Débit d'écoulement (m <sup>3</sup> /s).10 <sup>-4</sup>		
				GSP	GSS	Sources		
Puits						Sources		
						GSP	GSS	
MP1	Absent	1	1,3	0,73 ± 0,04	0,55 ± 0,07	MS1	0,060 ± 0,0566	0,0515 ± 0,04738
MP2	Présent	1,26	2,26	1,85 ± 0,49	0,80 ± 0,02	MS2	0,003 ± 0,0006	0,0003 ± 0,00004
MP3	Absent	0,6	1,4	1,05 ± 0,35	0,65 ± 0,07	MS3	0,002 ± 0,0006	0,0013 ± 0,00035
MP4	Absent	0,7	3	1,05 ± 0,64	0,50 ± 0,00	MS4	/	/

### 3-2. Résultats des analyses physico-chimiques : comparaison entre les eaux de puits et des étudiés et les normes de l'OMS

La comparaison des mesures des paramètres physico-chimiques (*Tableau 3*) avec les directives de l'OMS usuelles permet d'effectuer certains constats. 50 % des paramètres physico-chimiques des eaux étudiées présentent des teneurs supérieures aux normes admissibles.

**Tableau 3 : Analyse comparée des mesures des paramètres physico-chimiques avec les directives de l'OMS**

Paramètres physico-chimiques	Paramètres statistiques								Normes de l'OMS
	Minimum		Moyenne		Maximum		Ecart-type		
	GSP	GSS	GSP	GSS	GSP	GSS	GSP	GSS	
Temp (°C)	24,25	24,5	24,69	24,69	25,25	25,25	0,97	0,35	25 °C
pH (U.C)	5,23	5,38	6,02	6,11	6,63	6,78	0,30	0,44	6,5 - 8,5 UC
Cond (µS/cm)	76,00	49	325,31	333,75	728,50	812,50	43,22	111,55	1000 µS/cm
TDS (mg/L)	38,00	24,50	162,75	187,13	364,00	405,00	21,74	27,22	1000 mg/L
MES (mg/L)	7	2	10	4	15	7	5	2	0 mg/L
Coul (Pt-Co)	53	2	79	18	117	37	27	12	15 Pt-Co
Turb (NFU)	4,50	2,50	11,44	10,63	19,50	23	5,04	6,19	5 FTU
Nit (mg/L)	0	1,8	1,97	3,56	4,25	9,5	0,84	1,68	50 mg/L de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Phos (mg/L)	0,12	0,14	0,51	0,60	0,7	2,19	0,62	0,44	5 mg/L de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
O <sub>2</sub> dissous (mg/L)	60,75	48,20	62,10	56,32	63,85	62,00	6,61	32,32	25 mg/L d'O <sub>2</sub>

*Légende : Temp = Température, pH = Potentiel d'Hydrogène, Cond = Conductivité électrique; TDS = Solides Totaux Dissous; MES = Matières en Suspension, Coul = couleur, Turb = Turbidité, Nit = Nitrates, Phos = Phosphates, O<sub>2</sub> = Oxygène dissous, GSP = grande saison de pluies, GSS = grande saison sèche.*

### 3-3. Résultats des analyses biologiques : comparaison entre les eaux de puits et des sources étudiés et les normes de l'OMS

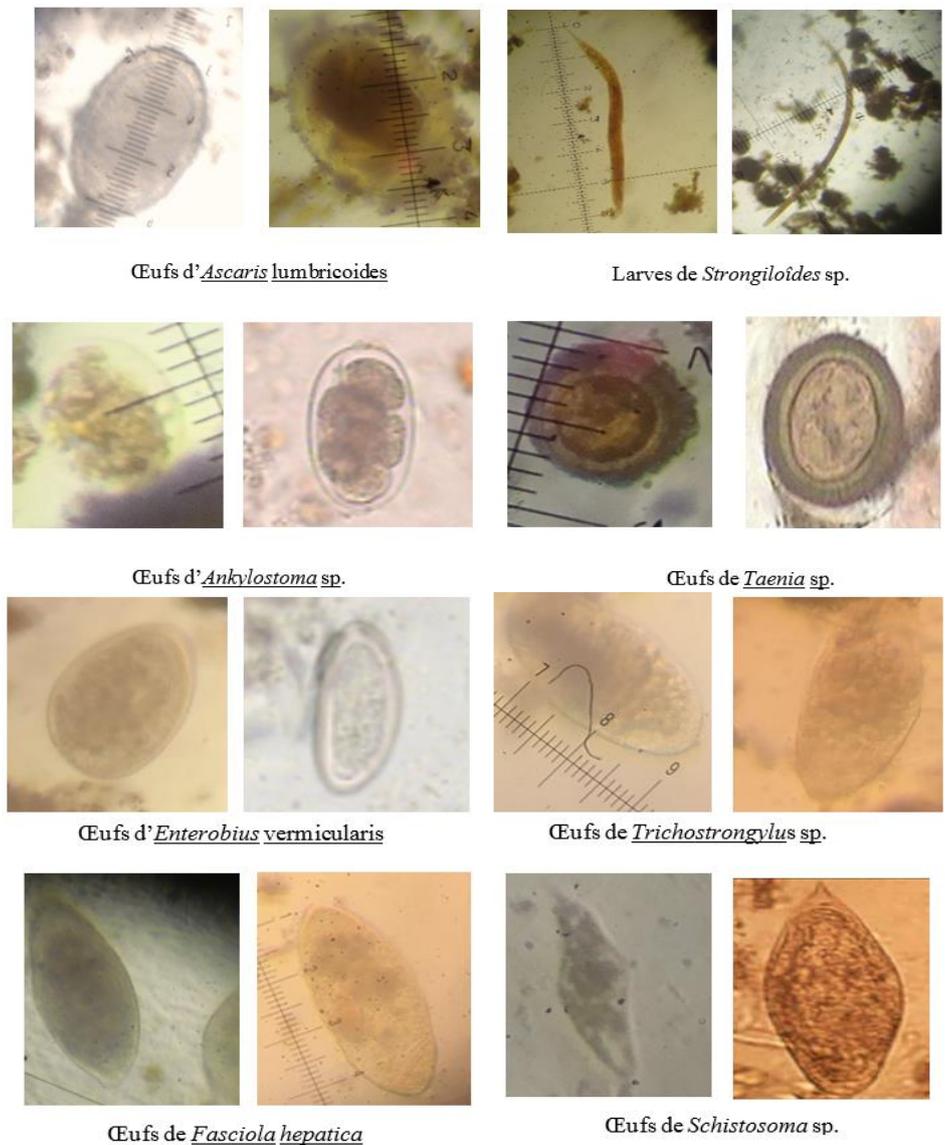
Les résultats des analyses biologiques réalisées sur les eaux de quelques puits et sources sont présentés dans le *Tableau 4*. On note la présence importante des œufs et des larves d'helminthes intestinaux signalant une forte charge parasitaire laquelle indique que ces eaux sont impropres à la consommation et aux besoins domestiques.

**Tableau 4 : Analyse comparée des mesures des paramètres biologiques avec les directives de l'OMS**

Paramètres biologiques	Paramètres statistiques								Normes de l'OMS
	Minimum		Moyenne		Maximum		Ecart-type		
	GSP	GSS	GSP	GSS	GSP	GSS	GSP	GSS	
<i>Ascaris lumbricoides</i> .	8	7	10	8	15	9	1,05	0,50	1 œuf/L
<i>Strongyloides</i> sp.	0	0	6	5	10	9	1,31	0,73	1 larve/L
<i>Ankylostoma</i> sp.	0	0	7	6	10	8	0,91	0,88	1 œuf/L
<i>Taenia</i> sp.	0	0	5	4	10	9	1,53	0,70	1 œuf/L
<i>Enterobius vermicularis</i>	0	0	6	5	10	7	0,92	0,84	1 œuf/L
<i>Trichostrongylus</i> sp.	0	0	5	4	9	7	0,75	0,70	1 œuf/L
<i>Fasciola</i> sp.	0	0	6	5	9	7	1,07	0,75	1 œuf/L
<i>Schistosoma</i> sp.	0	0	6	5	8	7	1,10	0,82	1 œuf/L

Légende : GSP = grande saison de pluies, GSS = grande saison sèche.

**3-4. Photographies de quelques formes de résistances (œufs/larves) des helminthes intestinaux retrouvées dans les eaux des puits et des sources étudiées à Mbalmayo**



**Figure 2 : Œufs et larves d'helminthes identifiés dans les eaux des puits et des sources échantillonnées**

## 4. Discussion

### 4-1. Paramètres physico-chimiques des eaux étudiées

La température des eaux étudiées a peu varié en fonction des saisons, avec un maximum de 25,25 °C pendant les deux saisons. Cette valeur est légèrement supérieure à 25 °C qui est la limite acceptable recommandée par l'OMS. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les sources et les puits étant ouverts, les rayons du soleil atteignent la nappe d'eau. En effet, les eaux souterraines ayant les températures proches de celles de l'air, indiquent l'ouverture du système aquifère [18]. Des résultats similaires [19] ont été obtenus dans les eaux souterraines de Mbalmayo. Les eaux des puits et des sources étudiées sont acides avec un maximum de 6,78 UC pendant la saison sèche et un minimum de 5,23 UC pendant la saison des pluies. Cette valeur minimale de pH est en dessous de la valeur normale qui est de 6,5 à 8,5 [20]. Des résultats identiques [21, 22], ont été obtenus avec un pH compris entre 4 et 6 dans les eaux souterraines des villes de Yaoundé. Le caractère acide pourrait s'expliquer par la nature siliceuse du socle. Les eaux étudiées ont enregistré des valeurs élevées MES, de la couleur et de la turbidité avec des valeurs maximales respectives de (15 mg/L), (117 Pt-Co) et (19,50 mg/L) pendant la saison des pluies. Ces fortes valeurs pourraient être dues à leur mauvais état de protection. En effet, la protection des puits et des sources, par l'aménagement de margelles hautes d'au moins 0,5 m d'après [23] préviendrait les risques de pollution des eaux [17, 20]. Les teneurs en oxygène dissous enregistrées dans les eaux étudiées pendant les deux saisons, révèlent que ces eaux sont fortement oxygénées, avec une valeur maximale de 63,85 mg/L pendant la saison de pluie et une valeur minimale de 48,20 mg/L pendant la saison sèche. Ces valeurs sont largement supérieures à celles préconisées par l'OMS soit, 25 mg/L. En définitive, l'analyse des variables physico-chimiques montre que les eaux de puits et sources étudiées ne sont pas pour la plupart des paramètres, dans la gamme des valeurs acceptables tel que recommandé par l'OMS et sont donc par conséquent, impropres à la consommation humaine.

### 4-2. Paramètres parasitologiques des eaux étudiées

Les observations effectuées au microscope dans le cadre de cette étude, ont permis d'identifier des formes de résistance des helminthes intestinaux présentes dans les eaux des points d'eau échantillonnés. Il s'agit: des œufs d'*Ascaris lumbricoides* (15 œufs/L), des larves de *strongyloïdes* (10 larves/L), des œufs d'*Ankylostoma* sp. (10 œufs/L), des œufs de *Taenia* sp. (10 œufs/L), des œufs d'*Enterobius vermicularis* (9 œufs/L), des œufs de *Trichostrongylus* sp. (9 œufs/L), des œufs de *Fasciola hepatica* (8 œufs/L) et des œufs de *Schistosoma* sp. (8 œufs/L). Ces valeurs sont largement au-dessus des normes préconisées par l'OMS. En effet, l'OMS exige une concentration en œuf qui doit être inférieure ou égale à 1 œuf/L. Les œufs et les larves d'helminthes retrouvés dans les eaux des puits et des sources étudiées témoignent des conditions de vie précaire dont sont soumises les populations de cette localité. En réalité, les organismes pathogènes présents dans les eaux d'une collectivité, en reflètent l'état sanitaire [24]. La représentation des trois classes d'helminthes (nématodes, cestode et trématodes), indique le niveau d'infestation de la population. Le nombre et la variété de parasites retrouvés dans les eaux sont liés au niveau d'infestation de la population humaine et/ou animale desservies car ces parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme d'œufs ou de larves avec les matières fécales de son hôte. Ces résultats corroborent avec ceux de [25]. Les œufs d'*Ascaris* ont été les plus abondants pendant les deux saisons. Ceci s'explique et par leur caractère cosmopolite, par leur structure trimembranaire qui leur permet de résister dans l'environnement. A ce propos, [26] déclarent que la particularité des œufs d'helminthes réside dans leur capacité à survivre longtemps, même dans les environnements très hostiles. Ce résultat est en accord avec les travaux antérieurs de [27] qui ont révélé la présence d'un grand nombre d'œufs d'*Ascaris* sp dans les eaux usées à Dschang. La consommation des eaux contaminées par ces microorganismes pourrait augmenter chez l'homme le nombre de la flore intestinale déjà riche et variée, ce qui peut engendrer un déséquilibre métabolique [28].

## 5. Conclusion

Cette étude consiste à l'évaluation physico-chimique et parasitologique des ressources en eau de la ville de Mbalmayo, chef-lieu du département du Nyong et So'o. Les variables physico-chimiques et biologiques ont été utilisées pour évaluer la qualité de ces eaux. L'analyse des résultats révèle que ces eaux sont légèrement acides, très turbides, très colorées et faiblement minéralisées. En outre, les analyses parasitologiques révèlent la présence des œufs et des larves d'helminthes intestinaux avec des densités élevées, mettant en exergue le niveau de pollution des eaux souterraines. La comparaison des teneurs des variables physico-chimiques et biologiques obtenues au cours de notre étude, avec les valeurs acceptables par l'OMS, révèle que les eaux des puits et des sources échantillonnées sont impropres à la consommation humaine. Pour pallier au problème de contamination des eaux souterraines, il est nécessaire respecter les normes de construction des points d'eau tel que préconisé par l'OMS, de respecter les règles d'hygiène et l'assainissement entre autres.

## Références

- [1] - B. M. KAMGHO TEZANOU, "L'accès à l'eau potable et à l'assainissement au Cameroun : situation actuelle, contraintes, enjeux et défis pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD 7)", (2008) 13 p.
- [2] - MINEE, "Plan d'action national de gestion intégrée des ressources en eau (PANGIRE) : état des lieux du secteur", *Global Water Partnership*, (2009) 235 p.
- [3] - D. MELAKE, W. AMARE, T. ERITREA, M. SEID et G. TAMIRAT, "Module sur les maladies transmises par l'eau", Université d'Alemaya : Ethiopie, (2003) 84 p.
- [4] - Agence Nationale de sécurité Sanitaire Alimentaire, Environnement, Travail (ANSES), "Analyse des risques sanitaires liés à la réutilisation d'eau grises pour des usages domestiques", France, Edition scientifique, Rapport, (2015) 144 p.
- [5] - OMS, "Directives de qualité pour l'eau de boisson", 4<sup>e</sup> éd. Intégrant le premier additif, Genève, (2017), CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [6] - L. A. TCHUEM TCHUENTE, "La lutte contre la schistosomiase : un défi et perspectives pour le XXI<sup>ème</sup> siècle", *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 99 (2005) 372 - 376
- [7] - L. NYANTEKYI, M. LEGESSE, G. MEDHIN, A. ANIMUT, K. TADESSE, C. MACIAS, A. DEGAREGE and B. ERKO, "Community awareness of intestinal parasites and the prevalence of infection among community members of rural Abaye Deneba area, Ethiopia" *Asian Pac J Trop Biomed*, 4 (2014) 15 - 27
- [8] - H. MAMO, "Intestinal parasitic infections among prison inmates and tobacco farm workers in Shewa Robit, north-central Ethiopia", *PLoS One*, 9 (2014) 99 - 559
- [9] - D. N. YENTUR, F. YIDIZ ZEYREK, Z. SIMSEK and D. ZEYREK, "The effects of intestinal parasites on anemia of children", *Turkiye Parazitoloj Derg*, 38 (2014) 85 - 90
- [10] - E. F. JEGEDE, E. T. OYEYI, A. H. BICHI, H. A. MBAH and K. TORPEY, "Prevalence of intestinal parasites among HIV/AIDS patients attending Infectious Disease Hospital Kano", Nigeria, *Pan Afr Med J*, 17 (2014) 295 p.
- [11] - G. A. AJEAGAH, Q. A. ASI et M. NOLA, "Bioqualit  Des Formes De Dissémination des protozoaires flagellés entériques dans les eaux souterraines (Sources et Puits) en zone anthropisée (Yaoundé-Cameroun)", *European Scientific Journal*, 12 (2016) 1857 - 7881
- [12] - B. FOAHOM, "Note de présentation de l'antenne de Mbalmayo (Etat d'avancement des recherches)", Yaoundé, Cameroun, Institut de Recherche Agricole, (1983) 18 p.
- [13] - APHA, "Standard method for examination of water and wastewater", American Public Health Association, 20th ed. Washington, (1998) 1150 p.

- [14] - J. RODIER, B. LEGUBE et N. MERLET, *“L’analyse de l’eau”*, 9e ed. Dunod, Paris, (2009) 1526 p.
- [15] - OMS, *“Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux”*, Genève, (1994) 29 p.
- [16] - G. A. AJEAGAH, T. NJINE, C. F. BILONG BILONG, S. M. FOTO, N. M. WOUAFO, M. NOLA, G. G. D. DI and S. HUW, *“Seasonal Distribution of Enteric Opportunistic Cryptosporidium Spp. Oocysts and Giardia Spp. Cysts in a tropical water basin, Cameroon Water, 2 (2010) 44 - 57*
- [17] - L. GASTON, M. GIL, P. JEAN- EMMANUEL, S. ERIC, L. N. HELENE, S. DANIEL, E. E. GEORGES et D. ALAIN, *“Changement des régimes hydrologiques dans les rivières du Sud-Cameroun : un impact de la variabilité alimentaire en zone équatoriale”*, HyroScience Montpellier, (2002) 158 - 168
- [18] - A. MBAWALA, ABDOU, M. B. NGASSOUM et OUENDO, *“Pollution physico-chimique et microbiologique de l’eau de puits de Deng-Ngaoundéré au Camerou”*, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (2010) 1962 - 1975
- [19] - R. P. TUEKAM KAYO, *“Essai de biotypologie faunistique des eaux souterraines de quelques localités des régions du Centre et Littoral du Cameroun : influence de quelques facteurs abiotiques”* Thèse de Doctorat d’État, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, (2013) 291 p.
- [20] - OMS, *“Directives OMS pour l’utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères”*, Utilisation des eaux usées et des excréta en aquaculture, Genève, (2012) 63 p.
- [21] - M. NOLA, T. NJINE et C. BOUTIN, *“Variabilité de la qualité des eaux souterraines dans quelques stations de Yaoundé (Cameroun)”*, *Biospéologie*, 25 (1998a) 183 - 191
- [22] - S. H. ZÉBAZÉ TOGOUET, C. BOUTIN, T. NJINÉ, N. KEMKA and S. FOTO MENBOHAN, *“First data on the groundwater quality and aquatic fauna of some wells and springs from Yaounde (Cameroun)”* *European Journal Water Quality*, 40 (2009) 1 - 24
- [23] - OMS, *“Guidelines for Drinking-water Quality”*, 4e ed. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, (2011) 541 p.
- [24] - C. BOUTIN, *“L’eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable, l’exemple des zones rurales du Maroc”*, *Revue Science de l’eau*, 3 (1993) 357 - 365
- [25] - K. BOUHOUM, O. MAHMID, K. H. HABBA et SCHWARTZBROD, *“Devenir des œufs d’helminthes et des kystes de protozoaires dans un canal à ciel ouvert alimenté par les eaux usées de Marrakech”*, *Revue des Sciences de l’Eau*, 2 (1997) 217 - 232
- [26] - S. RAWEH, K. ELKHARRIM, M. CISSE, Y. EL GUAMRI, Y. ABCHIR et D. BELGHYTI, *“Aspect parasitologique des eaux usées rejetées dans le bas Sebou (Kenitra, Maroc)”* *World Journal of Biological Research*, (2010) 12 p.
- [27] - H. NTANGMO TSAFACK, E. TEMGOUA et T. NJINE, *“Persistance de E. coli, des œufs d’helminthes et de kystes de protozoaires contenus dans les eaux usées urbaines d’arrosage sur les cultures maraichères à Dschang, Ouest-Cameroun”*, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (2019) 81 - 90
- [28] - A. EL OUALI LALAMI, A. ZANILBOU, K. BEKHTI, F. ZERROUQ et M. MERZOUKI, *“ Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc (Microbiological Control wastewater domestic and industrial city of Fes Morocco)”*, *Journal of Materials and Environmental Science*, 13 (2019) 81 - 90

## Cosmopolitan Nature of the Eggs of *Ascaris lumbricoïdes* Identified in Wells Water Destined for Domestic Usage in Sub-Urban Areas in the Center Region of Cameroon

Thérèse Nadège Okoa Amougou<sup>1</sup>✉, Ajeegah Gideon Aghaindum<sup>1</sup>,  
Asi Quiggle Atud<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Hydrobiology and Environment, Department of Animal Biology and Physiology, Faculty of Science, University of Yaounde I, P.O. Box 812, Yaounde, Cameroon

**Abstract:** In order to evaluate the cosmopolitan character of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* identified in the wells of four (04) sub-urban areas (Mbalmayo, Mbankomo, Okola and Soa) of the Central region of Cameroon, a study was conducted from September 2018 to March 2019. Sampling was carried out on 16 wells following a monthly sampling frequency. Eggs of *Ascaris lumbricoïdes* were identified using the formalin-ether concentration and the Kato-Katz identification methods. The result of the physico-chemical analysis shows that the water has an average temperature of 25.31°C and an acidic pH (6.7). Parasitological analysis shows the presence and predominance of the species *Ascaris lumbricoïdes* at any place and at any time in these waters. The highest parasitological densities were obtained during the rainy season. Statistical analysis shows that orthophosphates are significantly and positively correlated with the densities of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* ( $p \leq 0.01$ ). While nitrates, ammonia nitrogen, colour, turbidity and Dissolved Total Solids are significantly and positively correlated with the densities of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* ( $p \leq 0.05$ ). Water from these wells is therefore a source of contamination by Ascariasis.

**Keywords:** Cosmopolitan Nature, *Ascaris lumbricoïdes*, Eggs, Well Water

### I. Introduction

Intestinal parasitosis is a serious public health problem. These intestinal parasitosis are usually caused by intestinal helminths and protozoa. Among the helminths, *Ascaris lumbricoïdes* is the largest of the nematodes and the largest of the helminthiasis that affect humans (Khuroo, 1996). While overall health status and levels of health and hygiene have improved over the past centuries, at least in industrialized countries, 350,000 people are severely affected by *Ascaris*-like worms and 60,000 deaths per year are believed to be directly associated with this parasite (CDC, 2015). This parasitosis is predominant in developing countries, where heat, humidity and poor hygiene all contribute to its transmission (Ndiaye *et al.*, 2012). Ascariasis is endemic in sub-Saharan Africa, South-East Asia and Latin America. It affects about a quarter of the world's population Verhaeghe *et al.* (1989), with high prevalence in all the age groups in poor, sub-urban, and even tropical rural areas, reaching up to 80% of the population (Sun, 1980; Messou *et al.*, 1997; Ravaoalimalala *et al.*, 2002). In Bangladesh Aubry and Gaüzère (2018), for example, the prevalence is 80%. Fertilized females of *Ascaris lumbricoïdes* lay eggs that are disposed of in the external environment. These eggs

may accidentally end up in aquatic environments. As a result, water can act as a vector for potentially dangerous parasites such as. The present study aims at assessing the cosmopolitan character of the eggs of *Ascaris* identified in well water in relation to abiotic factors in four sub-urban areas of the Central region Cameroon (Mbalmayo, Mbankomo, Okola and Soa). More specifically: to measure the main physico-chemical variables of these waters, to identify the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* in these waters and to evaluate the influence of abiotic variables on the distribution of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* in these wells water.

### II. Material and Method

#### II.1. Study area

The study took place in the cities of Mbalmayo, Mbankomo, Okola and Soa (Central Region of Cameroon). Mbalmayo, capital of Nyong and So'o Department, is located 48 km South of the capital Yaounde, Central Cameroon Region between 3°31' North latitude and 11°30' East longitude. With an area of about 650 km<sup>2</sup>. The municipality of Mbankomo is located in the Central Region, in the department of Mefou and Akono, 25 km southwest of Yaounde and extends between 3°47' North latitude

This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

Author(s) retain the copyright of this article. Publication rights with Alkhaer Publications.

Published at: <http://www.ijsciences.com/pub/issue/2021-02/>

DOI: 10.18483/ijSci.2434; Online ISSN: 2305-3925; Print ISSN: 2410-4477



Thérèse Nadège Okoa Amougou (Correspondence)

+237694 815 642

and 11°24' East longitude (CPDD, 2011). The Okola district is a municipality of Cameroon located in the Central region and the department of Lekie, 25 km from Yaoundé, on the Nkolbisson-Monatelé axis. It lies between 3° 01' North latitude and 11°23' East longitude (BUCREP, 2005). Soa is a municipality of Cameroon located in the Central region and the Mefou and Afamba department, 14 km northeast of Yaoundé. It lies between 3°58' North latitude and 11°35' East longitude. These cities are characterized by a four-season Guinean climate comprising: a long dry season (LDS) from mid-November to mid-

March, a short rainy season (SRS) from mid-March to the end of May, a short dry season (SDS) from June to August, and a long rainy season (LRS) from September to mid-November with an average annual rainfall of 1564.7 mm (Foahom, 1983; Abossolo, 2015). The soils are predominantly ferralitic and hydromorphic (Onguene Mala, 1993). Ferralitic soils are formed on moderately or strongly denatured acidic rocks. They have good physical properties. They are deep soils with good permeability. Hydromorphic soils are found in swampy areas and along riverbanks.

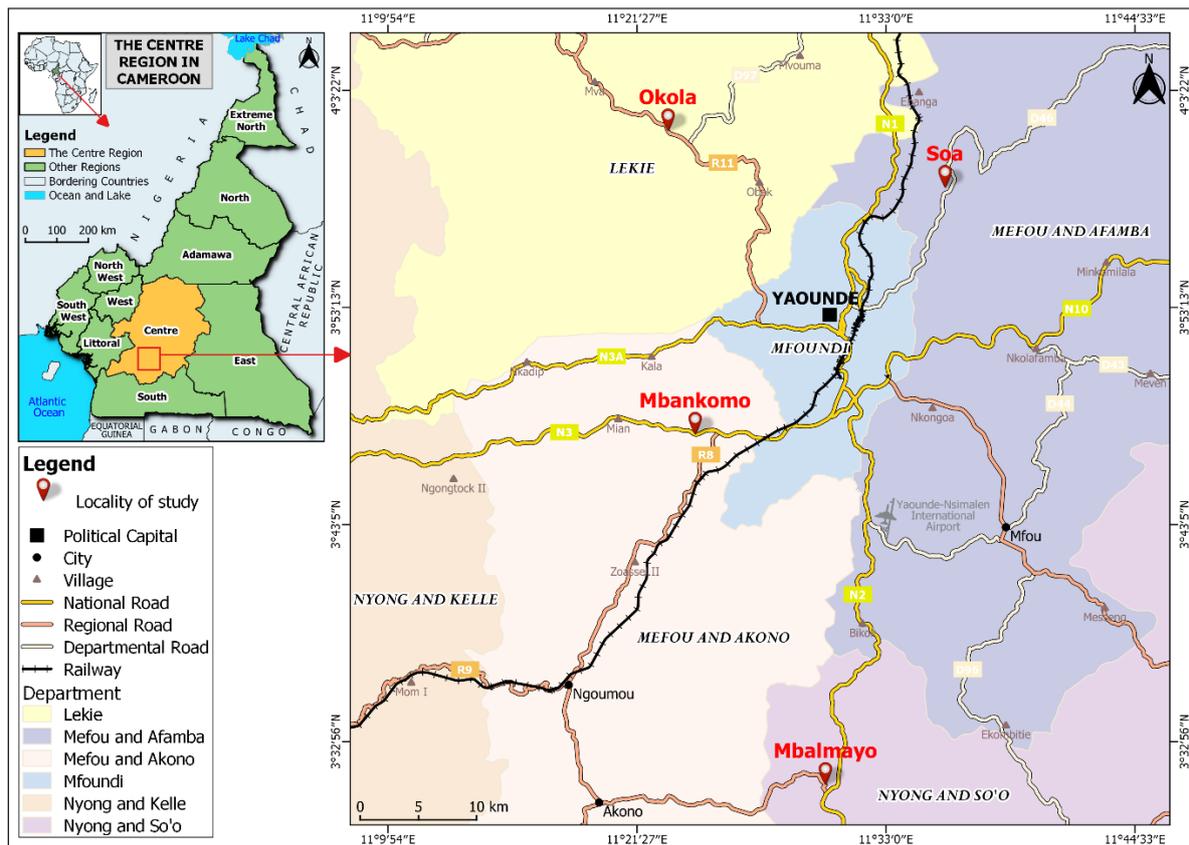


Figure 1: Location of study areas (Source: INC, 2019 modified)

## II.2. Selection of sampling points

Sixteen wells were retained (designated as MW1, MW2, MW3, MW4 in Mbalmayo locality; BW1, BW2, BW3, BW4 in Mbankomo locality; OW1, OW2, OW3, OW4 in Okola locality and SW1, SW2, SW3, SW4 in Soa locality). These water points have been chosen in different districts according to criteria

such as: the great interest that the population shows for these water points, accessibility, level of urbanization. Nowadays, well water is increasingly used by the population to meet their domestic needs, dental hygiene, drinking, cooking and bathing, among others.

Table 1: Characteristics of sampling points

Study localities	Wells	Contact details Geographic	Altitudes (m)	Types of pollution in the vicinity of the water point	Use
Mbalmayo	MW1	03°31'22.98"N 011°30'43.12"E	646	Presence of the toilets	Domestic needs/food
	MW2	03°31'23.77"N 011°30'40.84"E	660	Domestic effluent	Domestic needs/food
	MW3	03°31'28.13"N 011°30'40.84"E	647	Latrine effluent + animal dung	Domestic needs/Food/crop watering
	MW4	03°31'32.54"N 011°30'54.54"E	648	Presence of the toilets	Domestic needs/food
Mbankomo	BW1	03°47'34.6"N 011°24'21.4"E	757	Presence of cannon toilets and domestic pollution	Domestic needs/food
	BW2	03°47'25.0"N 011°24'22.6"E	718	Latrine effluent + animal dung	Domestic needs/food
	BW3	03°47'21.9"N 011°24'19.4"E	742	Domestic effluent	Domestic needs/food
	BW4	03°47'21.2"N 011°24'19.7"E	740	Domestic effluent + Flooding	Domestic needs/food
Okola	OW1	04°01'26.9"N 011°22'47.0"E	619	Domestic effluents	Beverage / Domestic needs/food
	OW2	04°01'25.8"N 011°22'44.6"E	603	Presence of the toilets + domestic effluent	Domestic needs/food
	OW3	04°01'23.0"N 011°22'45.3"E	602	Presence of cannon toilets and domestic pollution	Domestic needs/food
	OW4	04°01'24.5"N 011°22'45.9"E	618	Presence of the toilets	Domestic needs/food/dental hygiene
Soa	SW1	03°58'28.11"N 011°35'43.14"E	661	Domestic effluent	Domestic needs/food
	SW2	03°59'7.14"N 011°35'34.71"E	660	Domestic effluent	Domestic needs/food/crop watering
	SW3	03°59'4.19"N 011°35'31.61"E	671	Domestic effluent	Domestic needs/food
	SW4	03°58'29.98"N 011°35'17.58"E	644	Presence of the toilets	Domestic needs/food/crop watering

### II.3. Sampling method

Monthly sampling was conducted in these wells from September 2018 to March 2019 following the recommendations of Rodier *et al.* (2009). Water samples for physico-chemical analysis were collected in 250 and 1000 mL double-capped polyethylene bottles and transported to the laboratory in a refrigerated.

For the identification of eggs of *Ascaris lumbricoïdes*, water samples were taken from wells at locations characterized by an accumulation of organic matter or the presence of the herbarium. The water samples collected were immediately placed in 1000 mL sterile polyethylene bottles and preserved by the addition of 2 mL of 10% formalin and returned to the laboratory in a cooler.

### II.3. Physico-chemical analysis

In the field, the physico-chemical parameters such as water temperature (°C), dissolved oxygen (mg/L O<sub>2</sub>), pH, Total Dissolved Solids (TDS) (mg/L) are measured respectively using a thermometer, an oximeter, a pH meter and a multiparameter of the brand HANNA HI 9829. Turbidity (FTU), Suspended Solids (SS) (mg/L), Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg/L), Orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) (mg/L) and colour (Pt.Co) were measured in the laboratory using a HACH DR/3900 spectrophotometer. Oxidability (mg/L of

KMnO<sub>4</sub>) was measured by volume.

### II.4. Parasitological analysis

The samples were left to stand at room temperature for 24 hours to settle. The supernatant was poured and the remaining pellet was measured. The concentration of helminths eggs was then determined using Kato-Katz and formalin-ether techniques, followed by observation under the Olympus CK2 inverted microscope at 40X magnification.

#### II.4.1. Kato-Katz technique

A pellet fragment resulting from centrifugation at 500 rpm for 5 minutes was removed and deposited in the center of a slide. The slide was covered with a rectangle of glycerol-soaked cellophane paper and the pellet was spread between the slide and the cellophane in a smear using a test tube. The preparation thus obtained was directly observed under an optical microscope for the identification of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes*.

#### II.4.2. Formol-ether concentration technique

After homogenization of the pellet, 5 mL were collected with a graduated syringe and introduced into a 10 mL test tube. To this, 2 mL formalin and 3 mL ether were successively added. The resulting mixture was centrifuged at 500 rpm for 5 minutes

using a MEDIFRIGER centrifuge (the contents of the tube were separated into 4 layers: a top layer of ether, a cap of fatty debris, a layer of formalin and the pellet). With the help of a wand, the fatty debris plug was peeled off and the top three layers were discarded at once. Then 2 or 3 drops of staining solution were added (lugol or cresyl violet) and one drop of suspension was transferred to a slide for examination under a slide.

#### II.4.3. Identification and enumeration of helminth eggs and larvae

The identification of these eggs was carried out using the plates of (OMS, 1994). Thus, the enumeration was carried out using the formula proposed by (Ajeegah *et al.*, 2010).

The number (x) of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* contained in 1L of sample is obtained by:

$$x = \frac{y \cdot V_x}{V_y} \quad (1)$$

$V_x$  being the volume of the pellet in 1 L of sample,  $V_y$  = the volume of the pellet used for observation and  $y$  the number of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* observed in  $V_y$ .

#### II.4.4. Data analysis

The data obtained were grouped by season: LRS (Long Rainy Season) from September to November and LDS (Long Dry Season) from December to February. Spearman's 'r' correlation test was performed using SPSS 20.0 software and is used to evaluate the physico-chemical parameters that influence the distribution of parasites in water depending on the degree of binding between the different parameters.

### III. Results

#### III.1. Results of physico-chemical analysis

Water temperatures ranged from 24. 25° C in wells SW3 and SW4 during the main rainy season (LRS) to 27° C at the OW1 station during the main dry season (LDS). Suspended Solids (SS) and turbidity fluctuated from 3 to 39 mg/L and 3 to 75.5 mg/L respectively with the highest values obtained in LRS. The greatest value of colour (394.5 Pt.Co) were obtained at well OW4 during the long rainy season (LRS) while well SW3 had the lowest colour value (3.5 Pt.Co) during the long dry season (LDS). In general, the highest colour values are obtained during the Long Rainy Season. Dissolved Total Solids (DTS) ranged from 19 mg/L in well BW4 to 366.5 mg/L in well MW1 during the long rainy season (Table 2).

Table 2: Physical parameters of the water during the period of study

Study locations	Wells	T (°C)		SS (mg/L)		Colour (Pt.Co)		Turbidity (FTU)		DTS (mg/L)	
		LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS
Mbalmayo	MW1	24.75	25.25	7.5	3	71	19.5	12.5	3.5	366.5	364
	MW2	24.5	25.75	7.5	2.5	117	6	14	12.5	231	212
	MW3	25	26	13.5	4	106.5	36.5	9	15.5	193.5	184
	MW4	25.25	25.25	13	7	55	13	11	12.5	213.5	405
Mbankomo	BW1	25.5	25	39	16	206	122.5	42.5	20	87	170
	BW2	25.5	26.5	16.5	7	136.5	78	24.5	15.5	23	31.5
	BW3	25.5	25	13	5	82	86	8.5	18.5	27	46.5
	BW4	25	25.5	10.5	6.5	44	55.5	4	16.5	19	32.5
Okola	OW1	25.5	27	31.5	11	253.5	64.5	75.5	15.5	68	123.5
	OW2	26	26	8	8	101.5	58	20	18	135	92.5
	OW3	25.5	25.75	17	21.5	105.5	121	22	26.5	102	141
	OW4	25.5	26.25	14.5	13	394.5	70	12	26	81.5	103
Soa	SW1	25	24.75	17	8.5	127.5	14	30.5	4.5	260.5	274
	SW2	24	24.25	15.5	8.5	137.5	4	13.5	6	46	33
	SW3	24.25	24.5	13.5	7	61.5	18	48	3	21.5	23.5
	SW4	24.25	25.25	10.5	8	51.5	10	16.5	6	287.5	224

The pH values recorded during the study ranged from 4.92 CU at well OW1 to 6.80 CU at well SW1 during the long rainy season. These pH values vary from one sampling point to another during both seasons. Dissolved oxygen ranged from 35.15 mg/L (LDS) and 67.10 mg/L (LRS) in wells OW1 and OW3 respectively. Nitrate and orthophosphate levels ranged from 0.09 to 9.50 mg/L  $\text{NO}_3^-$  and 0.02 to 7.50 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  respectively, with high levels obtained in LRS. Oxidability levels in the water ranged from 1.57 mg/L at OW4 well in LDS to 5.04 mg/L at MW3 well in LRS (Table 3).

Table 3: Results of the chemical parameters of the waters studied

Study locations	Wells	pH		O <sub>2</sub> (mg/L)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)		Oxydability (mg/L)	
		LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS	LRS	LDS
Mbalmayo	MW1	6.31	6.50	61.45	55.65	1.55	0.24	2.10	0.55	4.44	2.67
	MW2	6.31	6.74	62.15	55.90	1.15	0.40	5.15	0.63	3.65	2.77
	MW3	6.61	5.45	61.45	54.35	1.95	0.57	9.50	0.65	5.04	4.05
	MW4	6.63	6.78	60.75	62.00	2.30	0.58	3.30	0.70	2.67	1.58
Mbankomo	BW1	6.71	6.30	64.85	48.05	7.50	0.30	1.90	0.66	4.15	1.97
	BW2	5.59	6.33	65.55	60.20	1.50	0.12	3.60	0.26	3.85	1.98
	BW3	5.50	6.65	65.25	57.10	0.85	0.03	2.75	0.09	3.95	1.78
	BW4	5.65	6.30	65.00	53.35	0.70	0.02	2.20	0.65	2.87	2.27
Okola	OW1	6.80	6.40	56.97	35.15	2.65	0.11	3.00	0.64	4.84	2.77
	OW2	6.17	6.69	65.75	36.50	3.50	0.03	1.03	5.00	2.27	1.87
	OW3	6.50	5.29	67.10	38.85	2.90	0.03	6.15	0.69	2.77	1.87
	OW4	6.00	5.92	65.90	38.25	1.60	0.03	3.30	0.34	4.15	1.57
Soa	SW1	4.92	4.99	64.70	51.60	2.70	0.09	6.35	1.09	3.85	2.47
	SW2	6.31	5.81	65.65	57.05	0.87	0.25	0.48	0.15	2.17	2.67
	SW3	6.27	5.83	66.05	54.20	0.83	0.30	1.43	0.09	2.27	1.58
	SW4	6.47	6.09	66.05	53.45	0.49	0.45	0.29	0.15	3.65	2.07

### III.2. Results of biological analysis

Results regarding the identification of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* in well water revealed the presence during the study period in all four localities. Water samples taken throughout the study period

were found positive for eggs in both seasons with the exception of wells SW1, SW2 and SW3 in Soa. The highest densities were obtained during the long rainy season (Table 4).

Table 4: Identification results of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* during the study period.

Locations	Wells	Seasons	<i>Ascaris lumbricoïdes</i>	
			Densities (eggs/L)	Presence/Absence
Mbalmayo	MW1	LRS	15.00	+
		LDS	9.00	+
	MW2	LRS	8.00	+
		LDS	7.00	+
	MW3	LRS	11.00	+
		LDS	9.00	+
	MW4	LRS	9.00	+
		LDS	8.50	+
Mbankomo	BW1	LRS	7.50	+
		LDS	6.50	+
	BW2	LRS	7.50	+
		LDS	5.50	+
	BW3	LRS	6.50	+
		LDS	5.50	+
	BW4	LRS	8.00	+
		LDS	4.50	+
Okola	OW1	LRS	9.00	+
		LDS	7.00	+
	OW2	LRS	9.00	+
		LDS	7.00	+
	OW3	LRS	11.00	+
		LDS	7.00	+
	OW4	LRS	7.00	+
		LDS	5.50	+
Soa	SW1	LRS	0	-
		LDS	0	-
	SW2	LRS	0	-
		LDS	0	-
	SW3	LRS	0	-
		LDS	0	-
	SW4	LRS	7.00	+
		LDS	5.50	+

Legend: + = Presence; - = Absence

**III.3. Influence of physico-chemical variables on the distribution of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes***

Significantly, orthophosphates, nitrates, ammonia nitrogen, colour, turbidity and Dissolved Total Solids values were correlated with densities of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* (Table 5). Orthophosphates

were significantly and positively correlated with the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* ( $p \leq 0.01$ ). Nitrate, ammonia nitrogen, colour, turbidity and Dissolved Total Solids values were significantly and positively correlated with densities of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* ( $p \leq 0.05$ ).

**Table 5:** Spearman's correlation coefficient "r" between physico-chemical variables and the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* density.

Variables	Oxy	Ortho	Nitra	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Temp	MES	Coul	Turb	STD	Ascaris
Oxy	1	0.473**	0.262	0.186	-0.489**	0.121	0.245	0.036	-0.001	0.343**
Ortho		1	0.375*	0.522**	0.024	0.714**	0.484**	0.451**	-0.028	0.395*
Nitra			1	0.206	-0.040	0.255	0.331	0.121	0.053	0.511**
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>				1	0.155	0.663**	0.439*	0.652**	-0.164	0.449**
Temp					1	0.026	0.092	0.112	-0.116	-0.181
MES						1	0.635**	0.716**	-0.267	0.109*
Coul							1	0.484**	-0.272	0.322**
Turb								1	-0.244	0.330*
STD									1	0.463**
Ascaris										1

Legend: Temp = Temperature, Oxy = Dissolved Oxygen, STD = Total Dissolved Solids, TSS = Suspended Solids, Colour = Colour, Turb = Turbidity, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = Orthophosphates, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = Nitrates, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = Ammonium; Ascaris = eggs of *Ascaris lumbricoïdes*. \* = correlation is significant at threshold  $p \leq 0.05$  and \*\* = correlation is significant at threshold  $p \leq 0.01$ .

**III.4. Photographs of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* identified during the study**

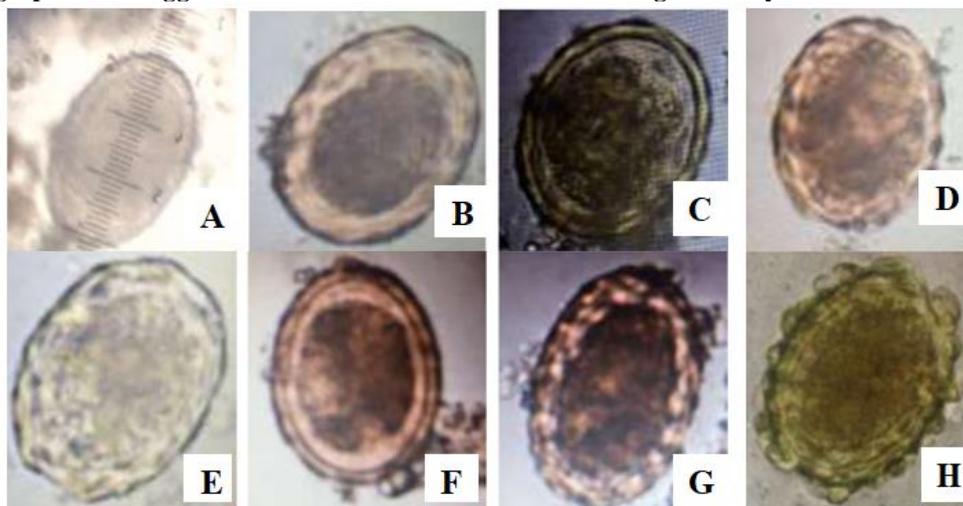


Figure 2: A, B, C, D, E, F et G= Eggs of *Ascaris lumbricoïdes* that have lost their hilly external envelope; H= egg of *Ascaris lumbricoïdes* with a hilly external envelope

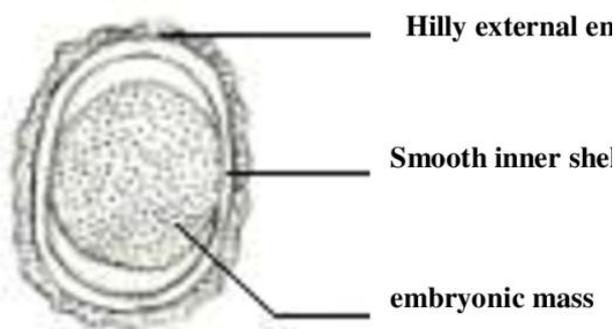


Figure 3: Annotated drawing of the egg of *Ascaris lumbricoïdes*

**IV. Discussion**

**IV.1. Physico-chemical analysis of the well water studied**

The temperature of the wells is globally similar (around 25°C) during all seasons but is highly variable in LDS (between 24.25 and 27°C) in all study localities except the Soa locality. This variation in temperature could be explained by the fact that the wells are shallow and open, so that the light energy reaches the water table. Similar results were obtained by Tuekam Kayo (2013) in the groundwater of Mbalmayo. The well water of the 04 localities analysed have an overall acidic pH. This acidity

would be linked to the nature of the soil in the central region. In this respect, Nola *et al.* (1998) point out that the pH of water depends on the nature of the land it crosses. TSS, colour and turbidity were high in the different study areas during both seasons with the exception of wells MW2, MW4 and SW4 for colour and MW1, BW4 and SW4 for turbidity. These high values would be explained by the absence or inadequacy of wells. This is because the development of the water points by the construction of curbs at least 0.5 m high, the presence of a cover and the concreting of the structure may prevent the risks of pollution. The low nitrate, orthophosphate and oxidability values obtained overall could be justified by the low use of agricultural inputs during the study period by the populations surrounding the various wells. The high values of dissolved oxygen obtained in all localities (LRS) except Okola locality and well BW1 in Mbankomo (LDS) would be related to the decrease in organic matter. Indeed, when the quantity of organic matter is low in the environment, the quantity of oxygen consumed by the microorganisms in the mineralization process is low.

#### **IV.2. Parasitological analysis of the water from the wells studied**

The results of the parasitological research of the sampled waters allowed to highlight the eggs of *Ascaris lumbricoïdes*. These eggs are believed to come mainly from human and animal faeces that accidentally end up in well water.

The wide dispersion of concentrations in the various samples would depend on several factors: the number of infested individuals and/or animals, the number of eggs laid daily by the helminth species and the number of eggs removed per gram of infested human faeces. In this regard, Desoubieux and Duong (2011) point out that for agents whose transmission is linked to the fecal-oral hazard, the promiscuity found in certain communities is conducive to the spread of the parasite. *Ascaris lumbricoïdes* eggs have been identified in the waters of all the wells studied and in all the 4 localities and this would testify to the cosmopolitan nature of this organism. Indeed, Ascariasis is cosmopolitan and is endemic in sub-Saharan Africa, in poor, sub-urban or even tropical rural areas (Ndiaye *et al.*, 2012). Only wells SW1, SW2 and SW3 in Soa do not harbour *Ascaris lumbricoïdes* eggs.

This may be explained by the good state of protection of these water points. Certainly, these two wells comply with the well construction standards as recommended by the WHO. The absence of *Ascaris* eggs in these wells may also be justified by the fact that these wells are deep and not located in swampy areas; therefore, they cannot be receptacles for waste water carrying any substance. Eggs of *Ascaris*

*lumbricoïdes* were present in the wells sampled during both seasons. High densities were obtained during the long rainy season (LRS) compared to the long dry season (LDS). This could be explained by the increased parasitic prevalence of helminthiasis in the rainy season, as during the rainy season it is the run-off water carrying all kinds of substances that pollute the well water. The distribution of environmental forms of helminths vary from one point to another according to the level of contamination. It would also be crucial to mention that these muds could support contamination of the water table by the process of infiltration or draining water into unprotected wells via domestic effluents (Ajeegah *et al.*, 2018). Eggs of *Ascaris lumbricoïdes* were abundant in all the wells and in all the study localities, which would justify its resistance in the environment. According to Dold and Holland (2011), embryonated eggs can remain in this state for 2 to 6 years while waiting to be ingested by the final host. The resistance of this organism can also result from the structure of the membranes and certain abiotic factors. In this respect, the wall of *Ascaris* is thick and hilly, if the environmental conditions are favorable, the eggs can remain infectious for up to six years. Most of the eggs of *Ascaris lumbricoïdes* identified have been modified by the environment. This modification has been marked by the loss of the hill on the external envelope, by the modification of the shape and the decrease in diameter among other things.

#### **IV.3. Influence of physico-chemical variables on the density of eggs of *Ascaris lumbricoïdes***

Statistical analyses ( $p \leq 0.05$ ) have shown that the distribution of *Ascaris lumbricoïdes* eggs in the wells water is a function of the physico-chemical characteristics of the water. Thus, the high densities of eggs found in well MW1 may be favor to the high oxygenation of the water at this sampling point. This resulted in significant and positive correlations found between dissolved oxygen ( $r = 0.343$ ;  $p = 0.007$ ) and the eggs of *Ascaris lumbricoïdes*. The positive correlations obtained between ammoniacal nitrogen, orthophosphates, nitrates and densities of eggs of *Ascaris lumbricoïdes* would explain the parasite loads observed in the water points. Indeed, the high concentrations of mineral elements in the environment can increase the activation and development of forms of parasite resistance.

The positive correlations obtained between SS, colour, turbidity and egg densities of *Ascaris lumbricoïdes* show that helminth eggs are most often adhered to organic matter suspended in water (Ajeegah *et al.*, 2016).

#### **V. Conclusion**

At the end of this study on the evaluation of the cosmopolitan character of *Ascaris lumbricoïdes* eggs

identified in well water in relation to abiotic factors in four sub-urban areas of Central region of Cameroon (Mbalmayo, Mbankomo, Okola and Soa), it turned out that the water has an average temperature of 25, 31° C, an acid pH and is oxygenated. A parasitological analysis shows the presence of the species *Ascaris lumbricoïdes* everywhere and along the period of study. In addition, these well waters are contaminated with eggs of the *Ascaris lumbricoïdes* through domestic effluent and through the use of cannon and flush latrines, usually located downstream and less than 15 m from the water points. This contamination is also due to the non-compliance of wells with construction standards. The distribution of helminth eggs in the waters studied is a function of certain physico-chemical parameters such as dissolved oxygen, temperature, turbidity, colour, and ammoniacal nitrogen. The populations that use these waters on a daily basis may be therefore exposed to an increased health risk. To mitigate this, it is necessary to treat these waters before any use by usual methods.

#### References

1. Abossolo S. Amougou A. J. A., Tchindjang M., Mena M. S. et Batha R. A. S., 2015. Analyse des précipitations annuelles à la station de Yaoundé de 1895 à 2006. *Afrique Science*, 11:183-194.
2. Ajeagah G. A., Asi Q. A. and Okoa Amougou T. N., 2018. Implications of soils around domestic water points in the spread of intestinal parasites in the city of Yaounde (Cameroon). *Journal of Water and Health*, 17:318-328.
3. Ajeagah G. A., Chumtchoua A. L., Mbouombouo M., Foto Menbohan S. et Njine T., 2016. Évaluation de l'abondance des kystes des protozoaires flagellés dans les eaux usées exploitées pour l'agriculture maraîchère en zone urbaine: Cas de Yaoundé, Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 107:10450 – 10459.
4. Ajeagah G. A., Njine T., Bilong Bilong C. F., Foto S. M., Wouafo N. M., Nola M., Di G. G. D and Huw S., 2010. "Seasonal Distribution of Enteric Opportunistic Cryptosporidium Spp. Oocysts and Giardia Spp. Cysts in a tropical water basin. *Cameroon Water*, 2:44-57.
5. Aubry P. et Gaüzère B. A., 2018. Parasitoses digestives dues à des nématodes. *Medecine Tropicale*. 16 p.
6. Bureau Central des Recensements et des Etudes de populations du Cameroun (BUCREP), 2005. Etat et structures de la population. Volume II - Tome 01. 190 p.
7. Center for Disease (Control CDC), 2015. Parasites. Atlanta: <http://www.cdc.gov/parasites>
8. Cercle des Promoteurs du Développement Durable (CPDD), 2011. Plan communal de développement de Mbankomo. 151 p.
9. Desoubeaux G. et Duong H., 2011. Parasitoses intestinales cosmopolites. in *Option/Bio*. 7 p. DOI: 10.1016/S0992-5945 (11)70802-9.
10. Dold C., Holland C. V., 2011. *Ascaris* and ascariasis. *Microbes Infect*, 13: 632–7.
11. Foahom B., 1983. "Note de présentation de l'antenne de Mbalmayo (Etat d'avancement des recherches)", Yaoundé, Cameroun. Institut de Recherche Agricole. 18 p.
12. Khuroo M.S., 1996. Ascariasis. *Gastroenterol Clin North Am*, 25:53–78.
13. Messou E., Sangare S.V., Jossieran R., Le Corre C., Guelain J., 1997. Impact of improved sanitary conditions and domestic hygiene on the incidence of ascariasis and ancylostomiasis in children two to four years old in the rural zones of Ivory Coast. *Bull Soc Pathol Exot*, 90:48–50.
14. Ndiaye A. R., Diallo I. et Klotz F., 2012. Ascariidose. *Elsevier Masson SAS*. 10 p.
15. Nola M., Njine T., Monkiedje A., Silkati F. V. & Djuikom E., 1998. Qualité bactériologique des eaux des sources et des puits de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers Santé*, (5): 330-336.
16. OMS, 1994. Planches pour le diagnostic des parasites intestinaux. Genève. 29 p.
17. Ravaoalimalala V. E., Ramaniraka V. L., Rabarijaona L. P., Ravoniarimbinina P. and Migliani R., 2002. Current epidemiological situation of bilharziasis in the Antananarivo plain. *Arch Inst Pasteur Madagascar*, 68: 63–7.
18. Rodier J., Legube B. et Merlet N., 2009. "L'analyse de l'eau", 9e ed. Dunod, Paris, 1526 p.
19. Sun T., 1980. Ascariasis. Pathology and clinical features of parasitic diseases. New York: *Masson*, 1:15-20.
20. Tuékam Kayo R. P., 2013. "Essai de biotypologie faunistique des eaux souterraines de quelques localités des régions du Centre et Littoral du Cameroun: influence de quelques facteurs abiotiques" Thèse de Doctorat d'État, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, 291 p.
21. Verhaeghe L., Ponette E., Van-Steenbergen W., Eyben J., Marchal G., 1989. Biliary ascariasis. *J Belge Radiol*, 72: 293–6.
22. Onguene Mala, 1993. Différenciations pédologiques dans la région de Yaoundé (Cameroun) transformation d'un sol ferrallitique rouge en sol a horizon jaune et relation avec l'évolution du modèle. Thèse de Doctorat de l'Université paris VI. 294 p.