



INSTITUT INTERNATIONAL D'INGENIERIE DE L'EAU DE L'ENVIRONNEMENT

T H E S E

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE DE L'EAU, DE L'ENERGIE ET DE  
L'ENVIRONNEMENT

Spécialité : Eau

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Frédéric Ragnanguénéwindé COMPAORE**

Le 14 Juillet 2018

Réf : 2iE/2018-03

Titre :

---

**Analyse spatio-temporelle des facteurs environnementaux et socio-sanitaires  
favorables à la persistance des maladies liées à l'eau : cas de la schistosomiase  
Burkina Faso**

---

### **Jury**

<b>M. Yves TRAORE</b> , Professeur Titulaire, Université Ouaga I, Burkina Faso	Président/Examinateur
<b>M. Jean Noël PODA</b> , Directeur de Recherche, CNRST, Burkina Faso	Rapporteur
<b>Mme Djénéba OUERMI</b> , Maître de Conférences (CAMES), Université Ouaga I, Burkina Faso	Rapporteur
<b>M. Hamma YACOUBA</b> , Professeur Titulaire, 2iE	Directeur de thèse
<b>M. Jacques SIMPORE</b> , Professeur Titulaire, Université Ouaga I, Burkina Faso	Co-Directeur de thèse
<b>Mme Mariam SOU/DAKOURE</b> , Maître Assistante (CAMES), 2iE	Invitée

Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), 2iE  
Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni (CERBA), Université Ouaga I/Laboratoire de  
Biologie Moléculaire et de Génétique (LABIOGENE), Université Ouaga I



## Dédicaces

A mes chers parents;

A ma chère épouse Nadège Kaboré ;

A mon fils Juste Evan B. Compaoré; puissent les leçons de la vie et le savoir acquis au cours  
de cette expérience lui servir de référence pour sa vie future.

A mes frères Hermann, Clovis et sœurs Cathérine et Tatiana ;

A tous les collaborateurs particulièrement aux habitants du village de Panamasso qui ont  
beaucoup contribué à la réalisation de ce travail ;

A toutes les personnes qui directement ou indirectement ont apporté leur contribution  
inestimable à ce travail.

## Remerciements

Mes pensées vont à l'endroit de Dieu pour qui j'ai une lourde dette de reconnaissance ; je ne taris point de remerciements et de louanges pour sa présence dans ma vie. Merci Seigneur de m'avoir orienté vers cette thèse, une expérience de laquelle je sors très ravi des nombreux acquis ;

Je remercie mes Directeurs de thèse qui n'ont ménagé aucun effort pour que cette thèse soit une réussite notamment :

- ❖ Je remercie le Professeur Titulaire Hamma Yacouba, mon Directeur de thèse pour son engagement dans la conduite de mes travaux ; merci cher Professeur pour vos conseils, votre assistance. Vous n'avez pas lésiné sur les moyens à mettre à disposition pour la réalisation de mes travaux de thèse ; aussi n'avez-vous pas hésité à établir les partenariats utiles à l'aboutissement des travaux de ma thèse en l'occurrence celui établi avec le Professeur Jacques Simporé de l'Université Ouaga1 Professeur Joseph Ki-Zerbo.
- ❖ Mes remerciements vont au Professeur Titulaire Jacques Simporé de l'Université Ouaga1 Professeur Joseph Ki-Zerbo, Co-Directeur de thèse, qui m'a ouvert les portes de son bureau dès le premier contact. Je garderai toujours à l'esprit cet instant où vous m'avez reçu dans votre bureau alors que, étudiant de mon état, je venais sans rendez-vous pour voir un Professeur de votre rang (Ce qui est inouï dans notre contexte). Vous vous êtes promptement engagé en prenant les dispositions nécessaires pour une bonne collaboration avec l'Institut 2iE. Je vous serez toujours redevable pour vos conseils, vos encouragements. Vous m'avez ouvert les portes de votre laboratoire, le Laboratoire de Biologie Moléculaire et de Génétique (LABIOGENE) basé au Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni (CERBA) où j'ai fait la connaissance d'une équipe dynamique et très collaboratrice. Vous m'avez également ouvert les portes du Centre Gaston Muraz à Bobo pour les analyses parasitologiques et la conservation de mes échantillons. Vous avez pris à cœur une phase cruciale de ce travail relative à la PCR en temps réel en établissant un contact très fructueux avec le Professeur Jean Noël PODA, ce qui a permis à cette partie de l'étude d'aboutir. Je demande à Dieu de vous fortifier afin que nous jeunes puissions toujours profiter de cette mine d'or que vous incarnez.

Je remercie l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), cette prestigieuse école de référence. Cette école a grandement contribué à ma formation. J'y ai obtenu mon diplôme d'ingénieur en assainissement et en ce moment même j'y suis entrain d'achever ma thèse de doctorat. Je voudrais principalement remercier :

- ❖ L'Ecole Doctorale de 2iE qui a réuni les conditions pour l'aboutissement des travaux menés dans le cadre de cette thèse, notamment le Professeur Harouna Karambiri, Directeur et son assistante Madame Génèviève Yaméogo qui vient de nous quitter car appelée à d'autres fonctions ;
- ❖ Le Laboratoire Eau Dépollution Ecosystème Santé (LEDES), mon laboratoire d'accueil notamment le chef du laboratoire le Docteur Yacouba Konaté pour sa parfaite collaboration et ses conseils, les techniciens Messieurs Moustapha Ouédraogo et Noël Tindouré avec qui nous avons partagé les difficultés du terrain ;
- ❖ Le Docteur Mariam Sou Dakouré pour son engagement à accompagner mes travaux de thèse ;
- ❖ Le service des transports de 2iE notamment Messieurs Adama Nikièma, Jacques Bonkougou, Madi Nana, Boureima Sinini, Amado Sorgho à la retraite depuis fin 2016 et Barro pour les moments passés ensemble sur le terrain ;
- ❖ Mes collègues doctorants et doctorantes pour les moments d'échange très fructueux qui ont permis de résorber certaines difficultés majeures ;
- ❖ Aux stagiaires Messieurs Adama Nacoulma et Harouna Ismaël pour leur contribution dans la réalisation des activités de terrain.

Je voudrais remercier l'équipe du Laboratoire de Biologie Moléculaire et de Génétique logé au Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni:

- ❖ Les personnels technicien et cadre avec lesquels j'ai travaillé notamment le Père Albert Yonli, Vice-Directeur du CERBA, le Docteur Florencia Djigma, Le docteur Djénéba Ouermi ;
- ❖ Les étudiants et étudiantes en thèse et master pour leur appui considérable dans la conduite de mes analyses de biologie moléculaire notamment Madame Rebecca Compaoré, Messieurs Serge Théophile Soubeiga, Abdoul Karim Ouattara, Abel Sorgho, Arsène Zongo, Diarra Birama, Yannick et Bado.

Je témoigne ma gratitude au Ministère de la Santé du Burkina Faso qui a accompagné cette étude à travers le Programme National de Lutte contre les Maladies Tropicales Négligées. Je remercie les principaux responsables de ce programme en l'occurrence le Docteur François Drabo, Coordonnateur du programme et Monsieur Amado Ouédraogo, responsable du volet relatif à la lutte contre la schistosomiase, qui se sont montrés disponibles pour appuyer l'étude en termes d'informations et de cadrage.

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA), une fois encore, comme lors de mes travaux de Master pour l'obtention de mon diplôme d'ingénieur, a de façon inestimable contribué à la réalisation de mes travaux à travers son laboratoire régionale d'analyse des Hauts Bassins basé dans la ville de Bobo Dioulasso. Je remercie le chef du laboratoire Hadaré Dabré et ses collègues pour leur parfaite collaboration. Je me souviendrai toujours des moments agréables que nous avons partagés.

Je remercie également l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) à Ouagadougou notamment le Professeur titulaire Jean Noël PODA qui s'est investi dans la phase cruciale consistant à trouver des œufs de schistosomes pour les analyses de PCR en temps réel. Professeur, spontanément vous avez accepté de prendre en charge cette activité et mieux, vous avez cadré mon travail en m'accordant votre précieux temps, en m'orientant vers des personnes ressources et en me fournissant des synthèses de vos principaux travaux. Je vous remercie infiniment pour cela. Mes remerciements vont à certains de vos collaborateurs notamment le Docteur Boubacar Savadogo, le Docteur Zongo Dramane pour leur appui dans la conduite de mes analyses parasitologiques et au Docteur Tani Sagna pour ses recommandations avisées pour les travaux de biologie moléculaire.

Ma reconnaissance au Directeur Général du Centre Gaston Muraz de Bobo Dioulasso qui a bien voulu m'accepter dans ses locaux pour les analyses de parasitologie et à ses collaborateurs notamment le Docteur Dramane Kanya pour sa très bonne collaboration.

Je remercie les habitants du village de Panamasso pour leur participation à l'étude. Je leur souhaite un futur meilleur. Puisse les conclusions des études conduites sur leur site aboutir à des actions concrètes dans le sens de l'élimination de la schistosomiase et bien d'autres maladies liées à l'eau de leur site et de l'ensemble des sites endémiques du Burkina Faso.

Aux équipes d'enquête, je leur formule ma gratitude pour avoir bravé les difficultés énormes afin de collecter les informations utiles pour cette étude.

Ce travail a eu un appui financier substantiel de la direction du Développement et de la Coopération Suisse (DDC) à travers le Programme 3<sup>E</sup> (Eau – Energie – Environnement) porté par 2iE et ses partenaires. Je leur témoigne ma sincère gratitude et conformément à leur vision de développement, j'investirai mes acquis de cette thèse dans le développement du Burkina Faso.

Enfin, je tiens à témoigner ma reconnaissance aux membres du jury qui ont bien voulu accepter juger ce travail.

## **Avant-propos**

La schistosomiase comme beaucoup d'autres maladies liées à l'eau est un problème majeur de santé publique reconnu tant au niveau national qu'au niveau international. Pour le cas spécifique de la schistosomiase, une des principales maladies tropicales négligées, des mesures s'imposent au vu de son poids incontestablement immense sur les communautés dans les zones endémiques empêchant ainsi leur développement.

Cette thèse de doctorat avec comme objectif général d'identifier les facteurs de persistance de la schistosomiase dans les zones endémiques visait (sans être exhaustif) de façon spécifique à identifier de potentiels hôtes définitifs autres que l'homme qui pourraient contribuer à alimenter le cycle de transmission, une modélisation spatiale de la transmission en considérant trois sites d'investigation dont un de chacune des trois zones climatiques du Burkina, une étude épidémiologique longitudinale. Cependant après un peu plus d'un an de thèse au cours duquel nous avons mené des prospections de terrain, il est ressorti compte tenu du caractère focal de la maladie, de l'état actuel des connaissances sur la maladie au Burkina, des contraintes temporelles et des ressources (financières et humaines) énormes nécessaires à la couverture de ces zones, de réduire l'étendue de la zone d'étude au site de Panamasso situé au sud-Ouest du Burkina. Par ailleurs, les conditions expérimentales n'ayant pas pu être réunies pour l'identification d'hôtes définitifs potentiels autres que l'homme, nous ne sommes pas arrivés au bout de ces investigations. Des études ultérieures pourraient répondre à cette question. Les travaux poursuivis ont concerné les facteurs sociaux prépondérants de l'occurrence de la maladie à travers une étude transversale au lieu d'une étude longitudinale, les facteurs sanitaires (en lien avec le diagnostic et la stratégie de traitement) et les facteurs environnementaux (recherche de la saison de forte incidence de la schistosomiase). Il s'agissait d'opérer une approche intégrée afin de mieux cerner les déterminants pertinents de la maladie dans un foyer endémique. Ce sont ces résultats qui sont présentés dans ce document. Notre but n'était pas de produire un modèle de plus qui est non seulement global, ne cadrant pas toujours avec les spécificités d'un foyer donné, mais aussi est utilisé en général pour des fins de surveillance, de prédiction et d'identification des potentielles zones à risque. Il s'agit pour nous d'expliquer la persistance de la schistosomiase bien que les zones endémiques soient connues et que des stratégies de lutte y soient en cours depuis plus d'une décennie. Un grand merci à tous les acteurs de cette période qui ont contribué à rassembler des informations pertinentes pour cadrer la suite de cette étude.



Pour vaincre la schistosomiase qui est une maladie tropicale négligée (MTN), il faut travailler dans le sens de la transformer en maladie tropicale non négligée (MTNN) c'est-à-dire, orienter les efforts de lutte dans le sens de l'éveil des consciences des acteurs ruraux (puisque c'est les plus exposés) afin qu'ils puissent établir clairement le lien étroit entre leurs intérêts et cette pathologie. Les moyens techniques sont multiformes et se contredisent parfois, les moyens de traitement des malades sont largement en deçà des besoins réels et il faut penser autrement : amener l'acteur rural à percevoir ces intérêts à travers la mise en pratique de comportements favorables à l'élimination de la schistosomiase.

Cette thèse de doctorat sur les maladies liées à l'eau, notamment la schistosomiase, s'inscrit dans le cadre du volet 1.1.1 intitulé « cycle de l'eau et la modélisation » du programme 3<sup>E</sup> (Eau – Energie – Environnement) financé par la Direction du Développement et de la Coopération Suisse (DDC) et porté par deux institutions partenaires que sont l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne en Suisse (EPFL), l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) à Ouagadougou au Burkina Faso.

## Liste des abréviations

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

3<sup>E</sup> : Eau – Energie - Environnement

ADN: Acide Désoxyribo Nucléique

CSPS : Centre de Santé et de Promotion Sociale

DALYs: Disability Adjusted-Life Years

DDC : Direction du Développement et de la Coopération Suisse

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

mm: Millimètre

MTN/NTD: Maladies Tropicales Négligées/Neglected Tropical Diseases

NU : Nations Unies

ODD: Objectifs du Développement durable

ORA: Odds Ratio Ajusté

ORB : Odds Ratio Brut

PED : Pays En Développement

PZK : Praziquantel

SIDA : Syndrome d'ImmunoDéficiency Acquis

SPSS: Statistical Package for Social Sciences

µg/mL: Microgramme par millilitre

USD: United State Dollar / Dollar Américain

## Table des matières

Dédicaces .....	ii
Remerciements .....	iii
Avant-propos .....	vii
Liste des abréviations .....	ix
Table des matières .....	x
Liste des figures .....	xii
Liste des tableaux .....	xiii
Liste des équations .....	xiv
Résumé .....	xvi
Introduction générale .....	1
1. Contexte .....	13
2. Justification .....	14
3. Hypothèses de l'étude .....	15
4. Objectif de l'étude .....	15
5. Organisation du document .....	15
Chapitre I: Synthèse bibliographique .....	18
I.1 Les Maladies Tropicales Négligées .....	19
I.2 Les maladies liées à l'eau .....	20
I.3 La schistosomiase dans le monde .....	22
I.3.1 La Schistosomiase : Définitions et cycle de transmission .....	22
I.3.2 Le vecteur ou l'hôte intermédiaire .....	25
I.3.3 Le parasite .....	27
I.3.4 L'hôte définitif .....	28
I.3.5 Manifestations de la bilharziose (schistosomiase) .....	28
I.3.6 Epidémiologie de la schistosomiase .....	29
I.3.7 Diagnostic .....	30
I.3.7.1 La méthode parasitologique .....	30
I.3.7.2 La méthode immunologique ou sérologique .....	31
I.3.7.3 La méthode moléculaire .....	32
I.3.7.4 L'imagerie médicale .....	32
I.3.8 Les méthodes palliatives .....	32
I.3.8.1 Les méthodes préventives .....	33
I.3.8.2 Les méthodes curatives : traitement au praziquantel .....	33
I.3.9 Approches de modélisation .....	35
I.3.10 Succès enregistrés .....	35
I.4 La schistosomiase au Burkina Faso .....	35
I.4.1 Le Burkina Faso : brève présentation .....	35
I.4.2 Etat de l'art .....	37
Chapitre II: Matériels et méthodes .....	42
II.1 Zone d'étude : village de Panamasso .....	43
II.2 Modèle d'étude .....	45
II.3 Etude épidémiologique de type transversal .....	45
II.3.1 Enquêtes sociologiques .....	45
II.3.2 Echantillonnage et tirage de la population d'étude et des ménages .....	47
II.3.3 Niveaux de connaissance de la maladie et de ses facteurs de risque .....	48
II.3.4 La distance du ménage au point d'eau .....	48

II.3.5 Etude de la prévalence de la schistosomiase : méthode parasitologique .....	49
II.3.6 Traitement statistique des données.....	50
II.4 Etude épidémiologique de type évaluatif.....	50
II.4.1 Evaluation de la stratégie de traitement .....	50
II.4.2 Evaluation de la stratégie d'estimation des prévalences .....	51
II.4.3 Evaluation de la technique de diagnostic .....	51
II.4.3.1 Population d'étude et échantillons .....	51
II.4.3.2 Analyses moléculaires.....	51
II.5 Etude épidémiologique de type écologique ou environnemental .....	53
II.5.1 Contamination fécale des eaux.....	53
II.5.2 Les paramètres physico-chimiques de l'eau.....	54
II.5.3 Densité et taux d'infection des mollusques vecteurs .....	55
II.5.4 Contacts homme – eau .....	55
II.5.5 Analyse statistique.....	55
II.5.6 Indice d'infection à la schistosomiase.....	56
II.6 Considérations éthiques .....	57
Chapitre III: Résultats .....	58
III.1 Etude épidémiologique transversale.....	59
III.1.1 Population d'étude .....	59
III.1.2 Les déterminants de l'occurrence de la maladie .....	63
III.2 Etude épidémiologique évaluative.....	69
III.2.1 Traitement au praziquantel : la toise.....	69
III.2.2 Evaluation de la méthode d'estimation des prévalences.....	70
III.2.3 Evaluation de la technique de diagnostic .....	70
III.3 Etude épidémiologique écologique .....	71
III.3.1 Pollution fécale .....	71
III.3.2 Prospection malacologique .....	73
III.3.3 Contacts Homme – eau .....	75
III.3.4 Indice d'infection à la schistosomiase (IIS).....	75
Chapitre IV: Discussion générale.....	82
IV.1 Epidémiologie transversale .....	83
IV.1.1 Occurrence de la maladie dans les ménages.....	83
IV.1.2 Déterminants de l'infection individuelle .....	84
IV.1.3 Les prévalences.....	86
IV.2 Epidémiologie évaluative .....	87
IV.2.1 Traitement au praziquantel : la toise.....	87
IV.2.2 Méthode d'estimation des prévalences .....	90
IV.2.3 Technique de diagnostic : analyse biomoléculaire .....	90
IV.3 Epidémiologie écologique .....	91
IV.4 Eliminer la schistosomiase .....	96
Conclusion générale .....	102
Références bibliographiques .....	cvi
Annexes.....	xiii
Glossaire.....	xxxiv
Fin.....	xxxvi

## Liste des figures

Figure 1: Illustration du cercle vicieux: pauvreté-MTN .....	19
Figure 2: Distribution des besoins en Praziquantel dans le monde.....	20
Figure 3: Interactions impliquées dans la classification des maladies liées à l'eau.....	22
Figure 4: Cycle de transmission de la schistosomiase .....	24
Figure 5: Illustration de la place centrale de l'eau dans le cycle de transmission .....	25
Figure 6: Quelques vecteurs de la schistosomiase selon Levêque[41]. .....	26
Figure 7: Schistosomes.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 8: Distribution mondiale de la schistosomiase .....	30
Figure 9: Œufs des 5 espèces de schistosomes de l'homme (Source: ANOFEL 2016) .....	31
Figure 10: Méthodes de lutte contre la schistosomiase.....	33
Figure 11: Toise de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) .....	34
Figure 12: Bassins versants du Burkina Faso.....	36
Figure 13: Zones climatiques du Burkina Faso.....	37
Figure 14: Profil de prévalences de 5 sites sentinelles.....	40
Figure 15: Localisation du village de Panamasso (Compaoré, 2015).....	44
Figure 16: Caractéristiques du site d'étude (Compaoré, 2015) .....	44
Figure 17: Entrevue entre un enquêteur et un individu de l'échantillon.....	46
Figure 18: Quelques étapes de l'analyse parasitologique. ....	49
Figure 19 : Séance de mesure des paramètres d'un échantillon d'eau .....	54
Figure 20: Diagramme de l'écoulement des effectifs des ménages.....	60
Figure 21: Distribution des ménages selon leur statut .....	61
Figure 22: Pyramide des âges de la population d'étude .....	62
Figure 23: Diagramme du mouvement des effectifs des individus au cours de l'étude .....	63
Figure 24: Niveaux de connaissance de la maladie.....	66
Figure 25 : ANOVA de Friedman.....	69
Figure 26: Sortie des résultats d'analyse par PCR en temps réel .....	70
Figure 27: Dynamique saisonnière de la pollution fécale par <i>E.Coli</i> .....	72
Figure 28: Dynamique saisonnière des paramètres physico-chimiques.....	72
Figure 29: Dynamique saisonnière des mollusques du genre <i>Bulinus</i> .....	74
Figure 30: Dynamique saisonnière des mollusques du genre <i>Biomphalaria</i> .....	74
Figure 31: Dynamique saisonnière des contacts homme-eau .....	75
Figure 32: Dynamique des indices d'infection des deux formes de la schistosomiase .....	77
Figure 33: Dynamique des indices d'infection .....	77
Figure 34: Indice d'infection selon l'âge et par forme de schistosomiase .....	78
Figure 35: Tableau de sélection des individus Kish dans le ménage .....	xxiii

## Liste des tableaux

Tableau 1: Les espèces de schistosomes[3] .....	28
Tableau 2: Les phases de développement de la schistosomiase.....	29
Tableau 3: Les méthodes de diagnostic déjà utilisées au Burkina Faso.....	41
Tableau 4: Plan d'échantillonnage.....	47
Tableau 5: critère de définition des niveaux de connaissance .....	48
Tableau 6: Quantification de l'ADN en microgramme par millilitre ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ).....	52
Tableau 7: Période d'échantillonnage pour chaque saison .....	54
Tableau 8: Instruments de mesures des paramètres physico-chimiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 9: Analyse univariée sur les déterminants de la survenue de la maladie dans un foyer.....	64
Tableau 10: Régression logistique: l'occurrence de la maladie dans les ménages.....	65
Tableau 11: Distribution de la maladie dans les ménages selon la distance .....	65
Tableau 12: Analyse univariée sur l'infection des individus.....	67
Tableau 13: Régression logistique: déterminants de l'infection individuelle.....	68
Tableau 14:Prévalences par parasite trouvé .....	69
Tableau 15:Distribution des prévalences et des intensités d'infection selon l'âge.....	69
Tableau 16: Comparaison de la PCR en temps réel et de la méthode de Kato-Katz .....	71
Tableau 17: Indice d'infection à la schistosomiase par sexe, âge et forme de la maladie.....	76
Tableau 18: Indice d'infection par point pour la forme intestinale (hivernage). .....	78
Tableau 19: Indice d'infection par point pour la forme intestinale (saison froide). .....	79
Tableau 20: Indice d'infection par point pour la forme intestinale (saison chaude). .....	79
Tableau 21: Indice d'infection par point pour la forme urinaire (hivernage).....	79
Tableau 22: Indice d'infection par point pour la forme urinaire (saison froide) .....	80
Tableau 23: Indice d'infection par point pour la forme urinaire (saison chaude) .....	80

## Liste des équations

Équation 1: Formule de calcul de la taille de l'échantillon d'étude .....	47
Équation 2: Formule de calcul de l'indice d'infection à la schistosomiase .....	56

***Pour éliminer la schistosomiase, une maladie tropicale négligée, il faut qu'elle devienne une maladie non négligée car une chose certaine est que nous ne pourrons éliminer ce que nous négligeons.***

***Frédéric Ragnanguénéwindé COMPAORE***



## Résumé

La schistosomiase est une parasitose infectieuse liée à l'eau à caractère focal provoquée par un ver parasite du genre *schistosoma*. Elle sévit en zones tropicales et subtropicales et appartient à la catégorie des maladies tropicales négligées (MTN). Cette pathologie représente dans les pays en développement et plus particulièrement au Burkina Faso, un problème grave de santé publique. Les graves conséquences notamment en termes socio-économiques au Burkina ont conduit à la mise en place en 2004 d'un programme national de lutte dont la stratégie est le traitement de masse des enfants d'âge scolaire et des communautés à haut risque dans 22 sites sentinelles avec du praziquantel. Malgré cette décennie de traitement, une persistance avec des prévalences et des densités d'infection importantes est toujours observée. Cette étude a pour objectif d'étudier les facteurs explicatifs de la persistance de cette parasitose. Elle est basée sur une approche intégrée combinant les trois aspects social, environnemental et sanitaire. Au plan social, l'étude vise à démontrer les facteurs sociaux pertinents de la persistance à travers une enquête socio-anthropologique suivie d'un diagnostic sanitaire ; une analyse multivariée notamment une régression logistique binaire a permis d'établir le modèle de transmission de la maladie en identifiant les facteurs sociaux pertinents associés à son occurrence sur le site. Au plan environnemental, il s'agit d'identifier la saison de forte incidence à travers un suivi saisonnier des paramètres du cycle de transmission. Au plan sanitaire, il s'agit d'évaluer la stratégie de traitement de masse et les techniques et méthodes de diagnostic utilisées. Cette étude a permis de comprendre que les facteurs sociaux majeurs associés à la maladie sont la position des ménages donc des individus par rapport au point d'eau, la défécation à l'air libre, l'âge et les contacts avec l'eau. Par ailleurs, elle a permis d'identifier la saison chaude (Mars - Avril) comme la saison de forte incidence, autrement dit les campagnes de traitement de masse seraient plus efficaces en début de saison hivernale. Enfin, l'étude a démontré que la stratégie de traitement n'assurait pas de doses optimales de praziquantel pourtant recommandées dans des zones endémiques comme Panamasso. A n'en pas douter, cette étude contribue considérablement à une meilleure orientation de la stratégie de lutte contre cette pathologie débilitante qui freine le développement du Burkina Faso en handicapant sa ressource humaine.

**Mots clés :** Société, Environnement, Santé, Persistance, Schistosomiase, analyse multivariée, Panamasso, Burkina Faso.

## Abstract

Schistosomiasis is a water related infectious parasitosis with focal specificity caused by a worm of the genus *Schistosoma*. As a Neglected Tropical Disease (NTD), it severely acts in tropical and subtropical zones. This pathology represents in developing countries particularly in Burkina Faso, a public health problem of major concern. The important inconveniences notably in socio-economic terms in Burkina Faso lead to the establishment of a national fight program whose strategy is based on mass drug administration for school-aged children and high risk communities in 22 sentinel sites with praziquantel. Despite this decade of treatment, persistence with high prevalence and densities is always observed. This study aims at studying the explanatory factors of the disease. It is based on an integrated approach combining social, environmental and sanitary aspects. Regarding social aspects, this study aims at demonstrating the relevant associated factors to the disease through a socio – anthropological survey followed by sanitary diagnostic. A multivariate analysis especially binary logistic regression was used to establish the disease transmission model by identifying the important factors associated to its occurrence. With regard to environmental aspects, the study goal is to identify the season of high incidence through a monitoring of transmission cycle parameters. As for sanitary aspects; the purpose is to evaluate the mass drug administration strategy, the diagnostic technic and method used currently. This study demonstrated that the major factors associated to the disease are the geographic position of the household then of individuals relatively to the river, the lack of sanitation i.e. opens defecation, age and contacts with water. Besides, this study allowed the identification of the warm season (March – April) as the one of high incidence, in other words, the mass drug administration campaigns would be more efficacy at the start of the rainy season. At last, the study revealed that the treatment strategy do not assure optimal praziquantel doses whereas these doses are recommended on endemic sites such as Panamasso. Undoubtedly, this study contributes considerably to a best orientation of the fight strategy against this debilitating disease that hampers the development of Burkina Faso by handicapping its human resource.

**Keys words:** Society, Environment, Health, Persistence, schistosomiasis, Multivariate analysis, Panamasso, Burkina Faso.

# Introduction générale

## 1. Contexte

La schistosomiase ou bilharziose est une parasitose tropicale appartenant au groupe des maladies tropicales négligées (MTN). Elle est une maladie liée à l'eau. Les conséquences au niveau mondial de cette maladie sont surtout très marquées au plan socio-économique avec un poids de plus de 70 millions de Nombre d'Années de vie perdues Ajustées à l'Invalidité (Disability-Adjusted Life Years-DALYs) [1], plus de 200 millions de personnes infectées, près de 800 autres millions dans des zones à risque [1], 800.000 décès par an [2], 20 millions d'individus porteurs de formes graves [3]. En Afrique, la maladie est endémique dans 46 pays sur 54 [4] ; on y dénombre entre 80% et 90% des personnes infectées et 200.000 décès par an . Selon Poda et al. (2004), en termes de morbidité, la schistosomiase n'a pas le même impact immédiat que certaines parasitoses comme le paludisme mais ses conséquences à moyen et long termes peuvent mettre la vie des personnes en danger : surinfection et/ou lithiases vésicales, cancérisation de la vessie, insuffisance rénale, hépato-splénomégalie, hémorragies digestives, etc.[5]. La maladie est à l'origine d'un retard de croissance et de déficit intellectuel chez les enfants. La maladie constitue un lourd tribut sur la production économique des pays endémiques comme cela a été démontré dans la vallée du Kou au Burkina Faso par Kpoda et al.[6].

Au plan international, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en a fait une priorité en définissant un plan stratégique sur la période 2012-2020 pour une lutte contre la morbidité, une élimination de la schistosomiase en Afrique au Sud du Sahara (ASS) en tant que problème de santé publique et une interruption de sa transmission[2].

Par ailleurs, dans le cadre du Schistosomiasis Control Initiative (SCI)[7]–[11], des programmes nationaux de lutte ont été installés dans plusieurs pays dont le Burkina Faso, le Mali, le Niger. Au plan national, au niveau du Burkina Faso, la stratégie du programme national de lutte mis en place depuis 2004, est le traitement de masse des enfants d'âge scolaire[12] dans 22 sites sentinelles endémiques répartis dans tout le pays. Le traitement s'étend à l'ensemble de la communauté dans les zones à haut risque telles que Panamasso situé au Sud-Ouest du Pays.

Ainsi, plusieurs efforts ont été fournis à ce jour pour éliminer la maladie et malgré toutes les mesures entreprises, il est observé une persistance de la maladie avec des prévalences et des intensités d'infection importantes.

## 2. Justification

L'échéance prévue (2020) est presque arrivée et la maladie représente toujours un problème sérieux de santé publique pour les pays en développement (PED) comme le Burkina Faso. Par ailleurs, la persistance de cette maladie débilitante lui a valu une attention particulière des Nations Unies (NU). En effet la schistosomiase revêt un double enjeu pour les Nations Unies et cela se perçoit à travers l'objectif de développement durable (ODD) 3.3 formulé comme suit : «Éliminer les épidémies de SIDA, tuberculose, malaria et maladies tropicales négligées et combattre l'hépatite, les maladies liées à l'eau et les autres maladies transmissibles d'ici 2030 »[13]. La schistosomiase est à la fois une maladie tropicale négligée et une maladie liée à l'eau et mérite de ce fait une double attention. L'indicateur principal de cet objectif est le nombre de personnes ayant besoin d'interventions contre les maladies tropicales négligées.

En effet, les besoins en interventions notamment en traitement de masse contre la schistosomiase sont immenses et loin d'être satisfaits. En 2015, alors qu'au moins 218 millions de personnes avaient besoin d'un traitement, plus de 66,5 millions de personnes ont été traitées[14]. Ce qui traduit une transmission continue (nouvelles infections et réinfections) dans les zones endémiques alors que les ressources disponibles à ce jour pour la lutte contre cette maladie sont estimées à moins de 20% seulement des ressources nécessaires.

A ce jour, la stratégie d'intervention dans plusieurs pays dont le Burkina Faso est seulement basée sur le traitement de masse au praziquantel comme si les sites endémiques présentaient les mêmes mécanismes de transmission, avaient les mêmes déterminants de l'occurrence de la maladie. Aussi, ce type de traitement n'a pas de pouvoir préventif efficace contre la maladie. La schistosomiase est pourtant une maladie focale qui requiert des mesures spécifiques à chaque foyer pour une élimination effective. Ne faut-il pas rechercher et promouvoir les stratégies préventives ? Un effort commun bien structuré doit être développé pour une lutte efficace contre cette pathologie afin de permettre aux pays endémiques de mieux entreprendre leur développement. C'est à ce titre que cette étude est conduite pour contribuer à lever les obstacles aux efforts de lutte contre la schistosomiase.

### **3. Hypothèses de l'étude**

Cette étude est basée sur trois hypothèses fondamentales que sont :

- L'insuffisance des méthodes de diagnostic et de la stratégie de traitement : en effet une insuffisance des méthodes de diagnostic influence indubitablement les interventions de remédiation à travers une évaluation non réaliste de l'ampleur réelle du problème (prévalence, intensités d'infection, etc.); aussi, une stratégie de traitement qui ne permet pas une guérison effective entraîne un possible développement d'une résistance du parasite.
- La méconnaissance de la maladie et de ses facteurs de risque par les populations dans les zones à risque : la zone à risque regroupant tous les facteurs favorables à l'occurrence de la maladie, il est important pour les communautés vivant dans ces zones de bien connaître la maladie et l'ensemble des facteurs associés à son occurrence et surtout de comprendre l'enjeu que représente cette maladie pour elles qui sont exposées ;
- La méconnaissance des facteurs de risque environnementaux : la maîtrise des facteurs environnementaux ou écologiques, des mécanismes temporo-spatiaux de la transmission est fondamentale non seulement pour les populations dans le cadre de programme d'éducation pour la santé mais aussi pour la planification des interventions palliatives telles que les traitements de masse.

### **4. Objectif de l'étude**

L'objectif général de ce travail est d'étudier les facteurs explicatifs de la persistance de la schistosomiase. Cet objectif se décline en trois objectifs spécifiques qui sont :

- Démontrer les limites des méthodes de diagnostic et les limites de la stratégie de traitement en place ;
- Identifier les facteurs sociaux pertinents qui pourraient expliquer la survenue de la maladie ;
- Expliquer le mécanisme environnemental de la survenue des infections.

### **5. Organisation du document**

La présente dissertation comporte quatre (04) chapitres. Le premier chapitre traite de la revue bibliographique ; il y est réalisé une présentation de la schistosomiase et la synthèse des travaux y relative dans le monde mais aussi au Burkina Faso. Le deuxième chapitre est relatif aux matériels et méthodes utilisés dans le cadre de cette étude pour l'atteinte des objectifs. Nous y avons présenté la zone d'étude ainsi que les différentes étapes méthodologiques de ce travail. Le troisième chapitre de cette dissertation présente et décrit les résultats obtenus.

Enfin, le quatrième chapitre qui concerne la discussion générale présente une interprétation des résultats en proposant des recommandations pour une élimination effective de la schistosomiase à Panamasso, au Burkina et partout dans les zones endémiques. Les chapitres sont précédés et suivis d'une introduction générale et d'une conclusion générale respectivement. La première situe le contexte de l'étude, elle justifie la pertinence d'une telle étude et présente les hypothèses sur lesquelles elle est basée et les objectifs à atteindre. La deuxième tire une conclusion en proposant des perspectives d'approfondissement de cette étude.

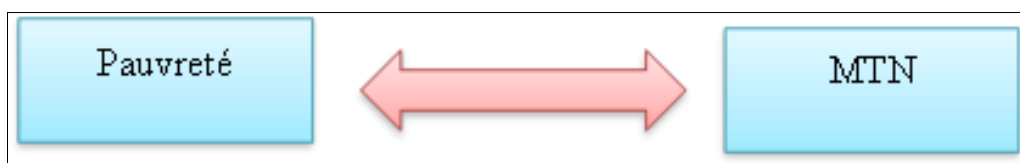




# **Chapitre I: Synthèse bibliographique**

## I.1 Les Maladies Tropicales Négligées

Une maladie est dite « négligée » parce qu'elle sévit dans les zones les plus pauvres du monde [15]–[17]. Les maladies parasitaires et bactériennes, connues pour être négligées, figurent parmi les infections les plus courantes qui touchent environ 2,7 milliards d'individus vivant avec moins de 2 dollars américains (USD) par jour [18]. La majeure partie de ces maladies se retrouvent dans les zones à climat tropical et subtropical [15], [19], [20]. D'où l'expression Maladies Tropicales Négligées (MTN). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les maladies tropicales négligées sont principalement des maladies infectieuses qui sévissent dans les milieux déshérités, surtout dans la chaleur et l'humidité des climats tropicaux [21]. Elles tuent chaque année 534 000 personnes dans le monde [18]. Il existe plusieurs maladies tropicales négligées : le choléra et les maladies diarrhéiques endémiques, la dengue/la dengue hémorragique, la dracunculose (maladie du ver de Guinée), la **filariose lymphatique** (éléphantiasis), les géohelminthiases (nématodose, ankylostomiase et trichurose), la **leishmaniose**, la lèpre, la **maladie de chagas**, l'**onchocercose**, la **schistosomiase**, le **trachome cécitant**, les tréponématoses endémiques (pian, caraté, syphilis endémique), la trypanosomiase humaine africaine (maladie du sommeil) et l'ulcère de Buruli [22], [23]. Les plus répandues dans la liste ci-dessus en dehors des géohelminthiases qui touchent plus d'un milliard de personnes sont celles en gras [21]. Ces maladies sont entretenues par la pauvreté et cela a pour conséquence une non décroissance de leur morbidité ; par ailleurs, leur impact est très considérable dans le monde car elles réduisent en permanence le potentiel humain et maintiennent plus d'un milliard de personnes dans la pauvreté [21], [24], [25]. Il s'agit là d'un cercle vicieux très complexe (comme le montre la figure numéro1) et des mesures idoines s'imposent pour le briser. Sans nul doute, ces mesures devraient être très inclusives et mettre en avant les acteurs subissant ces maladies. La schistosomiase en tant que MTN est à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté [26].

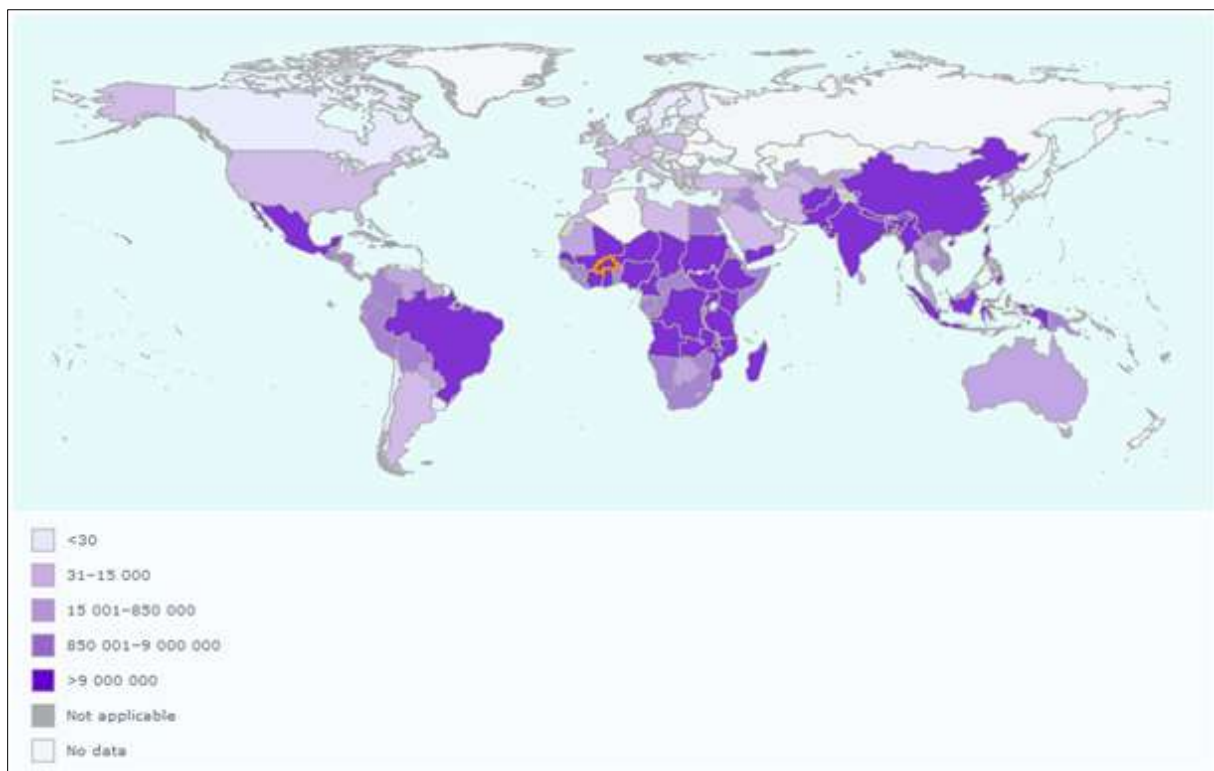


**Figure 1:** Cercle vicieux: pauvreté-MTN (Compaoré, 2017)

Les besoins d'interventions contre les MTN dans le monde sont très immenses. En 2014, au moins 1,7 milliard de personnes avaient besoin d'intervention contre les MTN. La figure2

présente les différentes estimations des besoins des pays du monde contre les MTN[27]. Nous pouvons remarquer que dans les contrées en couleur violette foncée dont le Burkina Faso (bordures en orange), les effectifs d'individus ayant besoin d'une intervention sont supérieurs à 9.000.000.

Plusieurs types d'interventions sont réalisés sur le terrain contre les MTN. Les interventions principales sont les traitements de masse et individuels, l'eau potable, l'hygiène et l'assainissement, le contrôle des vecteurs, la santé publique vétérinaire aussi bien que les interventions de renforcement des systèmes de santé[13]. L'élimination des MTN est la cible 3.3 des Objectifs de Développement Durable avec comme indicateur principal (indicateur 3.3.5) : « Le nombre de personnes ayant besoin d'une intervention contre les MTN »[13].



**Figure 2:** Distribution des besoins en Praziquantel dans le monde (WHO, 2016)

## I.2 Les maladies liées à l'eau

Le paragraphe qui suit est une traduction du résumé de R. Stanwell-Smith sur les maladies liées à l'eau[28]. Selon cet auteur, les maladies liées à l'eau englobent les maladies résultant de l'exposition directe et indirecte à l'eau à travers la consommation ou l'exposition de la peau pendant la baignade ou les activités récréatives dans l'eau. Elles incluent les maladies

provoquées par des pathogènes ou des substances toxiques associées à l'eau. Une définition plus large inclut les maladies liées au manque d'eau ou celles découlant de la contamination de l'eau au cours de catastrophes climatiques telles que les érosions, les sécheresses, les maladies liées aux vecteurs dont une partie de leur cycle de vie se déroule dans l'eau et les maladies liées à l'inhalation des aérosols issus des eaux contaminées. Les maladies liées à l'eau peuvent être classées en termes d'agents responsables et des types de contact avec l'eau ; mais pour des fins de surveillance, la classification doit aussi inclure la probabilité d'association avec l'eau puisque **l'étiologie multifactorielle** est impliquée dans la plupart, sinon la totalité, des maladies liées à l'eau. En termes de santé publique, le système de classification devrait inclure des facteurs relatifs aux interventions telles que le type de traitement de l'eau ou les mesures d'assainissement requis pour éliminer les facteurs causaux des maladies. Les facteurs d'hôte sont pertinents dans la transmission des maladies liées à l'eau puisque beaucoup des agents ont plus d'impact sur les individus qui sont malnutris ou qui souffrent déjà d'autres maladies incluant les maladies associées à la déficience immunitaire. La corrélation inhérente entre l'eau et la nourriture complique la classification des maladies liées à l'eau : dans beaucoup de systèmes de surveillance, les statistiques sur les maladies liées à l'eau sont subsumées à l'intérieur des données sur les gastroentérites ou les intoxications alimentaires.

Selon R. Stanwell-Smith, il existe trois (03) composantes essentielles de classification des maladies liées à l'eau que sont :

- Les pathogènes et autres agents impliqués dans la maladie liée à l'eau ;
- Le type d'exposition à l'eau ;
- Le niveau de probabilité de cause liée à l'eau.

La figure numéro 3 présente les interactions impliquées dans la classification des maladies liées à l'eau [28].

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) Il existe 25 principales maladies liées à l'eau dont la schistosomiase et ces maladies constituent un défi sanitaire mondial consistant à les prévenir [29]. Parmi les maladies liées à l'eau, on retrouve [30] :

- ✓ les maladies provoquées par la présence de micro-organismes et d'agents chimiques dans l'eau de boisson;
- ✓ celles comme la schistosomiase dont les larves se développent dans des gastéropodes d'eau douce; ou encore
- ✓ le paludisme véhiculé par des moustiques qui se reproduisent en eau douce ou saumâtre ;

- ✓ les maladies comme la légionellose véhiculée par des aérosols contenant des micro-organismes.

Le poids des maladies liées à l'eau est énorme sur la population mondiale. En effet le choléra et les maladies diarrhéiques sont responsables à elles seules de 1,8 millions de décès chacun chaque année. Les maladies liées à l'eau maintiennent des millions d'individus dans des cycles de pauvreté et de santé médiocre les rendant improductifs[31].

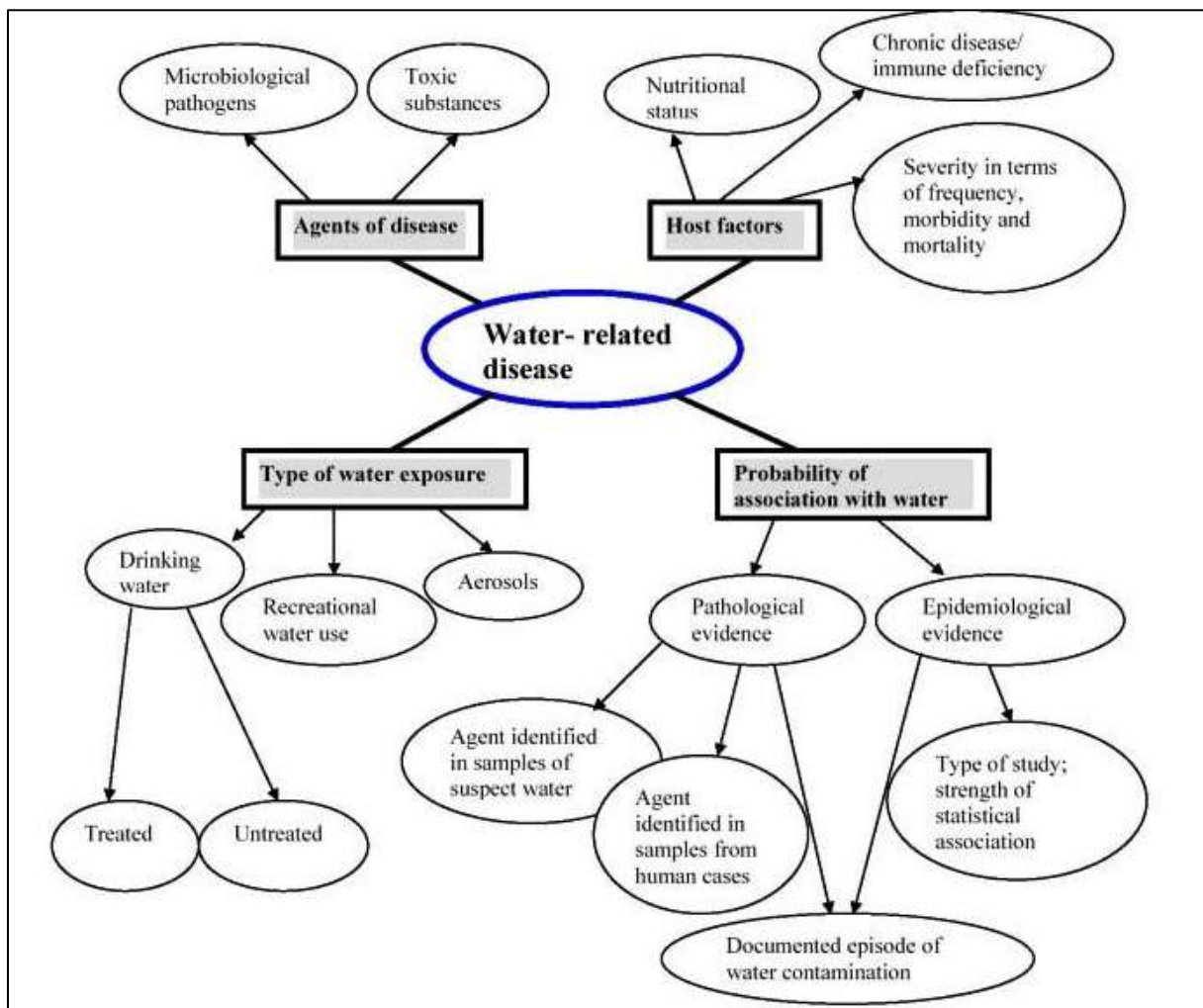


Figure 3: Interactions impliquées dans la classification des maladies liées à l'eau [28].

## I.3 La schistosomiase dans le monde

### I.3.1 La Schistosomiase : Définitions et cycle de transmission

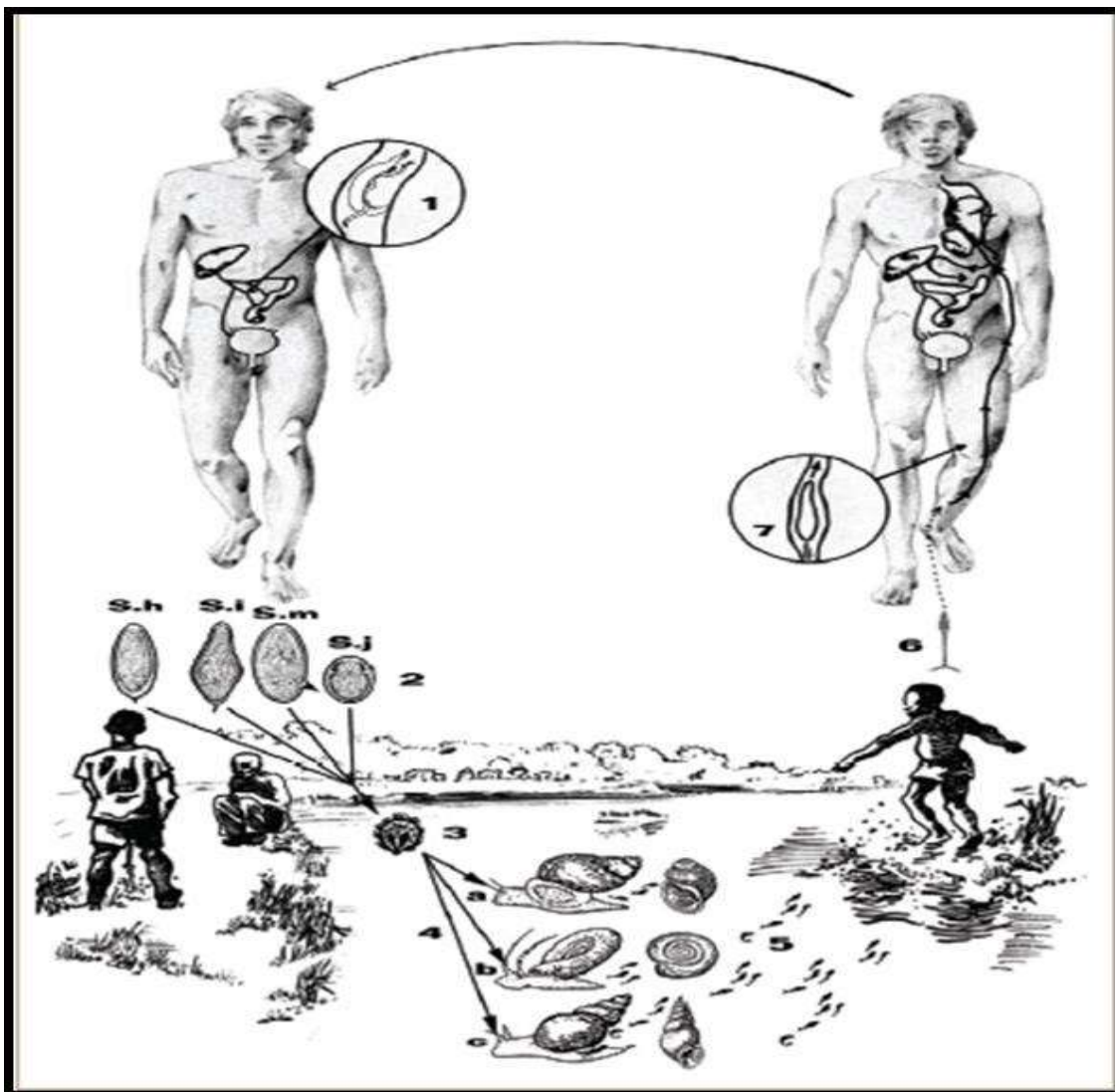
La schistosomiase ou communément la bilharziose est une parasitose infectieuse liée à l'eau à caractère focal [1], [5]. Elle sévit en zones tropicales et subtropicales où elle représente pour les pays en développement et plus particulièrement le Burkina Faso, un problème grave de santé publique. Elle appartient à la catégorie des MTN du fait de son endémicité dans un

premier temps dans les zones pauvres[15]–[17] et dans un deuxième temps, parce qu'elle n'a pas la même priorité que les autres pathologies telles que la Sida, le paludisme, la tuberculose pour lesquels les financements de lutte sont plus disponibles [1], [32]. Cette pathologie n'est prise au sérieux que lorsqu'elle représente un problème grave de santé publique.

La maladie est provoquée par un ver parasite du genre *Schistosoma* et se présente sous deux formes: la forme uro-génitale (*Schistosoma haematobium*) et la forme intestinale (*Schistosoma mansoni*, *Schistosoma japonicum*, *Schistosoma intercalatum*, *Schistosoma mekongui*). Pour les deux formes, le cycle de transmission passe par un mollusque d'eau douce qui est l'hôte intermédiaire indispensable au parasite pour boucler son cycle de reproduction. La figure 4 présente le cycle de transmission de la schistosomiase[33]. La première étape de ce cycle est un individu infecté au sein duquel nous pouvons observer un schistosome adulte vivant dans les plexus artérioveineux abdominaux. A l'étape 2, à cause des pratiques inappropriées en matière d'hygiène et d'assainissement caractérisées par la miction et la défécation en plein air, les œufs sont éliminés dans le milieu extérieur par les urines dans le cas de *S. haematobium* (*S. h.*) ou par les selles pour les autres espèces(*S. mansoni* - *S. m.*, *S. intercalatum* - *S. i.* et *S. japonicum* - *S. j.*). L'étape 3 montre un miracidium libéré par l'éclosion des œufs en eaux douces qui va infester un mollusque hôte intermédiaire obligatoire à l'étape 4 (a. Bulin (*S. h.*, *S. i.*), b. Planorbe (*S. m.*), c. Oncomelania (*S. j.*)). L'étape 5 correspond à la libération des furcocercaires infestantes obtenues après transformation des miracidiums en sporocytes et multiplications de ces derniers au sein des mollusques hôtes intermédiaires. A l'étape 6, on observe une Infestation d'un individu (infection) par les furcocercaires lors d'un contact avec les eaux contaminées. L'étape 7 correspond à la migration des schistosomules jusqu'au système porte où ils deviendront adultes avant de gagner les plexus artérioveineux abdominaux.

Décrit autrement, ainsi que le présente la figure 5, le cycle de transmission se compose de deux (02) chaînes : hôte définitif – mollusques d'une part (flèches noires sur la figure 5) et mollusques – hôte définitif d'autre part (flèches bleues sur la figure 5). Dans la première chaîne, du fait de la défécation et de la miction anarchiques à l'air libre, un hôte définitif (personne et/ou animal) infecté émet des œufs de bilharzie (ou de schistosome) dans ou à proximité des eaux douces qui vont éclore au contact avec l'eau et donner des miracidiums (larves infectantes de mollusques) ; ces derniers vont à leur tour infester les mollusques au sein desquels ils vont se multiplier en nombre important par voie asexuée (selon Combes C. (1995), chaque miracidium ayant pénétré dans un mollusque peut donner naissance en quelques semaines à 100 000 à 200 000 cercaires[3]). Dans la seconde chaîne, les

miracidiums seront libérés sous forme de cercaires (larves infectantes des hôtes définitifs tels que l'homme) par les mollusques. Ces cercaires infectent les hôtes définitifs (hommes, animaux) en contact avec l'eau [3], [33], [34]. Pour arriver à éliminer cette maladie, il faudrait arriver à briser au moins une des différentes chaînes de transmission. Et cela est d'ailleurs primordial compte tenu des conséquences socio-économiques graves particulièrement marquées en Afrique Subsaharienne (ASS)[35].



**Figure 4:** Cycle de transmission de la schistosomiase [33].

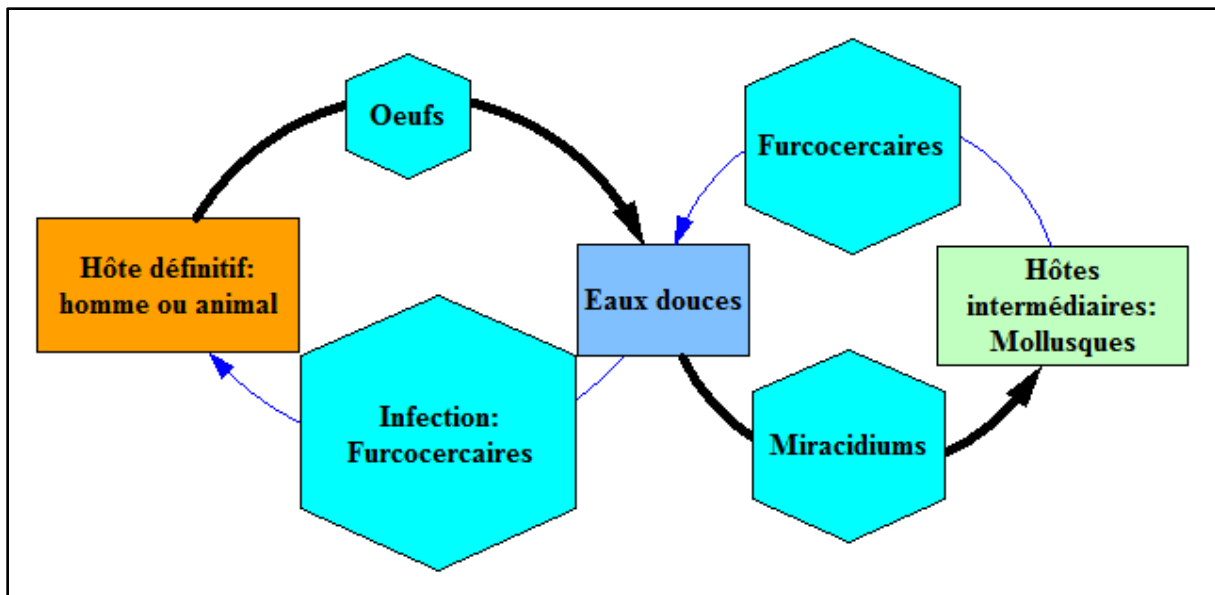


Figure 5: Place centrale de l'eau dans le cycle de transmission (Compaoré, 2016)

### I.3.2 Le vecteur ou l'hôte intermédiaire

Les vecteurs responsables de la transmission de la schistosomiase de l'homme vivent en eau douce stagnante ou courante (vitesse max = 0,3m/s) avec un changement progressif du niveau de l'eau, une pente faible inférieure à 2%, une présence de boue, une faible turbidité, une présence de matière organique, un ombrage partiel et une température comprise entre 18° et 28°C. Ils sont hermaphrodites et se nourrissent d'herbes. Ils sont de plusieurs genres et espèces et sont répartis partout en zone tropicale et subtropicale où ils participent à la transmission de la maladie. Leur particularité est leur faculté à estiver (c'est-à-dire qu'en absence d'eau, ceux-ci s'enfoncent dans le sol et peuvent résister à la déshydratation pendant une période supérieure à six (06) mois) qui contribue à maintenir la maladie dans des zones à longue saison sèche. Le tableau numéro 1 présente pour chaque espèce de parasite l'hôte intermédiaire correspondant ainsi que les caractéristiques de leur coquille. On distingue les *Bulins* (*Bulinus senegalensis*, *Bulinus truncatus*), les *Planorbes* (*Biomphalaria pfeifferi*, *Biomphalaria sudanica*), les *Oncomelania* (*Oncomelania hupensis*, *O. nosophora*, *O. formosana*, *O. quadrasi*) et les *Neotricula* (*Néotricula aperta*) ; *Bulins* et *Planorbes* font partie de la sous-classe des *Pulmonés* largement étudiés en Afrique subsaharienne.

L'identification des vecteurs s'effectue à partir de la forme de la coquille et de quelques caractères anatomiques simples en se basant sur des clés d'identification[36]. Cependant ces clés sont souvent sources de confusion conduisant à la controverse. La meilleure façon d'identifier les vecteurs jusqu'au niveau de l'espèce se fait à partir de leur appareil



reproducteur[37]. Les vecteurs (des schistosomes de l'homme notamment pour *Schistosoma haematobium*, *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma intercalatum*) libèrent les cercaires selon un type circadien (un seul pic d'émission)[38]–[40] au moment les plus chauds de la journée entre 9h et 15h généralement en fonction des zones. Une étude récente a mis en évidence une chronobiologie de type infradien (plus d'un pic d'émission au cours de la journée) au Bénin[39]. La figure numéro 6 présente quelques vecteurs de la schistosomiase humaine et animale, de la sous-classe des Pulmonés retrouvés en Afrique Subsaharienne.

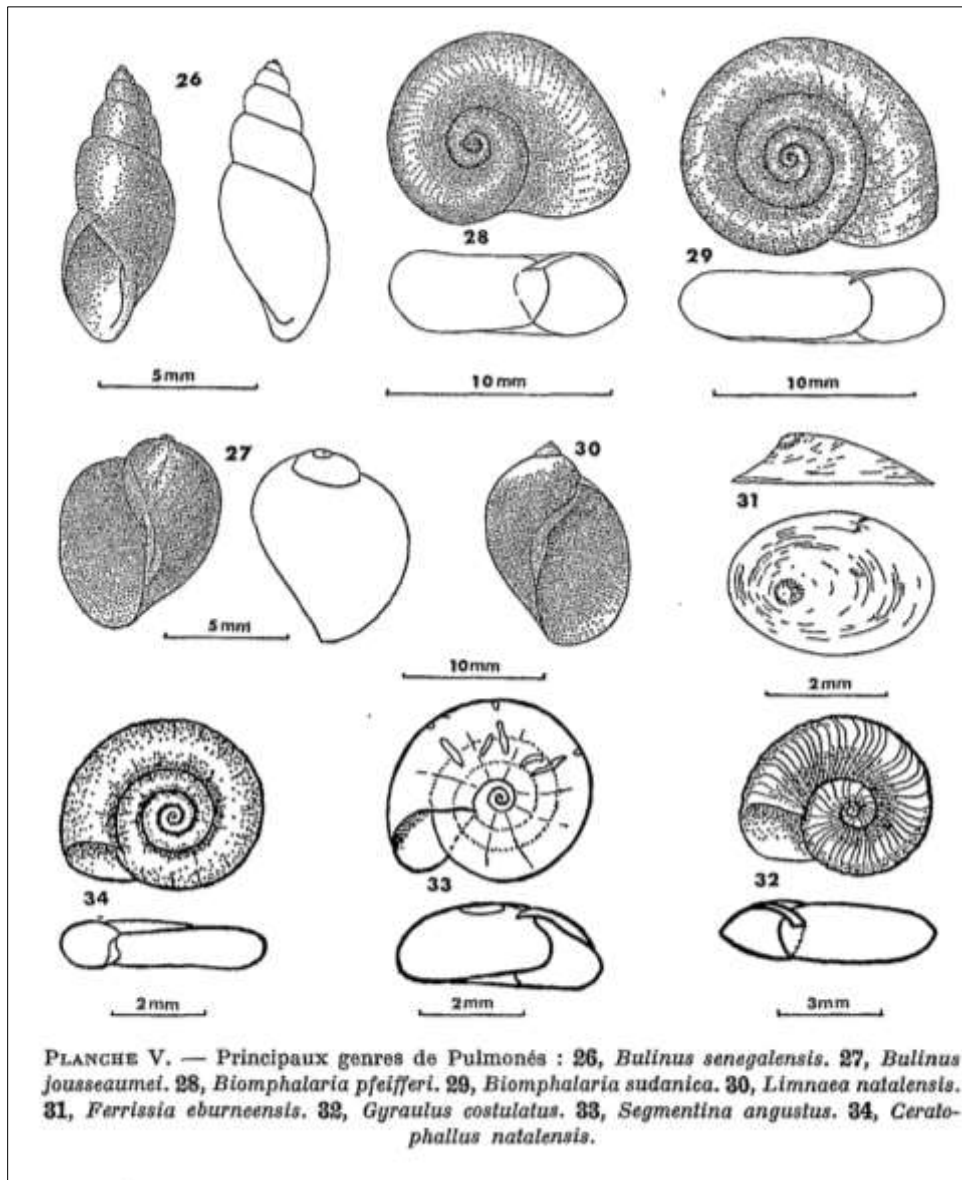


Figure 6: Quelques vecteurs de la schistosomiase [41].

### I.3.3 Le parasite

Ce sont des vers plats appelés trématodes du genre *Schistosoma* [2]. Leur corps (au stade de miracidium dans l'eau) se compose d'une tête en forme d'hameçon et d'une queue bifide leur permettant de nager dans l'eau à la recherche d'hôtes définitifs. En pénétrant la peau d'un hôte définitif, ceux-ci se débarrassent de la queue. Ils vivent dans l'organisme de ce dernier où ils se nourrissent des hématies et du plasma sanguin. La reproduction s'effectue en deux phases : une phase asexuée au sein d'un mollusque qui produit des miracidiums et une deuxième phase sexuée au sein de l'hôte définitif qui produit des œufs (homme, mammifère, etc.) [2]. Le mâle est aplati comparé à la femelle qui est filiforme ; celle-ci se trouve enveloppée par le mâle dans un canal gynécophore au moment de l'accouplement comme on peut observer sur la figure 7.a. Le parasite connaît quatre (04) formes au cours de sa vie comme le montrent la figure 7.c : miracidium-cercarie-schistosomules (jeune schistosome)-schistosome adulte. Le tableau 1 présente les différentes espèces responsables de la schistosomiase à travers le monde [3]. On distingue au total cinq (05) espèces responsables des schistosomes de l'homme.

❖ Classification zoologique des schistosomes

**Classe :** Trématodes

**Sous-classe :** Digéniens

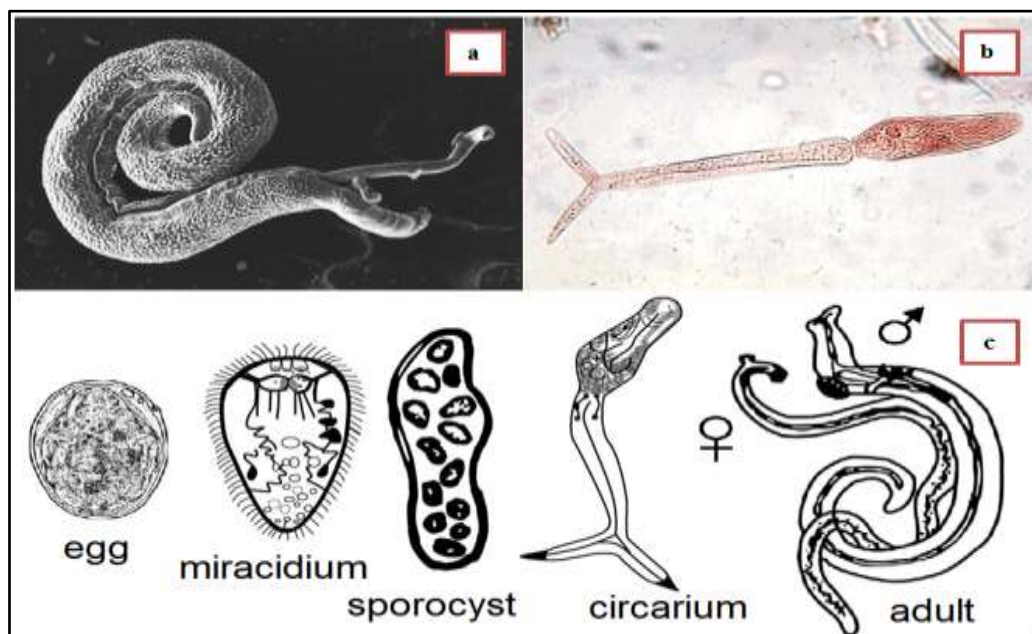
**Super ordre :** *Anepitheliocystidia* LaRUE

**Ordre :** *Strigeatoidea* LaRUE

**Sous-ordre :** *Strigeata* LaRUE

**Super famille :** *Schistosomatoidea* STILES et HASSALL

**Genre :** *Schistosoma* WEINLAND, 1858.



**Figure 7:** Schistosomes (Source : Association Française des Enseignants de Parasitologie et de Mycologie-ANOFEL).

**Tableau 1:** Les espèces de schistosomes[3]

Espèces	Répartition géographique	Hôte intermédiaire (mollusque)	Hôtes définitifs	Localisations	Pathogénicité
<i>S. haematobium</i> Bilharz, 1852	Afrique Moyen-Orient +/-	Bulin (coquille globuleuse, senestre)	Homme Primates Moutons Porc	Veine mésentérique inférieure Plexus hypogastrique	Urinaire : dilatation et sténoses urinaires
<i>S. mansoni</i> Sambon, 1907	Afrique Antilles Amérique Centrale Amérique du Sud	Planorbe (coquille aplatie, dextre)	Homme Primates Rongeurs	Veine mésentérique inférieure Plexus péricolique	Digestive : hypertension portale
<i>S. intercalatum</i> Fischer, 1934	Afrique Centrale	Bulin (coquille globuleuse, senestre)	Homme Primates	Veine mésentérique inférieure Plexus rectal	Rectale : diarrhées glairo-sanglantes
<i>S. japonicum</i> Katsurada, 1904	Extrême-Orient	Oncomelania (coquille allongée et spiralée)	Homme Primate Rongeurs Carnivores	Veine mésentérique supérieure	Artério-veineuse : hypertension portale précoce
<i>S. mekongui</i> Voge, Bruckner, Bruce, 1978	Asie du Sud-Est	Neotricula (coquille allongée et spiralée)	Homme Primates Canidés	Veine mésentérique supérieure	Artério-veineuse : hypertension portale précoce

### I.3.4 L'hôte définitif

L'hôte définitif du cycle de la schistosomiase est un mammifère à sang chaud tel que l'homme ou un animal comme les rongeurs. Ces derniers jouent un rôle important dans le cycle puisque c'est à partir d'eux que les œufs pondus sont disséminés dans l'eau douce. Une intervention efficace devrait mettre ces éléments du cycle en avant plan principalement en ce qui concerne l'homme.

### I.3.5 Manifestations de la bilharziose (schistosomiase)

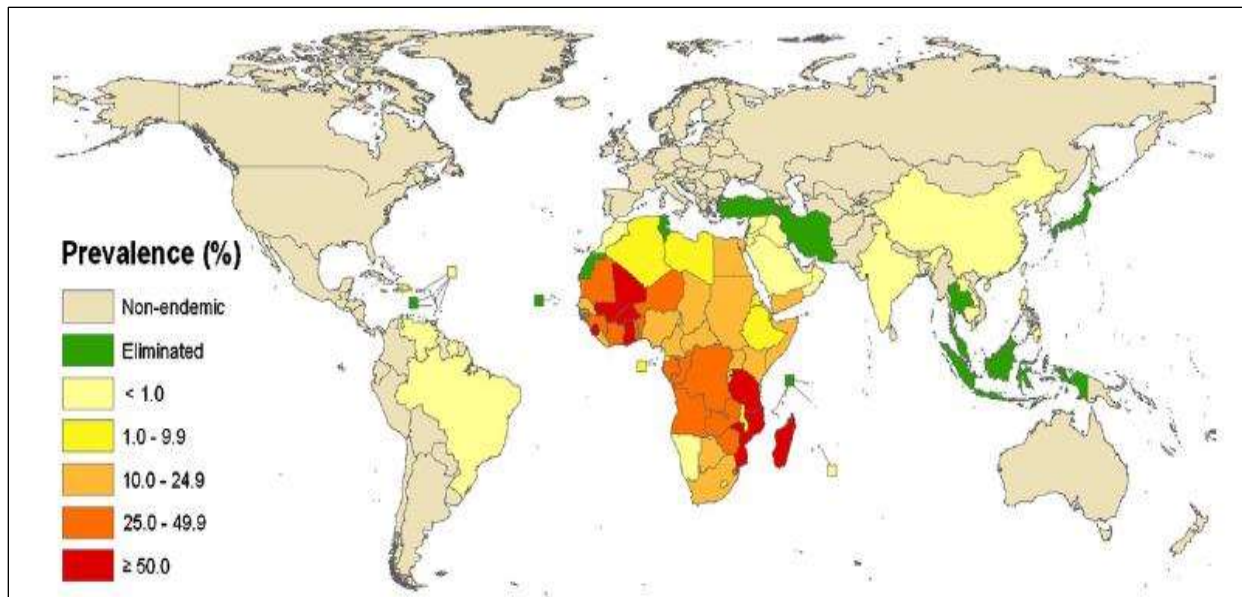
La maladie comprend quatre (04) phases et les symptômes varient selon les phases. Le tableau numéro 2 ci-dessous adapté de P. Bourrée et collaborateurs (2007) présente les différentes phases ainsi que les symptômes correspondants.

**Tableau 2:** Les phases de développement de la schistosomiase

Phases	Définitions	Diagnostic approprié	Manifestations/symptômes	Traitement
<b>Infection</b>	Pénétration des furcocercaires à travers la peau		Prurit, démangeaisons, etc.	
<b>Invasion et incubation</b>	Migration des schistosomules dans l'organisme jusqu'au foie, accroissement et accouplement	L'anamnèse, l'hyperéosinophilie Sanguine et la positivité du Sérodiagnostic	Céphalées, myalgies, arthralgies, Diarrhée, rash urticarien, toux et dyspnée	Corticothérapie : traitement à base de corticoïdes doués de propriétés anti-inflammatoires.
<b>Etat</b>	Ponte des œufs dans les intestins ou dans la vessie selon la forme de la maladie	Kato Katz, MIF, etc. Pour la forme intestinale ; filtration, centrifugation, macroscopie/microscopie pour la forme urogénitale	Hématurie, pesanteur hypogastrique, douleurs lombaires, dysurie, pollakiurie pour la forme urinaire et diarrhées, douleurs abdominales avec ténesmes, épreintes et selles glairo-sanglantes pour la forme intestinale	Praziquantel
<b>Complications</b>	Atteinte d'autres organes du corps tels le système nerveux, le foie, la colonne vertébrale[42], etc.	Imagerie médicale	Déformations spécifiques aux organes suite à la formation des granulomes bilharziens.	

### I.3.6 Epidémiologie de la schistosomiase

La schistosomiase sévit dans les zones tropicales et subtropicales. Elle est endémique en Amérique Latine, en Asie et surtout en Afrique Subsaharienne (90%) [43], [44]. La figure numéro 8 présente la carte de distribution mondiale de la schistosomiase selon Steinmann (2006) et Utzinger (2009) [45].



**Figure 8:** Distribution mondiale de la schistosomiase (Steinmann, 2006 et Utzinger, 2009)

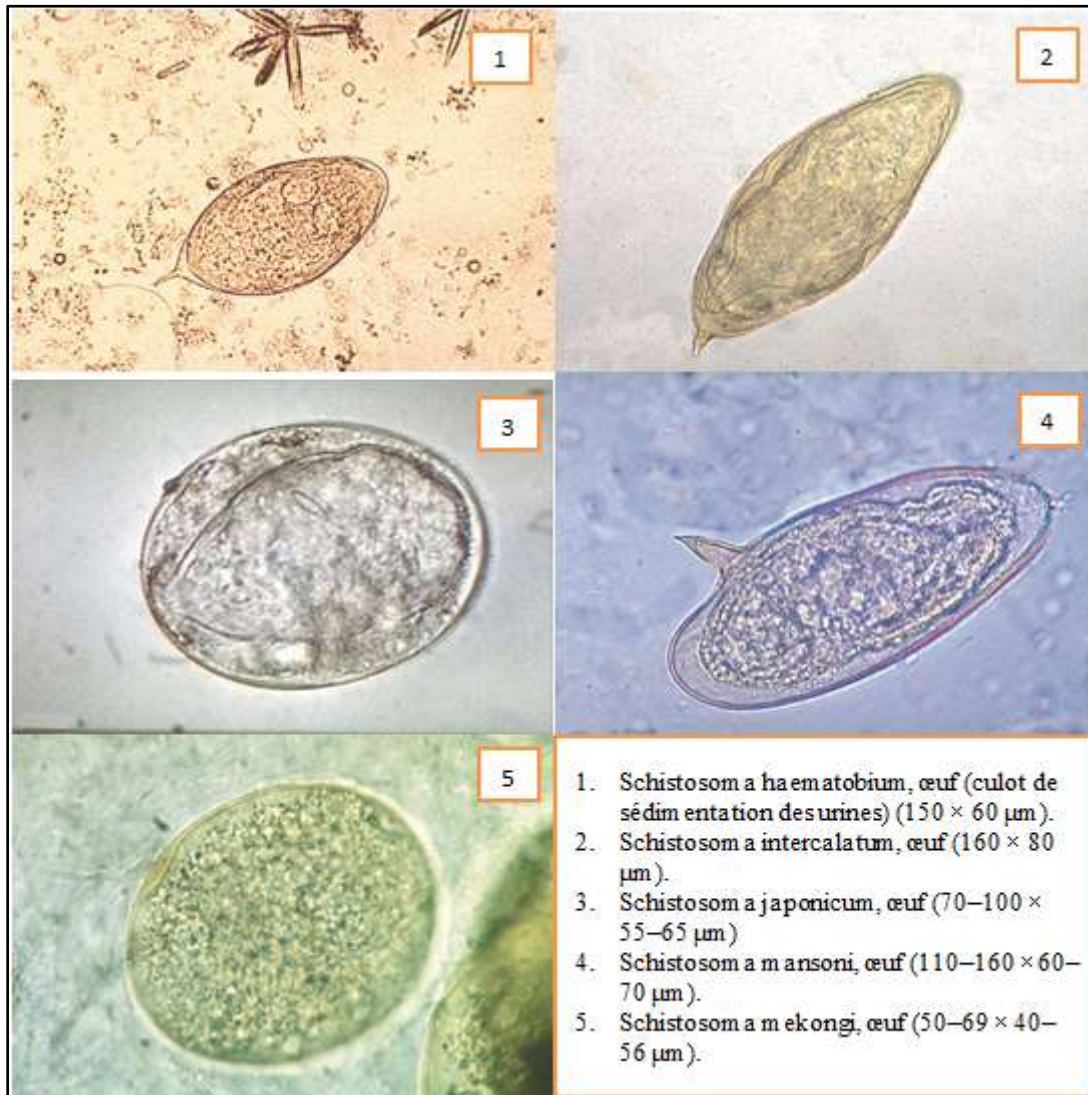
### I.3.7 Diagnostic

Les méthodes de diagnostic de la schistosomiase sont nombreuses et présentent des sensibilités différentes selon la phase de la maladie dans laquelle se trouve la personne infectée [3], [33], [46] ; on distingue quatre (04) groupes de méthodes de diagnostic à savoir la méthode parasitologique, la méthode sérologique, l'amplification en chaîne par polymérisation (Polymerase Chain Reaction – PCR) et l'imagerie médicale.

#### I.3.7.1 La méthode parasitologique

Elle consiste à rechercher directement les œufs de schistosome dans les excréta (urine, selles) et en cas d'échec par un examen anatomo-pathologique de biopsie. Cette méthode exige une grande expérience dans la reconnaissance des œufs. Elle est surtout conseillée en phase d'état [3], [33]. Gentile et collaborateurs (2011) précisent que cette méthode n'est efficace que 6 semaines (environ 42 jours) minimum après l'infection. Pour la recherche des œufs de schistosomes dans les selles, on peut citer comme méthodes parasitologiques, la méthode de Kato-Katz [2], [5], [44], la méthode de sédimentation en eau glycinée, la méthode de flottation (Faust), la méthode diphasique (Méthiolate-Iodure-Formol-MIF) [33]. En ce qui concerne les urines, plusieurs méthodes existent également au nombre desquelles nous avons la macroscopie et/ou la microscopie, les bandelettes réactives [5], la centrifugation suivie de l'examen cytobactériologique, l'examen de culot après sédimentation [33], la filtration suivie du dénombrement [2], [5], [33]. La figure numéro 9 montre les œufs des cinq (05) espèces de schistosomes de l'homme. Du numéro 1 au 5 nous avons respectivement un œuf de *S.*

*Haematobium*, *S. intercalatum*, *S. japonicum*, *S. mansoni*, *S. mekongi*. Les méthodes parasitologiques conventionnellement utilisées pour le diagnostic sont d'une sensibilité et d'une spécificité limitées[47].



**Figure 9:** Œufs des 5 espèces de schistosomes de l'homme (Source: ANOFEL 2016)

### I.3.7.2 La méthode immunologique ou sérologique

La méthode immunologique consiste à rechercher les antigènes caractéristiques du parasite dans les excréta ou les liquides corporels tels que le sérum sanguin. Cette méthode est plus adaptée en phase d'invasion [3], [33]. Elle permet de détecter la maladie 14 jours après l'infection [46]. Dans cette catégorie, on peut citer l'immunofluorescence indirecte, directe et invasive, l'hémagglutination, l'immunoélectrophorèse, l'ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay).

### **I.3.7.3 La méthode moléculaire**

C'est une méthode d'Amplification en Chaîne de l'ADN par Polymérisation (ACP) désignée en anglais par *Polymerase Chain Reaction (PCR)*, appellation couramment utilisée, dont l'intérêt a été prouvé pour la première fois en 2002 par Pontes et collaborateurs. La PCR est une technique de laboratoire pour obtenir des copies multiples de fragments d'ADN spécifiques à partir d'échantillons contenant seulement des quantités infimes d'ADN ou d'ARN[48]. Elle consiste à amplifier un fragment d'ADN ou d'ARN spécifique du parasite qui est ensuite identifié sur du gel dans le cas d'une PCR classique. Dans le cas d'une PCR en temps réel, la détection est automatiquement réalisée au cours de la réaction d'amplification. Elle est très coûteuse et sa mise en œuvre est très délicate, requérant des mesures de précautions strictes. Elle est surtout adaptée pour les diagnostics de contrôle après traitement [46]. Contrairement aux autres, elle permet de déterminer de façon spécifique l'espèce responsable de la schistosomiase [49]–[54]. Cette méthode comprend plusieurs variantes que sont la PCR spécifique, la RT-PCR, la PCR Multiplex, la Nested PCR, la PCR in-situ et la PCR en temps réel [55].

### **I.3.7.4 L'imagerie médicale**

Cette méthode consiste à observer des organes du corps affectés par les œufs de schistosomes. En effet, après la ponte des œufs, une partie est rejetée avec les excréta, une autre partie migre à travers le corps et atteint des organes comme le foie où les œufs forment des granulomes bilharziens. A plus ou moins long terme, ces granulomes affectent les organes et conduisent à leur déformation. L'observation de ces granulomes bilharziens est rendue possible grâce aux avancées scientifiques et technologiques en imagerie médicale (radiographie, myélographie, échographie, rectosigmoidoscopie, fibroscopie, urographie, cystoscopie, etc.). Cette méthode de diagnostic est plus adaptée à la quatrième phase de la bilharziose correspondant à la phase de complication.

### **I.3.8 Les méthodes palliatives**

Face aux conséquences très graves de la schistosomiase sur les populations, qui se répercutent naturellement sur l'économie, le développement des pays, des moyens de remédiation sont mis en place. Ces moyens sont de deux (02) catégories.

### I.3.8.1 Les méthodes préventives

Elles sont multiformes et s'intéressent à tous les maillons principaux de la chaîne de transmission que sont l'homme, les mollusques ; ces méthodes sont destinées à briser le cycle de transmission à n'importe quel endroit comme le montre la figure numéro 10. En ce qui concerne l'homme dans un premier temps, l'éducation pour la santé [1], [3], [33], [56]–[58], l'amélioration de l'accès à l'eau potables et à l'assainissement et du niveau socio-économique de façon générale [33], [59], la sensibilisation à l'évitement des contacts avec l'eau à travers les baignade par exemple [33], la chimio prévention [3], [58] sont des moyens prophylactiques utilisés. D'autre part, la maladie est prévenue par les aménagements environnementaux et les mollusquicides [59], [60] orientés contre les vecteurs c'est à dire les mollusques dulçaquicoles. La lutte biologique qui consiste à introduire une espèce de mollusque compétitrice à l'espèce hôte intermédiaire est également utilisée contre les mollusques. Le succès de chacune des méthodes est intrinsèquement lié à l'écosystème concerné par la maladie. Par ailleurs, un vaccin [2], [3], [60]–[62] est en perspective et sa mise au point effective permettra de réduire considérablement les fortes prévalences voire éradiquer la maladie. Enfin, la recherche est en cours pour des méthodes de diagnostic plus rapides et plus performantes.

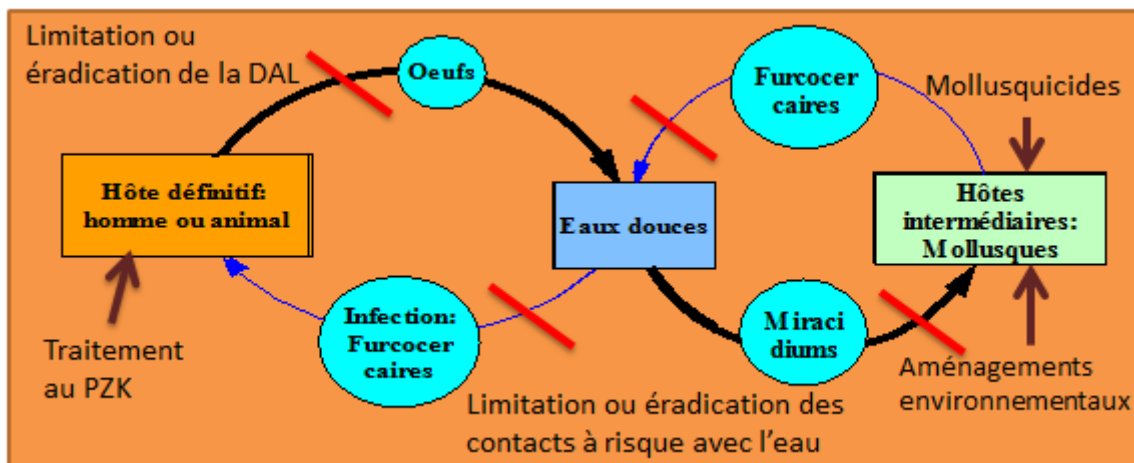


Figure 10: Méthodes de lutte contre la schistosomiase (Compaoré, 2016)

### I.3.8.2 Les méthodes curatives : traitement au praziquantel

A ce jour, un seul médicament est utilisé efficacement contre la schistosomiase. Celui-ci a supplanté le métrifonate (bilarcil) et l'oxamniquine (vansil) qui étaient précédemment utilisés contre la schistosomiase urinaire et la schistosomiase intestinale respectivement. Il s'agit du



praziquantel (biltricide). Il est prescrit à la dose de 40 mg/kg de masse corporelle en une à deux prises mais en un seul jour (soit 4 comprimés de 600 mg chez l'adulte) dans les schistosomoses urogénitale et intestinale, et à la dose de 60 mg/kg dans les schistosomoses artérioveineuses. Ce produit est tolérable même si quelques effets indésirables peuvent apparaître à la suite de la prise. La principale insuffisance du praziquantel est son inefficacité contre les récentes infections c'est-à-dire qu'il n'a pas d'effet sur les schistosomules[63]–[67]. Le parasite devient sensible au praziquantel entre six (06) et sept (07) semaines après l'infection[68]. En outre, il est important de noter l'inefficacité du praziquantel sur les formes sévères de la maladie. Par ailleurs dans les zones de forte transmission et de coinfection des deux formes de la maladie (formes uro-génitale et intestinale), il est observé une baisse d'efficacité du praziquantel. Enfin, il est aussi primordial de noter que le praziquantel a des effets de court terme sur la prévalence et l'intensité de l'infection[69]. Cela conduit à une recrudescence de celles-ci quelques temps après le traitement étant donné que la transmission est maintenue.

Dans certaines régions du monde comme c'est le cas au Burkina Faso, un outil conçu par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la toise, est utilisé à la place des balances pour des raisons de contraintes économiques ; aussi, cet outil est plus pratique et rapide comparé à la balance[70]. Plusieurs études de fiabilité ont été réalisées à ce jour et des études supplémentaires sont requises notamment à l'échelle des foyers pour une amélioration de cet outil[71]–[73]. La figure numéro 11 présente la toise de l'OMS sur laquelle nous pouvons observer pour chaque tranche de poids corporel, le nombre correspondant de comprimés de 600mg de praziquantel.

5	> 178
4	160 – 178
3	150 – 160
2,5	138 – 150
2	125 – 138
1,5	110 – 125
1	94 – 110

Comprimés Taille(cm)

**Figure 11:** Toise de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

### **I.3.9 Approches de modélisation**

Plusieurs études notamment des modélisations ont été réalisées à travers le monde pour permettre une meilleure compréhension de la distribution de la maladie en vue de rendre plus efficaces les investigations sur le terrain. Nous avons des modèles statistiques ou théoriques (plus nombreuses) et des modèles mécanistes ; entre autres, nous pouvons citer la modélisation de la distribution spatiale de la schistosomiase au Mali [74], la modélisation de la distribution spatiale et temporelle en prenant en compte les migrations et les changements de l'environnement au Brésil [75], le modèle géostatique Bayésien spatial pour 13 pays d'Afrique de l'Est [76], la carte de la distribution spatiale des *S. mansoni* au Brésil en utilisant des modèles géostatistiques Bayésiens [77].

### **I.3.10 Succès enregistrés**

A travers le monde bilharzien, de nombreuses méthodes de lutte ont été employées et des succès ont été enregistrés dans plusieurs programmes de contrôle tels qu'à Saint Lucia [58], [78], au Maroc [58], [79], Saint Kitts, en Martinique et Guadeloupe, dans certaines îles des Caraïbes, au Brésil, au Venezuela, en Arabie Saoudite, en Tunisie, en Egypte, en Mauritanie, en République Islamique D'Iran, au Japon et en République Populaire de Chine [58]. Les méthodes utilisées sont diverses et certaines ont pu avoir du succès là où d'autres ont échoué et vice versa, témoignant ainsi de la spécificité de chaque foyer bilharzien. La bilharziose est une maladie curable ; il faudrait simplement arriver à trouver la stratégie adaptée à chaque foyer. Des résultats satisfaisants ont été notés dans plusieurs pays dénotant ainsi que la maladie peut être vaincue.

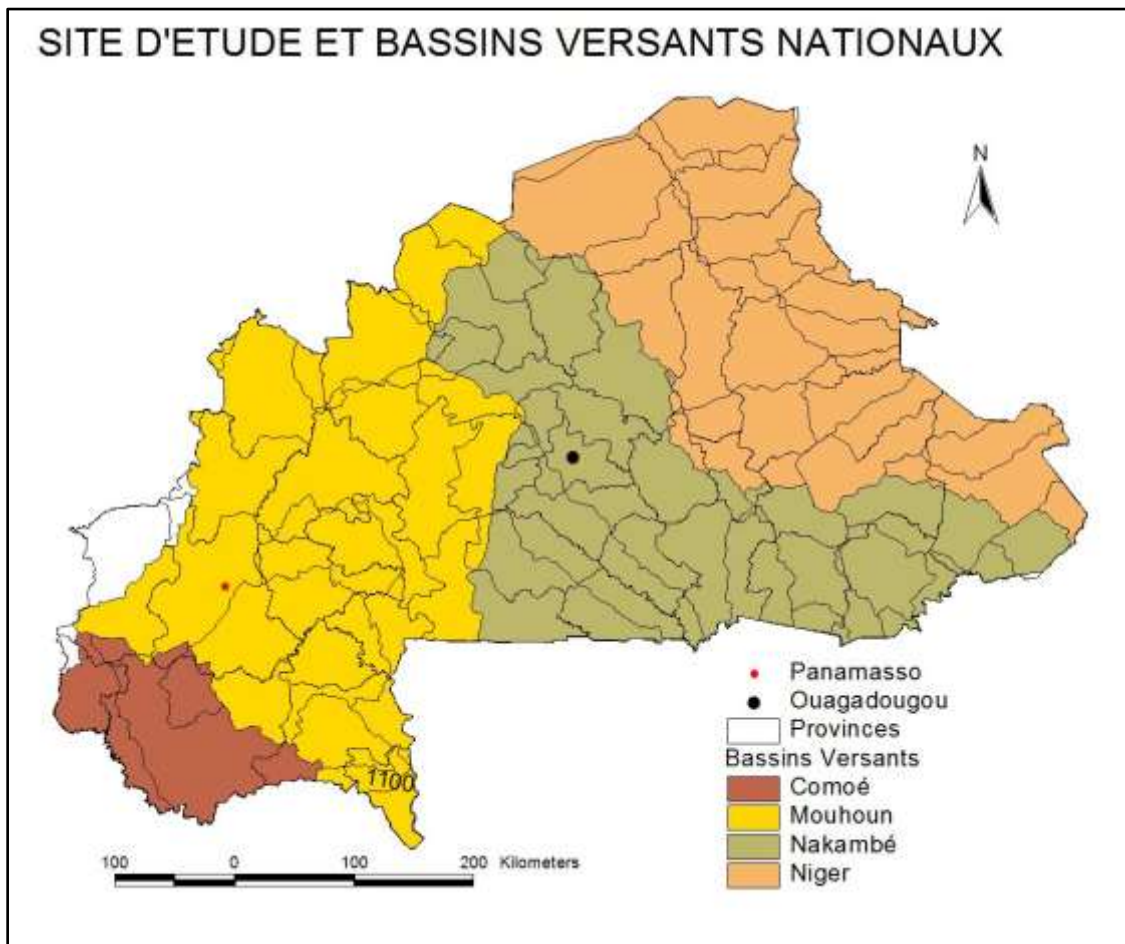
## **I.4 La schistosomiase au Burkina Faso**

### **I.4.1 Le Burkina Faso : brève présentation**

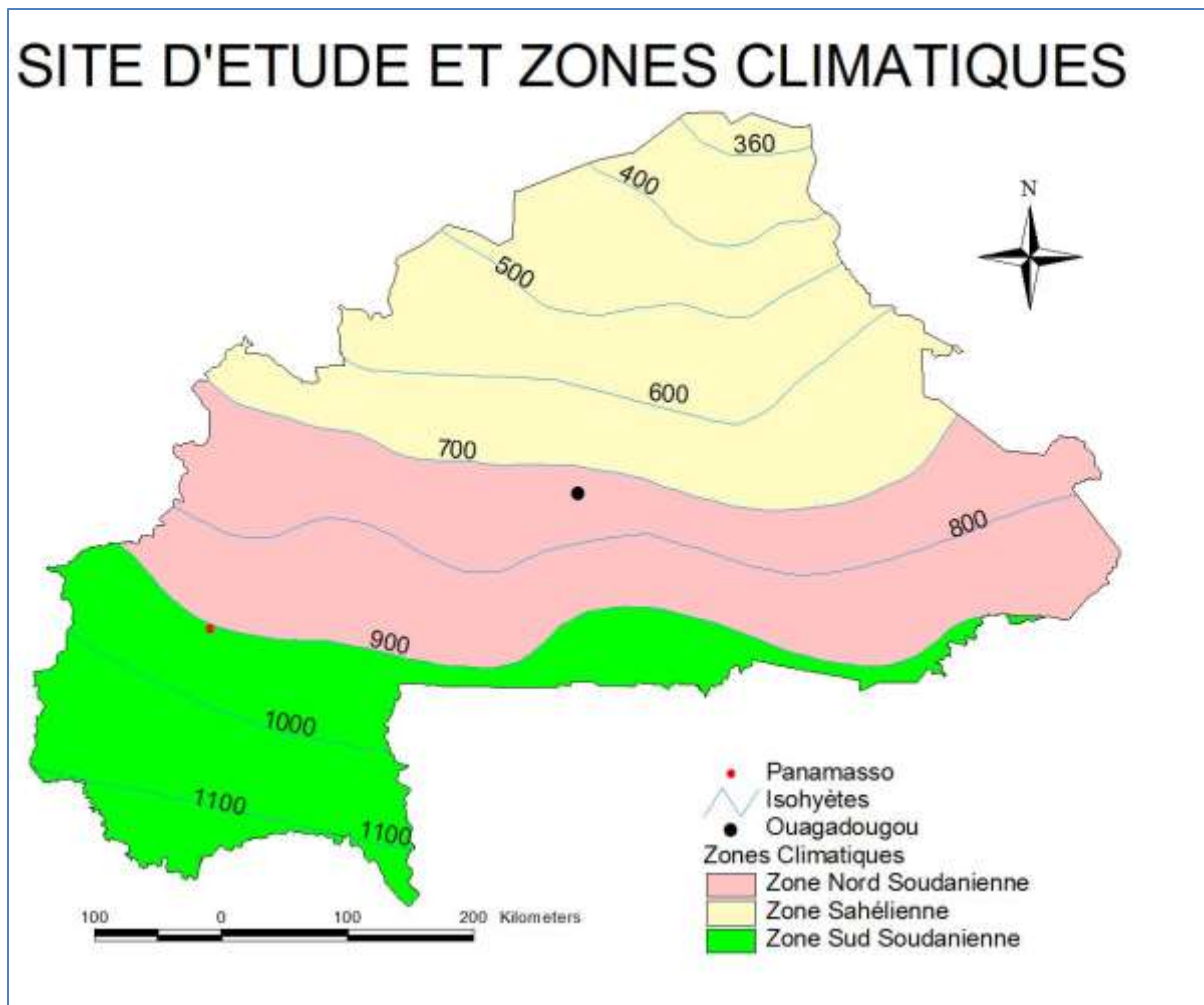
Le Burkina Faso est situé au cœur de l'Afrique Occidentale ; il a une superficie d'environ 274.000 Km<sup>2</sup> et une population d'environ 18 millions en 2014 [80] . En 2010 au moins 74% de la population vivait en milieu rural. L'indice de développement humain en 2013 était de 0,388 et le pays était classé 181<sup>e</sup> sur 187 pays dans le monde par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD).

Le pays est situé en zone tropicale de type soudano-sahélienne et se compose de trois (03) zones climatiques que sont la zone Sahélienne au Nord avec une pluviométrie inférieure à 650mm , la zone Nord Soudanienne au centre avec une pluviométrie entre 650mm et 1000mm

et la zone Sud Soudanienne au Sud avec une pluviométrie entre 1000mm et 1300mm [5]. La figure numéro 13 présente les zones climatiques du Burkina. On y trouve également deux (02) régions écologiques à savoir une région sous-tropicale de steppe au Nord correspondant à la zone sahélienne et une région de savane et de forêt sur tout le reste du pays [12]. Le pays est couvert par trois bassins versants internationaux (le bassin versant du Niger, le Bassin versant de la Volta et le bassin versant de la Comoé) et quatre (04) bassins versants nationaux comprenant plusieurs mares et points d'eau temporaires largement tributaires de la pluviosité. (le bassin versant du Niger, le Bassin versant du Mouhoun, le bassin versant du Nakambé et le bassin versant de la Comoé) [81]. La figure numéro 12 présente les bassins versants rencontrés sur le territoire du Burkina Faso.



**Figure 12:** Bassins versants du Burkina Faso (Compaoré, 2015).



**Figure 13:** Zones climatiques du Burkina Faso (Compaoré, 2015).

#### I.4.2 Etat de l'art

Plusieurs études ont été effectuées sur la schistosomiase au Burkina Faso et ce depuis 1951 [43]. Ces études ont porté sur les systèmes de transmission de la maladie dans diverses régions ainsi que les prévalences, les conséquences socio-économiques, l'importance des hydro-aménagements dans la transmission de la maladie ; c'est le cas de la vallée du Sourou [34], [82], de la vallée du Kou [6], de plusieurs autres sites tels que les villages de Panamasso, de Daguilma, etc. [83]. La schistosomiase constitue un problème d'une envergure importante au niveau national qu'international si bien qu'un programme national de lutte est mis en place depuis 2004 dans le cadre de l'initiative pour le contrôle de la schistosomiase (Schistosomiasis Control Initiative - SCI)[7] ; son action consiste à traiter les personnes infectées par le praziquantel [12]. Une étude longitudinale des impacts du traitement chez des enfants d'âge scolaire deux (02) ans après la prise des comprimés, a montré une réduction considérable de la prévalence et de l'intensité de 87% et de 92,8% respectivement [84].

Deux formes de schistosomiase de l'homme existent majoritairement au Burkina Faso, il s'agit de la schistosomiase urinaire (causée par *Schistosoma haematobium*) et de la schistosomiase intestinale (causée par *Schistosoma mansoni*). Au niveau du Burkina Faso, les prévalences estimées ne sont jamais inférieures à 30% ; en 2003, elle était de 60% et de 30,4% en 2010 [58] ; les conséquences économiques sont lourdes pour les populations rurales déjà pauvres : pertes liées à l'improductivité du fait de la maladie et aux frais de soins [6].

La lutte contre la schistosomiase au Burkina Faso est basée sur le traitement de masse annuel des enfants d'âge scolaire et des communautés à haut risque dans 22 sites sentinelles, reconnus endémiques sur la base des études déjà réalisées. Ce traitement est réalisé à l'aide d'un antiparasitaire mondialement reconnu efficace : Le praziquantel. Ce produit dont la disponibilité est encore très en deçà de la demande ne peut assurer, seul, l'élimination de la maladie [85], [86] car il ne brise pas le cycle de transmission. Son administration est réalisée à l'aide de la toise de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). De façon générale, il est observé en dépit de ces efforts, une persistance de la maladie. Aussi, cette persistance est d'autant plus marquée que les prévalences et les intensités des infections sont élevées dans plusieurs des foyers. Cela suscite des interrogations. Qu'est-ce qui pourrait expliquer cette persistance de la maladie ? La réduction de la prévalence après les traitements est-elle réelle ou cela est-il dû à une insuffisance des méthodes de diagnostic ? Les interventions curatives sont-elles bien planifiées ? Le système sanitaire actuellement en place permet-il de faire face à la maladie ? L'examen profond de ces aspects permettrait sans doute de mettre en évidence les déterminants de la persistance de la maladie et d'apporter une solution appropriée. Par ailleurs, au plan institutionnel, la lutte contre la schistosomiase ne devrait pas être uniquement l'affaire du département de la santé comme c'est le cas actuellement ; il faudrait une approche intégrant toutes les parties compte tenu du grand nombre et de la diversité des facteurs en lien avec la maladie.

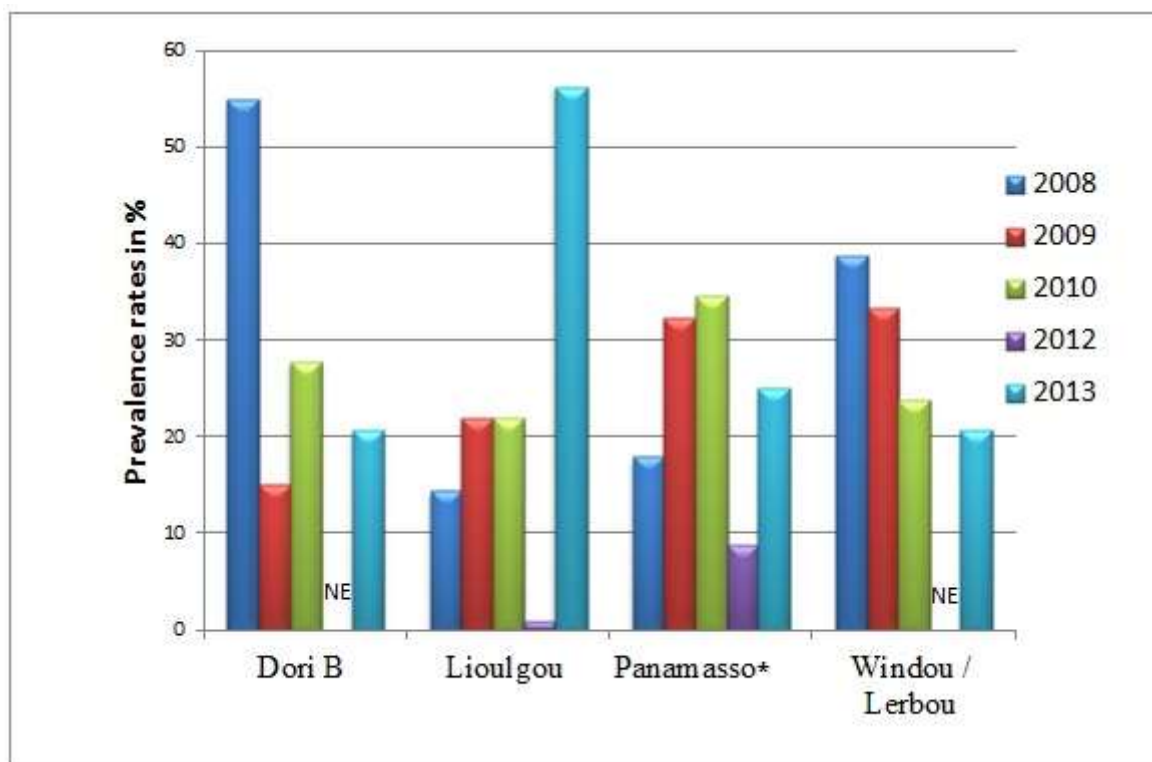
En termes de diagnostic, les méthodes parasitologiques (Kato-Katz, la méthode diphasique Méthiolate – Iodure - Formol pour les selles, macroscopie/microscopie, bandelettes réactives, centrifugation et examen, filtration et dénombrement cyto bactériologique , examen de culot après sédimentation pour les urines [5]), qui sont les plus utilisées au Burkina Faso compte tenu de leur faible coût, ne sont efficaces qu'en phase d'état et pour des infections de forte intensité ; la méthode de Kato-Katz largement utilisée au Burkina Faso a une limite de détection de 20 œufs par gramme de selle contre une limite de 2 œufs par gramme de selle pour la PCR [87] soit une sensibilité 10 fois moins élevée [49]. En dehors de cette phase ou lorsque l'intensité de l'infection est faible (nombre très peu des œufs par gramme de selle),

elles ne permettent pas d'obtenir des résultats réalistes [50], [88], [89]. Par ailleurs, les résultats de cette méthode sont largement dépendants de la consistance de l'échantillon et du climat [90]. Ces méthodes sont cependant utilisées sans une prise en compte du stade de la maladie (difficile à identifier) en cas de dépistage et pour les opérations de contrôle après le traitement (période de faible intensité). Cela pourrait constituer une source de biais important sur les résultats et compromettre l'efficacité de la stratégie de lutte mise en place. Quant aux méthodes immunologiques (sérologiques), elles sont plus sensibles que les méthodes parasitologiques mais ne font pas de différence entre une infection active et une infection passive et certains auteurs proposent une confirmation des résultats de cette méthode par des méthodes spécifiques telles que le Kato-Katz [91] dont les insuffisances ont été évoquées précédemment. La méthode moléculaire a été utilisée pour la première et seule fois jusqu'à présent dans la localité de Nanoro en 2012 pour le diagnostic de la bilharziose dans les tissus cancéreux de vessie et sur des mollusques [92]. L'imagerie médicale notamment l'échographie a été également utilisée au cours des études menées au Burkina Faso [5]. Le tableau numéro 3 ci-dessous fait la synthèse des méthodes de diagnostic déjà réalisées au Burkina Faso.

Relativement à la surveillance et l'identification des zones à risque, plusieurs approches de modélisations de la schistosomiase existent dans le monde. Au niveau du Burkina Faso nous avons par exemple la modélisation de la distribution spatiale et temporelle des schistosomiasés pour le compte des programmes de lutte nationaux du Mali, du Burkina Faso et du Niger [93]. Ces modélisations sont effectuées pour orienter les programmes de lutte sur les zones à haut risque mais n'intègrent pas les dimensions spécifiques de différents foyers ; elles restent par conséquent limitées à ce niveau.

Il est important de noter que malgré les nombreuses études entreprises depuis 1951 à ce jour, il existe des difficultés énormes à disposer des données pour une analyse approfondie de la situation en vue de mieux la comprendre. Aussi les principales données existantes sont relatives aux prévalences. En ce qui concerne les aspects sociologiques, anthropologiques, environnementaux et écologiques (en dehors des données malacologiques), d'énormes efforts restent à fournir pour leur collecte car celles-ci restent indispensables à la compréhension de la maladie. En particulier, compte tenu du caractère focal de la maladie, elles permettraient une meilleure caractérisation environnementale en identifiant les déterminants environnementaux majeurs de la persistance de la maladie. Aussi, des multiples études réalisées au Burkina, les études épidémiologiques à l'échelle des foyers (niveau village) sont très peu et anciennes selon notre recherche bibliographique. La plupart des diagnostics

réalisés et précisément ceux réalisés par le programme national de lutte contre la schistosomiase concernent les enfants d'âge scolaire, pas les adultes et sont réalisés au niveau des écoles, non au sein des villages sur un échantillon représentatif. Cela pourrait être à la base de biais d'estimation de la charge réelle de la maladie et par conséquent influencer la stratégie de lutte en place. La figure 14 présente le profil de prévalence de la schistosomiase selon les enquêtes réalisées par le programme national de lutte entre 2008 et 2013 (2011 exclus ; par ailleurs les sites de Dori B et de Windou/Lerbou n'ont pas connu d'évaluation en 2012 par manque de ressources) sur les 5 sites sentinelles les plus importants. Les prévalences sont estimées à partir des écoles sur les formes uro-génitales de la maladie à l'exception du site de Panamasso où elles ont concerné la forme intestinale. Comme nous pouvons l'observer sur la figure 14, les prévalences connaissent une fluctuation importante, tantôt croissante, tantôt décroissante.



**Figure 14:** Profil de prévalences de 5 sites sentinelles

\*L'évaluation sur le site de Panamasso a porté sur la forme intestinale causée par *Schistosoma mansoni*.

Au regard de la situation qui prévaut, il ressort la nécessité de disposer de données plus réalistes en peaufinant les méthodes et/ou la stratégie de diagnostic pour une meilleure efficacité de la lutte anti schistosomiase. Le réalisme souhaité de la situation qui prévaut

pourrait être effective à travers une complémentarité des différents programmes de lutte. Cela passe nécessairement par une bonne coordination des efforts compte tenu des moyens très limités et de l'énormité des besoins. En effet, cela ne fait aucun doute que l'usage de méthodes de diagnostic plus sophistiquées telles que l'amplification en chaîne par polymérisation ou une combinaison de méthodes parasitologiques et immunologiques d'une part et d'autre part une administration de doses optimales de praziquantel à tous les porteurs de la schistosomiase entraîneraient des coûts énormes que seule pourrait assurer une synergie effective de l'ensemble des efforts de lutte. En outre des travaux sur les aspects socio-anthropologiques, environnementaux et écologiques doivent être menés en vue d'accroître les connaissances sur les mécanismes de transmission de la maladie.

**Tableau 3:** Les méthodes de diagnostic déjà utilisées au Burkina Faso

CATEGORIES	METHODES	SOURCES
Méthodes parasitologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour la forme intestinale: Kato-Katz (selles)</li> <li>• Pour la forme uro-génitale : Macroscopie/microscopie, bandelettes réactives, centrifugation et examen, filtration et dénombrement cyto bactériologique, examen de culot après sédimentation (urines)</li> </ul>	[5]
Méthodes sérologiques/ immunologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hémmagglutination indirecte (HAI) ;</li> <li>• Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ;</li> <li>• Test des Anticorps Immunofluorescents (TAI)</li> </ul>	[5], [94]
Imagerie médicale	Echographie	[5]
Biologie moléculaire	Amplification en chaîne par polymérisation - ACP(en anglais Polymerase Chain Reaction - PCR)	[5], [92]



# Chapitre II: Matériels et méthodes

## II.1 Zone d'étude : village de Panamasso

Panamasso est un village situé dans la région des Hauts Bassins au Sud-Ouest du Burkina Faso. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : Longitude: 4.2019° W, Latitude: 11.3892° N, World Geographic System - WGS84. Ce village relève administrativement de l'arrondissement numéro 2 de la commune de Bobo Dioulasso (environ 35 km de cette localité). La population est d'environ 3065 habitants et est principalement constituée d'agriculteurs, de maraîchéculteurs et d'éleveurs.

Trois (03) religions cohabitent dans le village, il s'agit de la religion musulmane, la religion chrétienne (catholicisme et protestantisme) et l'animisme. Au plan ethnique, trois (03) groupes sont retrouvés dans le village ; il s'agit de l'ethnie Bobo (autochtone) et de deux autres ethnies (Peulh, Mossi). Le village est situé dans la zone Sud Soudanienne du pays entre les isohyètes 900mm et 1000 mm avec une végétation principalement constituée de savane.

La source principale d'approvisionnement en eau est la rivière qui sert pour les activités ménagères, la baignade et parfois pour la boisson ; à la rivière s'ajoutent sept (07) forages tous fonctionnels mais peu exploités. L'assainissement est à un niveau très bas non seulement en ce qui concerne la disponibilité des ouvrages d'assainissement autonome (latrines) dans les ménages mais également en termes d'usage.

La rivière où se sont opérées les investigations dans le cadre de cette étude a les caractéristiques d'un cours d'eau pérenne en permanent ruissellement ; le fond est à la fois sableux, gravillonneux et vaseux avec une forte végétation sur les berges et une quantité non négligeable de plantes flottantes par endroit. Les profondeurs sont très variables (entre 20 cm minimum et près de 2m par endroit et selon la période de l'année).

Le choix du site de Panamasso parmi les 22 autres sites sentinelles endémiques à la schistosomiase pour cette étude se justifie par les critères suivants :

- L'existence des deux formes (uro-génitale et intestinale) de la maladie sur le site ;
- Les prévalences fortes et instables d'une année à l'autre selon les évaluations du programme national de lutte;
- L'accès très limité à l'assainissement par rapport aux autres sites (cet accès est de 0% selon les standards nationaux du Burkina Faso[81]) ;
- Le caractère pérenne de la rivière qui pourrait présager des infections par les schistosomes (bilharzies) tout au long de l'année et la relation culturelle entre les habitants et la rivière;
- Le caractère réticent de la population à l'usage des infrastructures sanitaires de base (selon les conclusions de l'étude prospective et des entrevues avec les agents de santé);

- La multiethnicité du site (Bobo, Peuhl, Mossi) qui permettra sans nul doute d'évaluer le lien de cette caractéristique avec la prévalence de la maladie.

Sur la figure 15, on peut observer la localisation du village de Panamasso dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. D'un point de vue géographique, le village se compose de trois (03) grandes zones que sont Panamasso Centre (avec ses sous – quartiers), le camp Tounouma représenté par un point vert et le camp Peulh – Mossi représenté par un point rose comme le montre la figure 16.

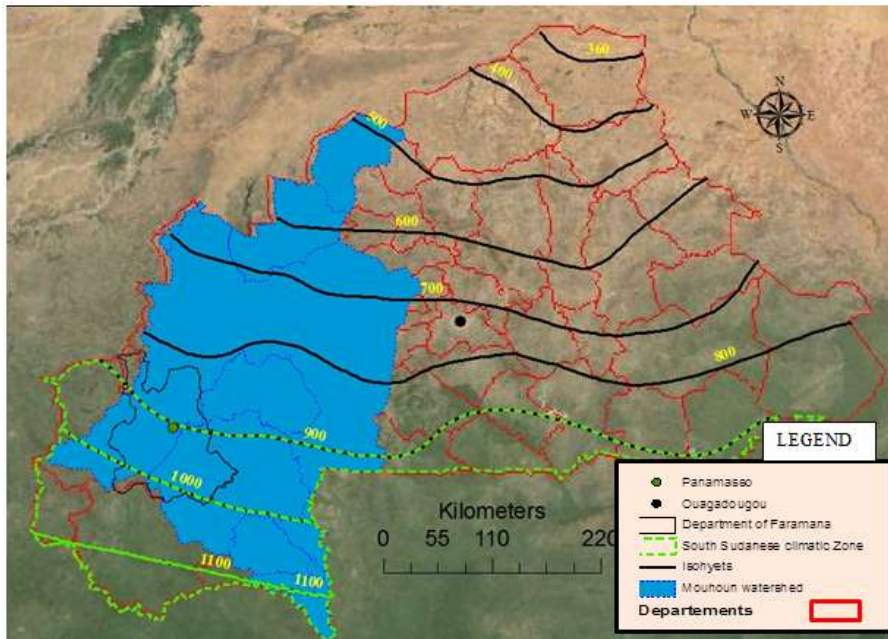


Figure 15: Localisation du village de Panamasso (Compaoré, 2015)

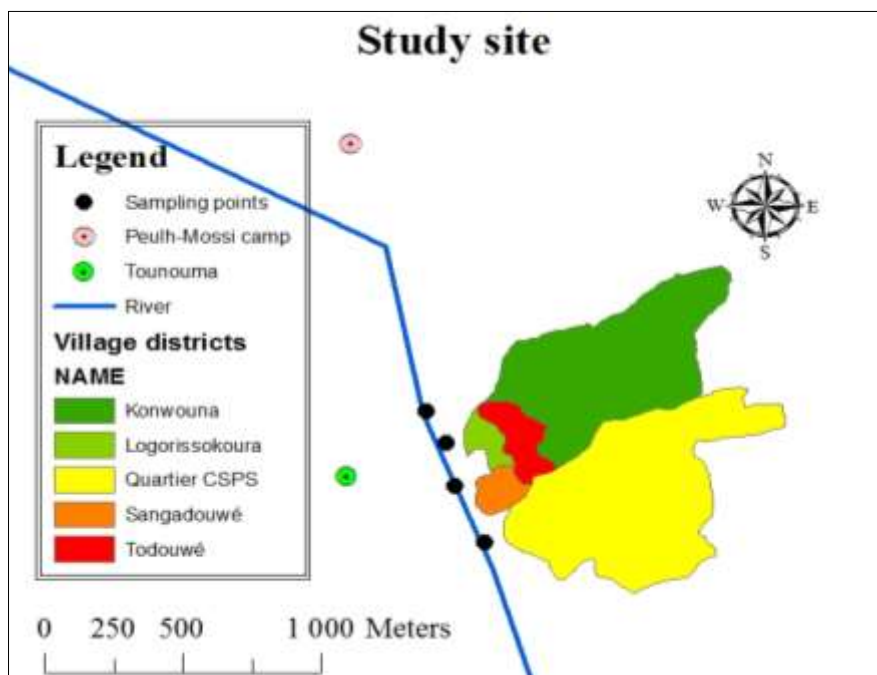


Figure 16: Caractéristiques du site d'étude (Compaoré, 2015)

## **II.2 Modèle d'étude**

Pour répondre à la problématique préalablement établie, une étude épidémiologique est menée. Il s'est agi d'une étude qui s'intéresse à la fois aux trois (03) aspects c'est-à-dire social, sanitaire et environnemental du site d'étude. Trois (03) types d'études épidémiologiques ont été conduits dans le cadre de ce travail :

- ✓ Une étude épidémiologique de type transversal ;
- ✓ Une étude épidémiologique de type évaluatif ;
- ✓ Une étude épidémiologique de type écologique ou environnemental.

La première étude a concerné les aspects socio-sanitaires ; des investigations sociologiques ont été conduites pour collecter les données relatives aux potentiels facteurs de risque de la maladie à travers des interviews dans un premier temps. Ensuite un diagnostic sanitaire a été réalisé pour évaluer la prévalence de la maladie sur le site. Le croisement des données des deux enquêtes (sociologique et parasitologique) a permis d'identifier les facteurs sociaux pertinents expliquant la persistance de la maladie sur le site de Panamasso.

L'étude épidémiologique de type évaluatif est relative à la stratégie de traitement et de diagnostic appliquée sur le terrain par le programme national de lutte. Cette étape de l'étude a pour finalité l'identification des insuffisances favorisant la maladie sur le site de Panamasso.

La dernière étude qui relève de l'épidémiologie écologique est relative aux points de contact (homme – eau) c'est-à-dire les points d'occurrence des infections et aux saisons. Il s'est agi d'identifier la saison de forte incidence c'est-à-dire celle au cours de laquelle l'occurrence de la maladie est plus importante afin d'orienter les campagnes de traitement de masse pour une optimisation des ressources disponibles dans un contexte de précarité budgétaire. Aussi, s'est-il agi de démontrer la variabilité spatiale de la transmission afin de guider le choix des zones prioritaires pour une intervention.

## **II.3 Etude épidémiologique de type transversal**

### **II.3.1 Enquêtes sociologiques**

Les enquêtes ont été réalisées à deux (02) niveaux sur le site de Panamasso ; une au niveau ménage et une autre au niveau individu. L'enquête au niveau des ménages est destinée au renseignement des variables relatives à la position (distance) du ménage par rapport aux points d'eau à l'aide d'un outil GPS (Global Positioning system), à l'assainissement du ménage (présence ou absence de latrine), à l'effectif du ménage, à la source d'approvisionnement en eau, au genre du chef de ménage, son ethnie et le temps de séjour

dans le village (date d'installation dans le village de Panamasso). L'enquête au niveau individuel quant à elle avait pour but de renseigner les sept (07) variables relatives à l'âge, au sexe, à la profession, au niveau de connaissance de la maladie, aux contacts avec l'eau, aux pratiques en matière d'assainissement (pratique de la défécation à l'air libre), à l'ethnie. La conception des questionnaires de même que la saisie des données collectées ont été réalisées à l'aide de l'outil d'enquête Sphinx dans sa version 5. Les questionnaires sont joints à l'annexe numéro 1 de ce document.

Il s'agit d'enquête par sondage avec comme base les fiches de recensement du programme MILDA (programme de distribution de Moustiquaires Imprégnées Longue durée d'Action) que nous avons actualisées avec l'appui du service de santé local, les agents de santé communautaires, les leaders locaux. Les enquêtes de terrain ont été conduites au cours de la période avril - mai 2015. La figure numéro 17 ci-dessous présente une séance d'échange entre un enquêteur et un individu de l'échantillon d'étude.



**Figure 17:** Entrevue entre un enquêteur et un individu de l'échantillon

### II.3.2 Echantillonnage et tirage de la population d'étude et des ménages

La taille de la population d'étude est déterminée selon la formule simplifiée des effectifs établie avec un niveau de confiance de 95% et une variabilité maximale de 50%:

$$n = \frac{N}{1 + N * e^2}$$

**Équation 1:** Formule de calcul de la taille de l'échantillon d'étude

- **n** : taille de l'échantillon;
- **e**: précision (marge d'erreur admise : 5% pour le cas de la présente étude);
- **N** : effectif de la population.

La considération de cette formule se justifie par la disponibilité des effectifs de la population et des ménages d'une part et d'autre part par la non disponibilité des prévalences de la maladie sur le site. La taille calculée pour les individus est ajustée selon un taux de non réponse attendu de 20% et un effet du plan d'échantillonnage (échantillonnage stratifié par quartier) de 1,4. La taille retenue est de 650 individus répartis dans 216 ménages (précision  $e = 0.0842$ ). Le tableau numéro 4 présente le plan d'échantillonnage.

**Tableau 4:** Plan d'échantillonnage

Variables	Valeurs
Effectif total de la population (N)	3065
Niveau de confiance	95%
Variabilité	50%
Précision (marge d'erreur)	5%
Effet du plan d'échantillonnage	1,4
Taux attendu de non réponse	20%
Critères d'inclusion	Etre résidant dans le village depuis au moins 6 mois et prévoyant y séjourner les trois prochaines années à venir.
Base de sondage	Recensement de la campagne MILDA.

Les ménages ont été tirés dans les différentes zones en utilisant la fonction ALEA d'Excel 2010. En ce qui concerne les individus, ils ont été tirés dans les ménages en utilisant la méthode de Leslie Kish (1965 et 1995)[95]. La méthode de Leslie Kish est jointe en annexe numéro2 du document. Les interviews ont été réalisées en face à face dans un premier temps avec les chefs de ménages pour les enquêtes ménage et par la suite avec les individus sélectionnés dans les ménages pour les enquêtes individuelles.

### II.3.3 Niveaux de connaissance de la maladie et de ses facteurs de risque

Plusieurs niveaux de connaissance de la maladie ont été définis en fonction des caractéristiques que sont les formes, les causes, la prévention et la curabilité de la maladie. Ces différentes caractéristiques ont été définies précédemment à l'exception de la curabilité qui désigne la conscience de l'existence d'un traitement contre cette maladie au niveau des centres de santé. Chaque caractéristique est pondérée à 1 et ses sous composantes sont pondérées au prorata de leur effectif dans le groupe de caractéristique considéré. Le score maximal est 4 (bonne connaissance de la maladie et de ses facteurs de risque) et le score minimal est 0 (aucune connaissance). Avec les scores finals obtenus pour chaque individu, nous avons définis cinq (05) niveaux de connaissance en regroupant les valeurs en cinq (05) groupes. Le tableau numéro 5 présente les critères de définition des niveaux de connaissance :

- a) 0 : aucune connaissance de la maladie
- b) ] 0 - 1] : connaissance faible
- c) ] 1 - 2] : connaissance moyenne
- d) ] 2 - 3] : connaissance assez bonne
- e) ] 3 - 4] : connaissance bonne

**Tableau 5:** critère de définition des niveaux de connaissance

Caractéristiques de la maladie et pondération (.)	
La forme de la maladie (1)	Urinaire (0.5)
	Intestinale (0.5)
Les causes de la maladie (1)	Défécation à l'air libre (0.5)
	Contacts avec les eaux (0.5)
La prévention de la maladie (1)	Evitement de la défécation à l'air libre (0.5)
	Evitement du contact avec les eaux (0.5)
La conscience de la curabilité de la maladie (1)	

### II.3.4 La distance du ménage au point d'eau

Les coordonnées GPS des différents ménages et points de contact avec l'eau étant relevés, nous avons calculé la distance linéaire entre chaque ménage et le point d'eau le plus proche. Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle, chaque individu irait au point le plus proche. Nous avons utilisé à cette fin le logiciel de cartographie Quantum Gis dans sa version 2.18.0. Des classes de distance ont été par la suite définies en se basant sur la méthode des quantiles ; dans le cas de cette étude quatre (04) classes de distance ont été constituées sur la base des quartiles :  $[0 - 229,85[$ ,  $[229,85 - 403,03[$ ,  $[403,03 - 1062,72[$ ,  $[1062,72 - 4004[$ . L'unité de distance est le mètre (m).

### II.3.5 Etude de la prévalence de la schistosomiase : méthode parasitologique

La méthode de Kato-Katz[96], [97] a été utilisée pour l'analyse des échantillons de selles à raison d'un échantillon par individu. La méthode de filtration de Plouvier[97], [98] a été utilisée pour le diagnostic des échantillons d'urine. Les échantillons ont été préparés par un opérateur et l'observation a été réalisée par deux autres opérateurs distincts. Au total, 375 échantillons de selles et 414 Echantillons d'urines ont été collectés au niveau du village chez les participants à l'étude pour le diagnostic. Dans le cas des selles, les œufs comptés au microscope sont multipliés par 24 et les résultats sont exprimés en nombre d'œufs de schistosomes par gramme de selle. Pour les échantillons d'urine, les résultats sont exprimés en nombre d'œufs par 10 millilitres (ml) d'urine. La description détaillée étape par étape des deux techniques est jointe en annexe numéro 3 du document. L'intensité de l'infection au niveau de la population d'étude est obtenue en calculant la moyenne géométrique des intensités d'infection individuelles[50]. Par ailleurs, la classification des intensités a été réalisée selon Bergquist et collaborateurs[99]. La figure numéro 18 ci-dessous présente quelques étapes de l'analyse parasitologique. La composante 1 de la figure montre un opérateur entrain de mesurer la quantité de selle à étaler à l'aide d'une plaque perforée. La composante 2 présente une seringue contenant 10ml d'urine au bout de laquelle est fixé le porte-filtre contenant le filtre ; à l'issue de la filtration le filtre sera coloré au lugol (en solution) et placé entre lame et lamelle pour une observation au microscope. A la composante 3 de l'image, nous avons un opérateur entrain d'observer les lames au microscope pour rechercher les œufs.



**Figure 18:** Quelques étapes de l'analyse parasitologique.



### **II.3.6 Traitement statistique des données**

Les données collectées ont été analysées à deux niveaux (ménages et individus) à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) dans sa version 21.0. Dans un premier temps, nous avons réalisé une analyse descriptive des données sur les ménages et les individus pour une caractérisation de la population d'étude. Par la suite, une analyse univariée a été réalisée pour identifier les facteurs de risque de la schistosomiase sur la base des Odds Ratio Brutes (ORB) et leur intervalle de confiance à 95%, le seuil de significativité étant fixé à 5%. Les variables significatives lors de cette analyse bivariée ont été incluses dans une modélisation statistique (régression logistique binaire[100] ascendante pas à pas basée sur le rapport de vraisemblance ; la vraisemblance d'un échantillon étant la probabilité d'observer cet échantillon pour un modèle donné) pour identifier les facteurs indépendants gouvernant la survenue de la maladie sur le site de Panamasso. Aussi ont été incluses dans la régression logistique, les variables non significatives dont la p-value était inférieure ou égale à 0.2 (20%) d'une part et d'autre part les variables biologiquement pertinentes telles que le sexe et l'âge dans le cas où celles-ci ne satisfont pas les critères de sélection. Les observations incomplètes ont été supprimées à chaque étape de l'analyse. Les Odds Ratio Ajustés (ORA) ont été calculés à l'issue de la régression logistique.

Pour le cas des analyses au niveau individuel, la variable profession a été modifiée en plusieurs variables selon le nombre de ses attributs compte tenu du fait de l'exercice de plus d'une profession pour la plupart des participants. Une analyse de variance a par la suite été réalisée pour étudier l'association entre les intensités d'infection et les facteurs indépendants déterminant la survenue de la maladie d'une part et d'autre part avec les variables biologiques pertinentes que sont l'âge et le sexe.

## **II.4 Etude épidémiologique de type évaluatif**

### **II.4.1 Evaluation de la stratégie de traitement**

Un échantillon aléatoire de 258 individus des deux sexes et de différentes catégories d'âge (enfants et adultes) est constitué pour cette évaluation. Sur la base du poids et de la taille de chaque individu, les doses de praziquantel sont calculées et comparées.

Les outils statistiques employés pour l'analyse des données sont Excel 2010 et Tanagra dans sa version 1.4.48. La méthode statistique utilisée est une analyse de variance de Friedman. Le seuil de significativité est 0,01 (1%). Ce test permet de vérifier que les deux approches d'administration du praziquantel à Panamasso sont de la même qualité.

## II.4.2 Evaluation de la stratégie d'estimation des prévalences

Cette composante de l'étude évaluative comporte deux (02) aspects. Dans un premier temps, elle vise à démontrer les écarts possibles liés à l'approche utilisée par le programme national de lutte pour l'évaluation des prévalences sur les sites d'investigation. Cette évaluation du programme national concerne les enfants d'âge scolaire recrutés directement à l'école. Les analyses dans le cadre de cette étude, sont basées sur les résultats des enquêtes de prévalence précédemment décrites plus haut et confrontent les prévalences de la maladie au sein des enfants d'âges scolaire scolarisés et non scolarisés. Le test de Fisher Exact est appliqué au seuil de 5% (0,05) à l'aide du logiciel R pour étudier la différence de proportion. Par ailleurs, il a été évalué le degré d'association entre le fait d'être scolarisé et le fait d'être malade à travers la méthode de régression logistique binaire.

Dans un deuxième temps, dans le but de démontrer les limites des méthodes de diagnostic utilisées actuellement sur les sites dans le cadre du diagnostic, une technologie de biologie moléculaire notamment l'amplification en chaîne par polymérisation (en anglais Polymerase Chain Reaction - PCR en temps réel) a été comparée à la méthode traditionnelle de Kato-Katz.

## II.4.3 Evaluation de la technique de diagnostic

### II.4.3.1 Population d'étude et échantillons

Le type d'étude réalisé dans le cadre de ce travail, est une étude épidémiologique de type évaluatif. De janvier 2016 à Mai 2017, un total de 375 échantillons de selles a été collecté au niveau du village de Panamasso. Des 375 échantillons, des aliquotes de 20 échantillons sélectionnés de façon aléatoire incluant des positifs (04) et des négatifs (16) à la méthode de Kato-Katz ont été envoyées au Centre de Recherche de Biologie moléculaire Pietro Annigoni (CERBA) à Ouagadougou pour une analyse par PCR (extraction et amplification).

### II.4.3.2 Analyses moléculaires

#### ➤ Extraction de l'ADN

L'extraction de l'ADN à partir des échantillons frais de selle a été réalisée avec le kit d'extraction *Stool DNA isolation mini kit* (catalogue numéro 27600) de NORGEN BIOTEK CORPORATION selon le protocole du fabricant. L'ADN extrait a été quantifié à l'aide d'un spectrophotomètre (NanoDrop). La quantification est présentée dans le tableau numéro 6 ci-dessous.

**Tableau 6:** Quantification de l'ADN en microgramme par millilitre ( $\mu\text{g/mL}$ )

Numéro de l'échantillon	Concentration en ADN	Rapport des absorbances A260/A280	Rapport des absorbances A260/A230
1	95,30	1,755	0,941
2	128,8	1,872	1,132
3	208,7	1,852	2,032
4	71,22	2,022	2,081
5	176,3	1,974	1,740
6	137	2,075	2,362
7	82,9	1,781	1,639
8	78,34	1,895	1,850
9	152,9	1,823	1,963
10	63,35	1,792	1,792
11	201,4	1,929	2,203
12	155,3	2,036	2,274
13	91,54	1,776	1,776
14	170,7	1,903	2,142
15	161,5	1,889	1,825
16	169,9	1,869	2,001
17	75,47	1,962	2,128
18	129,4	1,920	1,892
19	120	1,999	1,999
20	138,4	1,938	2,053

➤ **Amplification**

• **Sonde et amorces**

Les échantillons d'ADN ont été amplifiés et détectés en utilisant les amorces dont les séquences sont forward F2: 5'-CCG ACC AAC CGT TCT ATG A-3', reverse R2: 5'-CAC GC TCT CGC AAA TAA TCT AAA-3' [49] et une sonde 5'-6[FAM] TCG TTG TAT CTC CGA AAC CAC TGG ACG [(BHQ1)]-3' synthétisées par Life technologies Limited (3 Fountain Drive, Inchinnan Business Park, Paisley, PA4 9RF, United Kingdom). Les amorces et sondes utilisées dans le cadre de cette étude sont complémentaires d'une séquence de 121 paires de bases de la souche SM 1-7 de *S.mansoni* (GenBank accession number 224 M61098 décrite par Hamburger et al. en 1991[101]).

• **Conditions d'amplification TAQMAN**

Le volume réactionnel était de 20 $\mu\text{L}$  contenant 10 $\mu\text{L}$  de Master Mix II, 2 $\mu\text{L}$  d'ADN, 20 picomoles d'amorces forward et reverse et 5 picomoles de sonde. La réaction d'amplification a été réalisée à l'aide le système Applied Biosystems 7500 FAST Real-Time PCR

(Life Technologies) en utilisant le programme standard suivant: 50°C pendant 2 minutes; 95°C pendant 10 minutes et 40 cycles de 95°C pendant 15 secondes et 60°C pendant 1 minute. La réaction PCR réalisée dans le cadre de cette étude est de type qualitatif. Les étapes d'extraction et de préparation du mélange réactionnel ont été réalisées dans des salles distinctes dans le souci d'éviter les contaminations.

### ➤ Analyse Statistique

L'analyse Statistique réalisée dans le cadre de cette étude a consisté au calcul de l'indice de Kappa pour évaluer la concordance entre les deux méthodes. Par la suite nous avons évalué la sensibilité des deux techniques en supposant une spécificité de 100% pour les deux méthodes et en considérant comme positif une personne positive par l'une des deux méthodes telle que proposée par Gomes et al.[102].

## II.5 Etude épidémiologique de type écologique ou environnemental

Quatre (04) facteurs en lien direct avec la maladie sont identifiés à travers le cycle de transmission. Il s'agit de :

- ✓ La contamination fécale caractérisée par *Escherichia Coli* ;
- ✓ La densité des mollusques vecteurs ;
- ✓ Le taux d'infestation des mollusques par les miracidiums ;
- ✓ Les fréquences de contact homme-eau.

Ces facteurs sont utilisés pour établir un indice d'infection à la schistosomiase pour chaque saison et pour chaque point de contact où se produit l'infection au cours de chaque saison.

### II.5.1 Contamination fécale des eaux

La collecte et le transport des échantillons d'eau ont été réalisés conformément aux directives de la norme EN ISO 19458[103] ; les échantillons sont collectés entre 10h et 13h à l'aide des flacons stériles de 500ml au niveau des 4 points de contact homme – eau au cours de chaque saison. Ces échantillons sont transportés ensuite dans une glacière entre 4° C et 8° C au laboratoire régional de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement de Bobo Dioulasso (certifié ISO 9001 version 2014) et analysés immédiatement. Le paramètre microbiologique d'intérêt était *Escherichia Coli (E.Coli)* qui, par rapport aux autres paramètres microbiens, caractérise mieux la pollution fécale de l'eau. L'ensemble du processus échantillonnage – transport – analyse a été effectué au plus en 8 heures pour chaque événement journalier. Le

tableau numéro 7 présente les détails concernant les périodes d'échantillonnage et la durée de l'échantillonnage pour chaque période. La pollution fécale est évaluée pour chaque point avec deux échantillons distincts selon deux méthodes à savoir la technique de filtration sur membrane[104], [105] et la technique de l'étalement[105] en utilisant le milieu de culture Chromocult Coliform Agar ES[106]–[110]. Le comptage des colonies sur les boîtes de pétri après la période d'incubation (24heures à 44°C) est réalisé en conformité avec les recommandations de Rodier et collaborateurs qui recommandent la considération des boîtes présentant moins de 300 colonies afin d'éviter les effets de confluence[111].

**Tableau 7:** Période d'échantillonnage pour chaque saison

Saisons	Nombre de jours d'échantillonnage	Période de collecte
Pluvieuse (Juin - Novembre)	10	Juillet
Froide (Décembre - Février)	10	Décembre
Chaude (Mars - Mai)	10	Mars – Avril

## II.5.2 Les paramètres physico-chimiques de l'eau

Les mesures de certains paramètres physico-chimiques tels que le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissous (OD) et la température (T) ont été réalisées au cours des collectes des échantillons d'eau à l'aide des appareils portatifs de marque WTW PH3310 SET2 SenTix 41, Cond 3110 SET1TetraCon 325, Oxi 3250 SET1 CelloX 325 et Cond 3110 SET1TetraCon 325 respectivement. Le tableau numéro 8 présente pour chaque paramètre l'appareil utilisé. La figure numéro 19 présente une séance de mesure des paramètres. Les paramètres sont exprimés à 25°C. La température a été mesurée en même temps que la conductivité électrique.



**Figure 19 :** Séance de mesure des paramètres d'un échantillon d'eau

### **II.5.3 Densité et taux d'infection des mollusques vecteurs**

La collecte des mollusques a été effectuée selon la méthode de Zongo et collaborateurs (2012). Leur densité a été déterminée selon la méthode de SELLIN et SIMONKOVICH (1977)[83], [112]. La densité correspond au nombre de mollusques collectés par un prospecteur pendant 30 minutes. Les mollusques sont collectés entre 9h et 15h, période au cours de laquelle se situe le pic d'émission des cercaires[38]–[40]. Deux genres de mollusques (*Biomphalaria* et *Bulinus*) ont été collectés ; plusieurs études ont établi leur présence dans la région des Hauts Bassins principalement à Panamasso. L'identification des mollusques a été effectuée au niveau genre en se basant sur la forme et la configuration de leur coquille [41], [113].

En ce qui concerne l'infection des mollusques, nous avons réalisé une étude qualitative. Chaque mollusque collecté a été placé dans un bocal contenant de l'eau propre et exposé à la lumière du soleil pour environ 2 heures à l'issue desquelles les mollusques ont été retirés des bocaux. L'eau restante est colorée à l'aide d'une solution de lugol (iodure de potassium) pour rendre les cercaires, si elles sont émises (le mollusque est infesté), plus visibles. Le taux d'infection des mollusques est le rapport du nombre de mollusques infectés par le nombre de mollusques collectés. Ce taux a été calculé pour chaque événement de collecte. Les périodes de collectes sont les mêmes que celles de la caractérisation de la pollution fécale mentionnées dans le tableau 5.

### **II.5.4 Contacts homme – eau**

Un observateur a été placé à chaque point investi de la mission de reporter chaque 30 minutes le nombre de personnes en contact avec l'eau. Les observations ont été réalisées quotidiennement entre 6h00 du matin et 6h00 du soir pour chaque saison aux mêmes périodes que celles de la caractérisation de la contamination fécale. Les contacts sont exprimés en nombre de contacts par 30 minutes pour chaque groupe d'individus à savoir les hommes, les femmes, les filles et les garçons.

### **II.5.5 Analyse statistique**

Conformément aux objectifs de cette étude, les données collectées ont été analysées en utilisant une méthode d'analyse de variance (ANOVA – une méthode statistique paramétrique) suivie par un test de Tukey (Tukey Honest Significant Difference – TukeyHSD) lorsque l'ANOVA est significative[114]. Les logiciels Excel 2010 et R dans sa

version 3.2.1 [115] ont été utilisés pour le traitement des données. Le seuil de significativité considéré est de 5%. Cette analyse vise à démontrer la forte variabilité des paramètres intrinsèquement liés à la maladie et donc le biais que pourrait occasionner la seule considération des paramètres malacologiques.

### II.5.6 Indice d'infection à la schistosomiase

La saison de forte incidence c'est à dire la saison de forte infection a été déterminée sur la base des quatre (04) paramètres que sont la pollution fécale, la densité malacologique, le taux d'infection des mollusques vecteurs et les fréquences de contact homme – eau. Pour un paramètre  $i$  ( $i \in [1-4]$ ) donné, nous avons ordonné les valeurs moyennes pour chaque saison et attribué le score de 1 à la saison de faible valeur moyenne. Les scores des deux autres saisons sont le rapport de leur valeur moyenne par la plus faible valeur. Avec les scores de chaque paramètre pour chaque saison, nous avons calculé le score moyen pour la saison (contribution moyenne de chaque paramètre à l'occurrence de la maladie) ; le score de chaque saison correspond à son indice d'infection à la schistosomiase. La réunion des quatre (04) paramètres suivis dans cette étude est nécessaire pour une occurrence de la maladie.

Soit les trois (03) saisons considérées dans le cadre de cette étude :

- Saison chaude ;
- Saison hivernale ;
- Saison froide.

Soient les quatre (04) ensembles de paramètres (N):

- Fréquences de contact homme – eau (HWC) ;
- Densité malacologique (MD) ;
- Indice d'infection malacologique (MIR) ;
- Pollution fécale (FP).

L'indice d'infection à la schistosomiase (IIS) pour une saison  $i$  donnée correspond à la contribution moyenne de chaque paramètre à l'occurrence de la maladie et s'exprime par l'équation suivante :

$$IIS = \frac{1}{N} \left( \frac{HWC_i}{\min(HWC)} + \frac{MD_i}{\min(MD)} + \frac{MIR_i}{\min(MIR)} + \frac{FP_i}{\min(FP)} \right)$$

**Équation 2:** Formule de calcul de l'indice d'infection à la schistosomiase

Chaque ensemble de paramètres contient autant de paramètres que le nombre d'éléments à comparer (3 saisons dans le cas de cette étude). Au lieu des saisons, cela peut être des zones géographiquement différentes à comparer pour identifier par exemple la zone de forte incidence pour une priorisation des interventions. Sur le site de Panamasso, les indices ont été calculés pour chaque point de contact homme-eau pour démontrer la dynamique spatiale de la transmission. Dans l'équation numéro 2 ci-dessus min signifie minimum.

## **II.6 Considérations éthiques**

Ce protocole d'étude a été officiellement approuvé par le comité d'éthique national pour la recherche en santé du Burkina Faso (autorisation No. 2015-01-043). Tous les participants à cette étude ont préalablement donné un consentement éclairé notifié à l'équipe de recherche. Par ailleurs, la population a bénéficié de séances d'éducation pour la santé (EPS) au cours desquelles elles ont reçu des enseignements sur la maladie, son mode de transmission et les comportements à risque à éviter. L'autorisation officielle du comité d'éthique est jointe en annexe numéro 5 de la thèse.



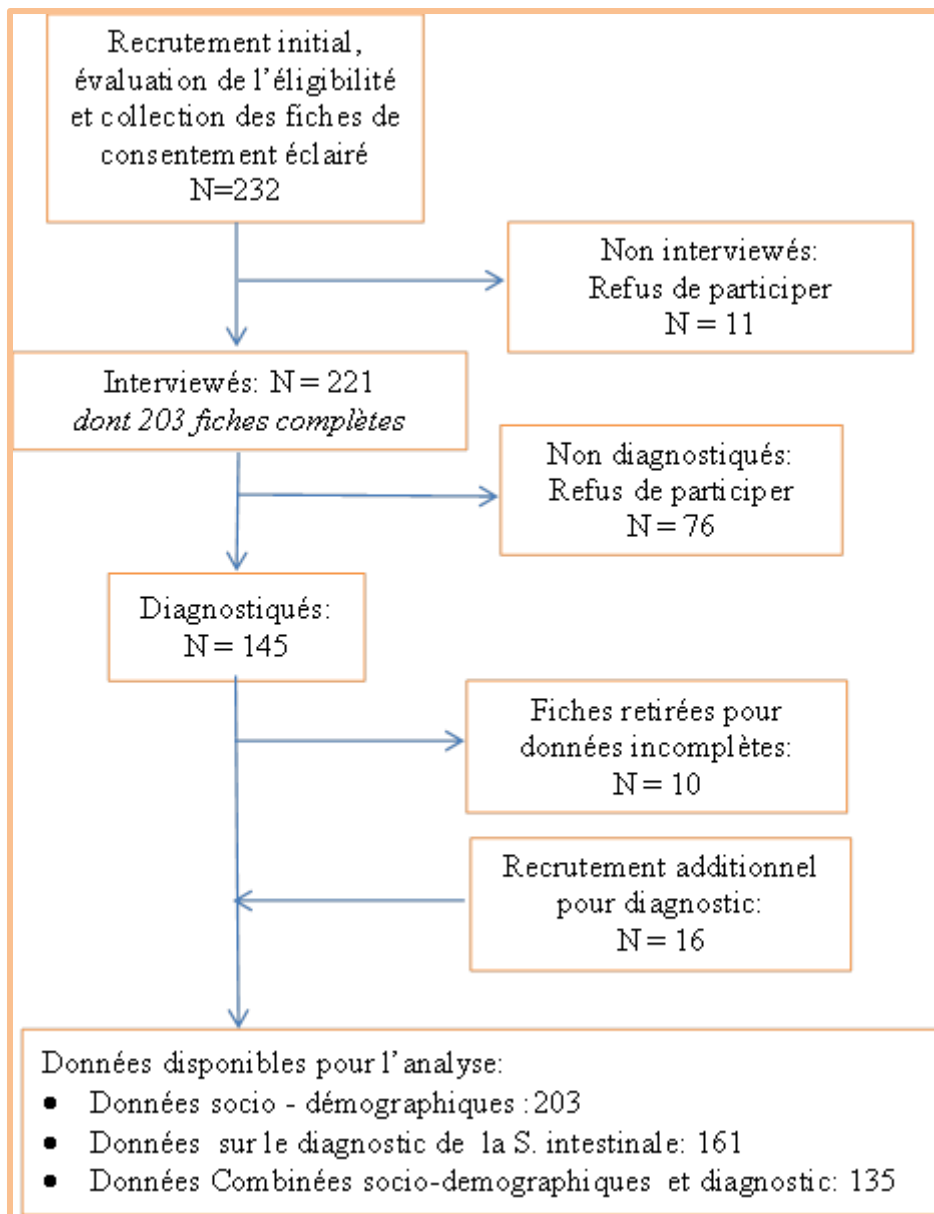
# Chapitre III: Résultats

### **III.1 Etude épidémiologique transversale**

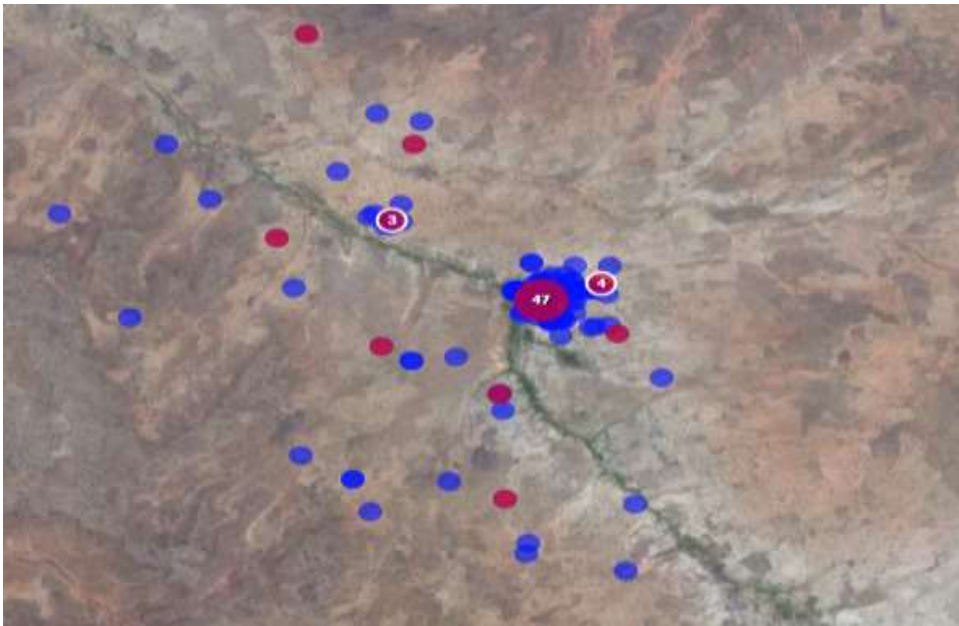
#### **III.1.1 Population d'étude**

##### **III.1.1.1 Les ménages**

Le diagramme présenté à la figure numéro 20 illustre l'évolution de l'étude en montrant les effectifs impliqués à chaque étape de l'analyse et les raisons qui les justifient. Les chefs de ménage sont majoritairement comme on pouvait s'y attendre des hommes (sexe ratio homme/femme = 5,54 :1). Essentiellement des latrines traditionnelles sont rencontrées sur le site dans seulement 44,28% des ménages (IC à 95% : 37,29%-51,44%). Les principales raisons avancées pour justifier le non usage des latrines sont les habitudes (la culture) et le manque de moyens financiers. Les sources d'approvisionnement en eau sont la rivière et les forages ; 67,51% (IC à 95% : 60,49%-74,0%) affirment utiliser la rivière, 76,65% (IC à 95% : 70,11%-82,37%) affirment utiliser les forages soit un peu plus de 44% des ménages qui utilisent les deux sources à la fois. Nous avons deux catégories de ménage à savoir ceux où il y a au moins une personne infectée (P) et ceux où personne n'est infectée (N) respectivement en rouge et bleu sur la figure numéro 21. Dans 45,19% des ménages (IC à 95% = 36,61%-53,98%), nous trouvons au moins une personne infectée avec des densités d'infection variant entre 25% et 100%. La densité d'infection dans ce cas correspond au rapport du nombre de personnes infectées par le nombre de personnes diagnostiquées au sein d'un ménage.



**Figure 20:** Diagramme de l'écoulement des effectifs des ménages



**Figure 21:** Distribution des ménages selon leur statut (Les points en rouges représentent les ménages où nous avons des cas de schistosomiase et ceux en bleu sont les ménages où nous n'avons pas de cas. Les nombres observés dans les points rouges désignent l'effectif des points amassés ; on peut aisément dénombrer 61 ménages avec des cas de schistosomiase).

### III.1.1.2 Les individus

L'évolution de l'étude est illustrée par la figure numéro 23 qui montre les effectifs impliqués à chaque étape de l'étude en les justifiant. 496 individus âgés de 5 à 80 ans des deux genres ont participé aux interviews. Le rapport homme femme est de 1,05. La figure 22 présente la structure de la population d'étude à travers une pyramide des âges. Les principales activités socio-professionnelles sont l'agriculture (plus prédominante, 63,71%, IC à 95% : 59,29%-67,92%), l'élevage, les activités ménagères et le commerce. Les types d'animaux élevés sont les bovins, ovins, caprins, la volaille, le porc. Les spéculations agricoles rencontrées sont le mil, le maïs, le sésame, le haricot, le niébé, l'arachide, le manioc, le sorgho, le fonio, etc. A cela s'ajoute la culture maraîchère principalement pratiquée au cours de la saison sèche entre les mois d'octobre et de mai. Relativement à l'assainissement, 45,77% (IC à 95% : 41,33%-50,27%) des individus affirment utiliser les latrines, 57,86% des individus affirment pratiquer la défécation à l'air libre (IC à 95% : 53,37%-62,23%), environ 3,63% utilisent à la fois les latrines et pratiquent la défécation à l'air libre. Les raisons avancées par les non utilisateurs des latrines sont le manque de moyens financiers, le manque de latrine, l'ignorance. Les utilisateurs mixtes avancent l'éloignement des ménages au moment des travaux champêtres qui les contraignent donc à pratiquer la défécation en plein air. Les utilisateurs des latrines justifient leur pratique par les raisons sanitaires. Quant aux contacts avec les eaux infestées

par les cercaires, la grande majorité soit 88,31% (IC à 95% : 85,07%-90,93%) des individus de ce village entrent en contact avec l'eau à travers plusieurs types d'activités telles que la vaisselle, la lessive, la baignade. Concernant la fréquentation du centre de santé et de promotion social (CSPS), la variable n'a pas été assez renseignée par les interviewés, environ 43 réponses dont 21 affirment fréquenter le CSPS. Mais selon les agents du centre de santé, la population fréquente le CSPS quand leurs moyens le permettent. Quand les moyens ne le permettent pas ils s'adonnent à la médecine traditionnelle sans aucun diagnostic confirmant la nature du mal. Ce qui conduit souvent à des situations très déplorables telles que la paupérisation des ménages car ceux-ci doivent fournir plus d'efforts financiers pour remédier au problème sanitaire aggravé. Et dans le pire des cas, des familles sont endeuillées par manque de moyens de prise en charge.

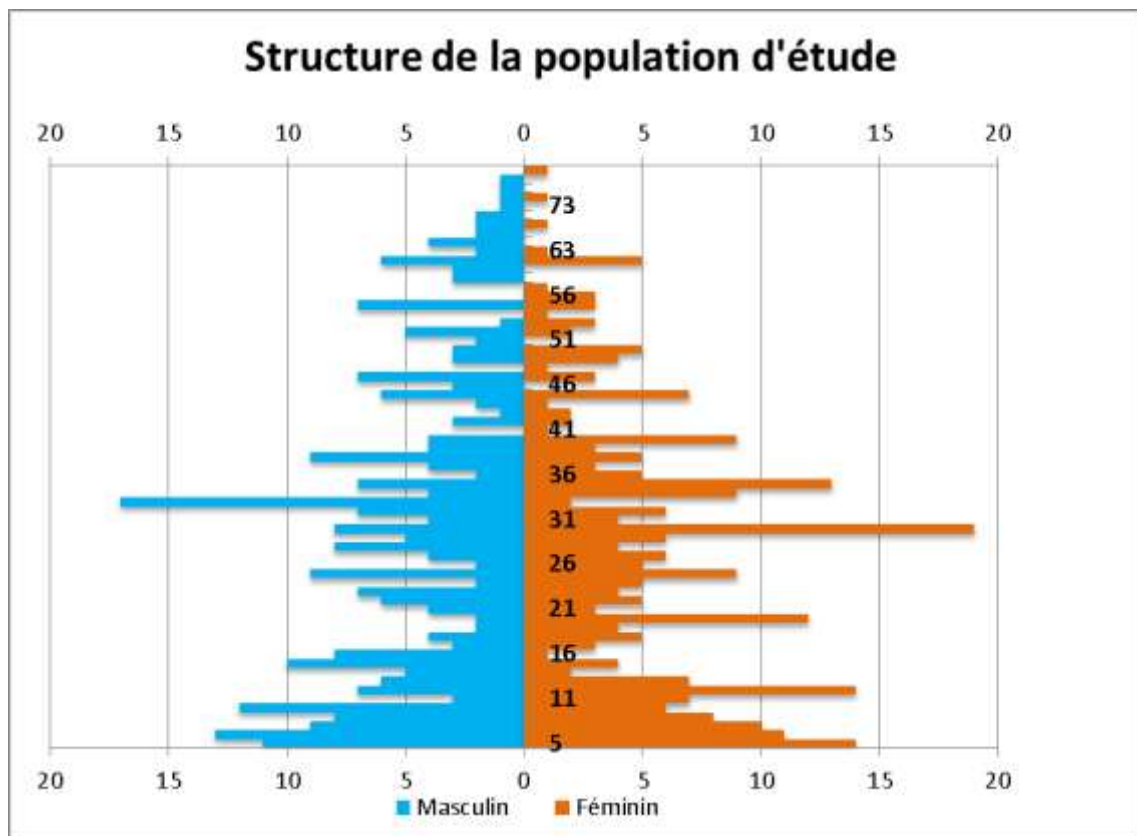
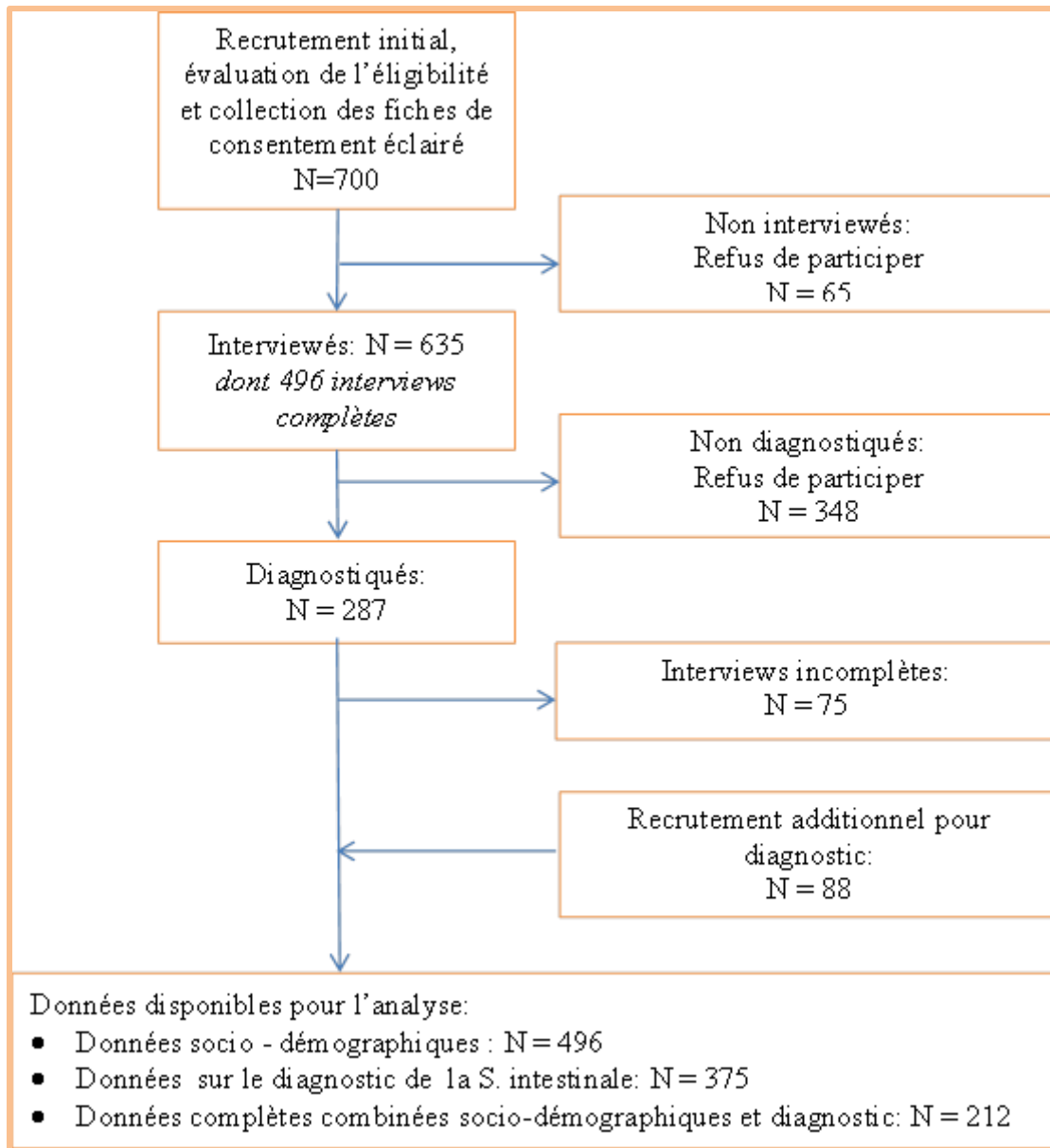


Figure 22: Pyramide des âges de la population d'étude



**Figure 23:** Diagramme du mouvement des effectifs des individus au cours de l'étude

### III.1.2 Les déterminants de l'occurrence de la maladie

#### III.1.2.1 Occurrence dans les ménages

Les résultats issus de l'analyse univariée sont présentés dans le tableau numéro 9. L'analyse univariée montre que les variables aptes pour une introduction dans la régression logistique sont l'assainissement du ménage, la distance du ménage au point d'eau, la taille du ménage, la source d'approvisionnement en eau et le nombre d'enfants dans le ménage.

L'analyse de régression montre que la proximité au point de contact avec l'eau est un facteur associé à l'occurrence de la maladie dans un foyer donné. Le résultat est présenté dans le tableau 10.

Le modèle est globalement significatif (Khi-deux = 12,156; ddl = 3; p-value = 0,007). Le test de Hosmer-Lemeshow démontre que les données s'ajustent très bien au modèle final (-2 likelihood = 169,908 ; ddl = 5 ; p-value = 0,989).

Dans le tableau numéro 11 présentant la distribution des ménages selon la position au point d'eau nous pouvons constater une décroissance du nombre de ménages positifs au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la rivière (la distance grandit) et inversement.

Un lien significatif a été trouvé entre la présence de la latrine et la conscience des dangers liés au manque d'assainissement (la défécation en plein air) ( $\chi^2 = 6,087$  ; ddl = 1 ; p - value = 0,0477).

**Tableau 8:** Analyse univariée sur les déterminants de la survenue de la maladie dans un foyer

Variables	$\chi^2$	DDL	P-Value	ORB	IC à 95%	P-value
Assainissement	4,135	2	<u>0,127</u>			
Latrine						
Nature						
Distance	11,718	3	0,008*			
≤229,85m						0,012
] 229,85m-403,03m]				0,485	0,183-1,284	0,145
] 403,03m-1062,72m]				0,455	0,170-1,214	0,116
>1062,72m				0,168	0,058-0,484	0,001
Effectif du ménage	3,423	1	<u>0,064</u>	1,064	0,995-1,137	0,070
Ethnie	3,009	3	0,390			
Source d'approvisionnement en eau						
Forage	5,478	1	0,019*			
Oui				2,66	1,155-6,126	0,0216
non						
Rivière	1,149	1	0,284			
Nombre d'enfants	3,636	1	<u>0,057</u>	1,09	0,996-1,195	0,063
Sexe	0,520	1	0,471			
Temps de séjour	0,061	1	0,805			

\*p-value <0,05 donc lien significatif entre le facteur concerné et l'occurrence de la maladie.

**Tableau 9:** Régression logistique: l'occurrence de la maladie dans les ménages

Variabes	Coefficients	Erreur Standard	Wald	DDL	ORA	IC à 95%	P-value
1. Position géographique							
≤229,85m	1,785	0,541	10,900	1	5,958	2,065-17,190	0,001
] 229,85m-403,03m]	1,061	0,531	3,998	1	2,889	1,021-8,173	0,046
] 403,03m-1062,72m]	0,996	0,534	3,475	1	2,708	0,950-7,721	0,062
>1062,72m	-	-	10,924	3	-	-	0,012
Constante	-1,179	0,404	8,499	1	0,308		0,004

**Tableau 10:** Distribution de la maladie dans les ménages selon la distance

Variable Position	Nombre de ménages			Prévalence en %
	Positifs	Négatifs	Total	
≤229,85m	22	12	34	64,71
] 229,85m-403,03m]	16	18	34	47,06
] 403,03m-1062,72m]	15	18	33	45,45
>1062,72m	8	26	34	23,53
Total	61	74	135	45,19

### III.1.2.2 Déterminants de l'infection des individus

L'analyse univariée présentée dans le tableau numéro 12 démontre que les variables âge, assainissement, contact avec l'eau sont associées à l'occurrence de la maladie (le symbole \* à côté indique la significativité). La variable 'profession élève' sans être significativement associée à la maladie possède une p-value inférieure à 0,20 (soulignées dans le tableau) et sera par conséquent incluse dans la régression logistique. Curieusement, la variable niveau de connaissance de la maladie (NCM) n'est pas associée à la survenue de la maladie sur le site de Panamasso (p-value = 0,5212). Par ailleurs, il a été noté que la majorité de la population n'a aucune connaissance de la maladie comme le montre la figure numéro 24 ci-dessous. Les niveaux N1, N2, N3 et N4 sur la figure numéro 24 correspondent respectivement aux descriptions aucune connaissance, connaissance faible, connaissance moyenne, assez bonne connaissance. La variable sexe sans être significativement associée à la maladie sera incluse car elle est biologiquement pertinente.

Cinq (05) variables ont été donc incluses dans l'analyse de régression. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau numéro 13. Le modèle est significatif ( $\chi^2 = 20,884$  ; ddl = 6 ; p-value = 0,002) ; le test de Hosmer-Lemeshow montre que les données s'ajustent très bien au modèle final (-2 likelihood = 223,91; ddl = 6 ; p-value = 0,920).

Les intensités d'infection sont à majorité faible en l'occurrence 61,40% (moins de 100 œufs). Environ 28,07% des personnes infectées ont des intensités d'infection modérées (entre 100 et

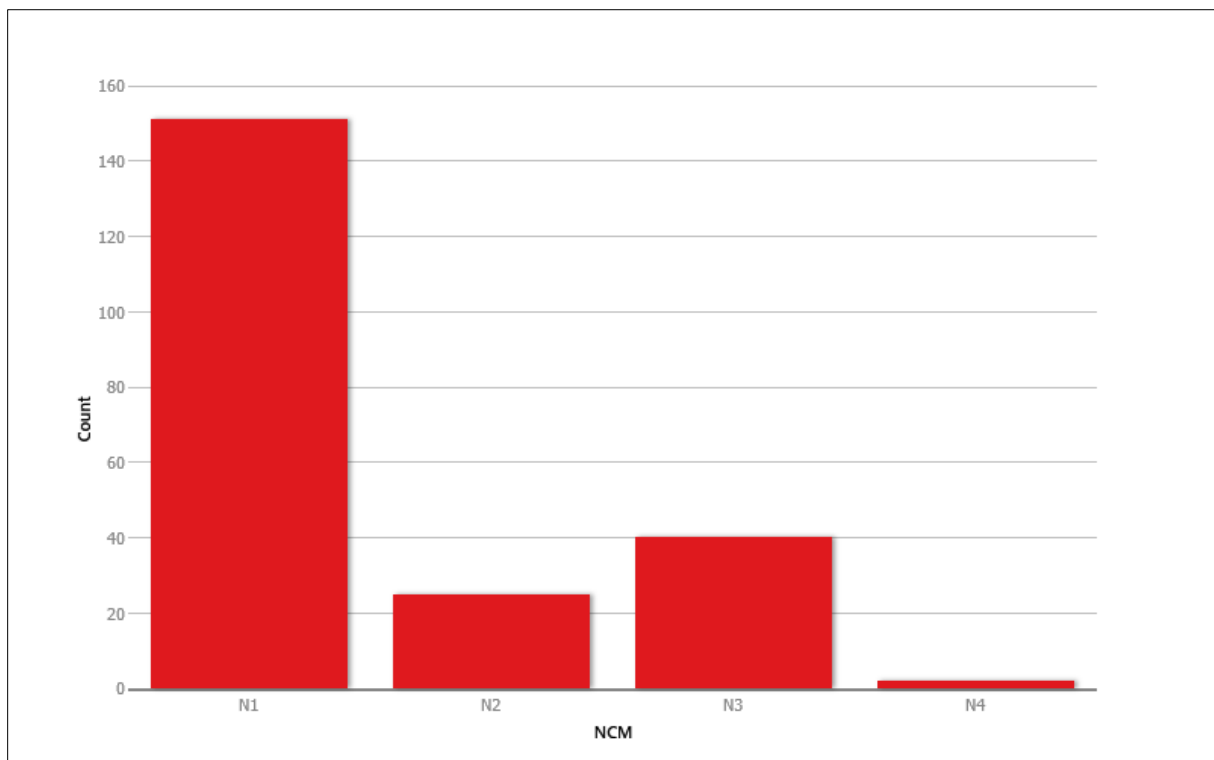


399 œufs par gramme de selle) et 10,53% des intensités fortes (plus de 399 œufs par gramme de selle).

L'analyse de variance a démontré qu'il n'y a aucune différence significative entre les intensités d'infection pour les deux sexes ( $p$ -value = 0,62) ni entre les tranches d'âge ( $p$ -value = 0,29). Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les intensités d'infection selon les classes de distances ( $p$ -value = 0,287).

Une relation significative existe entre l'assainissement (c'est-à-dire la pratique de la défécation à l'air libre) et la distance au point d'eau ( $p$ -value < 0,0001). Les deux classes intermédiaires regroupent les individus qui utilisent le plus les latrines alors que les deux classes extrêmes regroupent ceux-là qui utilisent le plus la nature. Par ailleurs, un lien significatif a été trouvé entre l'âge et la défécation à l'air libre ( $\chi^2 = 13,832$  ; ddl = 4 ;  $p$ -value = 0,0079). Les plus de 20 ans contribuent à plus de 60% à la défécation à l'air libre.

Aucun lien significatif n'a été trouvé entre le statut élève et l'occurrence de la maladie ( $p$ -value > 0,05).



**Figure 24:** Niveaux de connaissance de la maladie

**Tableau 11:** Analyse univariée sur l'infection des individus

Variable	$\chi^2$	DDL	P-value	ORB	IC à 95%	P - value
1. Age	12,193	4	0,017*			
[5-10[				1,414	0,447-4,467	0,555
[10-15[				5,491	1,889-15,962	0,002*
[15-20[				1,952	0,326-11,692	0,464
[20-42[				2,288	0,907-5,772	0,080
[42-80]						0,023*
2. Sexe	0,070	1	0,791			
3. Profession						
Agriculture	0,264	1	0,607			
Élevage	0,002	1	0,967			
Commerce	0,146	1	0,702			
Ménagères	1,347	1	0,246			
Élève	3,267	1	<u>0,071</u>			
Oui				2,139	0,925-4,944	<u>0,075</u>
Non						
4. Ethnie	2,713	4	0,607			
5. Contacts	4,464	1	0,035*			
Oui				3,533	1,026-12,171	0,046*
Non						
6. NCM	2,255	3	0,5212			
7. Assainissement						
Latrine	3,977	1	0,046*			
Oui				1,867	1,007-3,462	0,048*
Non						
Nature	4,432	1	0,035*			
Oui				0,518	0,279-0,96	0,037*
Non						

\*p-value <0,05 donc lien significatif entre le facteur concerné et l'occurrence de la maladie.

**Tableau 12:** Régression logistique: déterminants de l'infection individuelle

		Coefficients	Erreur Standard	Wald	ddl	p-value	ORA	IC à 95%	
								Inférieur	Supérieur
	Age								
	[42-80]			11,341	4	0,023			
Etape 1 <sup>a</sup>	[5-10[	0,346	0,587	0,348	1	0,555	1,414	0,447	4,467
	[10-15[	1,703	0,544	9,786	1	0,002	5,491	1,889	15,962
	[15-20[	0,669	0,913	0,537	1	0,464	1,952	0,326	11,692
	[20-42[	0,828	0,472	3,074	1	0,080	2,288	0,907	5,772
	Constante	-1,768	0,409	18,683	1	0,000	0,171		
	Contact (+/-)	1,259	0,646	3,801	1	0,051	3,522	0,993	12,486
	Age								
	[42-80]			11,015	4	0,026			
Etape 2 <sup>b</sup>	[5-10[	0,352	0,592	0,354	1	0,552	1,422	0,446	4,536
	[10-15[	1,708	0,551	9,600	1	0,002	5,520	1,873	16,264
	[15-20[	0,767	0,929	0,681	1	0,409	2,153	0,349	13,297
	[20-42[	0,780	0,476	2,687	1	0,101	2,181	0,858	5,541
	Constante	-2,885	0,729	15,648	1	0,000	0,056		
	Nature (+/-)	-0,692	0,340	4,142	1	<b>0,042*</b>	<b>0,501</b>	<b>0,257</b>	<b>0,975</b>
	Contact (+/-)	1,395	0,657	4,507	1	<b>0,034*</b>	<b>4,035</b>	<b>1,113</b>	<b>14,627</b>
	Age								
	[42-80]			10,372	4	<b>0,035*</b>			
Etape 3 <sup>c</sup>	[5-10[	0,302	0,598	0,255	1	0,614	1,352	0,419	4,365
	[10-15[	1,642	0,556	8,713	1	<b>0,003*</b>	<b>5,167</b>	<b>1,736</b>	<b>15,374</b>
	[15-20[	0,656	0,948	0,480	1	0,489	1,928	0,301	12,355
	[20-42[	0,576	0,489	1,383	1	0,240	1,778	0,681	4,639
	Constante	-2,531	0,752	11,337	1	<b>0,001*</b>	<b>0,080</b>		

a. Variable(s) entrées à l'étape 1 : Age.

b. Variable(s) entrées à l'étape 2 : Contact.

c. Variable(s) entrées à l'étape 3 : Nature.

\*p-value <0,05 donc lien significatif entre le facteur concerné et l'occurrence de la maladie.

### III.1.2.3 Les prévalences

Les prévalences estimées sont présentées dans les tableaux numéro 14 et 15. Dans le premier tableau, les prévalences sont présentées par parasite et dans le second par tranche d'âge. Le deuxième tableau contient également les intensités d'infection par sexe.

**Tableau 13:**Prévalences par parasite trouvé

Parasites	Négatifs	Positifs	Prévalence %	Précision	IC à 95%
<i>S. mansoni</i>	272	103	27,47	0,05	22,95-31,99
Ankylostomes	366	9	2,4	0,02	0,85-3,95
<i>H. nana</i>	364	11	2,93	0,02	1,23-4,64
Tenia	375	0	0	-	-
Ascaris	374	1	0,27	0,005	0-0,79
<i>S. haematobium</i>	410	3	0,732	0,008	0-1,55

**Tableau 14:**Distribution des prévalences et des intensités d'infection selon l'âge

Age (années)	Masculin		Féminin		Total		Intensité	
	N	P	N	P	Prévalence(%)	IC à 95%	Masculin	Féminin
[5-10[	15	4	15	4	21,05	8,09-34,02	321,99	89,34
[10-15[	9	9	7	6	48,39	30,79-65,98	113,13	133,51
[15-20[	4	2	2	0	25,00	0-55,01	67,88	-
[20-42[	31	12	36	13	27,17	18,08-36,26	67,38	84,08
[42-80]	28	2	14	5	14,29	4,49-24,08	67,88	132,78
Total	87	29	74	28	26,15	20,31-31,98	98,29	101,61

## III.2 Etude épidémiologique évaluative

### III.2.1 Traitement au praziquantel : la toise

L'analyse des données révèle que sur les 258 doses calculées, les doses estimées à partir de la taille sont similaires à celles estimées à partir du poids dans 35,27% (n = 91) des cas. 19,58% (n = 50) et 45,35% (n = 117) des doses sont au-dessus et en-dessous des doses optimales de 40 mg/Kg de poids corporel respectivement. Le test statistique démontre clairement une différence significative entre les deux méthodes au seuil de 1% (p-value <0.0001). La figure numéro 25 ci-dessous présente la sortie du logiciel Tanagra de l'analyse de variance de Friedman.

Friedman's ANOVA by Ranks 1				
Results				
RANKS			Friedman Statistic	
Att.	Sum(Ranks)	Mean(Ranks)	Stat.	Value
DOSE_T	353,5	1,3702	FridemanFr	26,88024
DOSE_P	420,5	1,6298	d.f.	1
			p-value	0,00000

**Figure 25 :** ANOVA de Friedman

### III.2.2 Evaluation de la méthode d'estimation des prévalences

L'analyse de régression logistique démontre l'inexistence de lien significatif entre la maladie et le statut élève ( $p$ -value  $> 0,05$ ). La prévalence au niveau de la population est de 27,47% (IC à 95% = 22,95% - 31,99%) tandis que celle au niveau des élèves est de 42,31% (IC à 95% = 23,35% - 63,08%). Par ailleurs, la prévalence globale au sein des enfants d'âge scolaire (5-15 ans) qui vaut 34,29% (IC à 95% = 23,35% - 46,60%) et celle au sein des enfants d'âge scolaire non scolarisés qui vaut 29,55% (IC à 95% = 16,76% - 45,20%) sont toutes deux inférieures à la prévalence au sein des élèves. La prévalence de la maladie au sein des enfants d'âge scolaire est estimée sur le site sur la sous-population constituée par les enfants scolarisés. L'analyse de la différence de proportion (test de Fisher Exact) démontre une différence significative entre la prévalence au sein des enfants d'âge scolaire scolarisés et non scolarisés ( $p$ -value = 0,307). Par ailleurs, une différence significative a été trouvée entre la prévalence chez les enfants d'âge scolaire (équivalent dans le cas de cette étude à la tranche 5-15 ans) et celle du reste de la population d'étude qui vaut 22,54% (IC à 95% = 15,95% - 30,30%) ( $4,1026 > 1,96$ ).

### II.2.3 Evaluation de la technique de diagnostic

La figure numéro 26 ci-dessous présente la sortie des résultats d'analyse par PCR. Il s'agit d'une analyse qualitative et sur la figure, nous pouvons voir les 7 individus positifs en rouge placés au-dessus du seuil (threshold).

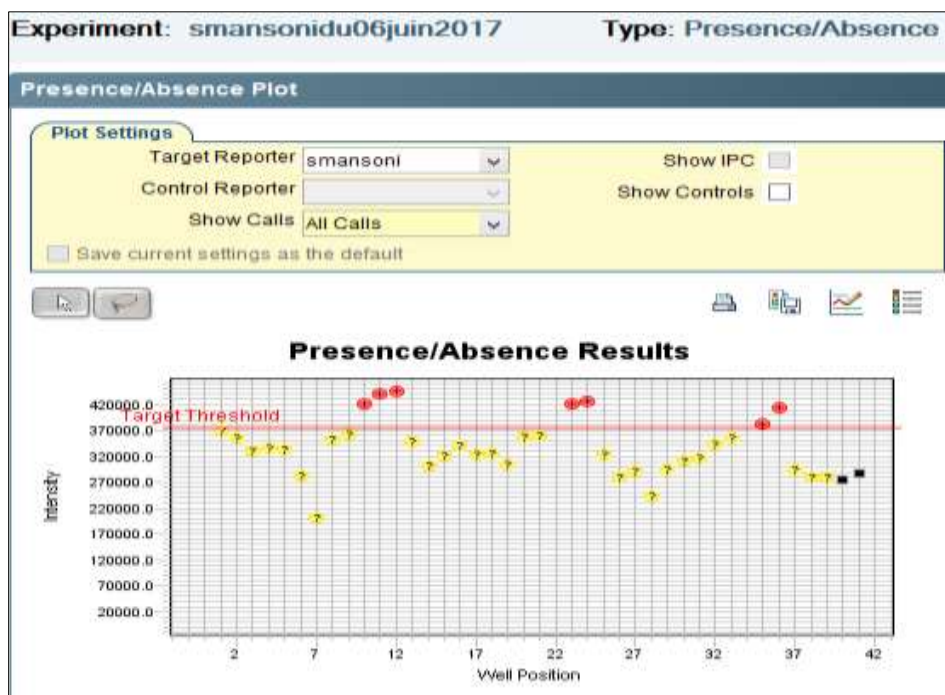


Figure 26: Sortie des résultats d'analyse par PCR en temps réel

Les analyses par la méthode de Kato-Katz ont donné une prévalence de 20% (4/20) tandis que celle fournie par la PCR est de 35% (7/20). Les 4 individus positifs à la méthode de Kato-Katz ont été également positifs à la PCR ; par ailleurs 3 des négatifs à la méthode de Kato-Katz (faux négatifs) ont été détectés à la PCR. Les résultats sont présentés dans le tableau 16 ci-dessous.

**Tableau 15:** Comparaison de la PCR en temps réel et de la méthode de Kato-Katz

		Kato-Katz		
		Positifs	Négatifs	Total
PCR	Positifs	4	3	7
	Négatifs	0	13	13
	Total	4	16	20

L'indice de Kappa calculé est de 0,634 et est inclus dans l'intervalle [0,60-0,80[soit un bon accord entre les deux techniques de diagnostic.

La sensibilité de la PCR est de 100% tandis que celle de la méthode de Kato-Katz est de 57,14%.

### III.3 Etude épidémiologique écologique

#### III.3.1 Pollution fécale

La pollution fécale des eaux caractérisée à partir de la concentration des *E. Coli* est présentée dans la figure numéro 27 ci-dessous pour les trois (03) saisons. Les concentrations sont exprimées en unité logarithmique d'Unités Formant Colonies (UFC) par 100 millilitres (ml). Aucune différence significative n'est observée entre les saisons pour ce paramètre au seuil de 5%. Cette similitude est matérialisée par la lettre identique au-dessus de chaque barre « a ».

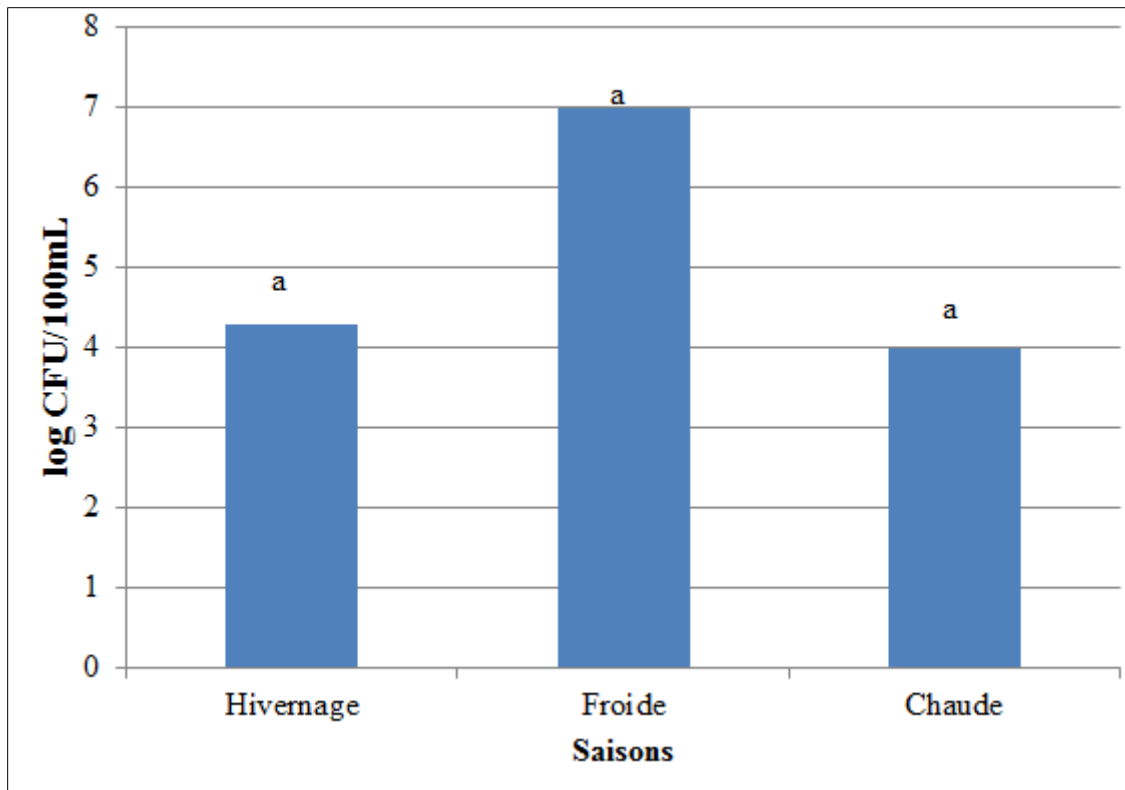


Figure 27: Dynamique saisonnière de la pollution fécale par *E.Coli*.

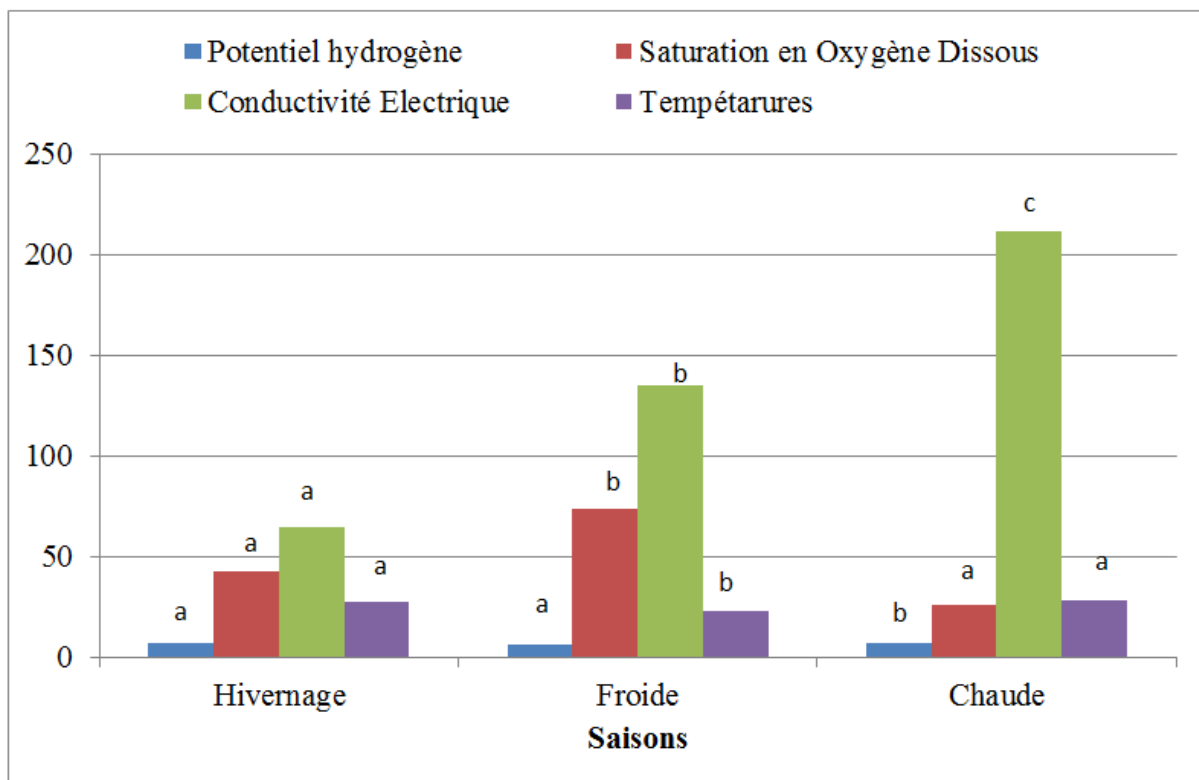


Figure 28: Dynamique saisonnière des paramètres physico-chimiques.

La figure numéro 28 ci – dessus présente les résultats des paramètres physico – chimiques relevés au cours de la caractérisation de la pollution fécale des eaux. Les lettres similaires sur les barres signifient une différence non significative entre les saisons pour les paramètres concernés. La conductivité électrique est le seul paramètre significativement différent entre les trois saisons. Elle est plus importante en saison chaude.

### III.3.2 Prospection malacologique

Les figures numéro 29 et 30 présentent la dynamique des populations de mollusques du genre *Bulinus* et *Biomphalaria* respectivement ainsi que les taux d'infection. Nous pouvons noter que la saison chaude correspond pour les deux espèces à la saison de plus forte abondance.

Pour le cas des mollusques du genre *Bulinus*, nous constatons que les densités des saisons hivernale et chaude sont toutes deux significativement différentes ( $P < 0.05$ ) mais ne le sont pas d'avec la densité de la saison froide. Les taux d'infection des saisons hivernale et froide ne présentent aucune différence significative mais sont significativement différentes de celui de la saison chaude.

En ce qui concerne les mollusques du genre *Biomphalaria*, les densités sont significativement différentes d'une saison à l'autre avec un pic en saison chaude. Les taux d'infection des mollusques pour les saisons froide et chaude ne sont pas significativement différentes mais le sont tous deux avec celui de la saison hivernale.

Les densités sont exprimées en nombre de mollusque par 30 minutes et les taux d'infection en pourcentage. La classification selon la méthode de SELLIN et SIMONKOVICH (1977) [113] permet de constater que la densité du genre *Biomphalaria* est faible pour la saison hivernale (entre 1 et 10 mollusques) et forte pour les deux autres saisons (plus de 50 mollusques). En ce qui concerne les mollusques du genre *Bulinus*, la densité est faible en hivernage, moyenne (entre 11 et 50 mollusques) en saison froide et forte en saison chaude.



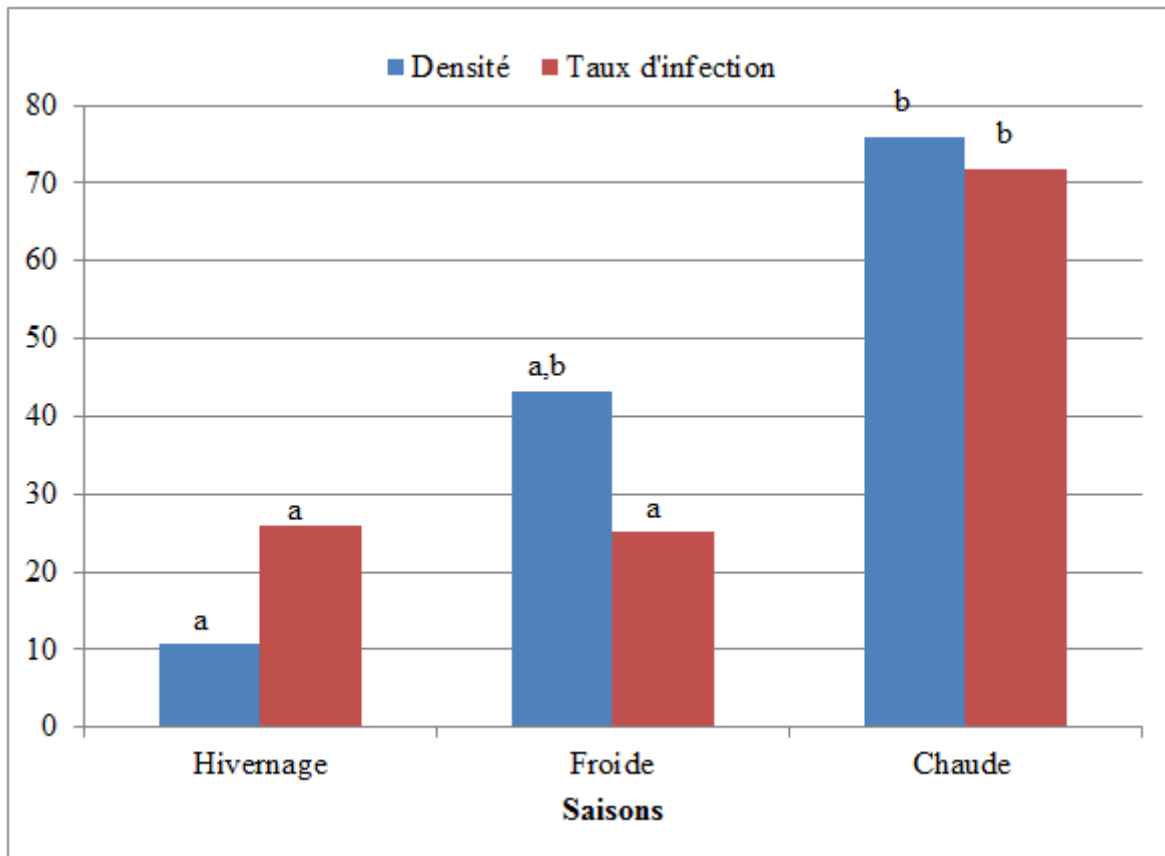


Figure 29: Dynamique saisonnière des mollusques du genre *Bulinus*

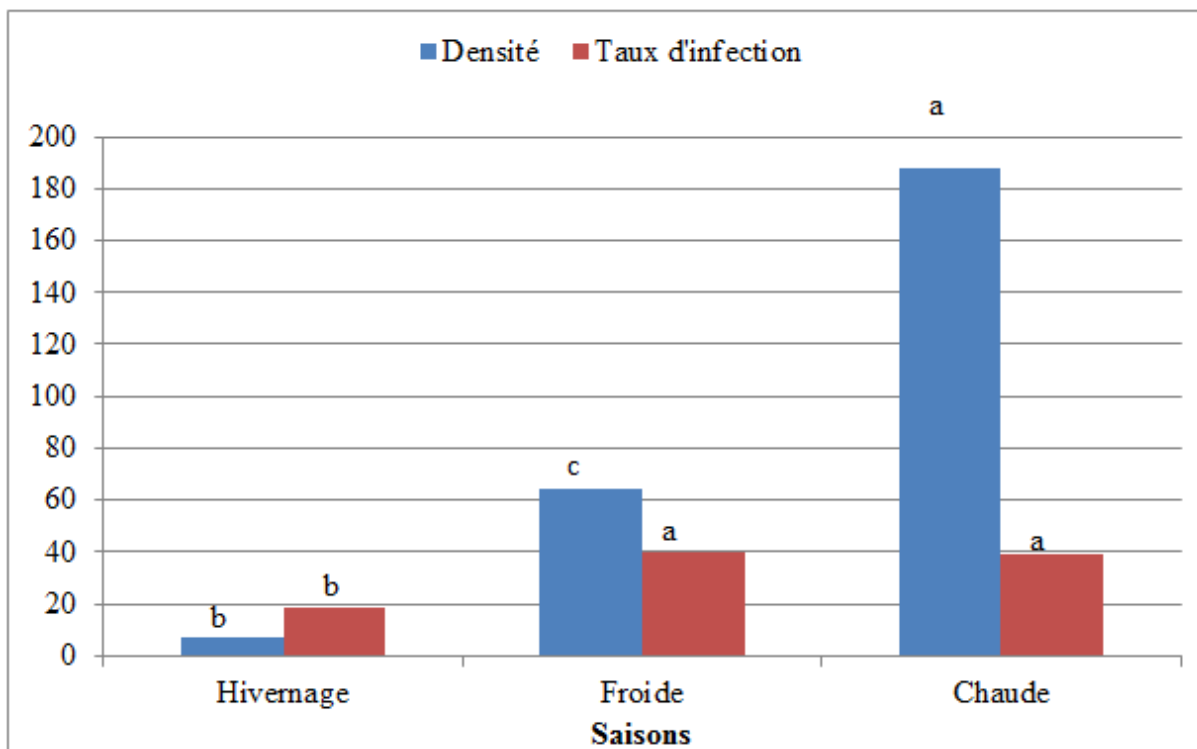


Figure 30: Dynamique saisonnière des mollusques du genre *Biomphalaria*

### III.3.3 Contacts Homme – eau

Les fréquences de contact homme – eau exprimées en nombre de contact toutes les 30 minutes sont présentées dans la figure numéro 31 ci-dessous. Une différence significative peut être notée entre les trois saisons et pour chaque groupe d'individus (homme, femme, fille et garçon) en dehors des contacts des hommes pour les saisons froide et chaude.

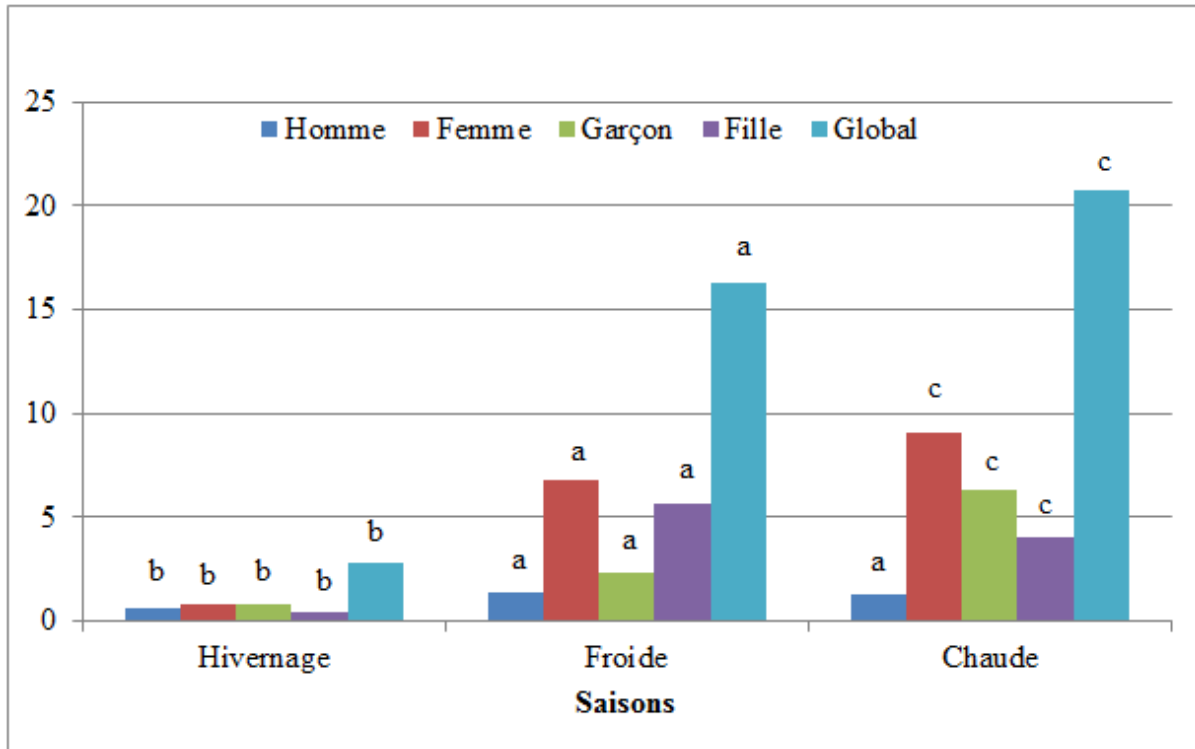


Figure 31: Dynamique saisonnière des contacts homme-eau

### III.3.4 Indice d'infection à la schistosomiase (IIS)

Les indices d'infection sont calculés pour chaque forme de la maladie, pour chaque groupe d'individus (Hommes, Femmes, Garçons, Filles) et selon les saisons (dynamique temporelle de l'infection sur le site de Panamasso). Par ailleurs, l'indice d'infection a été calculé pour chaque point de contact, pour chaque forme de la maladie et par saison. Ce paramètre adimensionnel permet d'identifier le groupe le plus à risque pour une saison donnée et pour une forme donnée de la maladie. Il permet aussi d'identifier une zone de haut risque pour une intervention.

D'un point de vue temporel, en considérant la forme intestinale de la maladie, le risque d'occurrence de la maladie est identique pour tous les groupes d'individus en saison hivernale (1,025). Le groupe des femmes est le plus à risque pour les deux autres saisons ; une importante remarque est l'indice d'infection plus élevé chez les femmes que pour la population prise globalement. Le groupe des filles présente un risque moins et plus élevé en

saisons chaude et froide respectivement comparé au risque des garçons. Et le groupe des hommes demeure le moins à risque pour toutes les saisons.

En ce qui concerne la forme urinaire de la maladie, nous avons le même profil que pour la forme intestinale. Cependant les risques d'infection en saison hivernale sont de l'ordre de 1,04 pour tous les groupes sauf celui des hommes qui vaut 1.

Des deux formes de la maladie, la forme intestinale est de toutes les saisons la plus présente et la saison chaude demeure la saison de forte incidence comme le montre les figures numéro 32 à 33 et le tableau numéro 17.

D'un point de vue spatial et pour la forme intestinale de la maladie, nous avons les classements respectifs suivants par ordre décroissant pour les trois saisons hivernage, saison froide et saison chaude comme présenté dans les tableaux 18, 19 et 20: P3 – P1 – P4 – P2, P3 – P2 – P4, P3 – P2 – P1 – P4. Nous constatons que le point P3 reste le plus infectieux pour les trois saisons. Aussi, au cours de la saison froide, il n'y a pas de risque d'infection au point P1 à *S.mansoni* car tous les quatre (04) facteurs gouvernant l'occurrence de la maladie ne sont pas réunis. En ce qui concerne la forme urinaire de la maladie, nous observons pour les trois saisons toujours selon le même ordre les classements suivants par ordre décroissant comme présenté dans les tableaux 21, 22 et 23 : P3 – P2 – P1 – P4, P1 – P3 – P2 – P4, P1 – P2 – P3. A ce niveau, nous constatons que selon les saisons, le point le plus infectieux change. Au cours de la saison chaude, il n'y a pas de risque d'infection à *S.Haematobium* au point P4.

**Tableau 16:** Indice d'infection à la schistosomiase par sexe, âge et forme de la maladie.

Formes de la maladie	Saisons	Indices d'infection à la schistosomiase				
		Hommes	Femmes	Garçons	Filles	Global
Intestinale	Froide	3,55	5,05	3,8	4,8	4,63
	Chaude	7,75	9,75	9	8,5	9,25
	Hivernage	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
Urinaire	Froide	2	3,44	2,2	3,2	3,02
	Chaude	3	5	4,22	3,72	4,17
	Hivernage	1	1,04	1,04	1,04	1,04

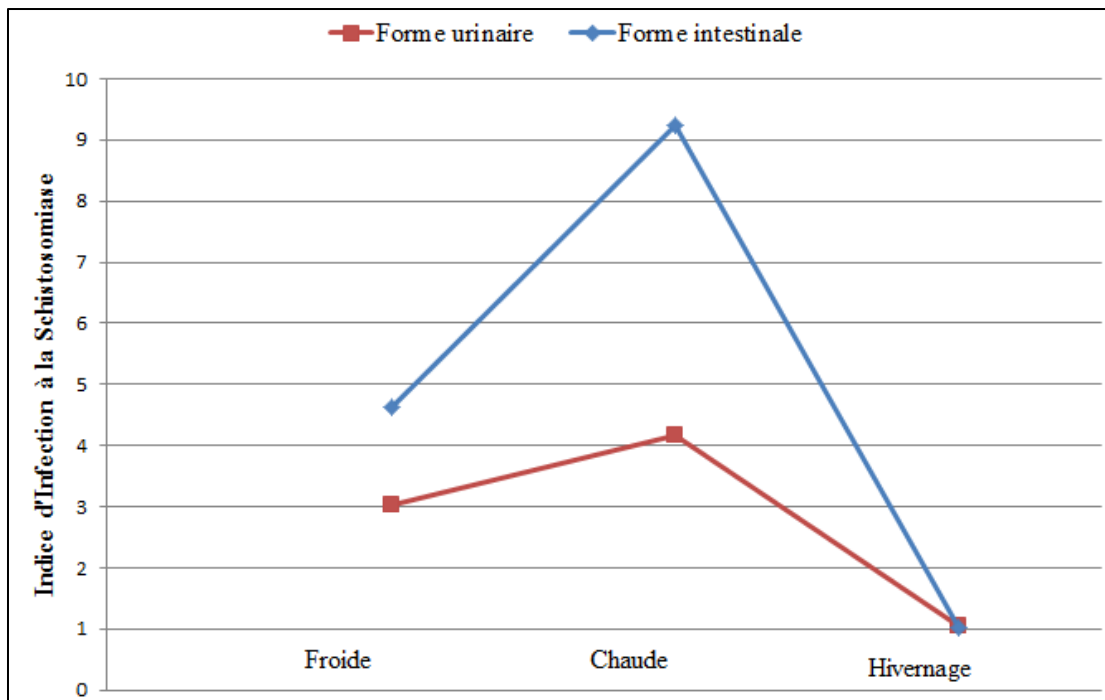


Figure 32: Dynamique des indices d'infection des deux formes de la schistosomiase

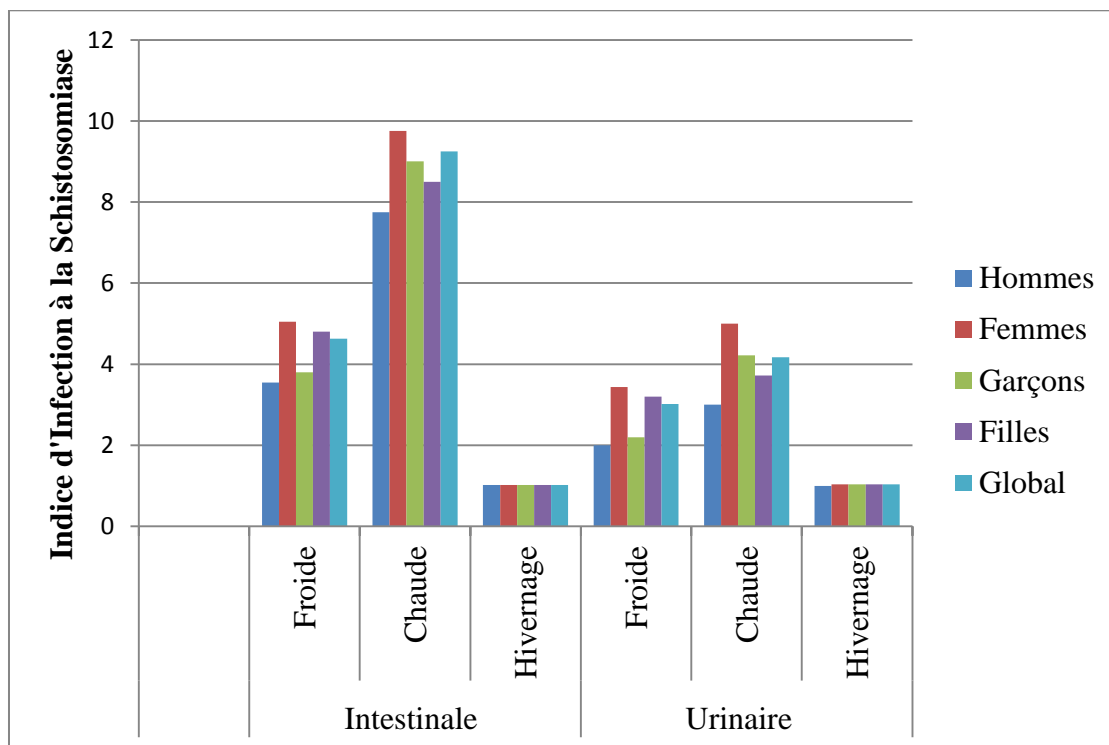
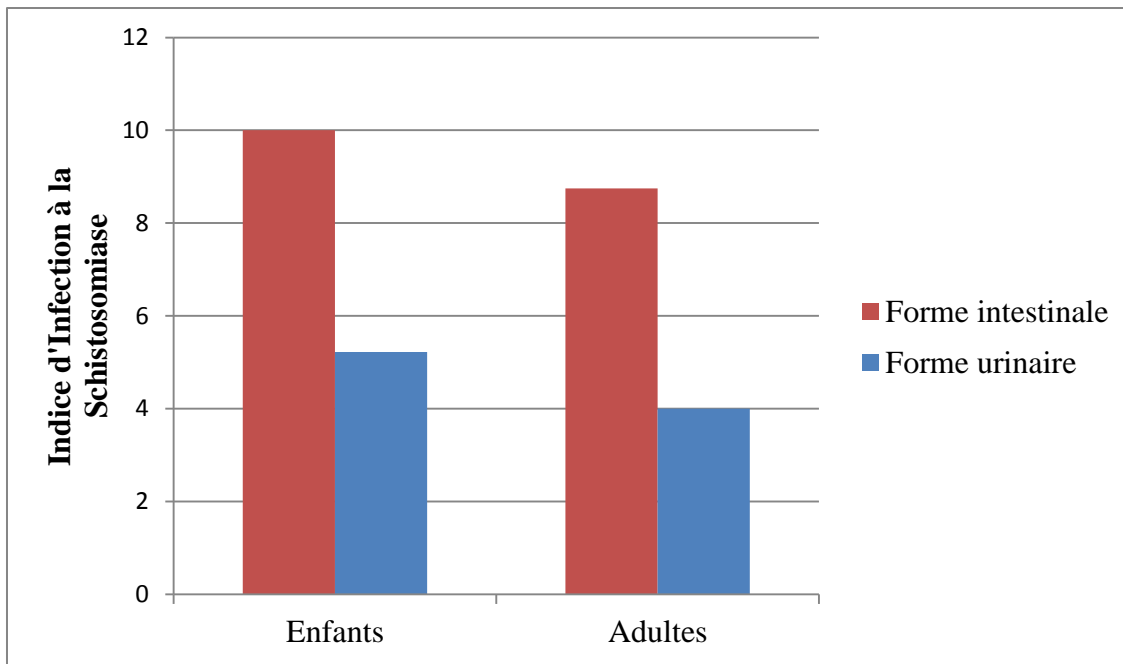


Figure 33: Dynamique des indices d'infection



**Figure 34:** Indice d'infection selon l'âge et par forme de schistosomiase

La figure 34 ci-dessus présente les indices d'infection chez les adultes et les enfants des deux sexes confondus. On observe un haut risque d'infection chez les enfants pour les deux formes de la maladie.

**Tableau 17:** Indice d'infection par point pour la forme intestinale (hivernage).

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1	P2	P3	P4
FP en unité log10	<sup>(a)</sup> 4,29 (0,76)  1,04	<sup>(a)</sup> 4,43(0,98)  1,07	<sup>(a)</sup> 4,29 (0,95)  1,04	<sup>(a)</sup> 4,14 (0,90)  1
HWC en N/30 min	<sup>(a,c)</sup> 2,9 (1,45)  1,61	<sup>(a)</sup> 1,80 (1,15)  1	<sup>(b)</sup> 5,7 (2,11)  3,17	<sup>(b,c)</sup> 4,3 (2,79)  2,39
MD en N/30min	<sup>(a)</sup> 7,88 (4,08)  6,3	<sup>(b)</sup> 1,25 (1,84)  1	<sup>(c)</sup> 16 (4,32)  12,8	<sup>(b)</sup> 2,63 (3,5)  2,1
MIR en %	<sup>(a)</sup> 21,88 (15,89)  6,15	<sup>(b)</sup> 3,56 (14,25)  1	<sup>(c)</sup> 38,88 (12,5)  10,9	<sup>(b,a)</sup> 9,63 (22,34)  2,7
IIS	3,775	1,0175	6,007	2,0475

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.

**Tableau 18:** Indice d'infection par point pour la forme intestinale (saison froide).

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1*	P2	P3	P4
FP in log10 unit	<sup>(a)</sup> 11,21 (22,78)  -	<sup>(a)</sup> 2,14(4,02)  1	<sup>(a)</sup> 4,71 (11,6)  2,2	<sup>(a)</sup> 10,14 (17,18)  4,74
HWC in N/30 min	<sup>(a)</sup> 16,21 (7,36)  -	<sup>(b)</sup> 29,0 (14,74)  5,03	<sup>(c)</sup> 13,29 (6,54)  2,3	<sup>(d)</sup> 5,77 (3,6)  1
MD in N/30min	<sup>(a)</sup> 0,66 (1,03)  -	<sup>(a)</sup> 58,33 (47,53)  1,19	<sup>(b)</sup> 150,67 (82,99)  3,09	<sup>(a)</sup> 48,83 (41,53)  1
MIR in %	<sup>(a)</sup> 0 (0)  -	<sup>(b)</sup> 44,5 (11,61)  1	<sup>(b)</sup> 64,83 (23,76)  1,46	<sup>(b)</sup> 50,83 (29,65)  1,14
IIS	-	2,055	2,26	1,97

\*Au point1, un paramètre (MIR) était nul et cela signifie qu'une infection ne peut se produire; cependant ce point n'est pas inclus dans le calcul de l'indice IIS.

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.

**Tableau 19:** Indice d'infection par point pour la forme intestinale (saison chaude).

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1	P2	P3	P4
FP in log10 unit	<sup>(a)</sup> 4,37 (0,5)  1,18	<sup>(a)</sup> 4,27(0,64)  1,15	<sup>(a)</sup> 3,81 (0,64)  1,03	<sup>(a)</sup> 3,71 (0,71)  1
HWC in N/30 min	<sup>(a)</sup> 13,3 (12,18)  1	<sup>(b)</sup> 20,55 (12,45)  1,55	<sup>(b)</sup> 19,46 (11,06)  1,46	<sup>(c)</sup> 22,66(14,96)  1,7
MD in N/30min	<sup>(a)</sup> 43,11 (36,71)  1,16	<sup>(a)</sup> 37,11(20,91)  1	<sup>(b)</sup> 312,56 (83,16)  8,42	<sup>(b)</sup> 357,89(163,79)  9,64
MIR in %	<sup>(a)</sup> 87,5 (20,92)  19,36	<sup>(a)</sup> 86,11 (34,02)  19,05	<sup>(a)</sup> 58,58 (34,71)  12,96	<sup>(b)</sup> 4,52 (7,04)  1
IIS	5,675	5,6875	5,9675	3,335

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.

**Tableau 20:** Indice d'infection par point pour la forme urinaire (hivernage)

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1	P2	P3	P4
FP in log10 unit	<sup>(a)</sup> 4,29 (0,76)  1,04	<sup>(a)</sup> 4,43(0,98)  1,07	<sup>(a)</sup> 4,29 (0,95)  1,04	<sup>(a)</sup> 4,14 (0,90)  1
HWC in N/30 min	<sup>(a,c)</sup> 2,9 (1,45)  1,61	<sup>(a)</sup> 1,80 (1,15)  1	<sup>(b)</sup> 5,7 (2,11)  3,17	<sup>(b,c)</sup> 4,3 (2,79)  2,39
MD in N/30min	<sup>(a,b)</sup> 9,94 (4,49)  1,54	<sup>(a)</sup> 12,13 (5,85)  1,88	<sup>(a)</sup> 14,63 (6,43)  2,27	<sup>(b)</sup> 6,44 (3,37)  1
MIR in %	<sup>(a,b)</sup> 25,3 (19,23)  1,52	<sup>(a,b)</sup> 29,56 (18,08)  1,78	<sup>(a)</sup> 32,45 (17,87)  1,95	<sup>(b)</sup> 16,65 (15,18)  1
IIS	1,4275	1,4325	2,1075	1,3475

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

Analyse spatio-temporelle des facteurs environnementaux et socio-sanitaires favorables à la persistance des maladies liées à l'eau : cas de la schistosomiase au Burkina Faso

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.

**Tableau 21:** Indice d'infection par point pour la forme urinaire (saison froide)

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1	P2	P3	P4
FP in log10 unit	<sup>(a)</sup> 11,21 (22,78)  5,24	<sup>(a)</sup> 2,14(4,02)  1	<sup>(a)</sup> 4,71 (11,6)  2,2	<sup>(a)</sup> 10,14 (17,18)  4,74
HWC in N/30 min	<sup>(a)</sup> 16,21 (7,36)  2,81	<sup>(b)</sup> 29,0 (14,74)  5,03	<sup>(c)</sup> 13,29 (6,54)  2,3	<sup>(d)</sup> 5,77 (3,6)  1
MD in N/30min	<sup>(a)</sup> 73,17 (55,78)  7,98	<sup>(a,b)</sup> 24,83 (17,93)  2,71	<sup>(a)</sup> 66 (36,99)  7,2	<sup>(b)</sup> 9,17 (8,47)  1
MIR in %	<sup>(a)</sup> 42,53(28,99)  7,98	<sup>(a,b)</sup> 14,44(9,84)  2,71	<sup>(a)</sup> 38,37(26,15)  7,2	<sup>(b)</sup> 5,33(3,63)  1
IIS	6,0025	2,8625	4,7250	1,9350

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.

**Tableau 22:** Indice d'infection par point pour la forme urinaire (saison chaude)

Paramètres/Points	Moyennes (Ecart type)   Score			
	P1	P2	P3	P4
FP in log10 unit	<sup>(a)</sup> 4,37 (0,5)  1,18	<sup>(a)</sup> 4,27(0,64)  1,15	<sup>(a)</sup> 3,81 (0,64)  1,03	<sup>(a)</sup> 3,71 (0,71)  1
HWC in N/30 min	<sup>(a)</sup> 13,3 (12,18)  1	<sup>(b)</sup> 20,55 (12,45)  1,55	<sup>(b)</sup> 19,46 (11,06)  1,46	<sup>(c)</sup> 22,66(14,96)  1,7
MD in N/30min	<sup>(a)</sup> 68,22 (58,01)  38,38	<sup>(a)</sup> 53,44(18,93)  30,06	<sup>(a)</sup> 48,22 (37,52)  27,13	<sup>(b)</sup> 1,78(1,56)  1
MIR in %	<sup>(a)</sup> 77,78 (37,88)  2,36	<sup>(b)</sup> 75 (40,14)  2,28	<sup>(b,c)</sup> 32,94(23,34)  1	<sup>(c)</sup> 0,00(0,00)   -
IIS	10,7975	8,91	7,655	-

N/30min : nombre par unité de temps ; l'unité correspondant à 30 minutes.

Lorsque la différence n'est pas significative entre les points pour un paramètre donné, les lettres à côté des indices sont identiques, autrement la différence est significative.

FP : pollution fécale, HWC : fréquence de contact homme-eau, MD : densité des mollusques, MIR : taux d'infection des mollusques.





# **Chapitre IV: Discussion générale**

## **IV.1 Épidémiologie transversale**

### **IV.1.1 Occurrence de la maladie dans les ménages**

Le facteur conservé dans le modèle final à savoir la distance du ménage au point de contact le plus proche, a une relation positive avec l'occurrence de la maladie. La relation positive signifie que plus le ménage est proche de la rivière (distance faible), plus il est probable qu'il y ait occurrence de la maladie dans le ménage. Autrement dit plus le ménage est éloigné de la rivière, moins il est probable qu'il y ait une survenue de la maladie dans le ménage. La distance du ménage à la rivière, influencerait les fréquences de contacts avec l'eau de la rivière. Quand la distance est faible, il y a plus de contacts et inversement. Ce résultat est similaire à celui trouvé par plusieurs auteurs tels que Houmsou et al. au Nigéria en 2016[116], Muhumuza et al. en Ouganda en 2009[117]. Par ailleurs Adenowo et al. en 2015[35] et Ajakaye et al. en 2016[118] ont rapporté des résultats similaires. La position par rapport au point d'eau est un facteur de risque important. Au village de Panamasso, le contact avec l'eau est pratiqué par la majorité de la population à travers diverses activités. Biologiquement et selon le cycle de transmission, ces contacts favorisent l'infestation des hôtes définitifs de la maladie en l'occurrence l'homme. Le résultat obtenu montre que la distance au point de contact gouverne les fréquences de contact avec l'eau. Lorsque la distance est inférieure ou égale à 229,85m le risque est multiplié par près de 6 et lorsqu'elle est entre 229,85m et 403,03 m le risque d'infection est important et est multiplié par presque 3. Entre 403,03 m et 1062,72 m, le risque existe mais il n'est pas significatif. Au-delà de 1062,72 m, la position devient un facteur protecteur.

A Panamasso, il n'existe que des latrines traditionnelles construites par les ménages eux-mêmes. Le lien significatif mis en évidence dans cette étude entre la présence de la latrine et la conscience des dangers liés au manque d'assainissement montre qu'un effort dans le sens de l'élimination de la défécation à l'air libre sur ce site pourrait porter des résultats intéressants. En effet, ce résultat montre que sur le site, il existe une bonne base sur laquelle entreprendre des initiatives d'éradication de la défécation en plein air. Ces initiatives pourraient se concrétiser par le renforcement de la connaissance sur les risques de la défécation à l'air libre (DAL) à travers une éducation pour la santé d'une part et d'autre part par des appuis techniques pour la construction de latrines conformes aux normes (latrines VIP – Ventilled Improved Pit). A n'en pas douter, une maîtrise des enjeux liés à la DAL pourrait, d'où moins à court terme, ne pas nécessairement conduire à un abandon de la pratique qui est

souvent une résultante de la culture des habitants sur le site mais à long terme, l'effet sera bien visible.

#### **IV.1.2 Déterminants de l'infection individuelle**

Trois (03) facteurs indépendants sont retenus par le modèle final à savoir les contacts avec l'eau, l'âge et la défécation dans la nature.

Du point de vue de la biologie de la maladie et de son cycle de transmission le contact avec l'eau est le facteur le plus important car c'est à travers les divers contacts (du fait des activités ménagères telles que la lessive, la vaisselle et des activités récréatives comme la baignade) que le parasite responsable de la maladie (sous la forme de cercaire) pénètre le corps de l'hôte définitif. Ce résultat est similaire à plusieurs études visant à identifier les facteurs de risque associés à la maladie [117], [119]. Et cela pourrait s'expliquer par la culture, le mode de vie des habitants sur les sites endémiques. A Panamasso, il existe un lien culturel fort entre la rivière et la population et les pratiques qui s'y mènent sont un héritage. Il est tout à fait illusoire d'espérer éliminer la maladie par une simple lutte dont la stratégie est basée sur les traitements de masse [120] et particulièrement des enfants d'âge scolaire. Certes la prévalence de même que les intensités seront réduites dès les premiers instants après le traitement mais celles-ci connaîtront une recrudescence importante par la suite. L'association entre la maladie et les contacts avec l'eau au-delà de la significativité statistique est une importante réalité causale et une mesure qui permettrait d'opérer un changement de comportements serait salutaire car elle briserait le cycle de transmission. Il est tout à fait urgent que soient menées des investigations au plan social ayant comme objectifs le changement des comportements en matière d'hygiène et d'assainissement. Ces comportements doivent évoluer et cela passe une éducation, un processus de longue haleine. Une éducation pour la santé permettrait d'améliorer les niveaux de connaissance de la maladie et de ses facteurs de risque par les populations et cela révèle une importance certaine. Cependant, cela n'entraînera pas automatiquement le changement de comportement. Pour un changement effectif des comportements à Panamasso, il faudrait aussi une accessibilité à l'eau potable en termes d'ouvrages [121]. En effet, des ouvrages existent même s'ils sont en nombre limité (7 forages fonctionnels pour plus de 3000 habitants au mois de mars 2015) mais les populations les exploitent peu car elles refusent de contribuer aux frais d'entretien. En assurant un service gratuit pour une période assez longue (10 ans ou plus) associé à l'éducation pour la santé de telle sorte que les populations adoptent progressivement des comportements responsables et prennent conscience de l'importance des ouvrages

d'approvisionnement en eau, elles seront alors plus disposées à une meilleure organisation pour la gestion. Plusieurs études ont rapporté des succès très intéressants de la mise en œuvre de la stratégie PHAST (Participatory Hygiene And Sanitation Transformation) pour le contrôle de la schistosomiase[122]–[125].

En référence à notre hypothèse de base selon laquelle le facteur social qui gouvernerait la persistance de la maladie serait la méconnaissance de la maladie et de ses facteurs de risque, il a été noté effectivement que la majorité des individus n'ont aucune connaissance de la maladie comme l'illustre la figure numéro 24. Cependant et de façon très surprenante, aucun lien significatif n'existe entre la survenue de la maladie et le niveau de connaissance contrairement au résultat rapporté par Ndassa et al. au Nord du Cameroun[126]. Cela confirme le lien culturel entre la rivière et les habitants de Panamasso précédemment mentionné. Sama et al. toujours au Cameroun ont aussi trouvé une relation significative entre le niveau de connaissance de la maladie et l'infection[127] ; cependant pour ces deux études, une relation positive avait été trouvée entre le niveau de connaissance et l'infection, signifiant que plus le niveau de connaissance est élevé, plus le risque d'infection est élevé. Cela confirme que le déterminant fondamental de la transmission est culturel et ne relève pas de la connaissance ou non de la maladie et de ces facteurs de risque. Le changement de comportement comme moyen de prévention (notamment en ce qui concerne la réduction voire l'élimination des contacts avec l'eau) est irréaliste pour le moment selon Etard et collaborateurs[128] et Sama et collaborateurs au Cameroun[127]. Les pratiques sont culturellement ancrées dans la façon d'être des populations et ce changement requiert une très longue période. C'est donc un processus de longue haleine mais nécessaire car le traitement seul ne peut permettre d'aboutir à une élimination. Par ailleurs, aucune des mesures prises individuellement ne pourrait parvenir à rompre les transmissions.

Le deuxième facteur important du modèle explicatif est l'âge. La tranche d'âge 10-15 ans est un facteur de risque très significatif ; le risque d'occurrence y est multiplié par plus de 5 pour les enfants de cette tranche d'âge des deux sexes. La prévalence est de 48,39% (intervalle de confiance à 95% : 30,79% - 65,98%). Sur le site de Panamasso, cela s'expliquerait par les habitudes de ces jeunes qui sont plus en contact avec l'eau. Cela est en accord avec les résultats rapporté par Houmsou et collaborateurs en 2016 au Nigéria[116]. Par ailleurs, ce résultat est confirmé par les résultats de l'étude écologique qui démontrent un indice plus élevé pour les enfants par comparaison à celui des adultes. Les enfants de moins de 10 ans notamment la tranche 5-10 ans sont plus jeunes et par conséquent ne fréquentent pas la

rivière au même degré que leurs aînés. Cela expliquerait le lien non significatif entre la maladie et cette tranche d'âge. La même observation est faite pour les tranches d'âge 20-42 ans et 42-80 ans qui eux au contraire ont atteint un âge ne permettant plus des contacts fréquents avec la rivière. Ils sont plus enclins à s'adonner à d'autres pratiques telles que les travaux champêtres qui ne favorisent pas de contacts avec l'eau. Pour les femmes de ces tranches d'âge qui pratiquent les activités ménagères favorisant le contact avec l'eau, aucun lien significatif n'a été trouvé entre l'occurrence de la maladie et ces types d'activités. Par ailleurs, l'immunité acquise par ces adultes du fait des infections antérieures expliquerait le risque plus élevé pour la tranche 10-15ans[127].

Le troisième facteur est la défécation en plein air qui participe grandement à l'émission des œufs de schistosomes dans la nature. Plusieurs études ont démontré le lien significatif entre la défécation à l'air libre (manque d'assainissement) et la présence de plusieurs maladies dont la schistosomiase[121], [129]–[131]. Sur le site de Panamasso, les résultats ont curieusement démontré que les individus qui pratiquent la défécation à l'air libre sont moins exposés à l'infection que les autres. Une analyse d'association entre l'âge et la défécation à l'air libre a permis de comprendre que les plus de 20 ans contribuent le plus à la défécation à l'air libre à plus de 60%. Cependant nos résultats ont aussi démontré que la tranche 10-15ans est la plus à risque car la plus en contact avec les eaux. Cela expliquerait ce résultat.

La variable sexe n'est pas significativement associée à l'occurrence de la maladie ; ce même résultat est obtenu par plusieurs auteurs tels que Sama et collaborateurs[127], Ndassa et collaborateurs au Cameroun[126]. Soe et collaborateurs ont trouvé des résultats contraires au Myanmar ; la maladie y était associée au sexe masculin[132]. Cette observation concernant la variable 'sexe' révèle le caractère focal de la maladie et souligne la nécessité d'adapter la stratégie de lutte aux spécificités du foyer étudié.

Le lien non significatif entre ethnie et maladie est contraire aux résultats rapportés par Sama et collaborateurs en 2007 au Cameroun. Le lien non significatif entre profession et maladie pourrait s'expliquer par le fait que les habitants ont pour la plupart les mêmes activités socio-professionnelles que sont l'agriculture et l'élevage principalement.

### **IV.1.3 Les prévalences**

Six (06) types de parasites ont été détectés au total dont 5 (*S. mansoni*, *H. nana*, *Ascaris*, *Tenia*, *Ankylostome*) dans les selles et 1 dans les urines (*S. haematobium*). Les prévalences sont très faibles pour l'ensemble des parasites des selles en dehors des *S. mansoni*,

responsable de la schistosomiase intestinale dans le village de Panamasso. Cette observation (forte présence de la forme intestinale) est conforme aux résultats de plusieurs auteurs tels que Poda et collaborateurs[5, p. 204]. Le site de Panamasso est mésoendémique pour la forme intestinale de la schistosomiase (prévalence entre 10% et 50%). Quant à *S. haematobium* (parasite de la forme urinaire), sa très faible prévalence est conforme aux résultats de Poda et Collaborateurs[5].

La différence non significative entre les intensités d'infection selon le sexe, la distance au point d'eau et l'âge pourrait être expliquée par les traitements de masse périodiques qui contribuent à réduire certes les intensités mais restent insuffisants quant à une réduction significative de la morbidité. Par ailleurs, la forte fréquence des intensités d'infection faibles y est liée. La comparaison des prévalences chez les enfants (tranche 5-15 ans) et le reste de la population a démontré une différence significative. Ce résultat est conforme aux résultats relatifs à l'indice d'infection qui présente les enfants comme les plus à risque.

## **IV.2 Épidémiologie évaluative**

### **IV.2.1 Traitement au praziquantel : la toise**

Les résultats relatifs au traitement à l'aide de la toise de l'OMS ont des implications intéressantes sur les objectifs d'élimination de la maladie. En supposant que les 258 participants à cette évaluation soient infectés, une proportion significative de ceux-ci (64,73% soit 167) recevraient des doses non optimales de praziquantel. Pour les doses en-dessous de l'optimale, cela présagerait une élimination partielle (si élimination effective il y a) des schistosomes et le sujet malade pourrait continuer à répandre les œufs dans l'environnement. En ce qui concerne les doses au – dessus de l'optimale (cas d'overdose), celles – ci contribueraient à accroître les effets indésirables [133]–[136] de la maladie chez les sujets traités. Par ailleurs, une estimation en excès des doses contribue à réduire le taux de couverture des soins en praziquantel. Il convient de noter que moins de 40% des besoins de traitement en praziquantel sont couverts et les efforts à fournir pour combler ce manque sont assujettis à des aléas importants car dépendants des dons. En effet, la schistosomiase comme beaucoup d'autres maladies négligées n'intéressent pas les programmes industriels (recherche, développement, fabrication, distribution de moyens de diagnostics et de traitements) car les populations concernées sont démunies donc non solvables (75% des pays et territoires qui notifient la présence de maladies tropicales négligées ont des revenus faibles ou intermédiaires) ; aussi selon Mathers et collaborateurs (2006) et Sachs et Hotez (2006), les

pays concernés sont sans pouvoir politique important [23]. Ainsi, moins de 20% des ressources nécessaires pour le contrôle de la schistosomiase sont disponibles[137] et une utilisation optimale des quantités de ressources disponibles s'impose. Les écarts considérables entre les doses calculées selon le poids et la taille pourraient se justifier par la corrélation (tributaire aussi des populations étudiées ; celles-ci étant différentes d'une zone géographique à une autre) non toujours effective de la taille et du poids et soutient les conclusions de certains auteurs selon lesquels des études spécifiques locales propres à chaque foyer devraient être entreprises pour une amélioration de la toise.

Les doses calculées selon la taille fournissent selon les directives de l'OMS 50,78% de doses acceptables (entre 30 and 40 mg/kg), 97,29% de doses appropriées (entre 30 et 60 mg/kg), 46,51% de doses optimales (entre 40 et 60 mg/kg) et 2,71 % de doses inappropriées (<30mg/kg). La toise dans le cadre de cette étude permet d'obtenir près de 98% de doses appropriées c'est-à-dire entre 30 et 60 mg/kg ; ce taux est quasi similaire à ceux trouvés par plusieurs autres études réalisées sur des enfants en âge préscolaire et scolaire qui se situent entre 96% et plus de 98% [72], [138]–[140]. Cela pourrait conforter l'hypothèse selon laquelle des doses appropriées (30 - 60 mg/Kg) peuvent être obtenues aussi bien à l'échelle de la population totale que sur les enfants, à un taux de près de 98%. Mais davantage d'études sont nécessaires pour une confirmation de cette hypothèse. Les doses appropriées (entre 30 et 60 mg/kg) sont représentées par la somme des doses acceptables et des doses optimales. En ce qui concerne les doses acceptables, il faut noter que leur effet est limité car des zones endémiques comme le site de Panamasso requièrent des doses optimales pour une meilleure efficacité dans la lutte contre la maladie ; des doses acceptables contribueraient à baisser les charges parasitaires afin de les rendre non détectables par les méthodes de diagnostic parasitologiques conventionnelles (Kato – Katz et filtration pour selle et urine respectivement)[141]–[144]. Pour le cas des doses dites optimales, entre 40 et 60 mg/kg, elles occasionnent des surdoses pour les cas de schistosomiase à *S.haematobium* et *S.mansoni*. Les doses de 60 mg/kg sont prescrites pour les cas des schistosomes asiatiques (*S. Japonicum* et *Mekongui*). Cela interpelle sur les pertes en antiparasitaire d'une part mais d'autre part sur la réticence de certaines populations à prendre part aux traitements compte tenu des effets indésirables accrus par ces surdoses. Une étude réalisée en Mauritanie par Ouldabdallahi et collaborateurs a révélé une différence non significative dans les taux de guérison pour les doses de 40 mg/kg et de 60 mg/kg. Cette étude, prenant en compte les effets adverses du praziquantel, recommande de procéder avec des doses optimales de 40 mg/kg [135]. Au-delà de cette considération, il convient de remarquer que les doses optimales de 40 mg/Kg dans le

cadre de cette étude sont de 45,51% alors que des études réalisées sur les enfants d'âge scolaire ont trouvé un taux supérieur à 84% [72], [145]. Ce qui constitue un écart considérable. La toise est validée majoritairement pour les enfants en âge scolaire alors que son usage sur les sites endémiques comme Panamasso s'étend à l'ensemble de la population d'où cet écart important. A n'en pas douter, cela occasionne des répercussions importantes sur le contrôle de la morbidité sur ces sites. En effet, des doses inférieures à celles requises par un organisme contribue à développer des résistances du parasite et complique de ce fait les efforts d'élimination. Cela vient accroître les insuffisances du médicament.

Il est tout à fait aisé de comprendre les fondements de l'utilisation de la toise de l'OMS. En dépit des inconvénients précédemment soulignés, la méthode présente des avantages. Elle demande moins de ressources [146] comparées à celle basée sur le poids corporel [147]. Une balance coûte environ 133.000 F CFA alors que la toise disponible localement coûte moins de 20.000 F CFA. Aussi, la simplicité de la méthode ne demande pas beaucoup de temps ni une main d'œuvre qualifiée et un fait qui illustre cela est l'administration des doses par les agents de santé communautaires recrutés et formés dans les villages. Alors que la toise requiert moins de ressources pour son acquisition comparativement à la balance, favorisant probablement en revanche plus de ressources pour l'acquisition du praziquantel donc une plus grande couverture à des doses en minorité optimales (35,27% soit 91 dans le cas de cette étude), quelle option faut-il faire ? Sur le site de Panamasso, la dose moyenne par individu selon les estimations en fonction de la taille est de 3,22 comprimés (+/- 0,9 comprimé). La quantité nécessaire de praziquantel pour les 258 individus, estimée à partir du poids est de 884 comprimés soit 53 comprimés de plus que celle estimée à partir de la taille. Le rapport de ce surplus par la dose moyenne selon la taille donne environ 16 individus. Ce qui signifie que pour une quantité disponible de 884 comprimés, on pourrait traiter 258 individus à des doses massives et 16 individus de plus à des doses selon la taille. Ce chiffre rapporté à la population totale d'environ 3065 individus révèle qu'avec une quantité optimale (estimée à partir du poids corporel) pour 2870 individus, on pourrait traiter les 3065 individus en utilisant la toise de l'OMS, soit 195 individus de plus. Ce qui est très considérable. Le coût du comprimé étant estimé à 65F CFA [148] et la dose moyenne selon la taille étant de 3,22 comprimés/individu, le coût du traitement des 195 individus serait environ de 41.000 F CFA, largement suffisant pour se procurer une toise.

Pour notre part, étant donné que le praziquantel ne présente aucune menace pour les schistosomules (problème non encore maîtrisé), des traitements non optimaux ne permettant pas une élimination effective des vers adultes ne sauraient contribuer de façon significative à



une élimination de la maladie d'autant plus que l'effet du praziquantel sur les prévalences et intensités d'infection est de court terme[69]. Bien au contraire, l'état de morbidité serait maintenu et ce à des intensités faibles perpétuant ainsi le besoin en traitement de masse. Il est impérieux d'administrer des doses optimales de 40 mg/Kg. Il est vrai que la toise est une bonne alternative utilisée en ce moment dans les zones endémiques à cause des contraintes financières mais priorité devraient être donnée aux doses optimales. Des ressources substantielles devraient être injectées dans la lutte contre la schistosomiase.

#### **IV.2.2 Méthode d'estimation des prévalences**

Les résultats montrent que sur le site de Panamasso, la considération des enfants d'âge scolaire scolarisés contribue à une surestimation de l'état réel de santé de la population globale d'une part et d'autre part de la tranche d'âge la plus vulnérable c'est-à-dire les enfants d'âge scolaire. Des moyens devraient être mis à disposition pour une considération des enfants d'âge scolaire à l'échelle du village afin de mettre à nue la prévalence réelle cachée chez ses enfants. Cela contribuerait à une meilleure planification de la stratégie de lutte donc une meilleure utilisation des ressources disponibles. Nos résultats confortent les propos de certains auteurs selon lesquels, en termes de santé publique, la morbidité cachée qui concerne surtout les enfants d'âge scolaire reste largement méconnue : il subsiste un manque de perspective communautaire. Dans ce domaine, des recherches restent à faire[148]. La stratégie du programme national de lutte qui consiste à l'évaluation de la prévalence sur un échantillon d'enfants au niveau des écoles pourrait se justifier par les moyens limités. Elle présente par conséquent des écueils considérables dans la mesure où les enfants scolarisés ne proviennent pas non seulement du village considéré mais aussi des villages environnants.

#### **IV.2.3 Technique de diagnostic : analyse biomoléculaire**

L'index de Kappa calculé dans cette étude indique un bon accord entre la méthode de Kato-Katz et la PCR. Ce résultat est différent de celui trouvé par Gomes et collaborateurs en 2009 (accord moyen – entre 0,4 et 0,6)[102] au Brésil et pourrait s'expliquer par les intensités d'infection qui sont moyennes (plus de 100 œufs par gramme de selle) à Panamasso tandis que leur étude a été réalisée dans une zone dont les infections ont une faible intensité (moins de 100 œufs par gramme de selles). Cela signifierait que dans des zones endémiques à très forte charge parasitaire, les résultats par PCR et par Kato-Katz pourraient présenter un excellent accord. La méthode de Kato-Katz ne permettrait pas de disposer de l'état réel de la santé de la population lorsque les intensités d'infection sont faibles. En effet, les faux négatifs trouvés avec la méthode de Kato-Katz pourraient s'expliquer par le fait que les intensités

d'infection de ces 3 échantillons sont faibles c'est-à-dire inférieures à 100 œufs par gramme de selle. Cette étude démontre que les performances de la PCR (sensibilité et spécificité) sont supérieures à celle de la méthode de Kato-Katz. La méthode simple de Kato-Katz conçue pour les diagnostics de masse est efficace sur les sites endémiques à forte intensité d'infection. Sa limite en ce qui concerne le diagnostic d'échantillons à faible intensité d'infection contribue à biaiser les stratégies de lutte car ne donne pas un état réel de la santé de la population.

### **IV.3 Epidémiologie écologique**

#### **IV.3.1 Pollution fécale de l'eau**

Tous les échantillons analysés ont donné des concentrations importantes au-delà des normes de qualité d'une eau potable ; en effet une eau potable ne doit contenir aucun coliforme fécal[111]. Cela démontre un risque constant de santé publique vu les pratiques et les usages qui sont faits de l'eau de la rivière. Ce résultat pourrait expliquer la forte prévalence trouvée pour la schistosomiase selon nos investigations en janvier 2016 (plus de 26% pour la forme intestinale de la maladie). Considérant la concentration en *E.Coli*, aucune différence significative n'a été trouvée ni temporellement (entre les saisons, (p-value = 0.598)), ni spatialement (entre les points de contact, p-value = 0.541). Ce résultat pourrait s'expliquer par le ruissellement constant de l'eau. Contrairement aux fréquences de contacts et les mollusques dans une certaine mesure qui ne sont pas influencés par le ruissellement de l'eau, ce facteur influence beaucoup la pollution fécale de l'eau. Sur la base de la différence non significative observée pour la pollution fécale, on pourrait déduire que ce paramètre n'est pas pertinent pour l'établissement de l'indice d'infection à Panamasso ; cependant cela pourrait être le contraire pour un autre site car ce paramètre émane de la défécation en plein air, un élément fondamental de la dispersion des œufs de schistosomes dans l'environnement.

#### **IV.3.2 Malacologie : densités et taux d'infestation des mollusques**

Une différence significative est notée temporellement et spatialement pour les densités et les taux d'infestation des mollusques (p-value < 0,05). Cela pourrait s'expliquer par les caractéristiques écologiques au niveau des points de contact. En effet, à chaque point, les caractéristiques telles que la vitesse de l'écoulement, la profondeur et la végétation qui déterminent la dynamique des mollusques varient d'un point à un autre et d'une saison à l'autre. En ce qui concerne les saisons, la saison chaude est celle des fortes densités et de haut degré d'infestation. Plusieurs raisons peuvent justifier cette observation. Dans un premier temps, en saison hivernale, l'augmentation de la vitesse de l'écoulement entraîne la majeure partie des mollusques ne laissant qu'une partie non significative suspendue aux supports

végétaux des berges de la rivière[149]. Dans un deuxième temps, comparée à la saison froide, la supériorité de la saison chaude s'explique par les fréquences de contact homme-eau plus importantes. Les investigations relatives aux contacts homme-eau ont révélé une différence significative entre les saisons ( $p$ -value < 0,05). Pour certains auteurs, il existerait une corrélation entre les fréquences de contact et l'émission des cercaires[39], cela pourrait expliquer la différence entre la saison froide et la saison chaude dans cette étude. Au-delà des aspects déjà évoqués, il convient de noter que la température est un facteur climatique important ; en effet ce paramètre est plus favorable aux mollusques durant la saison chaude et il a été démontré que les cercaires de la schistosomiase de l'homme sont émises pendant les périodes les plus chaudes de la journée (entre 10h et 15 h)[38], [39]. La différence significative entre les points d'une part (spatiale) et entre les saisons d'autre part (temporelle) signifie que les facteurs malacologiques notamment les densités influencent significativement l'indice d'infection à la schistosomiase.

Sur la base des densités malacologiques en comparaison aux indices d'infection, nous avons la même classification des saisons. En considérant les densités d'infection, il apparaît une différence dans la classification mais la saison chaude reste cependant celle de plus forte infection.

D'un point de vue spatial et en considérant la forme intestinale de la maladie, nous observons la même classification des points de contact pour les saisons hivernale et froide sur la base des densités d'infection, des taux d'infestation des mollusques et de l'indice d'infection. Pour la saison chaude, il existe une différence significative dans la classification car pendant que l'indice indique le point P3 comme le plus infectieux, la densité et le taux d'infestation naturel des mollusques indiquent respectivement les points P4 et P1. Cela démontre que la seule considération de la densité dans l'identification des zones prioritaires d'intervention pourrait donner des résultats erronés ; un choix pertinent devrait inclure l'ensemble des facteurs concourant à l'occurrence de la maladie. La variabilité spatiale comme le démontre l'analyse de variance souligne l'importance de considérer l'ensemble des paramètres en les combinant en un seul paramètre. Une intervention sur la base d'un seul des facteurs pourrait échouer car l'ensemble des facteurs est déterminant dans la transmission de la maladie.

En considérant la distribution spatiale du risque d'infection pour la forme urinaire de la maladie au niveau des points de contacts, nous constatons qu'il n'y a aucune différence dans la classification selon que celle-ci est réalisée sur la base de l'indice, de la densité des mollusques ou de leur taux d'infestation naturelle, contrairement aux résultats observés pour la forme intestinale.

### **IV.3.3 Contacts homme-eau**

Relativement aux contacts homme-eau, une différence significative ( $p$ -value  $< 0,05$ ) est observée entre les points et les saisons et indubitablement, ce facteur contribue grandement à l'occurrence de la maladie puisque l'homme en est l'hôte définitif. La classification des saisons selon les fréquences de contact est identique à celle selon l'indice d'infection calculé pour les deux formes de la maladie. Pour ce qui est de la classification des points, il existe une différence significative avec la classification selon l'indice. Selon les résultats de cette étude, la corrélation supposée entre les fréquences de contact et la densité malacologique n'est pas effective spatialement. Il est donc important pour une intervention bien ciblée de considérer l'ensemble des facteurs pertinents du cycle de transmission.

### **IV.3.4 Indice d'infection à la schistosomiase**

D'un point de vue temporel (saisonnier), la température est déterminante dans la transmission de la schistosomiase[150]; pendant la période chaude, les contacts sont plus fréquents et les mollusques émettent plus. Ce qui n'est pas le cas lors des autres saisons. Sur la base de ce raisonnement il peut paraître paradoxal que l'indice d'infection de la saison froide soit supérieur à celui de la saison hivernale. Cela s'explique aisément car au cours de la saison hivernale, l'eau de la rivière acquiert une plus grande vitesse et une plus grande emprise emportant les mollusques et réduisant considérablement leur densité et partant leur taux d'infection. Par ailleurs, au cours de cette saison à Panamasso, les populations quittent le village pour leurs hameaux de culture où elles y passent souvent la saison entière ; ce facteur associé aux dangers liés à l'eau (grande emprise donc inaccessible et risque de noyade) limitent véritablement les contacts de façon très substantielle. Ce qui laisse apparaître que la pluviométrie influence la transmission de la maladie comme l'ont démontré certains auteurs[150]. A Panamasso, la saison hivernale qui correspond à la saison de faible transmission est appropriée pour des traitements de masse ; en effet, Senghor et collaborateurs ont démontré que lorsque la transmission de la maladie est strictement saisonnière, le traitement de masse par le praziquantel permet d'atteindre l'efficacité souhaitée en termes de réduction des prévalences et d'intensités de l'infection ; par ailleurs il a un effet bénéfique significatif sur l'occurrence des réinfections[151]. Dans le cas du site de Panamasso, cette transmission se fait tout au long de l'année d'où la nécessité d'opérer des traitements au cours de la saison de faible incidence qui correspond à la saison hivernale. Mais un défi énorme s'impose car les populations ne sont pas sur place et sont plus préoccupées par leurs travaux champêtres au cours de cette période. Un dispositif plus important que celui habituellement

utilisé serait donc nécessaire. La figure numéro 31 montre clairement qu'au cours de cette saison les indices d'infection sont quasi-identiques pour les deux formes de la maladie.

Du point de vue spatial, le point P3 est le plus infectieux pour la forme dominante de la maladie (forme intestinale) dans la zone d'étude. Pour le site de Panamasso, l'aspect spatial permet de comprendre le mécanisme environnemental de la transmission. Sa pertinence serait encore plus grande s'il s'agissait de comparer plusieurs sites d'étude. Il permet en ce moment de les prioriser dans le cadre d'une intervention, surtout dans un contexte marqué par une précarité des moyens de lutte avec seulement moins de 20% des ressources nécessaires pour une lutte efficace contre la schistosomiase disponibles actuellement[8]. L'indice d'infection à la schistosomiase tel que défini prend en compte les données écologiques de base comme l'ont recommandé des auteurs tels que Poda et collaborateurs[152] et de ce fait il serait d'une grande contribution au programme national de lutte pour comprendre le fonctionnement des foyers bilharziens.

En considérant les quatre (04) groupes d'individus définis à savoir hommes, femmes, garçons et filles, un fort indice est observé pour le groupe constitué par les femmes. Cela pourrait s'expliquer par les types d'activités qu'elles mènent telles que la lessive, la vaisselle qui favorisent les contacts avec l'eau. En effet, à n'importe quel moment de la journée sur le site de Panamasso, il est possible de trouver ne serait-ce qu'une femme souvent accompagnée d'une jeune fille entrain de faire la lessive ou la vaisselle. Le deuxième groupe le plus à risque est celui des garçons sans doute à cause des baignades. Les hommes sont en contact avec l'eau à des fréquences très faibles, ce qui justifie leur faible indice d'infection. Selon les âges, nous constatons que les enfants (filles et garçons) ont un indice d'infection plus important que celui des adultes (femmes et hommes).

En dépit d'un indice d'infection considérable, la prévalence de la forme urinaire de la maladie est curieusement très faible (moins de 1%) comparée à celle de la forme intestinale. Plusieurs raisons pourraient expliquer cela. La première est relative au dernier traitement de masse qui a eu lieu en 2014 (réalisé dans le cadre des activités du programme national de lutte) avant le diagnostic sanitaire de janvier 2016. Le traitement aurait pu avoir un impact beaucoup plus important sur la forme urinaire que la forme intestinale de la maladie qui prend plus de temps dans son développement. La deuxième raison concerne la compétition entre les mollusques du genre *Bulinus* et *Biomphalaria* ; en effet il existerait une compétition pour la nourriture entre ces deux genres de mollusques[153]. Le genre *Biomphalaria* aurait une capacité plus importante en termes de localisation de nourriture par rapport au genre *Bulinus*, ce qui pourrait induire sa plus grande capacité à émettre des cercaires par rapport au genre *Bulinus*.

La troisième raison est relative aux cultures maraîchères pratiquées le long de la rivière. En effet l'urée aurait un effet inhibiteur sur la croissance et la reproduction du genre *Bulinus* notamment du mollusque *Bulinus truncatus*[154]. La pratique des cultures maraîchères le long de la rivière favoriserait donc le transport de l'urée dans l'eau qui inhiberait le développement de la population de *Bulinus truncatus*. Par ailleurs, les résultats trouvés sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs tels que Poda et collaborateurs qui ont mis en évidence dans leurs travaux la faible présence de la forme urinaire de la maladie dans les parties Ouest et Sud-Ouest du pays. Selon ces auteurs, il y aurait une décroissance du Nord au Sud des prévalences de la forme urinaire et une autre du Sud vers le Nord de la forme intestinale[5].

L'indice d'infection à la schistosomiase tel que défini prend en compte l'ensemble des paramètres essentiels en lien avec la maladie. Cet indice présente des implications importantes en ce qui concerne l'élimination de la maladie. Dans un premier temps, il permet une identification de la saison ou de la zone adaptée pour une intervention. Ensuite, à n'en pas douter, une identification efficace du moment et du lieu d'intervention permet une utilisation efficiente des moyens disponibles. Sans doute, cela permettrait-il d'apporter des doses optimales sur la base du poids au lieu de doses sur la base de la taille qui se révèlent peu efficaces comme c'est le cas à Panamasso[73].

Une limite de cet indice est qu'il ne prend pas en compte certains facteurs biologiques en l'occurrence l'immunité due aux infections antérieures. En effet dans le cas de cette étude, les femmes avaient l'indice d'infection le plus important comparé à ceux des autres groupes ; cependant, notre analyse dans le cadre de l'épidémiologie transversale a démontré que les enfants pris par sexe sont les plus à risque notamment la tranche d'âge 10-15 ans. Par ailleurs cette étude a démontré que les activités ménagères n'avaient aucun lien significatif avec la maladie, lesquelles activités contribuent à accroître leurs contacts avec l'eau donc à leur attribuer un plus haut indice. De ce qui précède, il ressort que l'efficacité de l'indice d'infection quand il s'agit de comparer des groupes d'âge différents (adultes et jeunes) sur le même site pourrait être biaisée par le facteur biologique tel que l'immunité. Par contre, son efficacité reste incontestable quand il s'agit de comparer des groupes identiques de plusieurs sites différents, d'identifier des saisons ou des zones de forte incidence tant que les groupes impliqués sont comparables. Par ailleurs, tous les éléments sur le cycle de transmission sont maîtrisés d'un point de vue quantitatif sauf les cercaires car dans cette étude, il n'a pas été quantifié les cercaires mais plutôt a été réalisée une étude qualitative (présence/absence). Cette limite est négligeable dans la mesure où dans la majorité des observations réalisées, le

nombre pléthorique des cercaires empêchait un dénombrement. Toutefois, cela pourrait être mené dans le cadre d'une autre étude et permettrait d'améliorer la précision de l'indice d'infection.

Cet indice vient s'ajouter aux autres indices existants. En effet plusieurs types d'indices existent et sont en lien avec la morbidité (hématurie et/ou dysurie, hépato-splénomégalie), la chimiothérapie (taux de participation, taux de réinfection, taux de guérison, taux de non guérison) et la concentration des œufs (prévalence générale et prévalence des fortes infections, intensité de l'infection, incidence)[155]. Ces indices peuvent être regroupés en deux grandes catégories. Les indices de l'état de santé (indice de morbidité et de concentration en œufs) et les indices d'efficacité d'une intervention (indice de chimiothérapie). Ces indices sont utilisés dans les programmes de lutte. Aucun des indices pour le moment ne prend en compte les facteurs environnementaux tels qu'inclus dans la définition de l'indice d'infection. L'indice d'infection se place à l'amont et à l'aval des indices existants pour permettre une meilleure mise en œuvre des interventions. Sa prise en compte permettra d'améliorer les indices déjà existants (amélioration de l'état de santé des populations). L'indice d'infection à la schistosomiase tel que défini permet une compréhension de l'hétérogénéité de l'état d'infestation de la population (qui correspond aux indices de morbidité et de concentration en œufs) et partant, il peut permettre une définition d'une stratégie générale applicable sur l'ensemble des sites : meilleure coordination des campagnes de traitement de masse par exemple.

#### **IV.4 Eliminer la schistosomiase**

Au Burkina Faso, l'échéance pour l'élimination de la schistosomiase est 2020 (selon l'OMS) comme pour la plupart des pays d'Afrique au Sud du Sahara. A ce titre, des interventions sont menées notamment des traitements de masse périodiques et ce depuis 2004. Malgré ces interventions, le bilan à ce jour n'est pas reluisant et des interrogations se soulèvent quant à l'atteinte de l'objectif visé d'ici l'échéance. En effet, il est observé une persistance de la maladie en dépit des efforts de lutte. Cette étude réalisée à Panamasso sur les facteurs de persistance de la maladie permet de tirer des conclusions pertinentes pour contribuer à atteindre les objectifs d'élimination de la maladie. Trois (03) éléments fondamentaux ont été dégagés de cette étude. Il s'agit de :

- L'exactitude de l'information : la qualité des données ;
- L'administration de doses optimales de praziquantel ;
- L'interruption de la transmission.

La mise en route de mesures permettant de concrétiser ces trois éléments permettra sans nul doute d'atteindre l'objectif d'élimination de la maladie.

En ce qui concerne la transmission de la maladie, les investigations sur le site de Panamasso ont montré que le cycle de transmission de la maladie est bien entretenu par les comportements et les habitudes des populations d'une part, mais d'autre part, par l'inexistence d'une stratégie de lutte visant le changement de comportement, facteur déterminant de l'élimination de la maladie à Panamasso et sur l'ensemble des sites endémiques identifiés au Burkina Faso. La transmission se produit à une allure si considérable que la prévalence reste importante (> 25%) malgré plus d'une décennie de traitement de masse. Il est important de mettre en place un dispositif d'éducation pour la santé pour non seulement éveiller les consciences sur la maladie et ses enjeux mais aussi pour changer les comportements. Le changement de comportement comme solution est idéale mais c'est une solution de longue haleine requérant des moyens colossaux. Cela laisse apparaître la nécessité pour les intervenants dans le domaine de la lutte contre les helminthiases notamment la schistosomiase de mobiliser encore plus de moyens financiers. La schistosomiase est une maladie insidieuse dont les effets ne sont pas visibles comme par exemple pour le paludisme et cela la desservit car elle n'a pas la même attention. Cependant, des efforts de plaidoirie doivent être réalisés pour un regroupement des moyens nécessaires à une lutte efficace. L'insuffisance et la précarité des moyens conduisent à la mise en place de stratégies de lutte peu efficaces favorisant une expansion et une persistance de la maladie. Ce fait est réel et une prise de conscience doit être opérée pour attribuer à la lutte contre la schistosomiase tous les moyens nécessaires. L'éducation pour la santé est appropriée dans le cas de Panamasso pour un changement des pratiques notamment les contacts fréquents avec l'eau, la pratique de la défécation à l'air libre. Et à propos de la défécation à l'air libre, plus de 40% des ménages à Panamasso disposent de latrines traditionnelles, ce qui laisse entrevoir un bon tremplin pour une éradication de la pratique. Un appui technique associé à un appui financier pour un meilleur accès à l'assainissement (latrines), l'ensemble en action avec l'EPS conduiront à moyen et long terme à l'abandon de la défécation en plein air. Outre l'assainissement, il y a la question de l'inaccessibilité à l'eau potable qui favorise les contacts avec les points d'eau. En effet, les investigations réalisées auprès des gestionnaires des forages et des agents du Centre de Santé et de Promotion Sociale (CSPS – service local de santé) ont permis de comprendre que les habitants maintiennent leurs habitudes consistant à utiliser l'eau de la rivière et refusent de payer la modique contribution de 5FCFA ou 10FCFA selon la capacité du récipient pour se procurer l'eau potable au niveau du forage. Pourtant ces modestes



contributions sont utilisées pour des maintenances de l'ouvrage et pour des réparations en cas de panne. Cela suscite des interrogations importantes : pourquoi un individu serait-il réticent à payer pour une eau de qualité alors qu'il le fait pour des choses 'moins importantes' telles qu'acheter la bière locale ? Cela révèle une non maîtrise de l'enjeu lié à l'eau potable. Il est important pour résorber cette difficulté de favoriser un accès gratuit à l'eau des forages en mettant en place un fond de gestion des ouvrages. Parallèlement, la campagne d'EPS en place travaillera à ancrer dans les esprits la nécessité d'abandonner l'eau de la rivière au profit de l'eau du forage. Une étude réalisée au Ghana en 2001 sur une période de 24 mois a démontré les effets importants de l'éducation pour la santé[156]. Certains auteurs trouvent que le changement de comportement à travers l'EPS et l'accessibilité à l'eau potable est improbable[157]: cela s'explique par le fait que ce processus est de longue haleine et le résultat n'est visible qu'à long terme. Ce processus appliqué à Panamasso prendra sans nul doute plusieurs années (peut-être plus de 10 ans) mais à terme les populations auront compris l'enjeu relatif aux actions encouragées et seront enclines, conscientes des bienfaits de l'eau des forages à contribuer pour un meilleur entretien des ouvrages d'approvisionnement en eau. Selon l'OMS, « Il est indispensable d'investir dans le capital humain et social des populations pauvres car cela leur permettra d'établir les bases à partir desquelles elles pourront insuffler un nouvel élan à leurs communautés au travers des programmes de préventions »[18].

Ainsi, pour rompre le cycle de transmission, il convient de rendre effective l'éducation pour la santé en apportant un appui technique et financier pour une acquisition et une meilleure gestion des ouvrages d'assainissement et d'approvisionnement en eau potable. Cette stratégie est préventive et vise à stopper la transmission pour éviter de nouveaux cas ou des réinfections. Mais comment gérer les cas existants ?

Cela nous conduit au deuxième élément qui concerne l'administration de doses optimales de praziquantel aux individus dans le besoin. Il faut absolument traiter les cas, mais où, comment et quand le faire ? Cette interrogation est on ne peut plus pertinente car elle souligne les insuffisances de la stratégie de traitement en place. Une stratégie de traitement non adaptée conduit à un gaspillage énorme de ressources (déjà précaires et insuffisantes) et à une possible émergence des résistances des parasites au traitement disponible. Ce qui rendra davantage l'atteinte de l'objectif plus complexe. Il faut une utilisation bien coordonnée du médicament[47]. Sur le site de Panamasso, les doses de praziquantel sont calculées à partir de la toise de l'OMS au lieu d'une balance. Cette méthode de traitement conduit à l'administration d'une proportion importante de doses en-deçà des doses optimales[73]. Ce qui présente des inconvénients énormes pour une zone endémique comme Panamasso. Non

seulement les intensités seront réduites à un seuil indétectable par les méthodes parasitologiques conventionnellement utilisées pour le diagnostic[141]–[144] mais aussi, les risques de développement d'une résistance du parasite au praziquantel sont élevés. Il apparaît alors que des moyens financiers supplémentaires devraient être injectés dans la lutte contre la schistosomiase pour non seulement fournir assez d'équipements de travail notamment les balances, mais aussi employer une ressource humaine suffisante et plus qualifiée car l'utilisation de la balance est moins aisée que celle de la toise. Outre la stratégie d'administration des doses qu'il convient d'adapter, il est important d'identifier le moment favorable pour le traitement. En effet, l'efficacité du traitement sur un site comme Panamasso où les transmissions se produisent tout au long de l'année ne pourrait être réelle que si le traitement s'effectuait dans la saison de faible incidence c'est-à-dire de faible transmission de la maladie. Notre étude a permis d'identifier cette période qui correspond pour le site de Panamasso à la saison hivernale. Un traitement réalisé au cours de cette période serait plus salubre mais il requerra des moyens substantiels car la population est moins disponible en ce moment (installation dans les hameaux de culture pour les travaux champêtres). Un autre élément important serait une bonne identification de la zone prioritaire pour une intervention. Le site de Panamasso est déjà connu comme un site endémique donc le plus pertinent dans ce cas est l'identification de la période appropriée pour le traitement. Dans un cas où il faut choisir entre plusieurs sites pour une intervention, il est important de déterminer le site prioritaire. Au Burkina Faso, nous avons 22 sites sentinelles identifiés comme sites endémiques où intervient le programme national de lutte. La stratégie du programme serait plus efficace, compte tenu des moyens insuffisants de procéder par une priorisation des sites pour un traitement selon l'urgence (le degré de dangerosité). Cela aura à coup sûr un impact significatif sur la prévalence et les intensités d'infection au niveau national. L'objectif ne devrait pas être de couvrir tous les sites au cours de la même campagne de traitement, mais plutôt de traiter les zones prioritaires à des doses optimales et au cours de la bonne période. Indubitablement, une bonne planification requiert des données réalistes de qualité. Ce qui nous conduit au troisième élément fondamental d'une lutte réussie.

Le troisième élément important dans la lutte est relatif aux données sur la maladie. En effet, il est important que les données réelles de prévalences et d'intensités puissent être réunies afin que soient prises des stratégies d'intervention adaptées. Relativement aux méthodes de diagnostic, elles ont des sensibilités limitées et ne permettent pas de disposer de l'état réel de santé de la population. A n'en pas douter, cela entrave l'efficacité de la stratégie de lutte car les mesures prises ne sont pas à la hauteur du problème à résoudre. Il est impérieux

d'employer des méthodes de diagnostic plus sensibles que les méthodes de Kato-Katz et de Plouvier respectivement utilisées pour les formes intestinale et urinaire de la maladie[158]–[160]. L'amplification en chaîne par polymérisation (en anglais Polymerase Chain Reaction – PCR), une technologie de la biologie moléculaire, serait une méthode plus adaptée car sa sensibilité est nettement meilleure[50], [161] à celle des deux méthodes évoquées précédemment mais les finances restent pour le moment le facteur limitant. Des moyens financiers supplémentaires doivent être investis pour un meilleur diagnostic à travers une subvention des analyses par PCR.

Relativement aux prévalences estimées sur les sites sentinelles au Burkina, celles-ci sont estimées à partir des écoles sur des échantillons d'enfants d'âge scolaire scolarisés. Les analyses dans le cadre de notre étude transversale à Panamasso ont démontré qu'aucun lien significatif n'existait entre le statut 'élève' et la maladie. Cependant, la prévalence de la maladie chez les élèves est supérieure dans le cas de notre étude aux prévalences réelles (globale, chez les enfants en âge scolaire et chez les enfants en âge scolaire non scolarisés). Des interventions basées sur ces données contiendraient un biais manifeste en faveur du site puisque la prévalence est supérieure à ce qu'elle devrait être. Cependant, sur d'autres sites, ce mode d'estimation pourrait conduire à une sous-estimation de la charge réelle donc du niveau réel d'intervention à apporter. Par ailleurs, un site pourrait être considéré plus à risque et recevrait un niveau d'intervention plus conséquent au détriment d'autres sites qui en ont le plus besoin. Il est important d'avoir une idée de la charge réelle de la maladie, seule garantie de la conception et de la mise en œuvre d'une stratégie adaptée. Et cela passe par une disponibilisation des ressources financières nécessaires[47], [162].

Selon Engels[148] , les indicateurs de la réussite dans la lutte contre la schistosomiase sont:

- Les schistosomoses doivent être considérées comme un problème prioritaire ;
- Les objectifs de la lutte doivent être clairs ;
- L'engagement doit être pris sur le long terme ; il ne peut y avoir de réussite qu'avec un effort de longue durée (supérieur à vingt ans);
- Les ressources locales doivent être mobilisées ; en outre, les programmes de lutte doivent être décentralisés et impliquer les acteurs au niveau périphérique ;
- La réussite est toujours associée à une diminution durable de la transmission.

De toute évidence, les mesures prises par les leaders de la lutte contre la maladie sont en déphasage avec les indicateurs selon Engels. La maladie est certes reconnue comme un problème de santé publique mais elle n'a pas la priorité. Par ailleurs, au niveau du Burkina la lutte contre la maladie est une affaire du département en charge de la santé uniquement d'une

part et d'autre part cette implication des acteurs au niveau périphérique n'est pas effective. Aussi, la stratégie de lutte mis en place n'assure guère une diminution durable de la transmission dans la mesure où elle se limite à des traitements de masse périodiques. Il est temps de s'adapter et de changer de stratégies[162].

Vaincre la schistosomiase en 2020 est un projet irréalisable dans le contexte actuel ; par contre la vaincre d'ici 2030 est réalisable si une synergie d'action réelle est mise en place. Une implication active des acteurs du domaine de l'eau, de l'assainissement et de la santé serait salutaire et d'un apport significatif dans la lutte. Les acteurs de l'eau pourraient s'atteler aux aménagements qui limiteraient les contacts, les pratiques à risque. Une des premières actions qui pourrait être proposée est le respect des distances de sécurité c'est-à-dire la définition d'un périmètre où il ne devrait y avoir aucun ménage. Il s'agit d'une politique de relocalisation sur les sites déjà occupés. Ces acteurs de l'eau pourraient en second lieu mobiliser les ressources qu'il faut pour un meilleur accès à l'eau potable. En ce qui concerne les acteurs du domaine de l'assainissement, ils travailleront à un meilleur accès aux ouvrages d'assainissement et à une meilleure pratique en matière d'hygiène. Les acteurs de la santé pourraient s'activer à réaliser des diagnostics fiables (d'un point de vue méthodologique et technologique) et à apporter des réponses opérationnelles. Les trois éléments fondamentaux d'une lutte réussie évoqués précédemment requièrent pour leur concrétisation des moyens financiers colossaux d'une part et d'autre part une synergie et une bonne coordination des différents acteurs de la lutte.

Pour éliminer la schistosomiase qui est une maladie tropicale négligée, il faut la transformer en maladie tropicale non négligée car de toute évidence, une maladie qui est négligée sera toujours persistante. Transformer la schistosomiase en maladie non négligée ne signifie pas supprimer subitement la pauvreté (ce qui est d'ailleurs utopique ) mais plutôt réadapter les comportements des populations des zones pauvres, comportements induits par la pauvreté. Il nécessite une implication effective des premiers acteurs concernés par cette maladie dans un premier temps. Ensuite, des moyens financiers colossaux pour la mise en place de mesures d'accompagnement au changement de comportements telles que la disponibilisation de l'eau, d'un assainissement adéquat doivent être mobilisés.

# Conclusion générale

La schistosomiase est une parasitose débilitante endémique dans plusieurs pays en développement où elle contribue considérablement à freiner leur développement. Cela a conduit à la mise en place d'efforts de lutte consistant de traitement de masse par le praziquantel dans le cadre de plusieurs programmes nationaux. Cette tentative pour contenir les inconvénients graves de la maladie connaît des limites à ce jour car il est observé une persistance de la maladie avec des prévalences et des intensités d'infection importantes. Notre étude dont l'objectif est d'étudier les facteurs explicatifs de la persistance de cette pathologie apporte une contribution considérable en élucidant certains facteurs qui gouverneraient cette persistance. La contribution de nos travaux s'étend à trois dimensions : la dimension sociale, la dimension environnementale et la dimension sanitaire.

Au plan sanitaire, cette étude a permis d'identifier les insuffisances de la stratégie de traitement qui utilise la toise de l'OMS. Cet outil ne permet pas d'administrer des doses optimales pourtant nécessaires sur des sites endémiques comme Panamasso ; aussi, les doses estimées à partir de la toise pourraient contribuer au développement de la résistance du parasite au traitement. En outre, l'étude a permis d'identifier les écueils des méthodes et techniques de diagnostic. En ce qui concerne les techniques, elles sont limitées en sensibilité et en spécificité car ne permettent de disposer de l'état réel de santé de la population d'étude. Quant aux méthodes qui prennent en compte les enfants d'âge scolaire scolarisés, le résultat n'est pas réaliste et il conviendrait de procéder avec un échantillon représentatif de la tranche d'âge d'intérêt. Autrement dit il serait plus adéquat de procéder avec un échantillon représentatif des enfants d'âge scolaire au niveau village au lieu de se limiter aux écoles. Et pour le cas de Panamasso, un accent particulier devrait être accordé aux enfants de la tranche 10-15ans car c'est la plus à risque.

Au plan social, l'étude a permis de mettre en évidence l'importance des comportements des populations dans la lutte contre la schistosomiase. Il est alors impérieux que des changements de comportements soient opérés par les individus et cela passe par une éducation pour la santé, un processus de longue haleine. La stratégie de lutte actuelle n'inclut aucunement un volet y relatif et cela représente un handicap très grave de la stratégie. Il est impérieux d'éduquer pour un changement de comportement.

Au plan environnemental, cette étude a permis de développer un indice dit indice d'infection à la schistosomiase qui vient s'ajouter aux indices déjà existants utilisés dans les différents programmes de lutte. Cet indice permet une optimisation des ressources disponibles en identifiant les zones prioritaires d'une part et la bonne période d'autre part pour une intervention.

Selon cette étude, les moyens nécessaires pour un établissement de l'état réel de santé de la population doivent être mobilisés dans un premier temps ; une stratégie durable est celle qui est établie sur des bases factuelles réalistes. Ensuite, la réponse à apporter pour résoudre le problème devra être optimale. Plus spécifiquement, les traitements doivent être administrés selon des doses optimales. Aussi des mesures de rupture de la transmission devront être appliquées notamment en assurant un accès à l'eau potable, à un assainissement adéquat et à une éducation aux meilleures pratiques d'hygiène et d'assainissement. La lutte contre la schistosomiase doit être une priorité pour l'ensemble des parties prenantes et ne doit plus être un problème du département de la santé uniquement. Une stratégie de lutte intégrée qui inclut les acteurs du domaine de l'assainissement, de l'eau et de la santé devrait être mise en place pour un résultat efficace. Face à l'ampleur de la situation, une synergie d'action s'impose.

Cette étude aborde de façon non exhaustive des aspects très importants de la lutte contre la schistosomiase. Il serait salubre que des études ultérieures s'appesantissent sur les autres aspects tels que ceux énoncés comme perspectives, pour permettre une lutte plus efficace.

Relativement à l'étude évaluative présentée dans cette dissertation, des travaux supplémentaires sont nécessaires pour évaluer une éventuelle résistance du parasite au praziquantel et sur les opportunités d'amélioration du médicament. Aussi, conviendrait-il de mener des travaux pour améliorer non seulement le praziquantel afin qu'il agisse sur les schistosomules mais aussi pour réduire ou éliminer définitivement ses effets indésirables.

En ce qui concerne l'étude environnementale, cette étude démontre l'importance de la température dans la transmission de la maladie en identifiant la saison chaude comme celle de forte incidence mais n'établit aucune modélisation (corrélation climat – transmission). Dans un contexte marqué par le changement climatique, il serait important et très intéressant de modéliser à l'échelle de l'ensemble du pays sur la base d'études focales, la dynamique de la transmission avec des facteurs importants tels que la température et la pluviométrie.

Au plan social, notre étude transversale a montré des résultats intéressants qu'il faudrait considérer avec quelque réserve compte tenu de la nature de l'étude (étude transversale = état instantané de la population) qui s'explique par les moyens limités. Une étude de cohorte qui s'étalera sur une période suffisante pour une meilleure maîtrise des facteurs sociaux de la transmission serait d'une grande contribution aux efforts de lutte. Par ailleurs, une étude d'identification des facteurs associés sur un échantillon plus important permettrait de mieux cerner les déterminants de la maladie. Aussi, le diagnostic ayant été réalisé avec des techniques limitées, il serait intéressant d'investiguer en utilisant des techniques plus sensibles et plus spécifiques. Enfin, il serait intéressant de mener des investigations relatives à la

susceptibilité et à la prédisposition génétique des individus à la maladie. Cela permettrait sans nul doute de comprendre le lien associatif entre la maladie et certains groupes ethniques.

La schistosomiase est une maladie invaincue à ce jour mais elle n'est pas invincible ; en témoignent les succès rencontrés dans d'autres contrées [58], [78], [79]. Une adaptation de la stratégie s'impose [162] et les différents acteurs impliqués dans l'atteinte de cette quête commune qui est d'éliminer la maladie devraient s'y atteler.

L'élimination de la schistosomiase en 2020 en Afrique Subsaharienne est une utopie. Cependant l'échéance 2030 comme prévue par les ODD pourrait être la fin de la schistosomiase et de beaucoup d'autres maladies tropicales négligées à condition que les recommandations proposées soient appliquées rigoureusement.



# Références bibliographiques

- [1] D. J. Gray, D. P. McManus, Y. Li, G. M. Williams, R. Bergquist, et A. G. Ross, « Schistosomiasis elimination: lessons from the past guide the future », *Lancet Infect. Dis.*, vol. 10, n° 10, p. 733-736, oct. 2010.
- [2] P. Aubry, « Schistosomoses ou bilharzioses », *Médecine Trop.*, oct. 2013.
- [3] P. Bourée, N. Djibo, et A. Kanner, « Aspect actuel des bilharzioses / Present aspect of bilharziasis », *Antibiotiques*, vol. 9, n° 3, p. 156-163, 2007.
- [4] Boelee, E.; Madsen, H., « Irrigation and Schistosomiasis in Africa: Ecological Aspects », *Colombo Sri Lanka Int. Water Manag. Inst. 39p IWMI Res. Rep. 99*, 2006.
- [5] J.N.Poda, « L'endémie bilharzienne au Burkina Faso », *Bull Soc Pathol Exot*, vol. 97, n° 1, p. 47-52, 2004.
- [6] N.W. Kpoda et al, « Endémie bilharzienne à *Schistosoma mansoni* à la vallée du Kou : caractérisation du système de transmission et impact socio-économique », n° 336, p. 284-288, 2013.
- [7] A. Garba *et al.*, « Present and future schistosomiasis control activities with support from the Schistosomiasis Control Initiative in West Africa », *Parasitology*, vol. 136, n° 13, p. 1731–1737, 2009.
- [8] A. Fenwick *et al.*, « The Schistosomiasis Control Initiative (SCI): rationale, development and implementation from 2002–2008 », *Parasitology*, vol. 136, n° 13, p. 1719–1730, 2009.
- [9] A. Garba *et al.*, « Present and future schistosomiasis control activities with support from the Schistosomiasis Control Initiative in West Africa », *Parasitology*, vol. 136, n° 13, p. 1731–1737, 2009.
- [10] A. Garba, S. Touré, R. Dembelé, E. Bosque-Oliva, et A. Fenwick, « Implementation of national schistosomiasis control programmes in West Africa », *Trends Parasitol.*, vol. 22, n° 7, p. 322-326, juill. 2006.
- [11] M. D. French *et al.*, « Estimation of changes in the force of infection for intestinal and urogenital schistosomiasis in countries with schistosomiasis control initiative-assisted programmes », *Parasit. Vectors*, vol. 8, n° 1, p. 1-18, oct. 2015.
- [12] H. Moné, M. Ibikounlé, A. Massougbdji, et G. Mouahid, « Chapter 2 - Human Schistosomiasis in the Economic Community of West African States: Epidemiology and Control », in *Advances in Parasitology*, vol. Volume 71, D. Rollinson; S.I. Hay, Éd. Academic Press, 2010, p. 33-91.
- [13] W. H. Organization, *World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. World Health Organization, 2016.
- [14] « OMS | Schistosomiase (bilharziose) », WHO. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/fr/>. [Consulté le: 14-avr-2017].
- [15] B. H. Singer et C. D. Ryff, « Neglected Tropical Diseases, Neglected Data Sources, and Neglected Issues », *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 1, n° 2, p. e104, nov. 2007.
- [16] C. D. Mathers, M. Ezzati, et A. D. Lopez, « Measuring the Burden of Neglected Tropical Diseases: The Global Burden of Disease Framework », *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 1, n° 2, nov. 2007.
- [17] D. Engels et L. Savioli, « Reconsidering the underestimated burden caused by neglected tropical diseases », *Trends Parasitol.*, vol. 22, n° 8, p. 363-366, août 2006.
- [18] W. H. O. D. of C. of N. T. Diseases, « Maladies tropicales négligées, succès ignorés, nouvelles opportunités », *Neglected tropical diseases, hidden successes, emerging opportunities*, 2010.
- [19] J. Utzinger et D. de Savigny, « Control of Neglected Tropical Diseases: Integrated Chemotherapy and Beyond », *PLOS Med.*, vol. 3, n° 5, p. e112, janv. 2006.
- [20] D. Canning, « Priority setting and the 'neglected' tropical diseases », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 100, n° 6, p. 499-504, juin 2006.

- [21] « OMS | Maladies tropicales négligées: questions fréquentes », *WHO*. [En ligne]. Disponible sur: [http://www.who.int/topics/tropical\\_diseases/qa/faq/fr/](http://www.who.int/topics/tropical_diseases/qa/faq/fr/). [Consulté le: 06-févr-2017].
- [22] « OMS | Maladies tropicales », *WHO*. [En ligne]. Disponible sur: [http://www.who.int/topics/tropical\\_diseases/fr/](http://www.who.int/topics/tropical_diseases/fr/). [Consulté le: 06-févr-2017].
- [23] Y. Germani et P. Sansonetti, « Les « Maladies Négligées »: mieux répondre aux challenges à venir – Modèle pilote de programme Sud-Nord sur les infections entériques intégrant plusieurs composantes de recherches », *C. R. Biol.*, vol. 331, n° 12, p. 973-981, déc. 2008.
- [24] D. T. Jamison et W. H. Mosley, « Disease control priorities in developing countries: health policy responses to epidemiological change. », *Am. J. Public Health*, vol. 81, n° 1, p. 15-22, janv. 1991.
- [25] Alan D. Lopez, Colin D. Mathers, Majid Ezzati, et Dean T. Jamison, *Global Burden of Disease and Risk Factors*. The World Bank, 2006.
- [26] S. Scientific Working Group on Schistosomiasis. Meeting (2005 : Geneva, U. B. S. P. for R. and T. in T. Diseases, et W. H. Organization, « Report of the Scientific Working Group meeting on Schistosomiasis, Geneva, 14-16 November, 2005 », *Scientific Working Group report on schistosomiasis, 14-16 November, 2005, Geneva, Switzerland*, 2006.
- [27] « GHO | World Health Statistics 2016 data visualizations dashboard | Neglected tropical diseases (NTDs) », *WHO*. [En ligne]. Disponible sur: <http://apps.who.int/gho/data/node.sdq.3-3-map-5?lang=en>. [Consulté le: 06-févr-2017].
- [28] W. O. K. Grabow, *Water and Health - Volume I*. EOLSS Publications, 2009.
- [29] « OMS | Faits et chiffres sur la qualité de l'eau et la santé », *WHO*. [En ligne]. Disponible sur: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/facts\\_figures/fr/](http://www.who.int/water_sanitation_health/facts_figures/fr/). [Consulté le: 07-avr-2017].
- [30] « OMS | Maladies liées à l'eau », *WHO*. [En ligne]. Disponible sur: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/fr/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/fr/). [Consulté le: 07-avr-2017].
- [31] N. Academies, « Safe Drinking Water Is Essential », *Reports from the National Academies*, 01-sept-2007. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/en/Treatment/Water-Related-Diseases.html>. [Consulté le: 07-avr-2017].
- [32] J. Utzinger, E. K. N'Goran, C. R. Caffrey, et J. Keiser, « From innovation to application: Social-ecological context, diagnostics, drugs and integrated control of schistosomiasis », *Acta Trop.*, vol. 120, Supplement 1, p. S121-S137, sept. 2011.
- [33] C. Guiguen, S. Belaz, F. Robert-Gangneux, et J.-P. Gangneux, « Les bilharzioses : aspects épidémio-cliniques et diagnostiques », *Rev. Francoph. Lab.*, vol. 2013, n° 457, p. 75-85, 2013.
- [34] J.N.PODA et al., « Les schistosomoses au complexe hydroagricole du Sourou au Burkina Faso : situation et modèle de transmission ». 2007.
- [35] A. F. Adenowo, B. E. Oyinloye, B. I. Ogunyinka, et A. P. Kappo, « Impact of human schistosomiasis in sub-Saharan Africa », *Braz. J. Infect. Dis.*, vol. 19, n° 2, p. 196-205, mars 2015.
- [36] C. Lévêque, « Mollusques benthiques du lac Tchad : Ecologie, étude des peuplements et estimation des biomasses », *Cah. ORSTOM Série Hydrobiol.*, vol. 6, n° 1, p. 3-45, 1972.
- [37] « Anatomical characters for easy identification between *Biomphalaria pfeifferi*, *Helisoma duryi* and *Indoplanorbis exustus* during field surveys (PDF Download Available) », *ResearchGate*.

- [38] R. Mintsa-Nguéma, H. Moné, M. Ibikounlé, K. Mengué-Ngou-Milama, M. Kombila, et G. Mouahid, « Cercarial emergence pattern of *Schistosoma haematobium* from Libreville, Gabon », *Parasite*, vol. 21, 2014.
- [39] M. Ibikounle *et al.*, « Premier cas de chronobiologie des émissions cercariennes de type infradien chez <em>>Schistosoma mansoni</em> dans deux foyers du sud-Bénin », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 6, n° 3, sept. 2012.
- [40] A. Théron et C. Combes, « Genetic analysis of cercarial emergence rhythms of *Schistosoma mansoni* », *Behav. Genet.*, vol. 18, n° 2, p. 201-209, mars 1988.
- [41] CHRISTIAN LEVÊQUE, « Mollusques », in *Flore et faune aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne: tome1*, Paris: ORSTOM, 1980, p. 283-305.
- [42] I. Suchet, C. Klein, T. Horwitz, S. Lalla, et M. Doodha, « Spinal cord schistosomiasis: a case report and review of the literature », *Spinal Cord*, vol. 25, n° 6, p. 491-496, déc. 1987.
- [43] CEGET-CNRS/OMS-WHO, « Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasés », p. 5, 1987.
- [44] WHO, « Les maladies liées à l'eau », *Eau, Assainissement et Santé*, 2013. [En ligne]. Disponible sur: [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/schisto/fr/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/schisto/fr/index.html). [Consulté le: 22-déc-2013].
- [45] J. Utzinger *et al.*, « Schistosomiasis and neglected tropical diseases: towards integrated and sustainable control and a word of caution », *Parasitology*, vol. 136, n° 13, p. 1859–1874, 2009.
- [46] R. Gentile, M. M. L. Gonçalves, S. F. da Costa Neto, M. M. da Costa, R. H. S. Peralta, et J. M. Peralta, « Evaluation of immunological, parasitological and molecular methods for the diagnosis of *Schistosoma mansoni* infection before and after chemotherapy treatment with praziquantel in experimentally infected *Nectomys squamipes* », *Vet. Parasitol.*, vol. 180, n° 3–4, p. 243-249, août 2011.
- [47] L. A. Tchuem Tchuenté, « Control of soil-transmitted helminths in sub-Saharan Africa: Diagnosis, drug efficacy concerns and challenges », *Acta Trop.*, vol. 120, Supplement 1, p. S4-S11, sept. 2011.
- [48] W. H. Organization et R. O. for S.-E. Asia, « Establishment of PCR laboratory in developing countries », 2011.
- [49] L. A. Pontes, E. Dias-Neto, et A. Rabello, « Detection by polymerase chain reaction of *Schistosoma mansoni* DNA in human serum and feces », *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 66, n° 2, p. 157-162, févr. 2002.
- [50] L. M. A. Oliveira, H. L. C. Santos, M. M. L. Gonçalves, M. G. M. Barreto, et J. M. Peralta, « Evaluation of polymerase chain reaction as an additional tool for the diagnosis of low-intensity *Schistosoma mansoni* infection », *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.*, vol. 68, n° 4, p. 416-421, déc. 2010.
- [51] M. Bogard, « Techniques d'amplification en biologie moléculaire: II. Mise en œuvre, perspectives », *Immuno-Anal. Biol. Spéc.*, vol. 9, n° 3, p. 134-152, 1994.
- [52] D. Larzul, « La PCR : principes et applications », *Immuno-Anal. Biol. Spéc.*, vol. 4, n° 4, p. 19-IN6, sept. 1989.
- [53] ÉRIC LEROY-TERQUEM, « La PCR ou réaction en chaîne par polymérase, une révolution en biologie médicale », *OptionBio*, n° 407, 2008.
- [54] Tabitha M. Powledge, « The Polymerase Chain Reaction », *Advan Physiol Educ*, vol. 28, p. 44-50, 2004.
- [55] Sarkinfada, F., Auwal, I. K. and Manu, A. Y., « APPLICATIONS OF MOLECULAR DIAGNOSTIC TECHNIQUES FOR INFECTIOUS DISEASES », *Bayero J. Pure Appl. Sci.*, vol. 7, n° 1, p. 37-45, 2014.

- [56] Amadou Garba, « Impact de la sensibilisation des populations dans la lutte contre la bilharziose urinaire au Niger. », *Cah. Santé*, n° 11, p. 35-42, 2001.
- [57] G.Parent et al., « Irrigation, santé et sécurité alimentaire en Afrique' quels liens? », présenté à Cultures irriguées santé, nutrition, productions, ouagadougou, Burkina Faso, 2000, vol. 11, p. 9-15.
- [58] D. Rollinson *et al.*, « Time to set the agenda for schistosomiasis elimination », *Acta Trop.*, vol. 128, n° 2, p. 423-440, nov. 2013.
- [59] WHO, « Schistosomiase (bilharziose) », *Centre des médias*, 2013. [En ligne]. Disponible sur: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/fr/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/fr/). [Consulté le: 22-déc-2013].
- [60] P. Bourée et A. Kanner, « Diagnostic des parasitoses urinaires », *Rev. Francoph. Lab.*, vol. 2006, n° 385, p. 69-78, 2006.
- [61] V. Lequien, « Vers un vaccin thérapeutique contre les bilharzioses », *Actual. Pharm. Hosp.*, vol. 5, n° 20, p. 4-, 2009.
- [62] T.Duriez et al, « Cours de Parasitologie ». [En ligne]. Disponible sur: [http://pharmaweb.univ-lille2.fr/apache2-default/cours\\_en\\_ligne/parasitologie/Internat/courspar/hematob.html](http://pharmaweb.univ-lille2.fr/apache2-default/cours_en_ligne/parasitologie/Internat/courspar/hematob.html). [Consulté le: 24-mai-2014].
- [63] D. Cioli et L. Pica-Mattocchia, « Praziquantel », *Parasitol. Res.*, vol. 90 Supp 1, p. S3-9, juin 2003.
- [64] G. Raso *et al.*, « Efficacy and side effects of praziquantel against *Schistosoma mansoni* in a community of western Côte d'Ivoire », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 98, n° 1, p. 18-27, janv. 2004.
- [65] K. D. Adoubryn, C. G. Kouadio-Yapo, J. Ouhon, N. a. D. Aka, F. Bintto, et A. Assoumou, « Parasitoses intestinales infantiles à Biankouma, région des 18 Montagnes (ouest de la Côte d'Ivoire) : étude de l'efficacité et de la tolérance du praziquantel et de l'albendazole », *Médecine Santé Trop.*, vol. 22, n° 2, p. 170-176, avr. 2012.
- [66] M. Ouldabdallahi, B. Ousmane, M. Ouldbezeid, D. Mamadou, L. Konaté, et L. Chitsulo, « Comparaison de l'efficacité thérapeutique et de la tolérance du praziquantel administré en prise unique à la dose de 40 versus 60 mg/kg pour le traitement de la bilharziose urinaire en Mauritanie », *Bull. Société Pathol. Exot.*, vol. 106, n° 3, p. 167-169, mai 2013.
- [67] I. N. Mwangi *et al.*, « Praziquantel sensitivity of Kenyan *Schistosoma mansoni* isolates and the generation of a laboratory strain with reduced susceptibility to the drug », *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.*, vol. 4, n° 3, p. 296-300, déc. 2014.
- [68] D. Cioli et L. Pica-Mattocchia, « Praziquantel », *Parasitol. Res.*, vol. 90 Supp 1, p. S3-9, juin 2003.
- [69] D. U. Olveda *et al.*, « Diagnosing schistosomiasis-induced liver morbidity: implications for global control », *Int. J. Infect. Dis.*, vol. 54, p. 138-144, janv. 2017.
- [70] M. Baan *et al.*, « The Accuracy of Praziquantel Dose Poles for Mass Treatment of Schistosomiasis in School Girls in KwaZulu-Natal, South Africa », *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 10, n° 5, p. e0004623, mai 2016.
- [71] O. mondiale de la santé, *Schistosomiase et géohelminthiases: prévention et lutte*. World Health Organization, 2004.
- [72] J. M. Erfe, V. Y. Belizario, P. L. C. Chua, et J. R. A. Naig, « Validating the WHO dose pole in the Philippines for school-based mass drug administration of praziquantel for morbidity control of schistosomiasis », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 107, n° 10, p. 620-626, janv. 2013.
- [73] R.F.Compaoré, M.Sou/Dakouré, B.Savadogo, H. Yacouba, et J. Simporé, « Accuracy of height gauge for praziquantel administration in a schistosomiasis endemic village in Burkina Faso », *Curr Res Microbiol Biotechnol*, vol. 4, n° 6, p. 950-952, 2016.

- [74] Clements ACA, Bosqué-Oliva E, Sacko M, Landouré A, Dembélé R, et al., « A Comparative Study of the Spatial Distribution of Schistosomiasis in Mali in 1984–1989 and 2004–2006 », vol. 3, n° 5, 2009.
- [75] Gomes et al., « Schistosomiasis transmission and environmental change: a spatio-temporal analysis in Porto de Galinhas, Pernambuco - Brazil », *Int. J. Health Geogr.*, vol. 11, n° 51, 2012.
- [76] N. Schur *et al.*, « Spatially explicit Schistosoma infection risk in eastern Africa using Bayesian geostatistical modelling », *Acta Trop.*, vol. 128, n° 2, p. 365-377, nov. 2013.
- [77] R. G. C. Scholte, L. Gosoni, J. B. Malone, F. Chammartin, J. Utzinger, et P. Vounatsou, « Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models », *Acta Trop.*, vol. 132, p. 57-63, avr. 2014.
- [78] J.B. Malone et al., « A global network for the control of snail-borne disease using satellite surveillance and geographic information systems », *Acta Trop.*, n° 79, p. P.7-12, 2001.
- [79] Z. Tlamçani et M. Er-Rami, « Schistosomiasis control: moroccan experience compared to other endemic countries », *Asian Pac. J. Trop. Dis.*, vol. 4, n° 4, p. 329-332, 2014.
- [80] Institut national de la statistique et de la démographie - Minsitère de l'Economie et du Développement, « RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION ET DE L'HABITATION 2006 DU BURKINA FASO », BURKINA FASO, Recensement de la population et du logement [hh/popcen] Version 2.1, 2009.
- [81] Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, « Annuaire statistique 2011 de l'eau potable et de l'assainissement des eaux usées et excreta », 2011.
- [82] I.Traoré et al., « 22 Rapid screening and mapping of urinary schistosomiasis prevalence at the village scale in the Sourou Valley, Burkina Faso: Adapting the school-base questionnaire method », p. 255-281, 2012.
- [83] D. Zongo et al., « Étude comparative de la transmission de la schistosomiase (formes urinaire et intestinale) dans dix sites du Burkina Faso/Comparative study of schistosomiasis transmission (urogenital and intestinal forms) on ten sites in Burkina Faso. », *Médecine Santé Trop.*, vol. 22, p. 323-329, 2012.
- [84] S.Touré et al., « Two-year impact of single praziquantel treatment on infection in the national control programme on schistosomiasis in Burkina Faso », *Bull. World Health Organ.*, n° 86, p. 780–787, 2008.
- [85] C. Ming-Gang, « Use of praziquantel for clinical treatment and morbidity control of schistosomiasis japonica in China: a review of 30 years' experience », *Acta Trop.*, vol. 96, n° 2–3, p. 168-176, nov. 2005.
- [86] A. G. P. Ross, R. M. Olveda, et Y. Li, « An audacious goal: the elimination of schistosomiasis in our lifetime through mass drug administration », *The Lancet*, vol. 385, n° 9983, p. 2220-2221, mai 2015.
- [87] F. G. Abath, A. L. do V. Gomes, F. L. Melo, C. S. Barbosa, et R. P. Werkhauser, « Molecular approaches for the detection of Schistosoma mansoni: possible applications in the detection of snail infection, monitoring of transmission sites, and diagnosis of human infection », *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 101, p. 145–148, 2006.
- [88] R. Gentile, M. M. L. Gonçalves, S. F. da Costa Neto, M. M. da Costa, R. H. S. Peralta, et J. M. Peralta, « Evaluation of immunological, parasitological and molecular methods for the diagnosis of Schistosoma mansoni infection before and after chemotherapy treatment with praziquantel in experimentally infected Nectomys squamipes », *Vet. Parasitol.*, vol. 180, n° 3–4, p. 243-249, août 2011.
- [89] Y.-Y. Zhang et al., « Evaluation of Kato–Katz examination method in three areas with low-level endemicity of schistosomiasis japonica in China: A Bayesian modeling approach », *Acta Trop.*, n° 112, p. 16-22, 2009.

- [90] A. Kongs, G. Marks, P. Verlé, et P. Van der Stuyft, « The unreliability of the Kato-Katz technique limits its usefulness for evaluating *S. mansoni* infections », *Trop. Med. Int. Health*, vol. 6, n° 3, p. 163-169, mars 2001.
- [91] S. M. da Frota, T. R. Carneiro, J. A. N. Queiroz, L. M. Alencar, J. Heukelbach, et F. S. M. Bezerra, « Combination of Kato-Katz faecal examinations and ELISA to improve accuracy of diagnosis of intestinal schistosomiasis in a low-endemic setting in Brazil », *Acta Trop.*, vol. 120, Supplement 1, p. S138-S141, sept. 2011.
- [92] L. Benerini Gatta, P. Balzarini, M. Cadei, F. Castelli, et P. Grigolato, « Haematobium eggs detection in human bladder cancer and sporocysts in snail vectors: Seven cases report and a review of the Burkina Faso literature », *Pathol. Biol.*, vol. 60, n° 5, p. 287-290, oct. 2012.
- [93] A. C. A. Clements *et al.*, « Mapping the Probability of Schistosomiasis and Associated Uncertainty, West Africa », *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 14, n° 10, p. 1629-1632, oct. 2008.
- [94] H. Sorgho *et al.*, « Serodiagnosis of *Schistosoma mansoni* infections in an endemic area of Burkina Faso: performance of several immunological tests with different parasite antigens », *Acta Trop.*, vol. 93, n° 2, p. 169-180, févr. 2005.
- [95] Caron N., « La méthode Kish : un avantage ou un inconvénient ? », 1999.
- [96] N. Katz, A. Chaves, et J. Pellegrino, « A simple device for quantitative stool thick-smear technique in schistosomiasis mansoni. », *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*, vol. 14, n° 6, p. 397-400, 1972.
- [97] Organisation Mondiale de la Santé, *Parasitologie médicale : techniques de base pour le laboratoire*. Genève, 1993.
- [98] S. Plouvier, J. C. Leroy, et J. Colette, « A propos d'une technique simple de filtration des urines dans le diagnostic de la bilharziose urinaire en enquête de masse », *Med Trop*, vol. 35, p. 229-230, 1975.
- [99] R. Bergquist, M. V. Johansen, et J. Utzinger, « Diagnostic dilemmas in helminthology: what tools to use and when? », *Trends Parasitol.*, vol. 25, n° 4, p. 151-156, 2009.
- [100] A. Gillet, Y. Brostaux, et R. Palm, « Principaux modèles utilisés en régression logistique », *BASE*, sept. 2011.
- [101] J. Hamburger, T. Turetski, I. Kapeller, et R. Deresiewicz, « Highly repeated short DNA sequences in the genome of *Schistosoma mansoni* recognized by a species-specific probe », *Mol. Biochem. Parasitol.*, vol. 44, n° 1, p. 73-80, janv. 1991.
- [102] L. I. Gomes, L. H. Marques, M. J. Enk, P. M. Z. Coelho, et A. Rabello, « Further evaluation of an updated PCR assay for the detection of *Schistosoma mansoni* DNA in human stool samples », *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 104, n° 8, p. 1194-1196, déc. 2009.
- [103] NF EN ISO 19458, « Qualité de l'eau - Échantillonnage pour analyse microbiologique (Water quality - Sampling for microbiological analysis) », 2006.
- [104] NF EN ISO 9308-1, « Qualité de l'eau - Recherche et dénombrement des - *Escherichia coli* et des bactéries coliformes - Partie 1 : Méthode par filtration sur membrane », 2000.
- [105] S. Canada et S. Canada, « Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada », *aem*, 01-mars-2013. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/conseils-utilisation-numeration-bacteries-heterotrophes-approvisionnement-eau-potable-canada.html>. [Consulté le: 11-avr-2017].
- [106] M. Finney, J. Smullen, H. a. Foster, S. Brokx, et D. M. Storey, « Evaluation of Chromocult coliform agar for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae from faecal samples from healthy subjects », *J. Microbiol. Methods*, vol. 54, n° 3, p. 353-358, 2003.

- [107] K. Gnter et R. Gerhard, *Handbook of Culture Media for Food and Water Microbiology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2011.
- [108] B. C. Gordalla, « Standardized Methods for Water-Quality Assessment », *Treatise Water Sci.*, vol. 3, p. 263–302, 2011.
- [109] T. Pitkänen, P. Paakkari, I. T. Miettinen, H. Heinonen-Tanski, L. Paulin, et M. L. Hänninen, « Comparison of media for enumeration of coliform bacteria and *Escherichia coli* in non-disinfected water », *J. Microbiol. Methods*, vol. 68, n° 3, p. 522–529, 2007.
- [110] Anonymous, « Chromocult Coliform Agar established as a basis for new standard », *Membr. Technol.*, vol. 2015, n° 3, p. 6, mars 2015.
- [111] R. B. J Rodier, B Legube, N Merlet, *L'analyse de l'eau-9ème édition-Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (Water analysis-9th edition-Natural waters, wastewaters, sea water)*, Dunod. 2009.
- [112] J.N.Poda, « Distribution spatiale des hôtes intermédiaires des schistosomes au Burkina Faso: Facteurs influençant la dynamique des populations de *Bulinus truncatus* rohlfsi Clessin, 1886 et de *Bulinus senegalensis* Müller, 1781(Spatial distribution of intermediate hosts of schistosomes in Burkina Faso: Factors influencing the populations dynamics of *Bulinus truncatus* rohlfsi Clessin, 1886 and *Bulinus senegalensis* Müller, 1781) », Thèse de doctorat / PhD thesis, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 1996.
- [113] J.N.Poda, « DISTRIBUTION SPATIALE DES HÔTES INTERMÉDIAIRES DES SCHISTOSOMES AU BURKINA FASO: FACTEURS INFLUENCANT LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE *Bulinus truncatus* rohlfsi CLESSIN, 1886 ET DE *Bulinus senegalensis* MULLER, 1781. », Université de ouagadougou, Ouagadougou, 1996.
- [114] McDonald, J.H, *Handbook of Biological Statistics (3RD ed.)*. Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing, 2014.
- [115] R Core Team, « R: A Language and Environment for Statistical Computing ». R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.
- [116] R. S. Houmsou *et al.*, « Cross-sectional study and spatial distribution of schistosomiasis among children in Northeastern Nigeria », *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, vol. 6, n° 6, p. 477-484, juin 2016.
- [117] S. Muhumuza, G. Kitimbo, M. Oryema-Lalobo, et F. Nuwaha, « Association between socio economic status and schistosomiasis infection in Jinja District, Uganda », *Trop. Med. Int. Health TM IH*, vol. 14, n° 6, p. 612-619, juin 2009.
- [118] O. G. Ajakaye, T. A. Olusi, et M. O. Oniya, « Environmental factors and the risk of urinary schistosomiasis in Ile Oluji/Oke Igbo local government area of Ondo State », *Parasite Epidemiol. Control*, vol. 1, n° 2, p. 98-104, juin 2016.
- [119] S. J. Campbell *et al.*, « Urogenital schistosomiasis and soil-transmitted helminthiasis (STH) in Cameroon: An epidemiological update at Barombi Mbo and Barombi Kotto crater lakes assessing prospects for intensified control interventions », *Infect. Dis. Poverty*, vol. 6, n° 1, p. 49, févr. 2017.
- [120] A. G. P. Ross, R. M. Olveda, et Y. Li, « An audacious goal: the elimination of schistosomiasis in our lifetime through mass drug administration », *The Lancet*, vol. 385, n° 9983, p. 2220-2221, juin 2015.
- [121] S. A. Esrey, J. B. Potash, L. Roberts, et C. Shiff, « Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. », *Bull. World Health Organ.*, vol. 69, n° 5, p. 609-621, 1991.



- [122] J. R. Mwanga *et al.*, « Improved Socio-Economic Status of a Community Population Following Schistosomiasis and Intestinal Worm Control Interventions on Kome Island, North-Western Tanzania », *Korean J. Parasitol.*, vol. 53, n° 5, p. 553-559, oct. 2015.
- [123] J. R. Mwanga, N. J. S. Lwambo, S. F. Rumisha, P. Vounatsou, et J. Utzinger, « Dynamics of people's socio-economic status in the face of schistosomiasis control interventions in Ukerewe district, Tanzania », *Acta Trop.*, vol. 128, n° 2, p. 399-406, nov. 2013.
- [124] J. R. Mwanga *et al.*, « Improved Perceptions and Practices Related to Schistosomiasis and Intestinal Worm Infections Following PHAST Intervention on Kome Island, North-Western Tanzania », *Korean J. Parasitol.*, vol. 53, n° 5, p. 561-569, oct. 2015.
- [125] J. U. ALMAZAN, « Participatory Hygiene and Sanitation Transformation (PHAST) in a Remote and Isolated Community in Samar Province, Philippines », *Curr. Health Sci. J.*, vol. 40, n° 4, p. 233-243, 2014.
- [126] A. Ndassa, R. Mimpfoundi, B. Gake, M. V. Paul Martin, et B. Poste, « Risk factors for human schistosomiasis in the Upper Benue valley, in northern Cameroon », *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, vol. 101, n° 6, p. 469-477, sept. 2007.
- [127] M. T. Sama, E. Oyono, et R. C. Ratard, « High Risk Behaviours and Schistosomiasis Infection in Kumba, South-West Province, Cameroon », *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 4, n° 2, p. 101-105, févr. 2007.
- [128] J. F. Etard et E. Borel, « [Man-water contacts and urinary schistosomiasis in a Mauritanian village] », *Rev. Dépidémiologie Santé Publique*, janv. 1992.
- [129] S. O. Asaolu et I. E. Ofoezie, « The role of health education and sanitation in the control of helminth infections », *Acta Trop.*, vol. 86, n° 2-3, p. 283-294, mai 2003.
- [130] J. E. Grimes, D. Croll, W. E. Harrison, J. Utzinger, M. C. Freeman, et M. R. Templeton, « The roles of water, sanitation and hygiene in reducing schistosomiasis: a review », *Parasit. Vectors*, vol. 8, p. 156, 2015.
- [131] J. E. T. Grimes, D. Croll, W. E. Harrison, J. Utzinger, M. C. Freeman, et M. R. Templeton, « The relationship between water, sanitation and schistosomiasis: a systematic review and meta-analysis », *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 8, n° 12, p. e3296, déc. 2014.
- [132] H. Z. Soe, C. C. Oo, T. O. Myat, et N. S. Maung, « Detection of Schistosoma Antibodies and exploration of associated factors among local residents around Inlay Lake, Southern Shan State, Myanmar », *Infect. Dis. Poverty*, vol. 6, n° 1, p. 3, mars 2017.
- [133] G. Raso *et al.*, « Efficacy and side effects of praziquantel against Schistosoma mansoni in a community of western Côte d'Ivoire », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 98, n° 1, p. 18-27, janv. 2004.
- [134] K. D. Adoubryn, C. G. Kouadio-Yapo, J. Ouhon, N. a. D. Aka, F. Bintto, et A. Assoumou, « Parasitoses intestinales infantiles à Biankouma, région des 18 Montagnes (ouest de la Côte d'Ivoire) : étude de l'efficacité et de la tolérance du praziquantel et de l'albendazole », *Médecine Santé Trop.*, vol. 22, n° 2, p. 170-176, avr. 2012.
- [135] M. Ouldabdallahi, B. Ousmane, M. Ouldbezeid, D. Mamadou, L. Konaté, et L. Chitsulo, « Comparaison de l'efficacité thérapeutique et de la tolérance du praziquantel administré en prise unique à la dose de 40 versus 60 mg/kg pour le traitement de la bilharziose urinaire en Mauritanie », *Bull. Société Pathol. Exot.*, vol. 106, n° 3, p. 167-169, mai 2013.
- [136] I. N. Mwangi *et al.*, « Praziquantel sensitivity of Kenyan Schistosoma mansoni isolates and the generation of a laboratory strain with reduced susceptibility to the drug », *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.*, vol. 4, n° 3, p. 296-300, 2014.

- [137] a Fenwick *et al.*, « The Schistosomiasis Control Initiative (SCI): rationale, development and implementation from 2002-2008. », *Parasitology*, vol. 136, n° 13, p. 1719-30, 2009.
- [138] J. C. Sousa-Figueiredo *et al.*, « Treatment of intestinal schistosomiasis in Ugandan preschool children: best diagnosis, treatment efficacy and side-effects, and an extended praziquantel dosing pole », *Int. Health*, vol. 2, n° 2, p. 103-113, janv. 2010.
- [139] J. C. Sousa-Figueiredo, M. Betson, et J. R. Stothard, « Treatment of schistosomiasis in African infants and preschool-aged children: downward extension and biometric optimization of the current praziquantel dose pole », *Int. Health*, vol. 4, n° 2, p. 95-102, janv. 2012.
- [140] A. Montresor *et al.*, « The WHO dose pole for the administration of praziquantel is also accurate in non-African populations », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 99, n° 1, p. 78-81, janv. 2005.
- [141] X. Xu *et al.*, « Serodiagnosis of *Schistosoma japonicum* infection: genome-wide identification of a protein marker, and assessment of its diagnostic validity in a field study in China », *Lancet Infect. Dis.*, vol. 14, n° 6, p. 489-497, juin 2014.
- [142] T. R. Carneiro, M. C. C. Pinheiro, S. M. de Oliveira, A. L. de P. Hanemann, J. A. N. Queiroz, et F. S. M. Bezerra, « Increased detection of schistosomiasis with Kato-Katz and SWAP-IgG-ELISA in a Northeastern Brazil low-intensity transmission area », *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, vol. 45, n° 4, p. 510-513, août 2012.
- [143] L. C. Burlandy-Soares, L. C. de S. Dias, H. Y. Kanamura, E. J. de Oliveira, et R. M. Ciaravolo, « Schistosomiasis mansoni: follow-up of control program based on parasitologic and serologic methods in a Brazilian community of low endemicity », *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 98, n° 6, p. 853-859, sept. 2003.
- [144] D. G. Colley, A. L. Bustinduy, W. E. Secor, et C. H. King, « Human schistosomiasis », *The Lancet*, vol. 383, n° 9936, p. 2253-2264, juin 2014.
- [145] A. Montresor, D. Engels, L. Chitsulo, D. A. P. Bundy, S. Brooker, et L. Savioli, « Development and validation of a 'tablet pole' for the administration of praziquantel in sub-Saharan Africa », *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 95, n° 5, p. 542-544, janv. 2001.
- [146] J. M. Erfe, V. Y. Belizario, P. L. C. Chua, et J. R. A. Naig, « Validating the WHO dose pole in the Philippines for school-based mass drug administration of praziquantel for morbidity control of schistosomiasis », *Trans R Soc Trop Med Hyg*, vol. 107, n° 10, p. 620-626, 2013.
- [147] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), *Schistosomiase et géohelminthiases: prévention et lutte*. World Health Organization, 2004.
- [148] J.-P. Chippaux et A.-M. Moulin, « La lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest », présenté à Difficultés rencontrées dans la mise en suvre des programmes de lutte contre les schistosomoses en Afrique de l'Ouest, Niamey - Cermes, 2000.
- [149] A. Garba *et al.*, « Preliminary evaluation of morbidity due to *S. haematobium* and *S. mansoni* in the area of the future Adjarala Dam in Benin », *Cah. Détudes Rech. Francoph. Santé*, vol. 10, n° 5, p. 323-8, déc. 2000.
- [150] Y. Hu *et al.*, « Monitoring schistosomiasis risk in East China over space and time using a Bayesian hierarchical modeling approach », *Sci. Rep.*, vol. 6, p. 24173, avr. 2016.
- [151] B. Senghor *et al.*, « Efficacy of praziquantel against urinary schistosomiasis and reinfection in Senegalese school children where there is a single well-defined transmission period », *Parasit. Vectors*, vol. 8, p. 362, 2015.
- [152] J.N.Poda, D.Dianou, T.Kambou et al, « Etude comparative de trois foyers bilharziens à schistosoma haematobium au Burkina Faso ».

- [153] H. Madsen, « A Comparative Study on the Food-Locating Ability of *Helisoma duryi*, *Biomphalaria camerunensis* and *Bulinus truncatus* (Pulmonata: Planorbidae) », *J. Appl. Ecol.*, vol. 29, n° 1, p. 70-78, 1992.
- [154] M. E. Smith, S. A. Steiner, et H. Isseroff, « Urea: inhibitor of growth and reproduction in *Bulinus truncatus* », *Comp. Biochem. Physiol. A Physiol.*, vol. 108, n° 4, p. 569-577, août 1994.
- [155] S. WHO Expert Committee on the Control of Schistosomiasis (1991 : Geneva et W. H. Organization, « The control of schistosomiasis : second report of the WHO Expert Committee [meeting held in Geneva from 8-15 November 1991] », *Lutte contre la schistosomiase : deuxième rapport du Comité OMS d'experts [réuni à Genève du 8 au 15 novembre 1991]*, 1993.
- [156] N. N. Nsawah-Nuamah, G. Mensah, M. E. Aryeetey, Y. Wagatsuma, et G. Bentil, « Urinary schistosomiasis in southern Ghana: a logistic regression approach to data from a community-based integrated control program. », *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 65, n° 5, p. 484-490, janv. 2001.
- [157] H. Madsen, « Biological methods for the control of freshwater snails », *Parasitol. Today*, vol. 6, n° 7, p. 237-241, juill. 1990.
- [158] L. I. Gomes, M. J. Enk, A. Rabello, L. I. Gomes, M. J. Enk, et A. Rabello, « Diagnosing schistosomiasis: where are we? », *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, vol. 47, n° 1, p. 3-11, févr. 2014.
- [159] D. Wichmann *et al.*, « Prospective European-wide multicentre study on a blood based real-time PCR for the diagnosis of acute schistosomiasis », *BMC Infect. Dis.*, vol. 13, p. 55, 2013.
- [160] P. Kouřilová et L. Kolářová, « Variations in immunofluorescent antibody response against *Trichobilharzia* and *Schistosoma* antigens in compatible and incompatible hosts », *Parasitol. Res.*, vol. 88, n° 6, p. 513-521, juin 2002.
- [161] L. I. Gomes, L. H. Marques, M. J. Enk, P. M. Z. Coelho, et A. Rabello, « Further evaluation of an updated PCR assay for the detection of *Schistosoma mansoni* DNA in human stool samples », *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol. 104, n° 8, p. 1194-1196, déc. 2009.
- [162] L.-A. Tchuem Tchuenté, D. Rollinson, J. R. Stothard, et D. Molyneux, « Moving from control to elimination of schistosomiasis in sub-Saharan Africa: time to change and adapt strategies », *Infect. Dis. Poverty*, vol. 6, p. 42, 2017.
- [163] M. Feinleib, « A Dictionary of Epidemiology, Fourth Edition - Edited by John M. Last, Robert A. Spasoff, and Susan S. Harris », *Am. J. Epidemiol.*, vol. 154, n° 1, p. 93-94, juill. 2001.
- [164] H. Guis, « Géomatique et épidémiologie : caractérisation des paysages favorables à *Culicoides imicola*, vecteur de la fièvre catarrhale ovine en Corse », phdthesis, Université de Franche-Comté, 2007.
- [165] B. Toma et E. Thiry, « Qu'est-ce qu'une maladie émergente », *Epidémiol Santé Anim.*, vol. 44, p. 1-11, 2003.
- [166] Elmer W. Koneman et [al.], *Introduction to Diagnostic Microbiology*. J.B. Lippincott Company, 1994.
- [167] A. S. Benenson, *CONTROL OF COMMUNICABLE DISEASES MANUAL* by Abram S. Benenson: American Public Health Association Publications Paperback - Hippo Books, American Public Health Association Publications. Toledo, OH, U.S.A.: American Public Health Association Publications, 1995.
- [168] R. Bonita, R. Beaglehol, et T. Kjellström, *Eléments d'épidémiologie*, 2e éd. Organisation Mondiale de la Santé, 2010.

Analyse spatio-temporelle des facteurs environnementaux et socio-sanitaires favorables à la  
persistance des maladies liées à l'eau : cas de la schistosomiase au Burkina Faso

---

# Annexes

# Annexe 1 : Questionnaires

## QUESTIONNAIRE INDIVIDUEL

### INFORMATION D'ORDRE GENERALE

1. Date de l'interview?

2. Heure de début?

3. Heure de fin?

4. Identification du site?

5. Numéro d'identification de l'enquêteur?

6. Numéro d'identification du ménage?

7. Numéro d'identification du participant?

### IDENTIFICATION DU PARTICIPANT

8. Nom du participant?

9. Prénoms du participant?

10. Genre du participant?

1. Masculin

2. Féminin

11. Année de naissance du participant?

12. AGE

13. Numéro de téléphone?

14. Quelle profession exercez-vous?

1. Agriculture

2. Elevage

3. Commerce

4. Activités ménagères

5. Pêches

6. Autres

7. Elève

8. JARDINAGE

9. TRES JEUNE

15. Si 'Autres', précisez :

16. Animaux élevés si vous êtes éleveur?

1. mouton

2. chèvre

3. boeufs

4. chameaux

5. chevaux

6. chiens

17. Si 'Autres', précisez :

18. Type de culture pratiquée si vous êtes agriculteur

1. mil

2. sorgho

3. maïs

4. manioc

5. courgette

6. haricot

7. coton

8. sésame

9. fonio

10. pois de terre

11. légumes

12. Autres

19. Si 'Autres', précisez :

**NIVEAU DE CONNAISSANCE DE LA MALADIE: SCHISTOSOMIAS E**

20. Connaissez-vous la bilharziose ?

1. Oui  2. Non

21. Quelles formes de la maladie connaissez-vous ?

1. forme intestinale  2. forme urinaire

22. Quels sont les signes par lesquels elles se manifestent ?

1. Diarrhée  
 2. Maux de tête  
 3. Vomissement  
 4. Fièvre  
 5. Sang dans les urines  
 6. Sang dans les selles  
 7. Autres  
 8. Mal de bas ventre  
 9. MAUX DE VENTRE  
 10. IMPUISSANCE

23. Si 'Autres', précisez :

24. Avez-vous déjà observé ces signes sur vous ?

1. Oui  2. Non

25. Êtes-vous allé au centre de santé ?

1. Oui  2. Non

26. Quel était le diagnostic ?

27. Avez-vous reçu une ordonnance ?

1. Oui  2. Non

28. Avez-vous acheté les médicaments prescrits ?

1. Oui  2. Non

29. Avez-vous déjà reçu des comprimés contre la maladie ?

1. Oui  2. Non

30. Si oui, à quand remonte le dernier traitement reçu (comprimés reçus) ?

31. Temps écoulé entre le dernier traitement et la date de l'enquête ?

32. Connaissez-vous d'autres méthodes de traitement de la bilharziose ?

1. Oui  2. Non

33. Si oui lesquelles ?

34. Pensez-vous que cette maladie est curable ?

1. Oui  2. Non

35. Quelles sont les causes de la maladie selon vous ?

1. Boire de l'eau sale  
 2. Piqûre de moustique/d'insecte  
 3. Manger avec les mains sales  
 4. Se baigner dans les points d'eau  
 5. Déféquer à l'air libre  
 6. Malédictions  
 7. Autres  
 8. Ensoleillement  
 9. Sorcellerie  
 10. NE SAIT PAS  
 11. CONTAMINATION

36. Si 'Autres', précisez :



**37. Savez-vous comment on peut éviter la maladie?**

- 1. Ne pas boire de l'eau sale
- 2. Ne pas se faire piquer par les moustiques/insectes
- 3. Ne pas manger avec les mains sales
- 4. Ne pas baigner dans les points d'eau
- 5. Ne pas déféquer à l'air libre
- 6. Autres
- 7. NE SAIT PAS
- 8. MANGER DES ALIMENTS SAINS

38. Si 'Autres', précisez :

**ACTIVITES QUOTIDIENNES**

**39. Quels types d'activités menez-vous quotidiennement en dehors de votre profession?**

- 1. Agriculture
- 2. Elevage
- 3. Cuisine
- 4. Lessive
- 5. Vaisselle
- 6. Corvée-eau
- 7. Berger
- 8. Jardinage
- 9. Autres
- 10. ELEVE
- 11. MECANIQUE
- 12. RIEN
- 13. CORVEE BOIS

40. Si 'Autres', précisez :

**41. Où vous procurez-vous l'eau pour les besoins de votre activité?**

- 1. Marigot/Rivière
- 2. Pompes
- 3. Puits
- 4. Mon activité ne demande pas d'eau

**42. Type de culture pratiquée si agriculteur?**

- 1. manioc
- 2. mil
- 3. sorgho
- 4. riz
- 5. légumes
- 6. maïs
- 7. Autres
- 8. Sésame

43. Si 'Autres', précisez :

**44. Où faites-vous la lessive ou la vaisselle ?**

- 1. Directement dans la source (marigot/rivière)
- 2. A côté de la source (marigot/rivière)
- 3. A la maison
- 4. Autres

45. Si 'Autres', précisez :

**HABITUDES**

**46. Vous baignez-vous très souvent dans l'eau du marigot/rivière?**

1. Oui  2. Non

**47. Si oui à quelle fréquence**

- 1. Tous les jours
- 2. Tous les deux jours
- 3. Une fois par semaine
- 4. autres

48. Si 'autres', précisez :

**49. Êtes-vous généralement en contact avec les eaux naturelles (rivières, marigots, etc) pour quelque raison que ce soit (activité, envie, etc.)?**

1. Oui  2. Non

<p><b>50. Connaissez-vous les risques liés au contact avec l'eau?</b></p> <p><input type="radio"/> 1 Oui    <input type="radio"/> 2 Non</p>	<p><b>QUESTIONS ENQUÊTEURS</b></p>
<p><b>51. Si oui lesquels?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px;"></div>	<p><b>55. Rappel des étapes suivantes?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Explication de la fiche de consentement éclairé</p> <p><input type="checkbox"/></p>
<p><b>52. Quel est votre lieu d'aisance?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1 Nature    <input type="checkbox"/> 2 Latrine</p>	<p><b>56. Commentaire de l'enquêteur</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px;"></div>
<p><b>53. Pourquoi ce mode d'aisance?</b></p> <p><input type="checkbox"/> 1. Culture</p> <p><input type="checkbox"/> 2. Santé</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Ignorance</p> <p><input type="checkbox"/> 4. manque de moyens financiers</p> <p><input type="checkbox"/></p>	<p><b>57. OBSERVATION SUR LES DONNEES</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px;"></div>
<p><b>54. Si 'Autre s', précisez :</b> <input style="width: 150px;" type="text"/></p>	

## QUESTIONNAIRE MENAGE

### INFORMATION D'ORDRE GENERAL

Il est obligatoire de remplir cette partie qui permet une

1. Date de l'interview?

2. Heure de début de l'interview?

3. Heure de fin de l'interview?

4. Code du site?

5. Code de l'enquêteur?

6. Code ménage

13. Quel est votre profession dans le village?

1. Eleveur  2. Agriculteur  
 3. Pêcheur  4. Commerçant

14. Si 'Autres', précisez :

15. Si vous Pratiquez l'élevage, précisez les types d'animaux que vous élevez?

1. moutons  2. chevaux  3. boeufs  
 4. ânes  5. chèvres  6. volaille

16. Si 'Autres', précisez :

17. Si vous Pratiquez l'agriculture ou le jardinage, précisez les types de culture que vous

- pratiquez.    
 1. Légumes  2. mil  3. maïs

18. Si 'Autres', précisez :

### IDENTIFICATION DU CHEF DE MENAGE

Obligatoire de remplir

7. Nom du chef de Famille?

8. Prénoms du chef de famille?

9. Sexe du chef de famille?  
 1. Masculin  2. Féminin

10. Année de naissance du chef de famille?

11. Temps de séjour (nombre d'années) dans le village jusqu'à la date de l'interview

12. Année d'installation dans le village?

### CARACTERISTIQUES DU MENAGE

19. Quelles est la taille de votre ménage?

20. Nombre d'enfants scolarisés?

21. Nombre d'enfants non scolarisés?

22. Pourquoi sont-ils non scolarisés?

1. Manque de moyens  
 2. Refus de l'Enfant  
 3. Refus des parents

23. Si 'Handicap', précisez :

24. Nombre s d'homme s de plus de 19 ans?

Analyse spatio-temporelle des facteurs environnementaux et socio-sanitaires favorables à la persistance des maladies liées à l'eau : cas de la schistosomiase au Burkina Faso

<p>25. Nombre de femmes de plus de 19 ans? <input type="text"/></p>	<p>38. si oui, à quelle fréquence?</p> <p><input type="radio"/> 1. une fois par jour</p> <p><input type="radio"/> 2. deux fois par semaines</p>
<p>26. Nombre de garçons entre 5 et 19 ans? <input type="text"/></p>	<p>39. Si 'autres', précisez : <input type="text"/></p>
<p>27. Nombre de filles entre 5 et 19 ans? <input type="text"/></p>	<p>40. Constat de l'enquêteur de l'état d'entretien de la latrine ?</p> <p><input type="radio"/> 1. Très mauvais <input type="radio"/> 2. Mauvais</p> <p><input type="radio"/> 3. Passable <input type="radio"/> 4. Bien</p>
<p>28. Autres enfants? <input type="text"/></p>	<p>41. Si non, pourquoi n'avez vous pas de latrines?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Manque de moyens <input type="checkbox"/> 2. Ignorance</p>
<p>29. Nombre de personnes de plus de 19ans? <input type="text"/></p>	<p>42. Si 'autres', précisez : <input type="text"/></p>
<p>30. Nombre de personnes entre 5 et 19 ans? <input type="text"/></p>	<p><b>APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE</b></p>
<p><b>ASSAINISSEMENT DU MENAGE</b></p>	
<p>31. Où vous soulagez -vous?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Latrines <input type="checkbox"/> 2. Autres</p>	<p>43. Quelle est votre source (quelles sont vos sources) d'approvisionnement en eau de boisson?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Puits <input type="checkbox"/> 2. Rivières <input type="checkbox"/> 3. Forage</p>
<p>32. Connaissez-vous les dangers liés à la défécation hors des latrines?</p> <p><input type="radio"/> 1. oui <input type="radio"/> 2. non</p>	<p>44. Si 'Autres', précisez : <input type="text"/></p>
<p>33. Si oui les citer?</p> <p><input type="text"/></p>	<p>45. Quels sont les récipients de prélèvements des eaux de la source?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Seaux <input type="checkbox"/> 2. Bidons <input type="checkbox"/> 3. Fûts</p>
<p>34. Si oui Pourquoi déféquer hors des latrines?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Culturel</p> <p><input type="checkbox"/> 2. Santé</p> <p><input type="checkbox"/> 3. Ignorance</p>	<p>46. Si 'Autres', précisez : <input type="text"/></p>
<p>35. Type de latrine dans le ménage</p> <p><input type="radio"/> 1. VIP <input type="radio"/> 2. Traditionnel</p>	<p>47. Comment transportez-vous l'eau de la source au ménage?</p> <p><input type="checkbox"/> 1. Sur la tête <input type="checkbox"/> 2. Par traction asinière</p>
<p>36. Entretenez-vous les latrines?</p> <p><input type="radio"/> 1. oui <input type="radio"/> 2. non</p>	<p>48. Si 'Autres', précisez : <input type="text"/></p>
<p>37. Si oui, qui entretient?</p> <p><input type="text"/></p>	<p>49. Couvrez-vous vos récipient lors du transport de l'eau?</p> <p><input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>
<p>50. Connaissez-vous les dangers liés à la non couverture des récipients?</p> <p><input type="radio"/> 1. Oui <input type="radio"/> 2. Non</p>	

<b>51. Si oui les citer</b> <input type="text"/>	<b>61. Numéro de téléphone de l'individu Kish3 du ménage?</b> <input type="text"/>
<b>52. Constat au point de stockage de l'eau par l'enquêteur</b> <input type="radio"/> 1. Très sale <input type="radio"/> 2. Sale <input type="radio"/> 3. Passable <input type="radio"/> 4. Propre	<b>62. Code de l'individu Kish3 du ménage?</b> <input type="text"/>
<b>53. Quelle eau utilisez-vous pour la cuisine ?</b> <input type="checkbox"/> 1. Même eau que l'eau de boisson	<b>63. Nom et prénoms de l'individu Kish4 du ménage?</b> <input type="text"/>
<b>IDENTIFICATION DES INDIVIDUS KISH POUR L'ENQUÊTE INDIVIDUELLE</b>	<b>64. Numéro de téléphone de l'individu Kish4 du ménage?</b> <input type="text"/>
<b>54. Nom et prénoms de l'individu Kish1 du ménage ?</b> <input type="text"/>	<b>65. Code de l'individu Kish4 du ménage?</b> <input type="text"/>
<b>55. Numéro de téléphone de l'individu Kish1 du ménage ?</b> <input type="text"/>	<b>QUESTIONS POUR L'ENQUÊTEUR</b>
<b>56. Code de l'individu Kish1 du ménage ?</b> <input type="text"/>	<b>66. Explication du formulaire de consentement éclairé aux individus Kish</b> <input type="radio"/> 1. oui <input type="radio"/> 2. non
<b>57. Nom et prénoms de l'individu Kish2 du ménage ?</b> <input type="text"/>	<b>67. Commentaire de fin d'interview</b> <input type="text"/>
<b>58. Numéro de téléphone de l'individu Kish2 du ménage ?</b> <input type="text"/>	
<b>59. Code de l'individu Kish2 du ménage ?</b> <input type="text"/>	
<b>60. Nom et prénoms de l'individu Kish3 du ménage ?</b> <input type="text"/>	

# **Annexes 2 : Méthode de sélection de Leslie Kish**

## **MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE KISH SUR LE SITE D'ETUDE**

La méthode de sélection de l'individu Kish consiste en un tirage aléatoire d'un individu de manière à assurer l'équiprobabilité de tirage des individus faisant partie du champ de l'enquête. La méthode de sélection de l'individu est tirée du nom de son concepteur, le statisticien américain Leslie KISH, spécialiste des méthodes d'échantillonnage.

Le but est de disposer de quatre individus des deux sexes et pour chaque tranche d'âge de 10 à 19 ans exclus et de 19 ans à 60 ans.

Procédure de sélection :

Pour les individus de sexe masculin de la tranche d'âge de 10 à 19 ans, nous procéderons comme suit :

1. Comptage du nombre d'individus de la classe concernée
2. Classement des individus du plus âgé au moins âgé,
3. Identification du dernier chiffre du numéro d'identification du ménage
4. Croisement sur la table de Kish de la colonne et de la ligne portant respectivement le dernier chiffre du numéro du ménage et le nombre d'individus éligibles dans le ménage.
5. Le chiffre du tableau correspondant au croisement de ces deux chiffres correspond au numéro de l'individu à sélectionner.
6. Nous avons procédé de la même manière pour les individus des autres classes.

Nombre de personnes éligibles du ménage	Dernier chiffre du numéro d'identification du ménage									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
7	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
9	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8
10	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8

**Figure 35:**Tableau de sélection des individus Kish dans le ménage

# **Annexes 3 : Méthodes parasitologiques de Kato- Katz et de Plouvier**



## **Technique de détection des œufs de *Schistosoma Mansoni* et de *Schistosoma Haematobium* dans les selles et les urines respectivement selon l'OMS 1993.**

### **1. Etalement épais de matière fécale sous cellophane pour le diagnostic des bilharzioses intestinales (technique de Kato-Katz)**

#### **Matériel et réactifs**

- Bâtonnets applicateurs, en bois ;
- Tamis, en acier inoxydable, nylon ou plastique, avec mailles de 60-105 ;
- Plaque perforée en acier inoxydable, plastique ou carton ;
- Lames porte-objets ;
- Cellophane, de 40 à 50  $\mu$ m d'épaisseur, en rectangles de 25 x 30 ou 25 x 35 mm ;
- Bocal à fond plat ;
- Pincettes ;
- Papier hygiénique ou papier absorbant ;
- Papier journal ;
- Solution de glycérol-vert malachite (ou bleu de méthylène).

#### **Technique**

Il faut être prudent lorsque l'on recueille des selles et toujours porter des gants pour éviter toute contamination des doigts.

1. Tremper les rectangles de cellophane dans la solution de glycérol-vert malachite ou de bleu de méthylène à 50% pendant au moins 24 heures avant usage ;
2. Déposer une petite quantité de matière fécale sur un morceau de papier (le papier journal convient parfaitement) ;
3. Appuyer le tamis sur l'échantillon ;
4. Au moyen d'un bâtonnet applicateur à bord plat, racler la surface supérieure du tamis pour recueillir la matière fécale qui sort des mailles ;
5. Disposer une plaque perforée sur une lame propre ;
6. Déposer un peu de matière fécale tamisée dans la partie évidée et la remplir soigneusement. Lisser avec le bâtonnet applicateur ;
7. Enlever soigneusement la plaque de façon que toute la matière fécale reste sur la lame et que rien ne reste accroché à la plaque (La plaque de Kato-Katz que l'on voit ici donne 41,7 mg de matière fécale. Pour obtenir le nombre d'œufs par gramme de matière fécale, on multiplie le nombre d'œufs observés par 24) ;
8. Recouvrir avec un rectangle de cellophane ayant trempé dans le glycérol ;
9. S'il y a trop de glycérol sur la face supérieure de la cellophane, l'essuyer avec un morceau de papier hygiénique ou de papier absorbant ;
10. Retourner la lame et appuyer l'échantillon contre la cellophane sur une surface lisse (un morceau de tuile ou de pierre plate fait parfaitement l'affaire ou une autre lame) pour l'étaler de manière uniforme ;
11. Ne pas retourner la lame d'un coup. La cellophane pourrait se détacher ;
12. La soulever doucement sur le côté en maintenant la cellophane ;
13. La préparation de la lame est maintenant terminée. Il peut être nécessaire d'essuyer l'excès de glycérol avec un morceau de papier hygiénique pour que la cellophane reste bien fixée. Avec de la pratique, on peut obtenir des préparations parfaites.
14. Procéder à la lecture au microscope ordinaire au grossissement X10 et X40 si nécessaire.

### **Selles dures**

Le principal problème rencontré avec cette technique d'étalement épais est l'impossibilité d'observer des œufs d'helminthes dans certains échantillons de selles trop dures (constipation).

En pareil cas:

- Après préparation par la méthode classique, attendre 24 à 48 heures avant de compter les œufs sur ces lames. Il se peut qu'elles s'éclaircissent lentement;
- Préparer deux autres échantillons sur une grande lame (5 x 7,6 cm) et utiliser un morceau cellophane légèrement plus grand (35 x 35 mm), puis appuyer très fort pour aplatir l'échantillon au maximum;
- Lorsque l'on emploie une grande lame, on peut ramollir les selles avec du soluté physiologique ou du glycérol avant de tamiser.

La préparation de la lame est maintenant terminée. Il peut être nécessaire d'essuyer l'excès de glycérol avec un morceau de papier hygiénique pour que la cellophane reste bien fixée.

## **2. Méthode de filtration à la seringue**

### **Matériel et réactifs**

- Lamelles couvre-objets ;
- Porte-filtres, 13 mm ou 16 mm de diamètre ;
- Pinces ;
- Seringue plastique, 10 ml ;
- Filtre à membrane 12µm ou 20µm (polycarbonate), filtre en nylon ou papier filtre ;
- Lames porte-objets ;
- Lugol (solution-mère à 5%).

### **Technique**

1. Disposer un filtre de polycarbonate ou de nylon (porosité, 12 à 20µm) dans le porte-filtre. On peut également utiliser du papier filtre (Whatman N° 541 ou N° 1). Agiter l'échantillon d'urine en le secouant doucement ou en remplissant et en vidant la seringue à deux reprises ;
2. Aspirer 10 ml d'urine dans la seringue et fixer le porte-filtre sur la seringue (Si l'échantillon fait moins de 10 ml, le mentionner dans le cahier de laboratoire).
3. En maintenant le tout vertical, faire passer l'urine de la seringue dans le porte-filtre au-dessus d'une cuvette ou d'un évier.
4. Dévisser soigneusement le porte-filtre, remplir la seringue d'air, la refixer ensuite au porte-filtre et expulser l'air. (Cette manipulation est importante, car elle permet d'éliminer l'excès d'urine et de bien plaquer les œufs, s'il y en a, sur le filtre.)
5. Dévisser le porte-filtre, retirer le filtre avec une pince et le déposer (face filtrante vers le haut) sur une lame. Ajouter une goutte de Lugol et attendre 15 secondes que le colorant pénètre dans les œufs.
6. Examiner immédiatement toute la surface du filtre au microscope (objectif X40). On voit nettement les œufs de schistosomes colorés en orange. On définit la charge parasitaire comme étant le nombre d'œufs pour 10 ml d'urine. Il est donc important de noter la quantité d'urine examinée, si elle est inférieure à 10 ml.
7. Pour faire une estimation de l'intensité de l'infestation, diviser le nombre d'œufs obtenus par 10 ;
8. Si l'on a examiné moins de 10 ml d'urine, appliquer l'équation suivante dans laquelle x correspond au nombre de ml d'urine filtrée examinés:

$$\text{Nombre d'oeufs} = \frac{\text{Nombre d'oeufscomptés} * 10}{x}$$

# **Annexe 4 : Autorisation du comité d'éthique pour la recherche en santé**

MINISTERE DE LA SANTE

BURKINA FASO  
Unité - Progrès - Justice

MINISTERE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

COMITE D'ETHIQUE POUR  
LA RECHERCHE EN SANTE

DELIBERATION N° 2015-4-043

**1. TITRE DE LA RECHERCHE**

«Analyse spatio-temporelle des facteurs environnementaux et socio-sanitaires favorables à la persistance des maladies hydriques : cas de la schistosomiase/bilharziose »

**2. REFERENCE DU PROTOCOLE**

2015

**3. DOCUMENTATION**

Protocole de recherche  
Le reçu de paiement.

**4. REFERENCE DU DEMANDEUR**

Investigateur principal : COMPAORE Ragnanguénéwindé Frédéric : Doctorant

**5. SITE DE LA RECHERCHE**

Burkina Faso

**6. DATE DE LA DELIBERATION**

01 avril 2015

**7. ELEMENTS EXAMINES**

Conception scientifique et conduite de la recherche ;  
Soins et protection des participants à la recherche ;  
Protection de la confidentialité des données du participant à la recherche ;  
Processus de consentement éclairé ;  
Budget de la recherche ;  
CVs

## **8. OBSERVATIONS**

- Dans la fiche d'information, ajouter le Président du CERS parmi les personnes à contacter ;
- Il manque la fiche d'assentiment pour les sujets mineurs (8 à 19 ans). L'âge de la majorité est de 20 ans au Burkina Faso.
- Prévoir dans le processus de consentement la présence d'un témoin au cas où le parent ne sait pas lire.
- Tous les Cvs des investigateurs doivent être datés et signés

## **9. MEMBRES AYANT SIEGE**

Dr Séni KOUANDA ;  
Dr Djénèba SANON/OUEDRAOGO ;  
Pr Lincoln Théophile TAPSOBA ;  
Dr Maminata TRAORE/COULIBALY ;  
Mme Salimata KY/OUEDRAOGO ;  
Mr Mathias SAM.

## **10. AVIS DU COMITE**

Avis favorable

## **11. RESERVES**

## **12. RECOMMANDATIONS**

Prise en compte des observations

Ouagadougou, le 01 avril 2015

Le Rapporteur



**Dr Maminata TRAORE/COULIBALY**

Le Président / PO



**Dr Djénèba SANON/OUEDRAOGO**

# **Annexes 5: Article publié**

# Accuracy of height gauge for praziquantel administration in a schistosomiasis endemic village in Burkina Faso

R.F. Compaoré<sup>1\*</sup>, M.Sou/Dakouré<sup>1</sup>, B. Savadogo<sup>2</sup>, H. Yacouba<sup>3</sup> and J. Simporé<sup>4</sup>

<sup>1</sup> International Institute for Water and Environmental Engineering, Laboratory of Water, Decontamination, Ecosystem and Health (LEDES), 01 PO Box 594, 01, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>2</sup> Research Institute for Health Sciences (IRSS), 03 BP 7192, Ouagadougou 03, Burkina Faso

<sup>3</sup> International Institute for Water and Environmental Engineering, Laboratory of Water Resource and Hydrology (LEAH), 01 PO Box 594, 01, Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>4</sup> University Ouaga I Professor Joseph Ki-Zerbo, Laboratory of Molecular Biology and Genetics (LABIOGENE) – Biomolecular Research Center Pietro Annigoni (CERBA), 01 BP 364 Ouagadougou.

\* Corresponding author: R.F. Compaoré; e-mail: [frederic.compaore2016@gmail.com](mailto:frederic.compaore2016@gmail.com)

Received: 03 October 2016

Accepted: 28 October 2016

Online: 01 November 2016

## ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the accuracy of the height gauge used for praziquantel doses estimation. 258 individuals were recruited. The weight and height of each individual were measured and the number of tablets to be administered was calculated based on each parameter. It appeared from the analysis of height doses, 50 cases of overdoses (19.38%), 117 (45.35%) cases under the normal dose and 91 (35.27%) cases of normal dose. Friedman's ANOVA by Ranks showed a significant difference between the two treatment methods ( $p$ -value  $< 0.0001$ ). Besides, according to World Health Organization criteria 50.78% of acceptable doses (30-40 mg/Kg), 97.29% of appropriate doses (30- 60 mg/Kg), 46.51% of optimal doses (40-60 mg/Kg) and 2.71% of inaccurate doses ( $< 30$ mg/Kg) were noted.

**Keywords:** Burkina Faso; Height; Praziquantel.

## 1. INTRODUCTION

Schistosomiasis is a parasitosis caused by worms of the genus *Schistosoma*. It is endemic in low incomes countries with tropical climates including Burkina Faso and pertains to the category of Neglected Tropical Diseases (NTDs). Among the remedial measures, chemotherapy using praziquantel is performed all around the world for communities mass treatment in endemic areas [1]. In Burkina Faso, the significant socio-economic consequences of the disease have led to the establishment in 2004 of a national program against schistosomiasis under the umbrella of Schistosomiasis Control Initiative (SCI). The strategy of the program is Mass Drug Administration (MDA) in 22 sentinel sites identified as the most at risk with significant prevalences. Despite control efforts initiated since then, a persistence is observed on several sites[2].

On Panamasso site where the present study has been performed, the treatment was administered according to the height of individuals, not the bodyweight.

Because of funds scarcity to provide all the endemic settlements with a balance, a dose pole has been developed for mass drug administration with praziquantel; this method has been tested in several settlements and this one appeared to be a good alternative. However, although the method of treatment according to the body height has been validated in several studies, it should be noted that this method present shortcomings and further investigations are required [3], [4]. Thus, many authors have recommended performing additional study of that

method particularly at a local level in order to provide more data that will contribute to improve the method. This study aims at contributing to show the factors that may explain the persistence of the disease. Specifically it is evaluating the accuracy of praziquantel dose pole in mass treatment strategy and its implications in terms of achieving the elimination goals in an endemic village of schistosomiasis.

In Burkina Faso, this type of study has not been performed yet according to our knowledge. It is very important considering the socio-economic drawbacks of the disease to demonstrate the efficiency of the method in Burkina Faso endemic settlements. This study contributes to enrich existing databases regarding the use of praziquantel dose pole with a final

purpose of achieving a better tool of dose determination for mass drug campaigns.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Study site

The study site is Panamasso, a settlement of around 3000 inhabitants. This village has been selected on the basis of high risk criteria such as the presence of a perennial river with high densities of schistosomiasis snails vectors, the poor access to sanitation characterized by open defecation (0% according to Burkina Faso National Program for Safe water supply and sanitation), the co-existence of intestinal and urogenital forms of the disease on the site. The figure 1 shows the site localization.

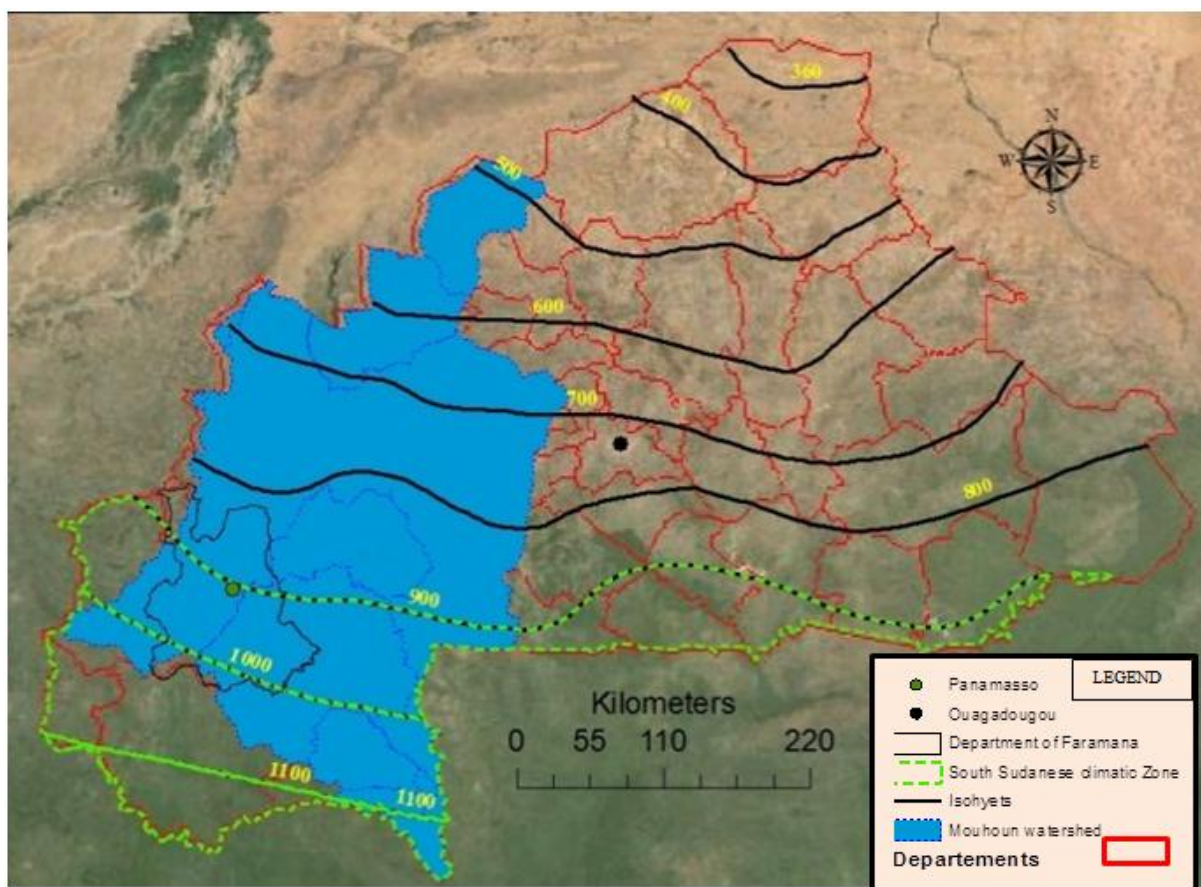


Figure 1: Study site

### 2.2 Study design and ethics consideration

A sample of 258 individuals of the two genders and of all age was randomly selected. Based on the weight and the height of each subject, optimal doses of praziquantel were calculated and compared. Data have been analyzed using Excel 2010 and tanagra1.4. The statistical method used is the Friedman ANOVA with a significance level of 1%.

This study protocol has officially received an approval (authorization No. 2015-01-043) from the ethics committee for health research of Burkina Faso.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Data analysis revealed that of the 258 doses, the height based doses are equivalent to weight based in 35.27% (91) cases. 19.38% (50) doses are above and 45.35% (117) are below the optimal dose of 40 mg/Kg. The statistical test clearly demonstrated that there is a significant difference between the two methods of treatment ( $p$ -value  $< 0.0001$ ). However regarding WHO criteria, the dose pole allows to get 50.78% of acceptable doses (between 30 and 40 mg/Kg), 97.29% of appropriate doses (between 30 and 60 mg/Kg), 46.51% of optimal doses (40 and 60 mg/Kg) and 2.71% of inaccurate doses ( $< 30$ mg/Kg). No dose greater than 60 mg/Kg was found. As demonstrated by many other



studies, the dose pole gives an appropriate dose at a rate of nearly 98%.

These results have clear implications on disease elimination goals. Indeed, assuming the 258 subjects in the sample are ill, a significant proportion of the sample will be treated with praziquantel doses lower than the optimal dose (by weight). This would result in a partial removal of schistosomes and the subject could still help spread the disease.

Moreover, overdoses noted lead to an increase in adverse events[5]–[8] of the disease very badly perceived by the subjects on the one hand and on the other hand, contributes to drug shortage. A comparative study of doses 40 and 60 mg / kg showed a non-significant difference in cure rates and recommended taking into account the adverse effects of the disease to proceed with treatments of 40mg / kg body weight [7].

The treatment according to the height of the subjects, even if it leads to the drawbacks mentioned above, has advantages. Indeed, this treatment requires fewer resources [4] compared to the one according to weight [3]. A balance costs about 200 euros, (133,000 CFA francs), while a height gauge available locally is less than 30 euros (20,000 FCFA). Also, the simplicity of that method does not require a very qualified workforce. Thus, this technique allows you to assign much of the available resources to the acquisition of praziquantel, which allows reaching more individuals during treatment campaigns; in fact less than 20% of resources for the fight against the disease in Africa are currently available[10]. Besides the aspects mentioned above, the technique is faster and thus takes shorter time in its implementation. This is a very significant alternative to the shortage of balance.

#### 4. CONCLUSION

The dose pole for praziquantel administration is a very good alternative currently used on many schistosomiasis endemic sites because of weak availability of means. However, substantial resources have to be injected in the fight against schistosomiasis to help overcoming the shortcomings of dose pole. Moreover, additional studies are needed to improve the drug not only to reduce or permanently eliminate the side effects, but also to develop its efficiency against schistosomes.

#### Funding

The study was supported by Swiss Direction for Development and Cooperation.

#### 5. REFERENCES

1. G. Raso, E. K. N'Goran, A. Toty, A. Luginbühl, C. A. Adjoua, N. T. Tian-Bi, I. I. Bogoch, P. Vounatsou, M. Tanner, and J. Utzinger, "Efficacy and side effects of praziquantel against *Schistosoma mansoni* in a community of western Côte d'Ivoire," *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 98, no. 1, pp. 18–27, Jan. 2004.
2. D. Zongo, B. G. Kabre, D. Dayeri, B. Savadogo, and J.-N. Poda, "Profil parasitologique de deux formes de schistosomiase (formes urinaire et intestinale) dans dix sites du Burkina Faso (pays d'Afrique sub-saharienne)," *C. R. Biol.*, vol. 336, no. 5–6, pp. 317–319, May 2013.
3. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), *Schistosomiase et géohelminthiases: prévention et lutte*. World Health Organization, 2004.
4. J. M. Erfe, V. Y. Belizario, P. L. C. Chua, and J. R. A. Naig, "Validating the WHO dose pole in the Philippines for school-based mass drug administration of praziquantel for morbidity control of schistosomiasis," *Trans R Soc Trop Med Hyg.*, vol. 107, no. 10, pp. 620–626, 2013.
5. G. Raso, E. K. N'Goran, A. Toty, A. Luginbühl, C. A. Adjoua, N. T. Tian-Bi, I. I. Bogoch, P. Vounatsou, M. Tanner, and J. Utzinger, "Efficacy and side effects of praziquantel against *Schistosoma mansoni* in a community of western Côte d'Ivoire," *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 98, no. 1, pp. 18–27, Jan. 2004.
6. K. D. Adoubryn, C. G. Kouadio-Yapo, J. Ouhon, N. a. D. Aka, F. Bintto, and A. Assoumou, "Parasitoses intestinales infantiles à Biankouma, région des 18 Montagnes (ouest de la Côte d'Ivoire): étude de l'efficacité et de la tolérance du praziquantel et de l'albendazole," *Médecine Santé Trop.*, vol. 22, no. 2, pp. 170–176, Apr. 2012.
7. M. Ouldabdallahi, B. Ousmane, M. Ouldbezeid, D. Mamadou, L. Konaté, and L. Chitsulo, "Comparaison de l'efficacité thérapeutique et de la tolérance du praziquantel administré en prise unique à la dose de 40 versus 60 mg/kg pour le traitement de la bilharziose urinaire en Mauritanie," *Bull. Société Pathol. Exot.*, vol. 106, no. 3, pp. 167–169, May 2013.
8. I. N. Mwangi, M. C. Sanchez, G. M. Mkoji, L. E. Agola, S. M. Runo, P. M. Cupit, and C. Cunningham, "Praziquantel sensitivity of Kenyan *Schistosoma mansoni* isolates and the generation of a laboratory strain with reduced susceptibility to the drug," *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.*, vol. 4, no. 3, pp. 296–300, 2014.
9. a Fenwick, J. P. Webster, E. Bosque-Oliva, L. Blair, F. M. Fleming, Y. Zhang, a Garba, J. R. Stothard, a F. Gabrielli, a C. a Clements, N. B. Kabatereine, S. Toure, R. Dembele, U. Nyandindi, J. Mwansa, and a Koukounari, "The Schistosomiasis Control Initiative (SCI): rationale, development and implementation from 2002-2008," *Parasitology*, vol. 136, no. 13, pp. 1719–30, 2009.

© 2016; AIZEON Publishers; All Rights Reserved

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

\*\*\*\*\*

## **Glossaire**

### **Cystoscopie**

Examen de la vessie au cystoscope, un instrument permettant de regarder dans la vessie.

### **Échographie**

Exploration des organes internes du corps qui utilise la réflexion des faisceaux d'ultrasons pour produire l'image.

### **Epidémiologie**

L'étude de la distribution et des facteurs étiologiques des états ou phénomènes liés à la santé dans une population déterminée et l'application de cette étude à la prévention et à la maîtrise des problèmes de santé[163].

### **Fibroscopie**

Examen des muqueuses des bronches et du tube digestif.

### **Incidence**

Nombre de cas ou de foyers nouveaux d'une maladie, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.[164]

On distingue deux types d'incidence :

- **Incidence réelle**

Quand effectivement le nombre de cas ou de foyers augmente du fait de nouveaux cas réels.

- **Incidence apparente**

Quand l'accroissement du nombre de cas est dû en réalité à l'amélioration d'une méthode de diagnostic ayant plus de sensibilité et de spécificité pour détecter les faux négatifs obtenus par une première méthode.

### **Maladie émergente**

Une maladie dont l'incidence réelle augmente de manière significative dans une population donnée, d'une région donnée et durant une période donnée, par rapport à la situation épidémiologique habituelle de cette maladie » [164], [165].

### **Maladie infectieuse**

Une invasion et une multiplication de microorganismes entraînant des dommages fonctionnels ou structurels ou les deux à la fois chez un hôte. Cette attaque peut être accompagnée ou non de signes ou de symptômes patents ou dissimulés[166].

Une maladie infectieuse pourrait être définie en d'autres termes comme une maladie humaine ou animale avec des manifestations cliniques résultant de l'entrée et du développement d'un agent infectieux ou de son produit dans l'organisme d'un hôte susceptible[167]

les agents infectieux peuvent être des bactéries, des virus, des champignons et des parasites[55].

### **Maladie « Négligée »**

Mot utilisé pour les maladies sévissant dans les zones pauvres[23].

### **Myélographie**

Radiographie de la moelle épinière.

**Période prépatente :**

Temps qui sépare le moment où l'animal est infesté par un parasite et celui où des œufs, larves, ou oocystes apparaissent dans le milieu extérieur, aidant à établir le diagnostic.

**Radiographie**

Photographie par les rayons X.

**Rectosigmoïdoscopie**

Examen du rectum et de la partie basse du côlon.

**Santé publique**

D'une façon générale, elle fait référence à des mesures collectives visant à améliorer la santé de la population. L'épidémiologie est un des instruments permettant d'améliorer la santé publique[168].

**Sensibilité d'une méthode de diagnostic**

Faculté de la méthode de diagnostic à fournir un résultat positif quand le pathogène recherché est effectivement présent [55].

**Spécificité d'une méthode de diagnostic**

Faculté de la méthode à identifier correctement les personnes non infectées. Si le pathogène est absent, le test doit être négatif normalement si la méthode de diagnostic est spécifique[55].

**Santé**

Etat de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1946[168].

**Urographie**

Radiographie des voies urinaires.

**Zone à risque**

Zone où tous les facteurs sont réunis pour une occurrence de la maladie.

# Fin



Photo prise au cours d'une séance d'éducation pour la santé sur le site de Panamasso.