

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité: Biodiversité et Environnement
Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème : Contribution à la Recherche sur la Faunistique et l'Ecologie des Macroinvertébrés des cours d'eau du Mali

Présenté par : Aissata Sanogo
Fodé keita
Mohamed Vall Zouboye

Devant le jury composé de :

Président:	M. Hami	M.C.B	Université 8 Mai 1945 Guelma
Examineur:	R. Nedjah	M.C.A	Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadreur:	M. Cherairia	M.C.B	Université 8 Mai 1945 Guelma
Co Encadreur:	B. M. Dambri		

Juin 2018

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

liste des tableaux

liste des figures

Introduction..... 2

Partie I

I.Présentation de la zone d'étude..... 6

I.1Description du Mali 6

I.2Propriétés et acheminement du réseau hydrographique du Mali..... 9

I.3 Climatologie..... 9

I.3.1Température..... 9

a.Variation de la température au niveau de la région de Kayes..... 10

b.Variation de la température de la région de Koulikoro..... 11

c.Variation de la température de la région de Sikasso..... 11

d.Variation de la température au niveau de la région de Bamako..... 12

I.3.2. Pluviométrie..... 13

a.Variation des précipitations dans la région de Kayes..... 13

b.Variation des précipitations dans la région de Koulikoro..... 14

c.Variation des précipitations dans la région de Sikasso..... 15

d.Variation des précipitations de Bamako..... 15

I.3.3.Humidité.....	16
a.Variation de l’humidité relative de la région de Kayes.....	17
b.Variation de l’humidité relative dans la région de Koulikoro.....	17
c.Variation de l’humidité relative de la région de Sikasso.....	18
d.Variation de l’humidité relative à Bamako.....	20
I.3.4. La vitesse du vent.....	20
a.Variation de la vitesse du vent dans la région de Kayes.....	20
b.Variation de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro.....	21
c.Variation de la vitesse du vent dans la région de Sikasso.....	21
d.Variation de la vitesse du vent à Bamako.....	22
II.Milieu et stations étudiées.....	24
II.1. Localisation et description des sites d’études.....	24
II.1.1. Région Kayes.....	24
II.1.1.1.Station 1 : Kayes N’di.....	25
II.1.1.2. Station 2 : Papaga.....	25
II.1.2.Région de Koulikoro.....	26
II.1.2.1. Station1 : Kolèbougou.....	26
II.1.2.2. Station 2 Koulikoro.....	27
II.1.3.Région de Sikasso.....	28
II.1.3.1. Chute de Farako.....	28
II.1.3.2.Koutiala.....	29

II.1.3.3.Wolobougou.....	30
II.1.4.District de Bamako.....	31
II.1.4.1.Djelibougou.....	31
II.1.4.2.Titibougou.....	32
III. 11 Biologie et Ecologie des Macroinvertebres.....	34
III.1. Définition des macroinvertébrés	34
III.2. Intérêt de l'étude des macroinvertébrés benthiques.....	34
III.3. Présentation de quelques groupes sélectionnés.....	34
III.3.1. Insectes.....	34
a.Coléoptères.....	34
a.1. Morphologie.....	35
a.1.1. Larves.....	35
a.1.2. Nymphes.....	35
a.1.3. Adulte	36
a.2 Biologie et écologie.....	36
b. Diptères.....	37
b.1. Morphologie.....	37
b.1.1. Larve.....	37
b.1.2. Nymphe.....	38
b.1.3. Adulte.....	38
b.2. Biologie et écologie.....	39

III.3.2. Gastropodes	40
III.3.2. Morphologie.....	42
III.3.3. Biologie et écologie.....	43
C. Hémiptère.....	43
C.1.Morphologie.....	44
C.2. Biologie et écologie	44
d.Ephéméroptères.....	45
d.1. Morphologie.....	45
d.1.1. Larves et les Nymphes.....	45
d.1.2.Adulte.....	46
d.2.Biologie et écologie.....	46
e.Trichoptères.....	47
e.1. Morphologie.....	48
e.1.1. Larves.....	48
e.2. Biologie et écologie.....	48
f.Odonates.....	49
f.1. Morphologie.....	50
f.1.1. Larves.....	50
f.1.2.Adulte.....	50
f.2. Biologie et écologie	50
IV. Matériel et méthodes.....	52

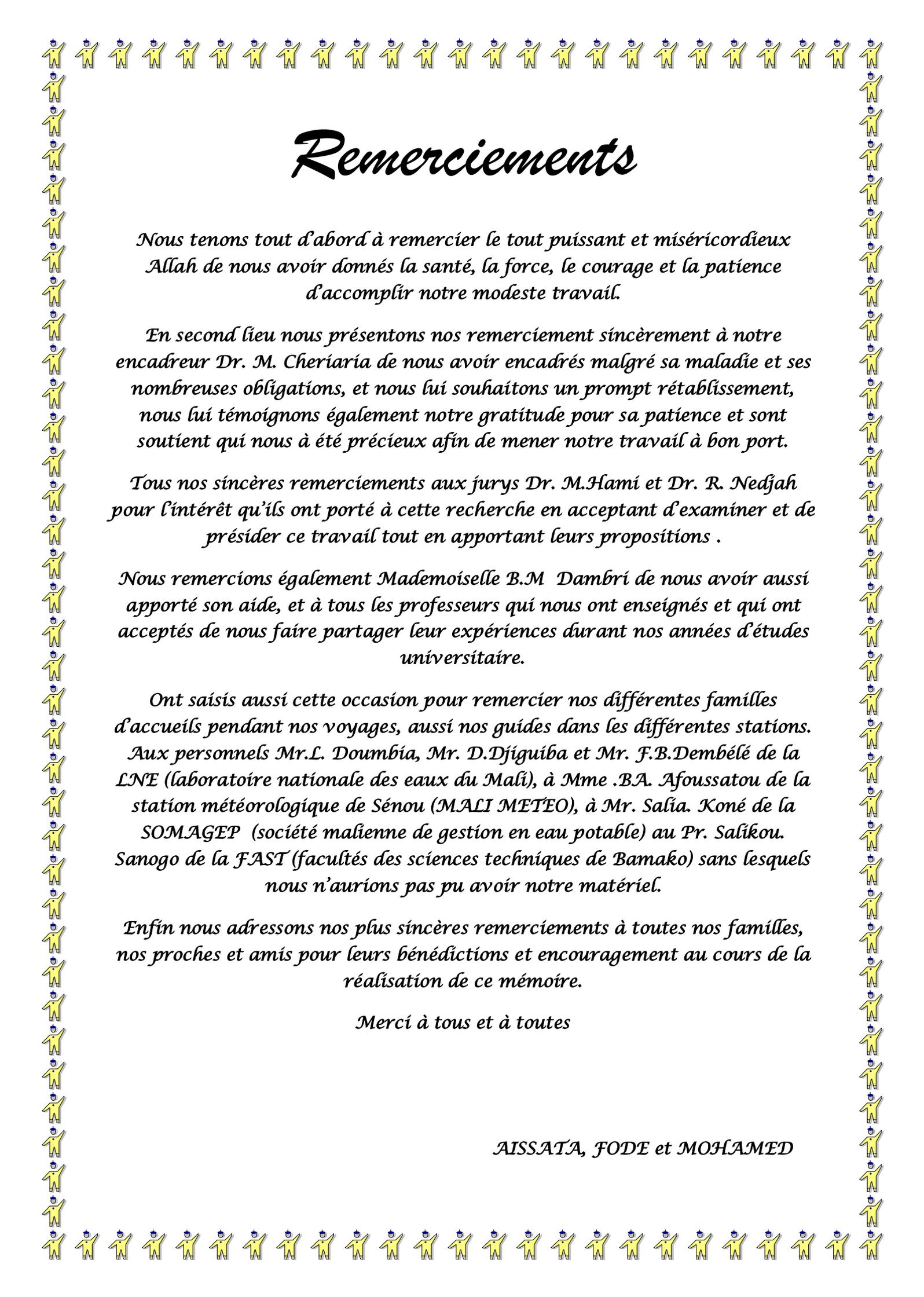
IV.1. Matériel.....	52
IV.1.1. Sur le terrain.....	52
IV.1.1.1.Matériel au laboratoire.....	53
IV.2.Méthode.....	54
IV.2.1.Choix des stations.....	54
IV.2.2. Méthode sur terrain.....	55
IV.2.2.1. L'échantillonnage.....	55
IV.2.2.2.Techniques de prélèvement de la faune.....	55
IV.2.2.3. Mesure des paramètres physico chimique.....	56
La température.....	57
Le pH	57
L'oxygène dissous.....	57
La vitesse de l'eau.....	58
IV.2.3.Méthode au laboratoire.....	58
IV.2.3.1. Tri de la faune.....	58
IV.2.3.2. Dénombrement.....	59
IV.4. Analyse de la structure du peuplement.....	60
IV.4.1.Indice Ecologique de Composition.....	60
IV.4.1.1. Richesse spécifique.....	60
IV.4.1.2. Abondance relative.....	60
IV.4.1.3. Fréquence d'occurrence.....	61

IV.4.2. Indice écologique de structure.....	61
IV.4.2.1. Indice de Shannon-Weaver.....	61
Iv.4.2.2. Indice De Simpson.....	62
IV.4.2.3. L'indice de Hill.....	62
IV.4.2.4. Equitabilité.....	62

Partie II

V. Résultats et Discussion.....	65
V.1. Résultats.....	65
V.1.1. Qualité physique de l'eau.....	65
 V.1.1.1. La température de l'eau.....	65
 V.1.1.2. Oxygène dissous.....	66
 V1.1.3. Potentiel d'hydrogène pH.....	67
 V.1.1.4. Profondeur de la lame d'eau.....	68
 V.1.1.5. Vitesse de l'eau.....	69
V.1.2. Indices de diversité.....	70
 V.1.2.1 Indice de Shannon.....	70
 V.1.2.2. Equitabilité.....	71
 V.1.2.3. Indice de Simpson.....	72
 V1.2.4. L'indice de Hill.....	73
V.1.2. Etudes faunistique.....	74
 V.1.2.1. Check-list De la faune inventoriée.....	74

V.1.2.2. Analyse globale de la faune benthique.....	76
V.2. Discussion.....	82
Conclusion.....	89
Références bibliographiques.....	92
Résumé.....	96
Abstract.....	97
ملخص.....	98
Annexe	



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier le tout puissant et miséricordieux Allah de nous avoir donnés la santé, la force, le courage et la patience d'accomplir notre modeste travail.

En second lieu nous présentons nos remerciement sincèrement à notre encadreur Dr. M. Chériaria de nous avoir encadrés malgré sa maladie et ses nombreuses obligations, et nous lui souhaitons un prompt rétablissement, nous lui témoignons également notre gratitude pour sa patience et sont soutient qui nous à été précieux afin de mener notre travail à bon port.

Tous nos sincères remerciements aux jurys Dr. M.Hami et Dr. R. Nedjah pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant d'examiner et de présider ce travail tout en apportant leurs propositions .

Nous remercions également Mademoiselle B.M Dambri de nous avoir aussi apporté son aide, et à tous les professeurs qui nous ont enseignés et qui ont acceptés de nous faire partager leur expériences durant nos années d'études universitaire.

Ont saisis aussi cette occasion pour remercier nos différentes familles d'accueils pendant nos voyages, aussi nos guides dans les différentes stations. Aux personnels Mr.L. Doumbia, Mr. D.Djiguiaba et Mr. F.B.Dembélé de la LNE (laboratoire nationale des eaux du Mali), à Mme .BA. Afoussatou de la station météorologique de Sénou (MALI METEO), à Mr. Salia. Koné de la SOMAGEP (société malienne de gestion en eau potable) au Pr. Salikou. Sanogo de la FAST (facultés des sciences techniques de Bamako) sans lesquels nous n'aurions pas pu avoir notre matériel.

Enfin nous adressons nos plus sincères remerciements à toutes nos familles, nos proches et amis pour leurs bénédictions et encouragement au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes

AISSATA, FODE et MOHAMED



DEDICACE

A mon Père, Daouda en vous, je vois un père dévoué à sa famille. Ta présence en toute circonstance m'a maintes fois rappelé le sens de la responsabilité.

A ma Mère, Fanta Togola en vous, je vois la maman parfaite, toujours prête à se sacrifier pour le bonheur de ses enfants. Merci pour tout.

A mes regrettées Tante Oumou Togola et ma grande mère Kadiatou Bagayoko qui m'ont soutenus et aimées toutes leurs vies, votre amour et votre sollicitude à mon égard me marqueront à jamais.

A mon grand-père Abdoulaye Togola

A mes sœurs, frères, cousins et cousines Qui je le sais ma réussite est très importante pour vous.

A Lamine, Ibrim, et Mahamadou Togola

A Mariam, Tahirou O, Ibrahim, Salikou et Abdramane Sanogo

A tous mes oncles et Tantes, à tous mes ami(e)s.

A mon encadreur,

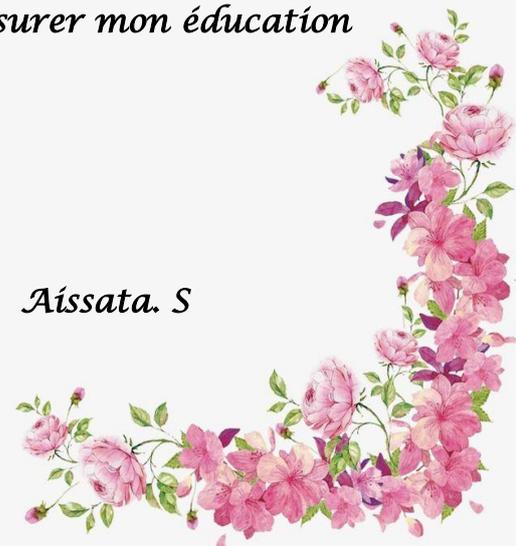
A la promotion 2013 de la faculté de Biologie de Guelma

Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à ma chère famille, avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleures conditions

Que Dieu vous paye Pour tous vos bienfaits.

Je vous aime tous

Aïssata. S





DEDICACE

Je dédie ce mémoire à:

Mes parents :

Mon défunt père Mamadou Keita, qui de son vivant allait être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma mère Amé Keita , qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A Lamine Keita et tous mes autres frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Fodé.K





DEDICACE

Je tiens à dédier cet humble travail à ma famille pour leurs encouragements et leurs soutiens et à ceux qui ont veillés à ce que ce travail soit à la hauteur.

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes, mon Père Sidatti Zouboye.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation, ma Mère Hawa Diakité merci pour m'avoir toujours supporté dans mes décisions. Merci pour tout votre amour et votre confiance,

Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants grandissent et prospèrent. Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie au bien être de vos enfants.

C'est à vous que je dois cette réussite, et je suis fière de vous l'offrir

A tous mes amis et tous ceux qui me sont chers...

Que Dieu vous garde.

Mohamed Vall. Z



Liste des tableaux

Numéro et titre des tableaux	Page
Tableau 1. Caractéristiques des bassins versants du fleuve Niger et Sénégal du Mali	7
Tableau 2. Caractéristique du fleuve Niger et Sénégal	8
Tableau 03 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Kayes (2008-2017)	10
Tableau 4 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Koulikoro (2008-2017)	11
Tableau 5 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Sikasso (2008-2017)	11
Tableau 6 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées de la ville de Bamako (2008-2017)	12
Tableau 7 : Valeurs mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Kayes (2008-2017)	13
Tableau 8 : valeurs moyenne des précipitations dans la région de Koulikoro (2008-2017)	14
Tableau 9 : valeurs mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Sikasso (2008-2017)	15
Tableau 10 : valeurs mensuelle moyenne des précipitations de la ville de Bamako (2008-2017)	15
Tableau 11 : Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Kayes (2008-2017)	17
Tableau 12. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Koulikoro (2008-2017)	17
Tableau 13. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Sikasso (2008-2017)	18
Tableau 14. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne à Bamako (2008-2017)	19
Tableau 15. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Kayes (2008-2017)	20
Tableau 16. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro (2008-2017)	21
Tableau 17. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Sikasso (2008-2017)	21
Tableau 18. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent à Bamako (2008-2017)	22
Tableau 19. Coordonnées géographiques de la station de Kayes N'di	25
Tableau 20. Coordonnées géographiques de la station de Papaga	26
Tableau 21. Coordonnées géographiques de la station de Kolèbougou	27
Tableau 22. Coordonnées géographiques de la station 2 à Koulikoro	28

Tableau 23. Coordonnées géographique de la station de la chute de Farako	29
Tableau 24. Coordonnées géographiques de la station de Koutiala	30
Tableau 25. Coordonnées géographiques de la station de Wolobougou	31
Tableau 26. Coordonnée géographiques de la station de Djélibougou	32
Tableau 27. Coordonnée géographiques de la station de Titibougou	33
Tableau 28. Sites et Dates de prélèvement d'échantillonnage du Mali par région	55
Tableau 29. Valeurs de températures enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnages	65
Tableau 30: Valeurs de l'oxygène dissous enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnage	66
Tableau 31. Valeurs du pH enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées	67
Tableau 32. Valeurs de la largeur et de la profondeur du lit enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnage	68
Tableau 33. Valeurs de la vitesse de l'eau enregistrée au niveau des différentes stations échantillonnées	69
Tableau 34. Valeurs de l'indice de Shannon enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées	70
Tableau 35. Valeurs de l'indice d'équitabilité enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées	71
Tableau 36. Valeurs de l'indice de Simpson enregistrées au niveau des stations. Échantillonnées	73
Tableau 37. Valeurs de l'indice de Hill enregistrées au niveau des stations échantillonnées	73
Tableau 38. Nombre de familles et de genres par groupe zoologique	74
Tableau 39. Check-list des taxa inventoriés au niveau de la région d'étude la faune	75

Liste des figures

Numéro et Titre des figures	Page
Figure 1. Situation hydrographique du Mali (Anonyme1)	6
Figure 2. Situation du bassin versant du fleuve Sénégal	7
Figure 3. Situation du bassin versant du fleuve Niger	8
Figure 4. Variation de la température au niveau de la région de Kayes (2008-2017)	10
Figure 5. Variation de la température au niveau de la région de Koulikoro (2008-2017)	11
Figure 6. Variation de la température au niveau de la région de Sikasso (2008-2017)	12
Figure 7. Variation de la température au niveau de Bamako (2008-2017)	12
Figure 8. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Kayes (2008-2017)	14
Figure 9. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Koulikoro (2008-2017)	14
Figure 10. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Sikasso (2008-2017)	15
Figure 11. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la ville de Bamako (2008-2017)	16
Figure 12. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Kayes (2008-2017)	17
Figure 13. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Koulikoro (2008-2017)	18
Figure 14. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne de la région de Sikasso (2008-2017)	19
Figure 15. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne à Bamako (2008-2017)	19
Figure 16. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Kayes (2008-2017)	20
Figure 17. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro (2008-2017)	21

Figure 18. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Sikasso (2008-2017)	22
Figure 19. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent à Bamako (2008-2017)	23
Figure 20. Localisation des 9 stations d'échantillonnage au Mali	24
Figure 21. Station de Kayes N°di (14/09/2017)	25
Figure 22. Station de Papaga (13/09/2017)	26
Figure 23. Station de Kolébougou (25/07/2017)	27
Figure 24. Station 2 à Koulikoro (25/07/2017)	28
Figure 25. station de la Chute de Farako (20/08/2017)	29
Figure 26. Station de Koutiala (23/08/2017)	30
Figure 27. Station de Wolobougou (23/08/2017)	31
Figure 28. Station de Djélibougou (26/07/2017)	32
Figure 29. Station de Titibougou (26/07/2017)	33
Figure 30. Larve de la famille de Dytiscidae	37
Figure 31. Larves (a) et lymphes (b) de la famille des simuliidae	39
Figure 32. Anatomie d'une femelle adulte de la famille des simuliidae	40
Figure 33. Adulte femelle de la famille des simuliidae	40
Figure 34. Plan d'organisation schématique d'un Prosobranche	41
Figure 35. Plan d'organisation schématique d'un Pulmoné	42
Figure 36. Adultes de la famille des Notonectidae (<i>Nautonecta glauca</i>)	45
Figure 37. Larve de la famille des Ephéméroptère	47
Figure 38. Larve d'Hydropsychidae et philopotamidae de la famille des Trichoptères	49
Figure 39-a : larve Zygoptère d'un Lestidae ; b : larve Anisoptère d'un Libellulidae et corduliidae	51

Figure 40. Pinces entomologique	52
Figure 41. Filet surber	52
Figure 42. GPS	53
Figure 43. Paires de botte	53
Figure 44. Multi paramètre WTW	53
Figure 45. Flacons en plastique	53
Figure 46. Boites de pétrie	54
Figure 47. Guide d'identification	54
Figure 48. Flacons en verre	54
Figure 49. Loupe binoculaires	54
Figure 50. a, b, c. Échantillonnage sur terrain (25/07/2017)	56
Figure 51. Mesure des paramètres physico chimique sur terrain	58
Figure 52. Tri de détermination des individus	59
Figure 53. Dénombrement et identification de la faune	59
Figure 54. Variation de la température au niveau des stations échantillonnées	65
Figure 55. Variation de l'oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées	66
Figure 56. Variation de la température en fonction de l'oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées	67
Figure 57. Variation du pH au niveau des stations échantillonnées	68
Figure 58. Largeur et profondeur du lit de l'eau au niveau des stations échantillonnées	69

Figure 59. Vitesse de l'eau au niveau des stations échantillonnées	70
Figure 60. Variation de l'indice de Shannon au niveau de différentes stations échantillonnées	71
Figure 61. Variation de l'indice d'équitabilité au niveau des stations échantillonnées	72
Figure 62. Variation de l'indice de Shannon en fonction de l'équitabilité au niveau des stations échantillonnée	72
Figure 63. Variation de l'indice de Simpson au niveau des stations échantillonnées	73
Figure 64. Variation de l'indice d'Hill au niveau des stations échantillonnées	74
Figure 65. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de Kalebougou	77
Figure 66. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station 2 Koulikoro	78
Figure 67. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de Djelibougou	78
Figure 68. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de Titibougou	79
Figure 69. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de la chute de Farako	79
Figure 70: Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Koutiala	80
Figure 71. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Wolobougou	80
Figure 72. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Papaga	81
Figure 73. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Kayes N'di	81

INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème. Le maintien de sa qualité et une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants, et ce tant du point de vue quantitatif que qualitatif (Haouchine, 2011).

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (Dynesuis et Nilsson (1994) in Haouchine (2011)). Ils jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes et dans le cycle de la matière organique. Les réseaux hydrographiques du monde entier ont été plus ou moins modifiés par les activités humaines (Everad et Powell, 2002 in Haouchine, (2011)). La plupart des cours d'eau ont souffert des effets anthropiques : régression d'espèces, diminution des stocks de poissons, épuisement des eaux souterraines, dégradation de la qualité de l'eau, crues de plus en plus fréquentes et intenses (Haouchine, 2011).

Le Mali est arrosée par deux grands fleuves et leurs affluents. Il existe aussi des lacs et de très grandes mares. D'où l'existence de nombreuses zones humides dont certaines sont classées comme Site Ramsar. Le Mali est signataire de la Convention Ramsar sur les zones humides [1].

Le fleuve Niger est le troisième plus long fleuve d'Afrique après le Nil et le Congo, long de 4700 km dont 1700 km au Mali, prend sa source dans le Fouta-Djalou en Guinée et rejoint l'océan Atlantique au Nigeria. Ses deux principaux affluents sont le Sankarani et le Bani. Sur son trajet, plusieurs rapides sont à noter : Sotuba, Tossaye et Labezanga [2].

Il offre une multitude de paysages, notamment l'étendue d'eau de Selingué favorable aux excursions en pirogues. Navigable sur 1300 km, il se divise en une multitude de bras ; le delta intérieur du Macina inonde, de Septembre à Décembre 20 000 km² de plaine ; à la décrue, le Delta devient une immense prairie parsemée de lacs (lac Debo, lac Koriente, lac Galado) le plus grand, le lac Faguibine, à 150 km de Tombouctou, s'étend sur 650 km², véritable mer intérieure il est très poissonneux [2].

Le fleuve Sénégal issu de la rencontre à Bafoulabé du Bafing et du Bakoy, conserve toute sa beauté naturelle avec les chutes de Gouina et du Felou. Sur sa rive droite en amont de Bakel, il reçoit la Falémé qui forme la frontière avec le Sénégal. Il est long de 1700 km dont 700 sont au Mali [2].

Au Mali la pollution est présentée en général comme un danger imminent surtout pour les grands cours d'eau comme le fleuve Niger et Sénégal. Les pollueurs sont nombreux: les simples usagers, les hôtels, les teinturiers et les industries. L'action de ces différents acteurs contribue à produire des déchets nuisibles qui se déversent directement dans les fleuves et autres cours d'eau. Ces pratiques très néfastes sont fustigées par l'ensemble des riverains de ces cours d'eau ainsi que par les autorités [3].

Les eaux continentales sont partagées entre eaux salées, saumâtres, douces. Elles sont soit souterraines, soit superficielles. Les eaux superficielles (rivières et lacs), faible volumes, contiennent une faune riche et diversifiée, comprenant plusieurs niveaux trophiques dont les derniers sont occupés essentiellement par les poissons (Tachet et *al.*, 2010).

Les macro-invertébrés sont des organismes visibles à l'œil nu (insectes, mollusques, crustacés et vers) se trouvant au fond des cours d'eaux et représentent le moyen le plus utilisés pour déterminer l'état de santé des écosystèmes aquatiques (Barbour, 1999).

L'évaluation de la qualité biologique des eaux de surface est réalisée grâce à des méthodes de diagnostic basées sur la faune des macro invertébrés des cours d'eau, simple à échantillonner et à identifier, représente le complément indispensable des analyses physico-chimiques.

Les macro-invertébrés benthiques sont généralement utilisés en tant qu'indicateurs biologiques pour élucider l'impact des changements des caractéristiques du milieu et les stratégies écologiques des différentes espèces pour restituer certaines de ces caractéristiques (Décamps et *al.*, 1975 ; Lounaci et *al.*, 2000).

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydro systèmes (Haouchine, 2011).

Notre travail s'inscrit dans cette préoccupation d'étude hydrobiologique et se veut comme une contribution à la connaissance de la faune lotique du Mali.

Pour répondre aux objectifs fixés, notre manuscrit sera structuré en deux parties:

La première partie est dédiée à la description de la zone d'étude et à celle de certains taxa et enfin aux matériel et méthodes utilisés dans ce présent travail.

La deuxième partie expose les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Notre manuscrit se termine par une conclusion et perspectives d'étude.

PARTIE I

I. Présentation de la zone d'étude

I.1. Description du Mali

Le Mali (12°04'44'' Nord, 12°17'53'' West) est un pays enclavé d'Afrique de l'Ouest couvre une superficie de 1 241 238 km². Il partage 7 420 km de frontières avec 7 pays limitrophes : l'Algérie au Nord, le Niger et le Burkina Faso à l'Est, la Côte d'Ivoire, la Guinée au Sud, la Mauritanie, et le Sénégal à l'Ouest.

Le pays est traversé par deux grands fleuves : le Niger du Nord-Ouest vers le Sud-Est, et le Sénégal du Sud-Est vers le Sud-Ouest. A eux deux, permettent d'abreuver l'essentiel de la population [4].

Le Mali compte dix-sept grands lacs qui sont répartis dans le septentrion, essentiellement sur la rive gauche du Niger. Les principaux sont les lacs Faguibine, Télé, Gouber, Kamango, Daoukiré, Daouna, Fati, Horo, Kabara et Débo [4].

Cette contrée de l'Afrique compte plus de 200 mares dont moins d'un tiers sont pérennes se trouvant principalement dans le Gourma, dans les régions de Gao et Tombouctou [4].

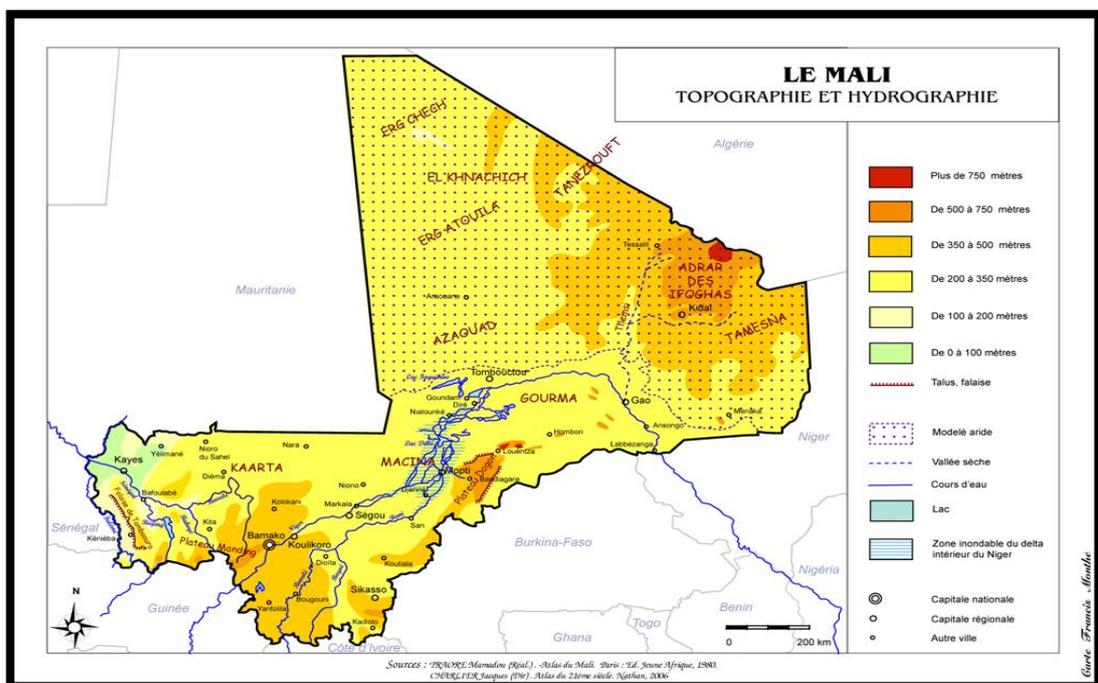


Figure 1. Situation hydrographique du Mali (Anonyme1).

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau 1. Caractéristiques des bassins versants du fleuve Niger et Sénégal du Mali [5] et [6].

Cours d'eau	Superficie km ²	Longueur au Mali km	Longueur totale km ²
Niger	2262000	1700	4700
Sénégal	337000	700	1700

Le bassin versant du fleuve Niger est gigantesque et contient des zones humides vitales dans les différents pays traversés (Figure 2, Tableau 2). A titre d'exemple, il y a le delta intérieur du Niger au Mali qui est une vaste plaine inondable pouvant atteindre 2262000 Km² à son maximum [5].

Le bassin versant du fleuve Sénégal couvre environ 337000 Km², on distingue trois régions différenciées : le haut bassin jusqu'à Bakel (ville du Sénégal, non loin de la frontière malienne), la vallée de Bakel à Saint-Louis (816 Km) et le Delta [6].

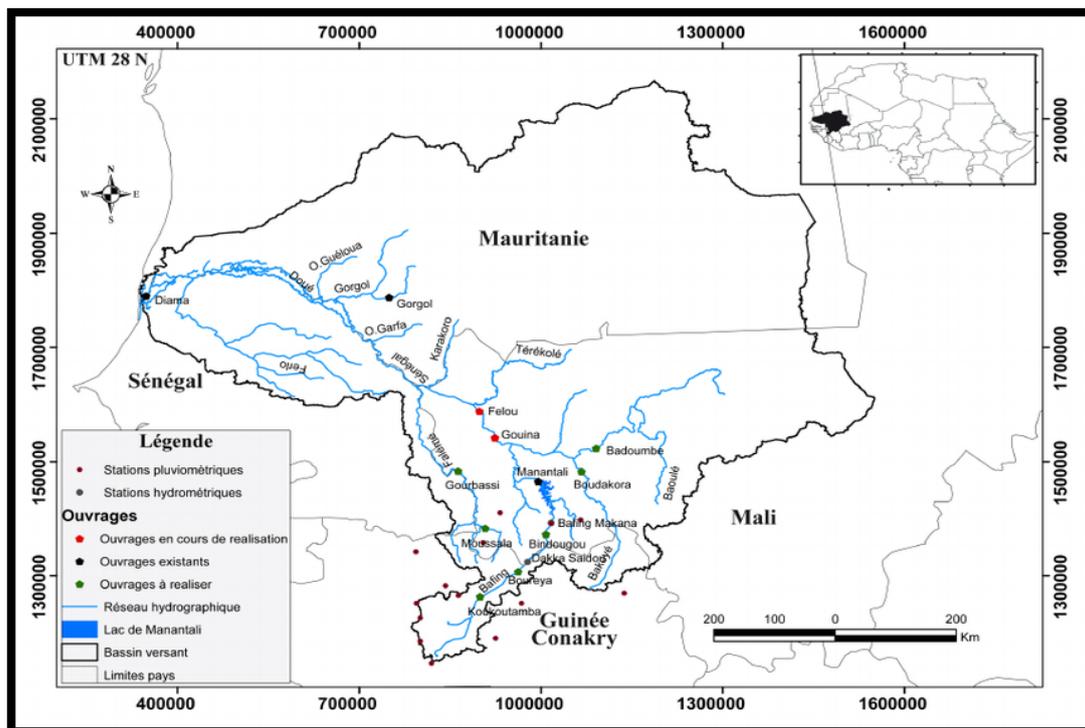


Figure 2. Situation du bassin versant du fleuve Sénégal [6].



Figure 3. Situation du bassin versant du fleuve Niger [7].

Tableau 2. Caractéristiques des fleuves Niger et Sénégal [5] et [6].

Fleuve		
Caractéristiques	Niger	Sénégal
Origine des_eaux	Pied des Mont Loma, à la frontière de la Sierra Leone et de la Guinée	Confluence du Bafing et du Bakoye
Pays traversés	Sierra Leone, Guinée, Mali, Niger, Benin, Nigeria	Guinée, Mali, Mauritanie
Régions_traversés au Mali	Koulikoro, Bamako, Sikasso, Ségou, Mopti, Gao	Kayes
Embouchure	Océan Atlantique	Océan Atlantique
Affluents	Sankarani et Bani	Falémé
Débit moyen m³/s	6000	640
Superficie du bassin Km²	2262000	33700
Sources	monts Loma	Guinée
Longueurs km	4700	1700
Régimes	pluvial tropical	pluvial tropical
Bassins collecteurs	bassin du Niger	bassin du Sénégal

I.2. Propriétés et acheminement du réseau hydrographique du Mali

Le réseau hydrographique malien regroupe le haut cours du Sénégal et le cours moyen du Niger. Le Sénégal coule à l'Ouest du pays, le Niger le traverse du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Le tracé en boucle du Niger, entamant profondément vers le Nord la zone sahélienne et touchant la zone désertique, y apporte localement l'eau et la vie. Le Niger présente de fortes pentes. A partir de Ségou, sa pente devient très faible et constitue avec son affluent, le Bani, il constitue un vaste delta intérieur. Après le coude de Gao, le Niger quitte la cuvette du moyen Niger occidental pour entrer dans la cuvette du moyen Niger oriental, et sa pente s'accroît de nouveau (rapides d'Ansongo). Son régime reflète assez fidèlement le rythme des précipitations avec des débits faibles à nuls en saison sèche et de hautes eaux en hivernage. Cependant on note un déplacement de la crue dans le temps de l'amont vers l'aval, en raison de la longueur de la distance à parcourir et de la diminution de la pente du lit mineur, notamment dans le delta intérieur, ce qui freine la vitesse des eaux (hautes eaux en août-septembre en amont de Bamako, en janvier seulement à Kahara, port de Tombouctou). Deux biefs sont navigables aux hautes eaux : Bamako-Kouroussa (374 km, juillet-septembre) et Koulikoro-Ansongo (1 300 km, juillet-janvier) [9].

I.3. Climatologie

Le Mali est caractérisé par un climat tropical avec 3 saisons étalées le long de l'année : une saison sèche dont la durée varie de mars à juin ; une saison humide de juin à septembre et une intersaison caractérisée par sa fraîcheur d'octobre à février.

Tous les êtres vivants soumis dans le milieu où ils vivent à l'action d'agents climatiques très variés qui conditionnent leur répartition géographique (Dajoz, 1975)

Le climat est le résultat de différents éléments tels que la température, la pluviosité, le vent, et l'humidité qui sont susceptibles, d'agir directement ou indirectement sur les êtres vivants

I.3.1. Température

Notre étude a été réalisée au niveau de la région Sud du Mali et de ce fait nous avons essayé d'obtenir des données météorologiques pouvant refléter au mieux les conditions environnementales au niveau des stations retenues dans notre étude. Ainsi le choix de station

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

météorologique de mesure (SMS) est basé sur la représentativité de la zone d'étude de l'existence de séries complètes.

Pour réaliser notre travail nous avons utilisés des données fournies pour une période s'étalant sur dix ans (2008-2017).

a. Variation de la température au niveau de la région de Kayes

Tableau 3 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax (°c)	36,1	39,5	42,2	43,3	43,6	40,8	37,1	33,7	34,7	39,0	38,6	38,0
Tmin (°c)	13,4	16,8	20,6	26,0	28,7	27,2	24,0	23,4	23,6	22,9	18,3	15,8
Moyenne	24,8	27,9	32,0	34,9	36,2	33,9	30,1	28,5	28,9	30,6	29,0	25,6

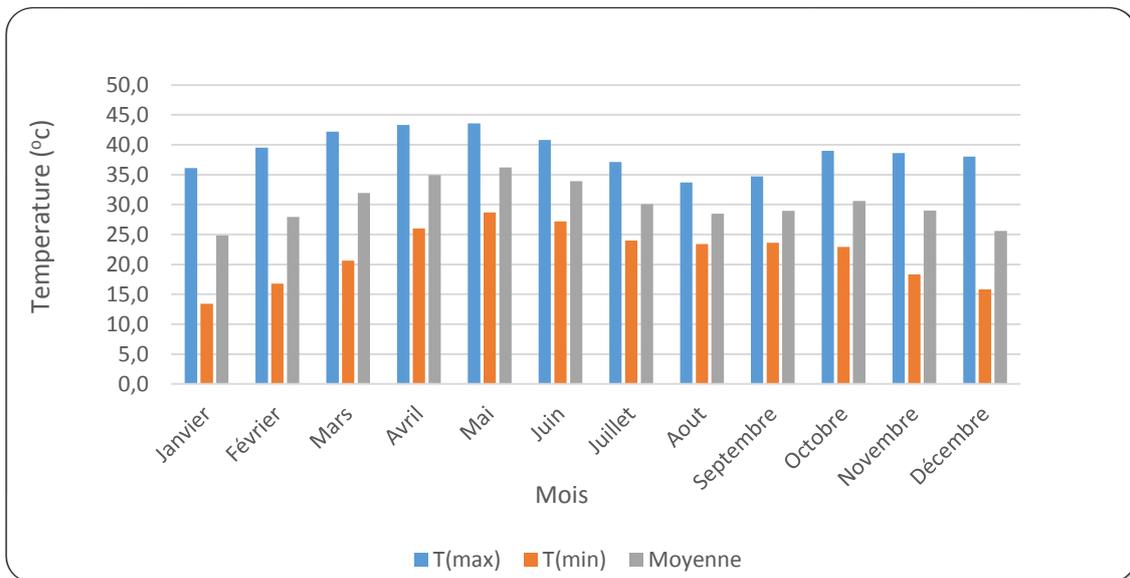


Figure 4. Variation de la température au niveau de la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

b. Variation de la température au niveau de la région de Koulikoro

Tableau 4 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax (°c)	34,9	38,8	41,3	42,2	40,6	37,2	34,0	31,9	33,6	37,0	37,4	35,3
Tmin (°c)	13,1	16,6	21,5	24,8	25,5	24,3	23,0	22,6	22,6	21,0	15,3	13,1
Moyenne	23,5	27,3	31,0	33,7	33,2	30,7	28,1	27,3	28,0	29,1	26,9	23,8

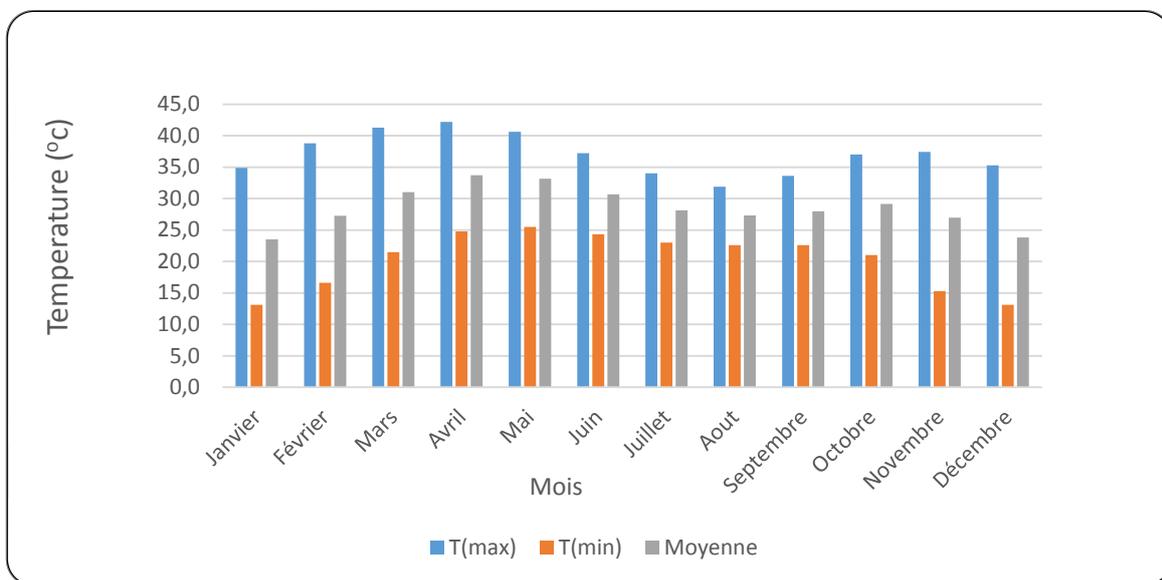


Figure 5. Variation de la température au niveau de la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

c. Variation de la température au niveau de la région de Sikasso

Tableau 5 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées au niveau de la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax (°c)	34,8	37,3	39,0	38,8	37,9	34,5	31,7	30,6	32,2	35,2	35,6	34,3
Tmin (°c)	14,7	19,5	23,5	24,9	24,2	22,8	21,8	21,4	21,2	21,6	18,7	15,7
Moyenne	24,9	28,6	31,4	31,8	30,4	28,3	26,6	26,1	26,6	28,2	27,7	25,1

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

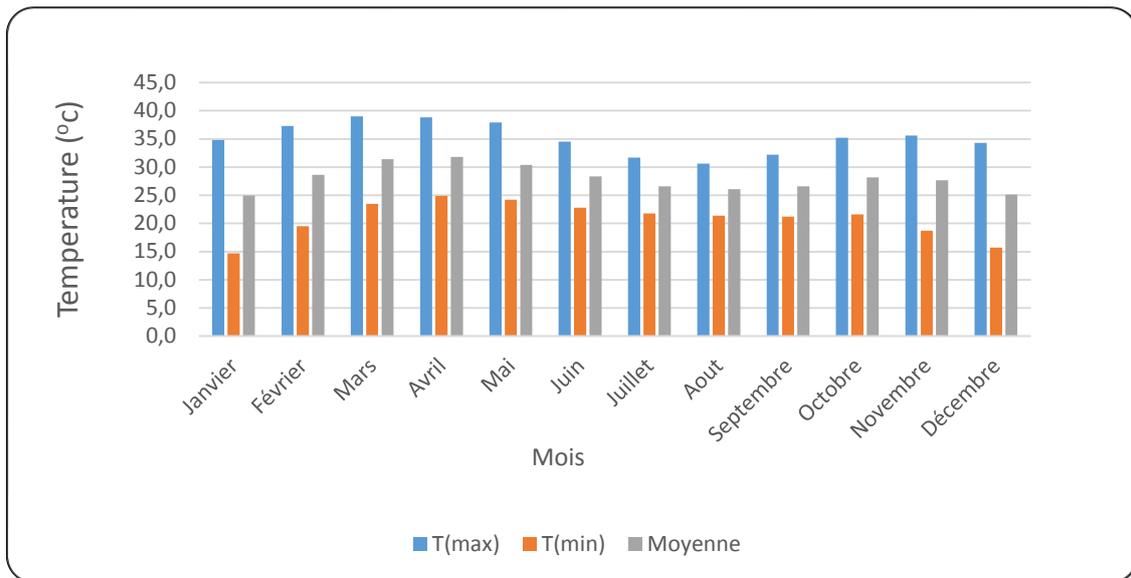


Figure 6. Variation de la température au niveau de la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

d. Variation de la température au niveau de la région de Bamako

Tableau 6 : Valeurs mensuelles des températures enregistrées de la ville de Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmax (°c)	34,9	38,4	40,4	40,6	38,8	35,7	32,5	31,0	33,0	36,0	36,7	34,9
Tmin (°c)	14,8	18,3	20,7	23,3	23,8	22,4	21,4	21,6	21,2	19,7	14,4	13,4
Moyenne	24,4	27,8	30,6	32,2	31,4	29,1	26,9	26,3	26,9	27,8	26,2	24,4

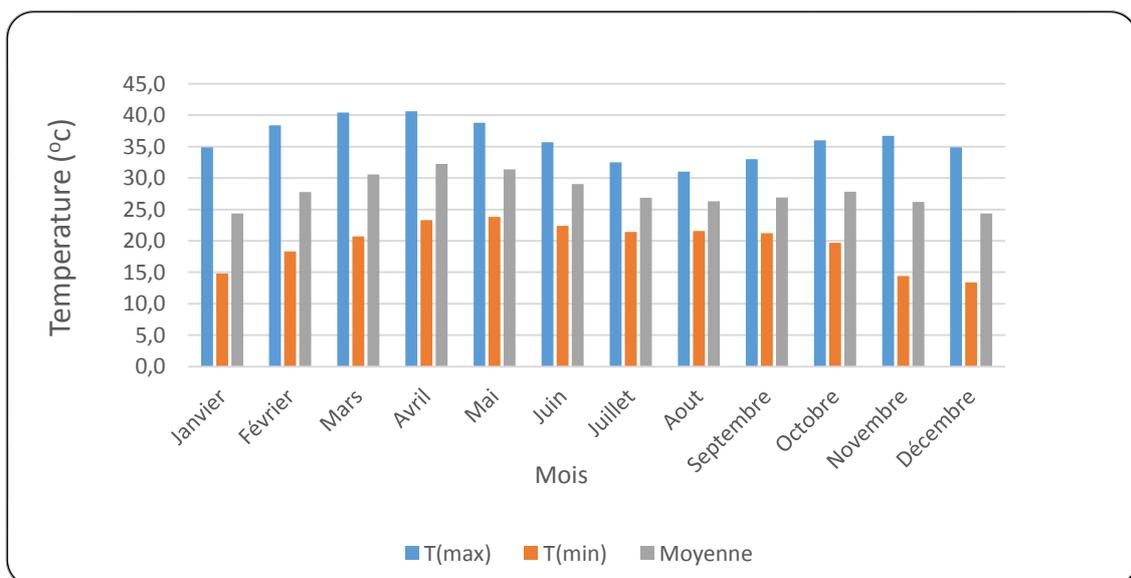


Figure 7. Variation de la température au niveau de Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La lecture des figures 4, 5,6 et 7 nous permet de conclure la période la chaude de l'année au niveau de nos différentes régions d'études est située entre le mois de février et mai et la période la moins chaude s'étale du mois de juin au mois de septembre.

L'interprétation des données météorologiques des différentes stations indique que les températures mensuelles les plus élevées sont enregistrées entre le mois de février et mai avec un pic pendant le mois d'Avril et ce pour toutes les stations avec respectivement 43,6 °c à Kayes 42,2 °c à Koulikoro, 39 °c à Sikasso et enfin 40,6 °c à Bamako.

Les températures minimales les plus faibles caractérisent le mois de janvier pour toutes les stations excepté la région de Bamako où le mois le plus froid est décembre ; les valeurs de températures mensuelles les plus basses sont de l'ordre 13,1 °c, 13,4 °c, 13,4 °c et 14,7 °c au niveau des stations de Koulikoro, Kayes, Bamako et enfin Sikasso.

I.3.2. Pluviométrie

Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées durant la période s'étalant de 2008 – 2017 donne un aperçu sur les variations mensuelles pluriannuelles de la pluviométrie.

Ainsi, l'analyse des figures 8, 9,10 et 11 indique des valeurs moyennes mensuelles des précipitations traduisant une forte irrégularité entre les différents mois de l'année hydrologique. A ce titre la répartition mensuelle fait apparaitre deux périodes bien distinctes :

-une période pluvieuse s'étant du mois de mai à septembre. Pour toutes les stations, le pic pluviométrique est enregistré durant le mois d'août; la région la plus arrosée est Sikasso avec un maxima de l'ordre de 333,7 mm suivi par Kayes (270,5mm), Bamako (240,9mm) et enfin Koulikoro (212,7mm) respectivement.

a. Variation des précipitations dans la région de Kayes

Tableau 7 : Valeurs mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	0,3	0,0	0,0	0,8	12,6	62,2	154,3	270,5	159,2	36,4	0,0	0,0

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

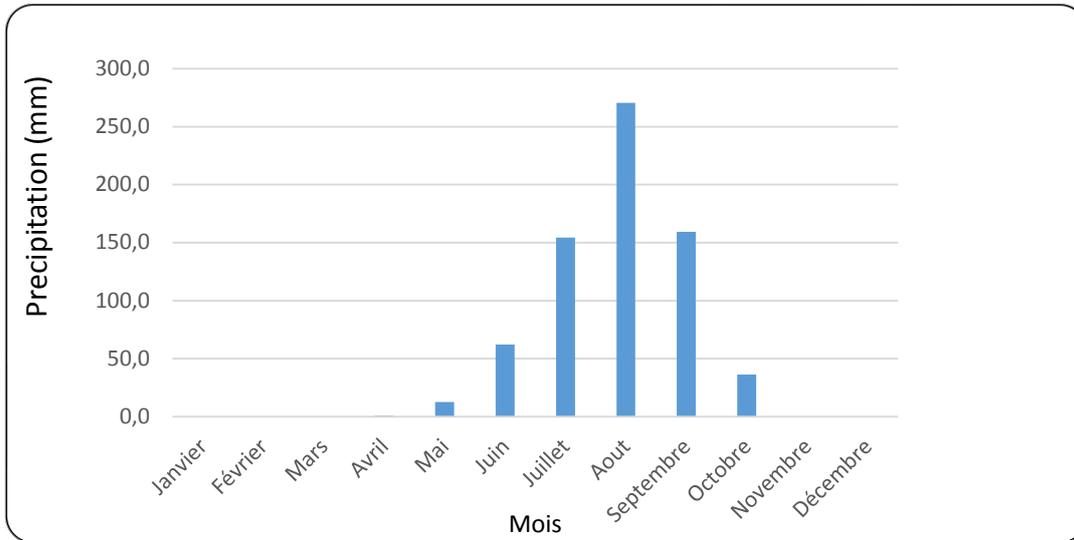


Figure 8. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

b. Variation des précipitations dans la région de Koulikoro

Tableau 8 : valeurs moyenne des précipitations dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	1,5	0,4	4,1	6,9	53,4	161,4	212,7	252,7	159,6	39,2	1,3	0,0

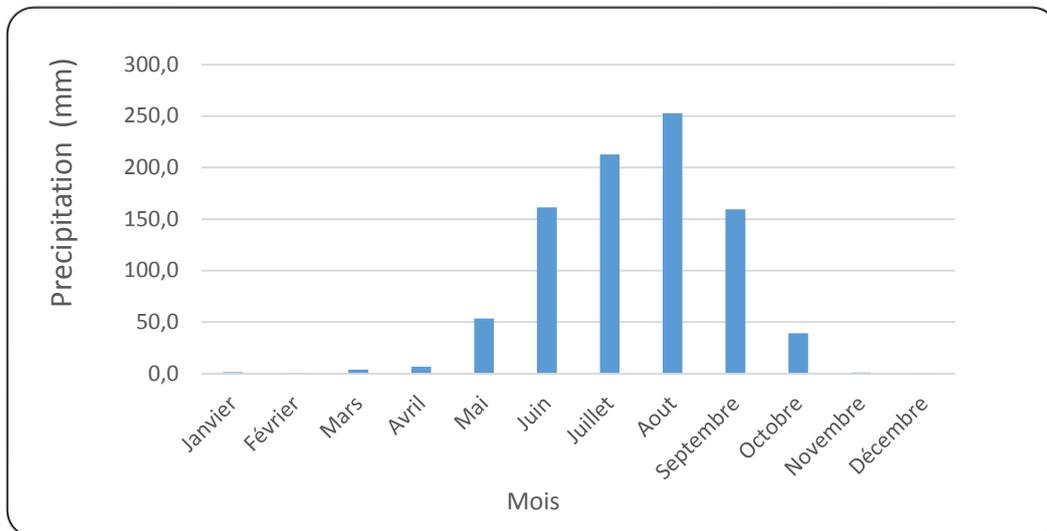


Figure 9. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

c. Variation des précipitations dans la région de Sikasso

Tableau 9 : valeurs mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Sikasso (2008-2017)
(Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	5,7	2,1	9,9	47,5	81,5	155,6	250,1	333,7	235,5	96,3	7,6	0,0

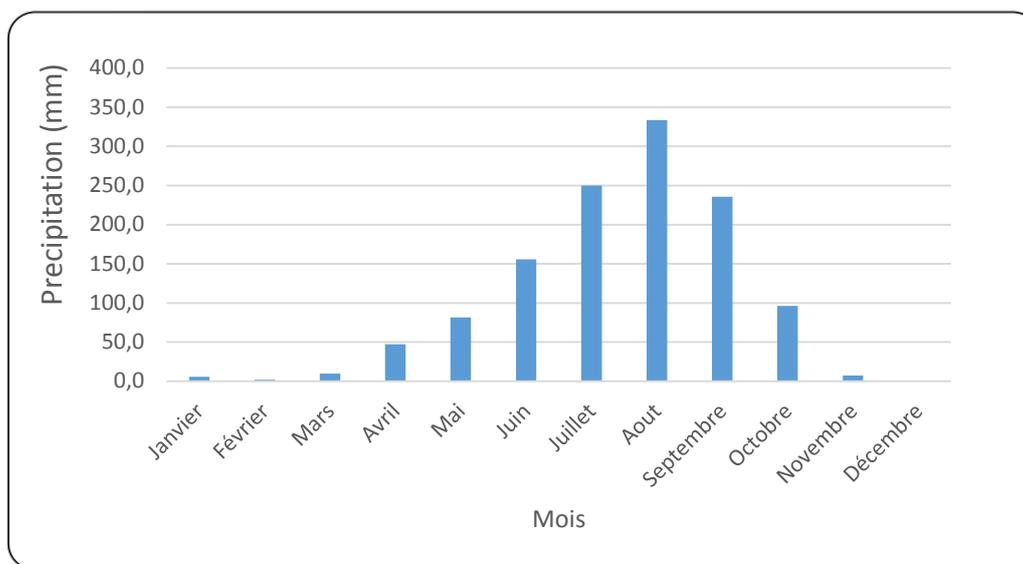


Figure 10. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la région de Sikasso (2008-2017)
(Anonyme2).

e. Variation des précipitations dans la région de Bamako

Tableau 10 : valeurs mensuelle moyenne des précipitations de la ville de Bamako (2008-2017)
(Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	0,9	0,0	4,5	15,5	75,7	135,1	240,9	254,6	173,7	55,7	2,6	0,0

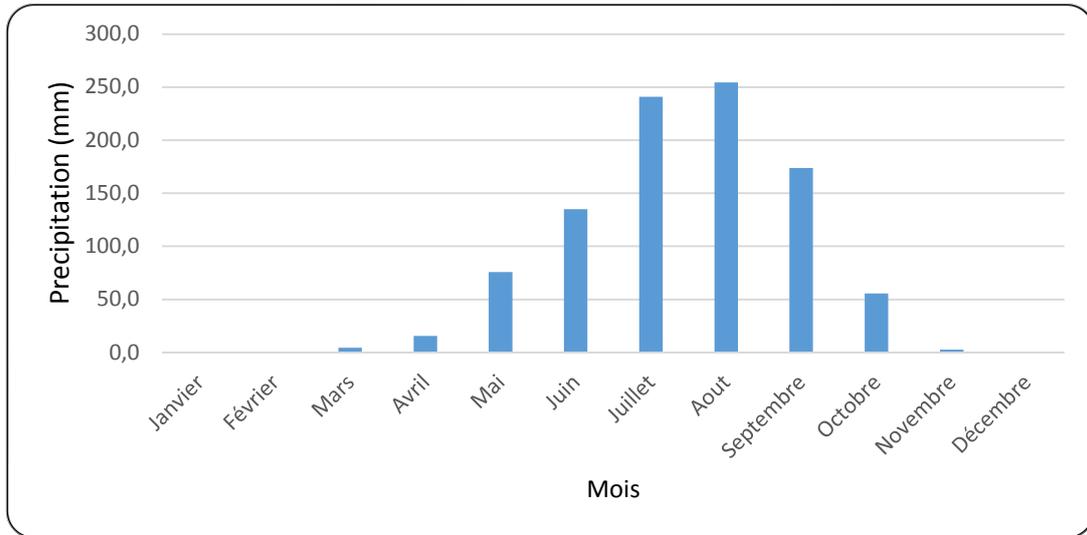


Figure 11. Variation mensuelle moyenne des précipitations dans la ville de Bamako (2008-2017)
(Anonyme2).

I.3.3. Humidité

L'évaluation des variations des valeurs moyennes mensuelles de l'humidité calculées pour les différentes régions retenues sont représentées dans les figures 12, 13, 14 et 15.

Il ressort que la période la plus humide au niveau de l'ensemble des stations se situe entre le mois de juin et novembre avec un pic enregistré au mois d'août et qui est approximativement de l'ordre de 80%.

L'humidité relative diminue et n'excède pas les 30% pendant les mois de décembre, janvier, février, mars, avril et mai, la région de Kayes a la plus faible valeur d'humidité (21,12 % en mars).

Les variations de l'humidité relative diminuent et augmentent en fonction de la température et de la pluviométrie.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

a. Variation de l'humidité relative de la région de Kayes

Tableau 11 : Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité relative (%)	29,05	24,32	21,12	24	33,64	50,13	68,06	78,17	78	65,61	41,81	30,06

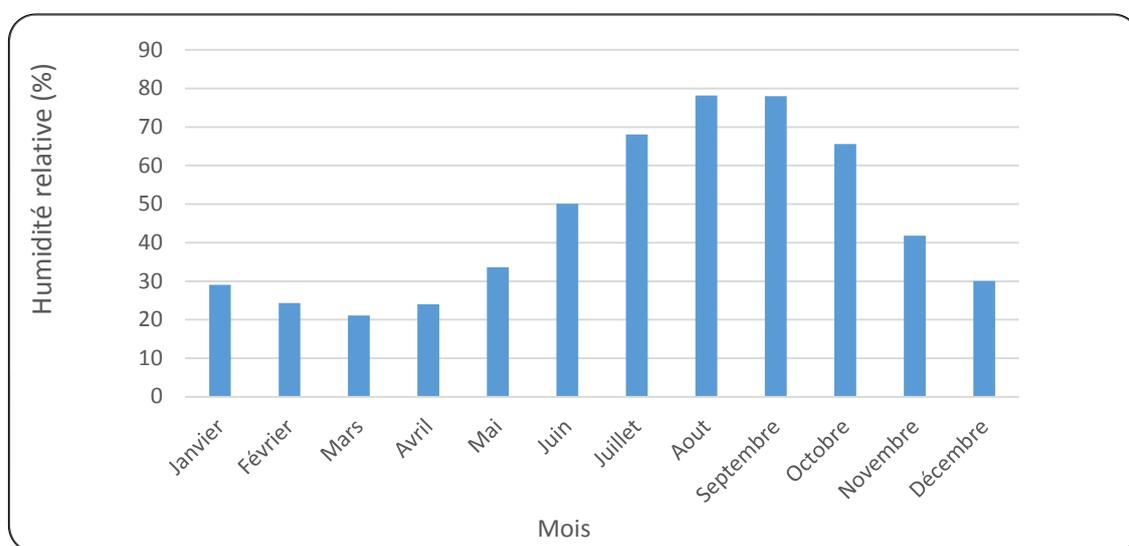


Figure12. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

b. Variation de l'humidité relative dans la région de Koulikoro

Tableau 12. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité relative (%)	36	29,3	28,45	33,6	47,	60,	74,4	81,0	79,05	63,15	46,4	38,2
				5	7	2	4	5				

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

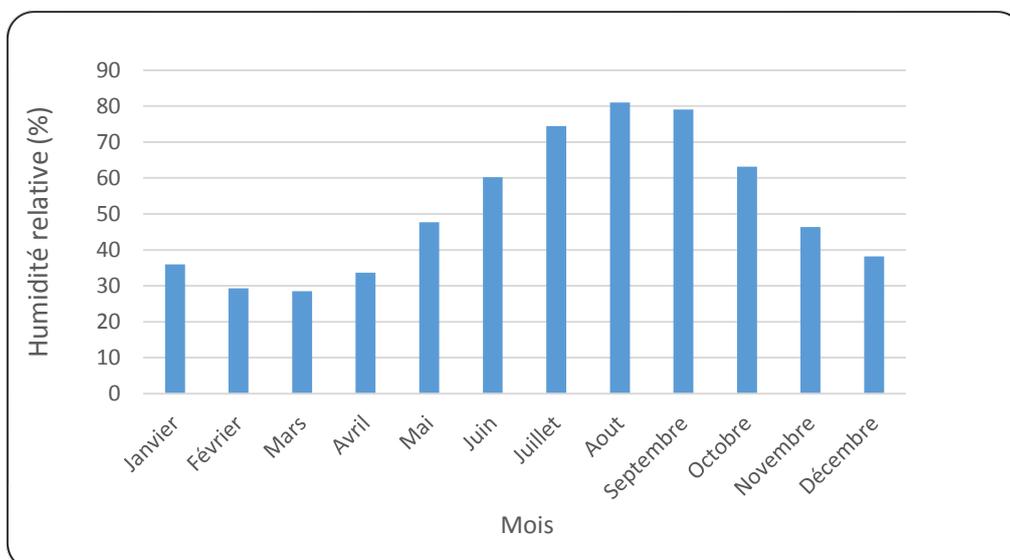


Figure 13. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

c. Variation de l'humidité relative dans la région de Sikasso

Tableau 13. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne dans la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité relative (%)	33,5	29,05	36,1	49,95	62,47	71,79	78,18	81,21	79,53	70	53,05	40,8

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

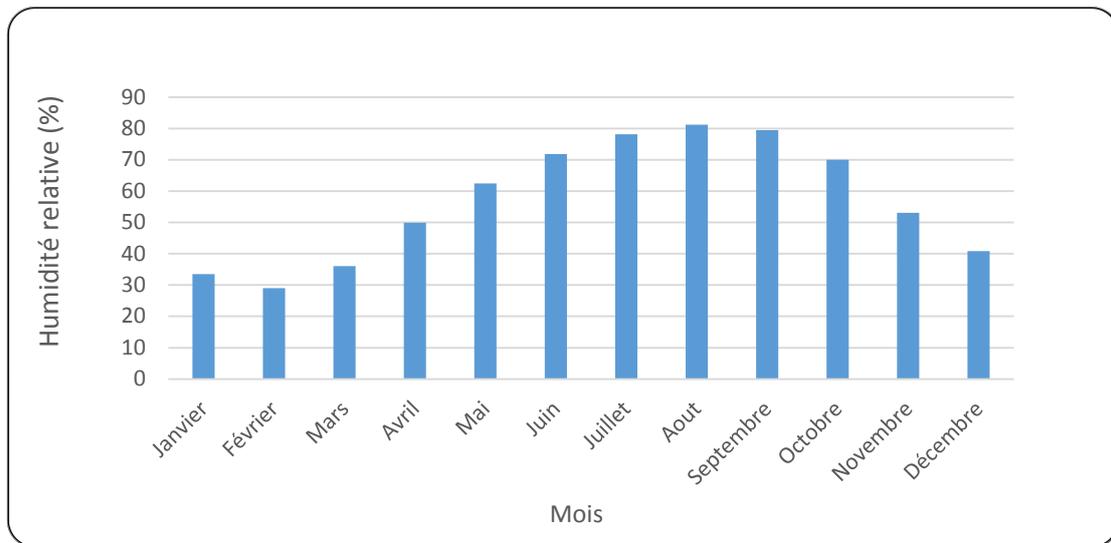


Figure 14. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne de la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

d. Variation de l'humidité relative à Bamako

Tableau 14. Valeurs de l'humidité relative mensuelle moyenne à Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité relative (%)	29,25	24,2	28,17	38,9	56,06	68,9	78,6	81,2	79,1	70	53,25	34,65

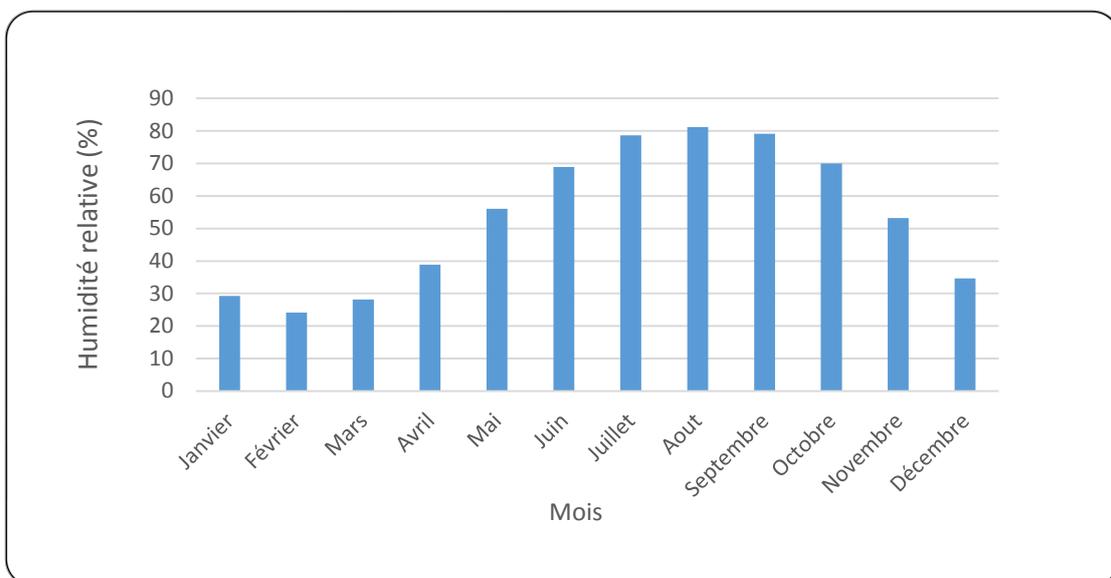


Figure 15. Variation de l'humidité relative mensuelle moyenne à Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

I.3.4. La vitesse du vent

Dans notre aire d'étude, la vitesse du vent montre des fluctuations d'un mois à l'autre, elle augmente durant les mois de décembre, janvier, février, mars, avril, mai, juin et juillet et est surtout plus élevée à Kayes en juin (3,9 m/s).

La vitesse du vent diminue à partir du mois d'aout, septembre, octobre et novembre, elle est plus faible à Koulikoro (0,6 m/s en septembre et octobre).

a. Variation de la vitesse du vent dans la région de Kayes

Tableau 15. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse du vent (m/s)	3,5	3,5	3,3	3,2	3,7	3,9	3,5	2,8	2,4	2,3	2,7	3,3

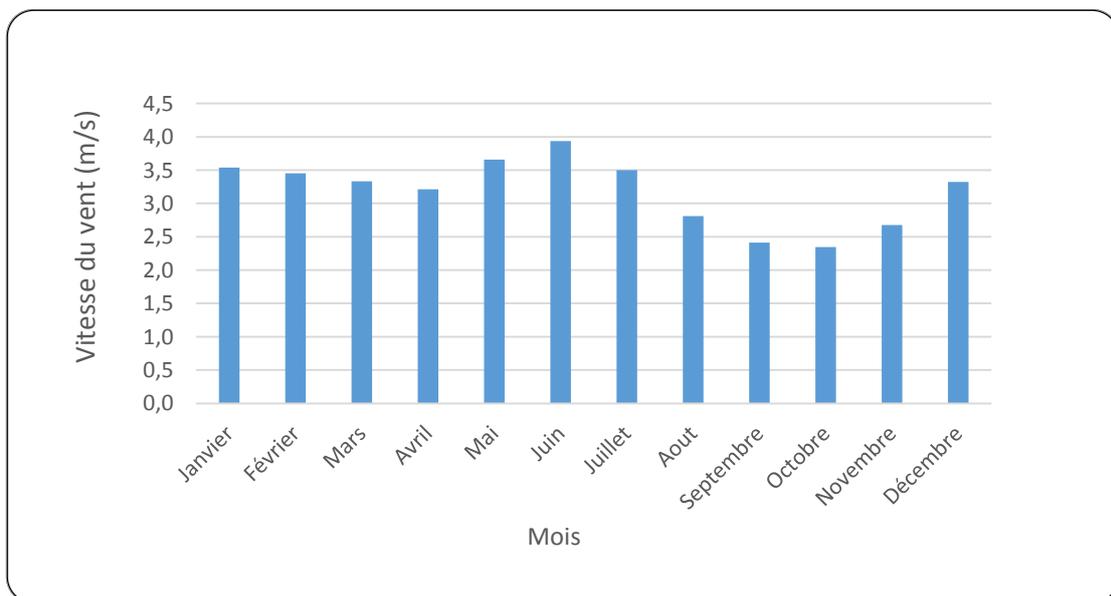


Figure 16. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Kayes (2008-2017) (Anonyme2).

b. Variation de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro

Tableau 16. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse du vent (m/s)	1,4	1,5	1,3	1,1	1,4	1,5	1,2	0,8	0,6	0,6	0,9	1,3

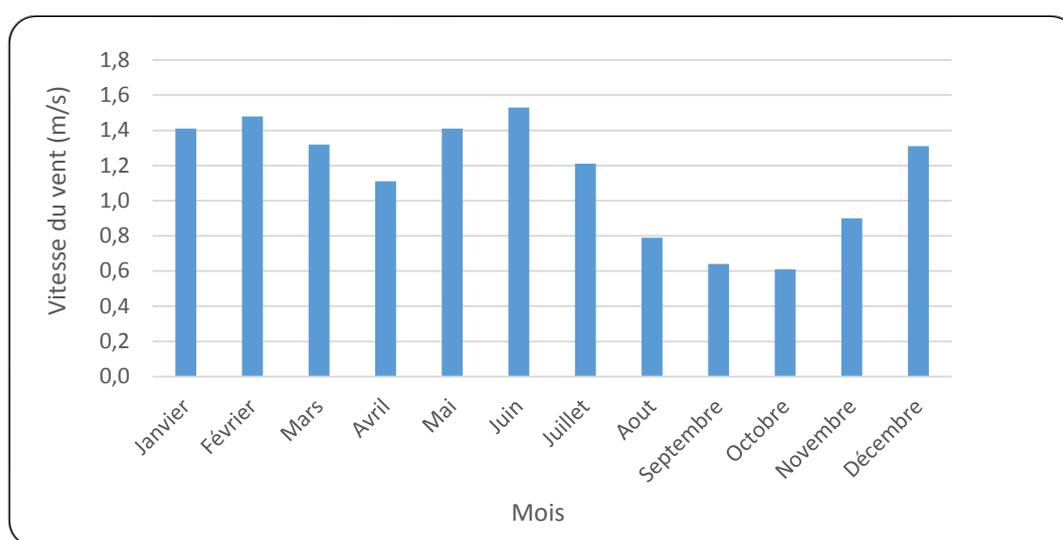


Figure 17. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Koulikoro (2008-2017) (Anonyme2).

c. Variation de la vitesse du vent dans la région de Sikasso

Tableau 17. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse du vent (m/s)	2,4	2,5	2,5	2,8	2,9	2,7	2,3	2,2	1,8	2,0	1,8	2,3

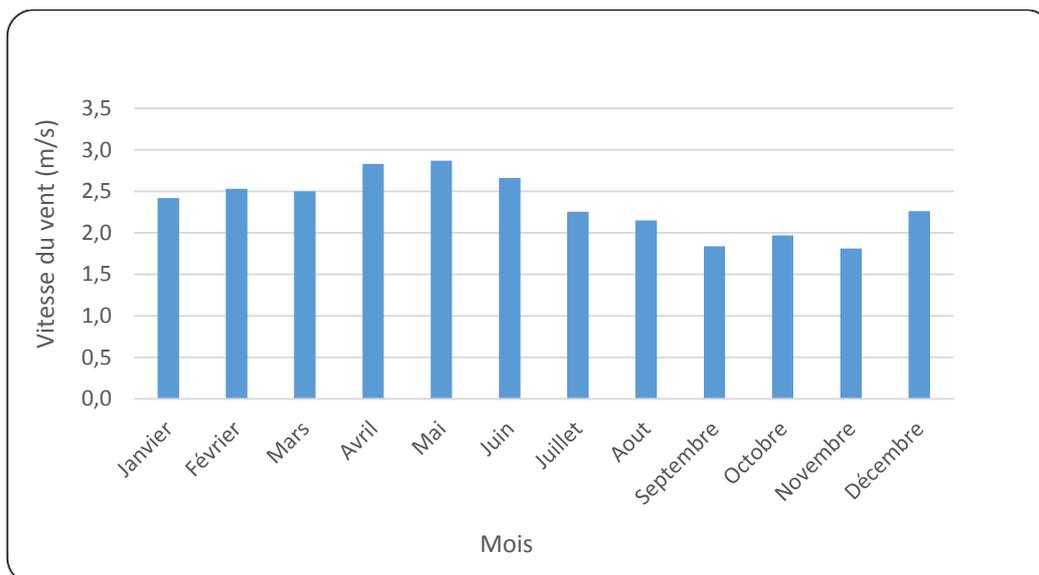


Figure 18. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent dans la région de Sikasso (2008-2017) (Anonyme2).

d. Variation de la vitesse du vent à Bamako

Tableau 18. Valeurs mensuelles moyennes de la vitesse du vent à Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse du vent (m/s)	3,4	3,4	3,0	2,9	3,0	3,0	2,4	2,1	1,7	1,7	2,3	3,2

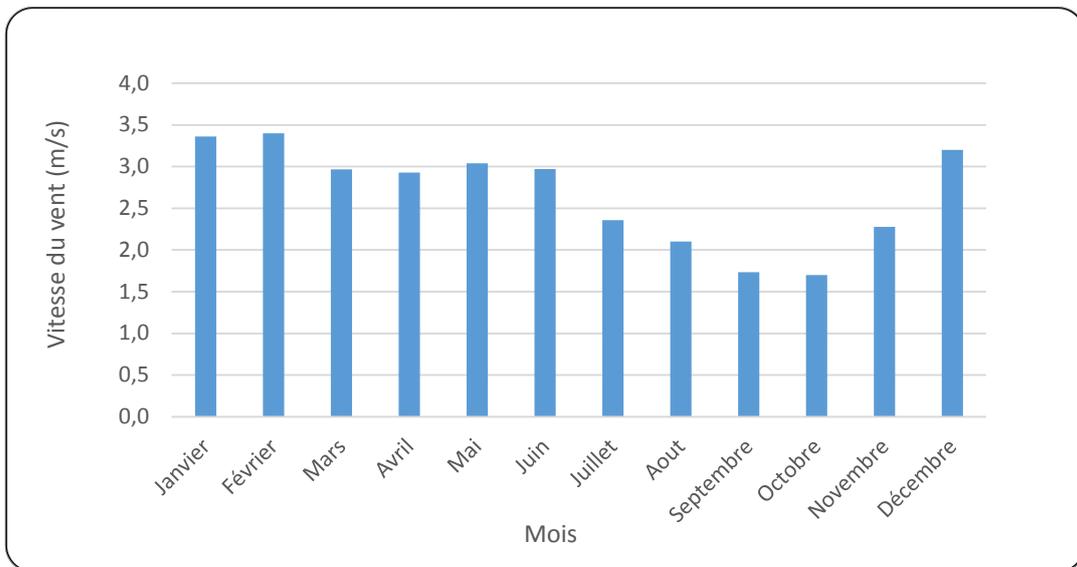


Figure 19. Variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent à Bamako (2008-2017) (Anonyme2).

II. Milieu et stations étudiées

II.1. Localisation et description des sites d'études

Notre étude a été réalisée au niveau de la partie Sud du territoire Malien. Nos différentes stations représentent des zones humides courantes ou stagnantes qui sont parfois temporaires ou présentent toute l'année. Un total de 9 stations a été prospecté dans le cadre de ce travail, elles sont réparties entre 4 régions : Kayes avec 2 stations, Koulikoro : 2 stations, Sikasso : 3 stations et Bamako avec 2 stations (Figure 20). Le choix des stations a été basé sur leur accessibilité, sécurité et variabilité de leurs caractères hydro biologiques

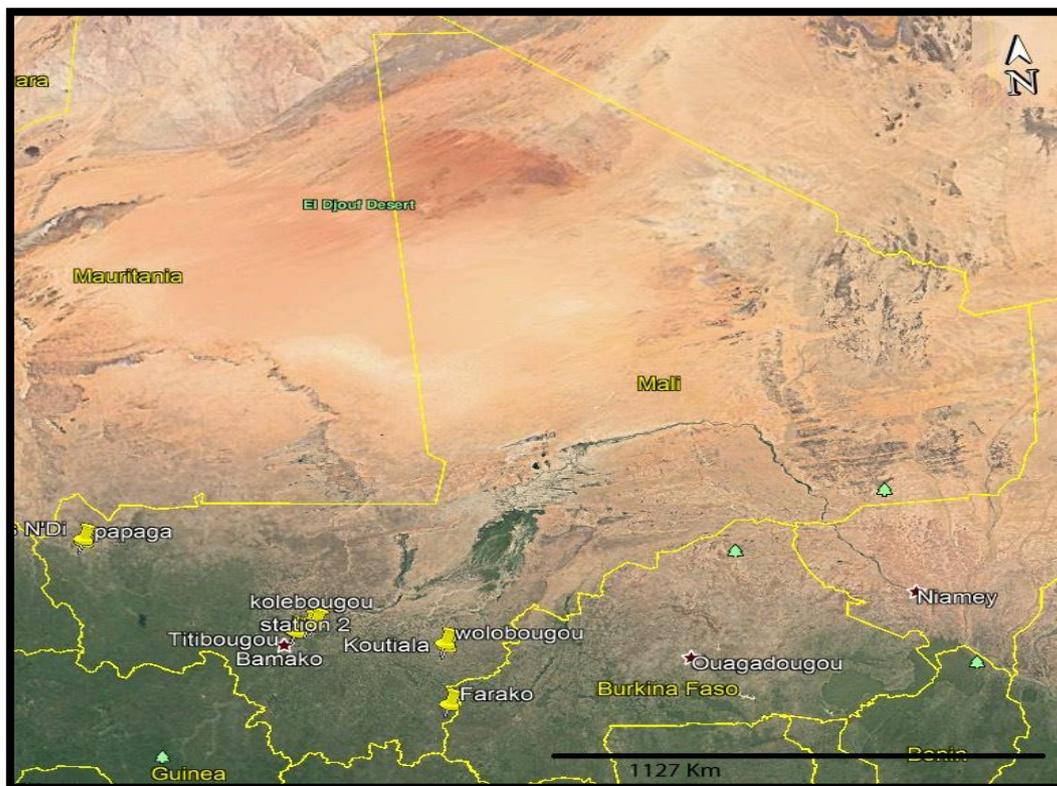


Figure 20. Localisation des 9 stations d'échantillonnage au Mali.

II.1.1. Région Kayes

Kayes est une grande ville et une commune de l'Ouest du Mali située à 495 km au Nord-Ouest de Bamako, sur les rives du fleuve Sénégal. Elle est la capitale de la première région administrative du Mali et le chef-lieu du cercle qui porte son nom. La région de Kayes est limitée au Sud par la Guinée, à l'Est par la région de Koulikoro, au Nord par la Mauritanie et à l'Ouest par le Sénégal. Plusieurs fleuves et rivières traversent la région : le Baoulé, le Bafing et le Bakoye qui se rejoignent à Bafoulabé pour former le fleuve Sénégal [10].

II.1.1.1. Station 1 : Kayes N'di

Commune : Kayes N'di

Située à la rive gauche de la région d'étude ; comme le dit son nom traduit en français, Kayes N'di (petit Kayes) se trouve juste à l'entrée de la ville de Kayes ; Kayes N'di est séparé de Kayes Ba (grand Kayes) par un pont. Cette station est une mare avec une grande végétation d'herbes aquatiques et des algues. La taille de la mare augmente durant la saison pluvieuse et diminue voir disparaître pendant la période sèche (Figure 21, Tableau 19).



Figure 21. Station de Kayes N'di (14/09/2017).

Tableau 19. Coordonnées géographiques de la station de Kayes N'di.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
14°28'15,23 "	011°25'25,63"	48

II.1.1.2. Station 2 : Papaga

Village : Papaga

Papaga est un petit village situé vers la rive droite de Kayes non loin de Kayes Ba.

Le site d'étude est une petite mare situé tout près d'un pont permettant de traverser la rivière qui se trouve entre Kayes Ba et Papaga. Le cours d'eau sèche complètement pendant la

saison sèche (Figure 22, Tableau 20). La faune est riche en macro invertébrés et en batraciens à cause de son statut stagnant avec des algues vertes filamenteuses.



Figure 22. Station de Papaga (13/09/2017).

Tableau 20. Coordonnées géographiques de la station de Papaga.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
14° 25' 05,7"	011°24'52,8"	39

II.1.2. Région de Koulikoro

Koulikoro est la deuxième région administrative du Mali. Elle s'étend sur 90 120 km², son chef-lieu est la ville de Koulikoro. Cette région est limitée au Nord par la Mauritanie, à l'Ouest par la région de Kayes, au Sud par la région de Guinée et la région de Sikasso et à l'Est par la région de Ségou. La région est irriguée par plusieurs fleuves : le Niger, le Baoulé, le Sankarani, le Bagoé, le Bani et le Bafing [11].

II.1.2.1. Station1 : Kolèbougou

Cercle : Kolèbougou

Le site d'étude de Kolèbougou est une mare se trouvant juste au bord de la longue route goudronnée qui quitte Bamako jusqu'à Koulikoro. L'eau de la mare est troublante à

cause de la boue avec quelques arbres (manguiers) plantés tout autour (Figure 23 ; Tableau 21).



Figure 23. Station de Kolèbougou (25/07/2017)

Tableau 21. Coordonnées géographiques de la station de Kolèbougou.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
12°50'56,4"	00734' 32,8"	328

II.1.2.2. Station 2 Koulikoro

Commune : Koulikoro

C'est un cours d'eau se trouvant également au bord de la route goudronnée qui passe de Bamako à Koulikoro. Cette station se trouve sous un pont goudronné avec un lit un peu large, elle possède une faible végétation et beaucoup de cailloux tout autour (Figure 24, Tableau 22).



Figure 24. Station 2 à Koulikoro (25/07/2017)

Tableau 22. Coordonnées géographiques de la station 2 à Koulikoro.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
12°47'40,5"	007 40' 31,9"	301

II.1.3. Région de Sikasso

Capitale de la troisième région administrative, elle est située à 375 km au Sud-Est de Bamako, à 100 km de la frontière de la Côte d'Ivoire et à 45 km de celle du Burkina Faso.

Sikasso est une ville-carrefour entre les pays côtiers (Togo, Bénin, Ghana, Côte d'Ivoire) et les pays enclavés (Burkina Faso et Mali) [12].

II.1.3.1. Chute de Farako

Village : Farako

C'est un site situé sur la route de Bobo Dioulasso (Burkina Faso) près du village portant le même nom (Farako) à 25 km de la région de Sikasso. C'est une chute d'eau naturelle qui coule tout au long de l'année. La végétation est verdoyante et le cours d'eau est riche en faune (Figure 25. Tableau 23).



Figure 25. Station de la Chute de Farako (20/08/2017).

Tableau 23. Coordonnées géographiques de la station de la chute de Farako

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
N 11°12'31,5"	W 005°27'06,5"	426

II.1.3.2.Koutiala

Cercle : Koutiala

Koutiala est un cercle situé à 140 km au Nord de Sikasso. L'eau de notre station coule sous un pont goudronné et possède moins de végétation, notre cours d'eau est légèrement pollué à cause de l'action anthropique (Figure26, Tableau24).



Figure 26.Station de Koutiala (23/08/2017).

Tableau24.Coordonnées géographiques de la station de Koutiala

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
12° 23'29,8"	005° 27' 49,8"	365

II.1.3.3.Wolobougou

Village : Wolobougou

Commune : Koutiala

Situé à 5 km Koutiala sur la route de Bla, la station de Wolobougou est une rivière sacrée à caïmans précieusement protégés par les villageois qui y vivent. Avec une végétation moyenne, le cours fourni de l'eau à la population de Wolobougou pour diverses tâches (Figure 27, Tableau 25).



Figure 27. Station de Wolobougou (23/08/2017).

Tableau 25. Coordonnées géographiques de la station de Wolobougou.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
12° 27' 16,5"	005°29'25,1"	370

II.1.4. District de Bamako

Située sur les rives du fleuve Niger, appelé Djoliba (« le fleuve du sang »), la ville de Bamako est construite dans une cuvette entourée de collines, elle s'étend d'Ouest en Est sur 22 km et du Nord au Sud sur 12 km, pour une superficie de 267 km². Le district de Bamako compte une forêt classée, celle de Kouloba qui s'étend sur superficie de 2 010 ha [13]

II.1.4.1. Djelibougou

Commune de Bamako

Quartier : de Bamako

Rivière situé dans le quartier de Djélibougou coule sous un pont goudronné se trouvant sur le chemin de Bamako vers Koulikoro. L'eau est polluée par l'action anthropique avec une végétation peu dense. Son eau coule pour aller directement se jeter dans le fleuve Niger se trouvant vers Bamako Koulikoro (Figure 28, Tableau 26).



Figure 28. Station de Djélibougou (26/07/2017).

Tableau 26. Coordonnée géographiques de la station de Djélibougou

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
N 12° 27' 13,5"	W 007° 54' 49,9"	344

II.1.4.2. Titibougou

Commune 1 de Bamako

Quartier : Titibougou

Quartier de la commune 1 de Bamako, notre cours est une eau stagnante temporaire présente seulement en saison pluvieuse, elle possède une végétation constituée d'arbre et de quelques herbes (Figure 29, Tableau 27).



Figure 29.Station de Titibougou (26/07/2017).

Tableau 27.Coordonnée géographiques de la station de Titibougou.

Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
12° 40' 29,5"	007° 53' 21,7"	317

III. 11 Biologie et Ecologie des Macroinvertébrés

III.1. Définition des macroinvertébrés

Les invertébrés regroupent tous les animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage. De ces animaux, les macroinvertébrés sont ceux visibles à l'œil nu. Ils sont répandus dans les lacs et les cours d'eau, ou ils prennent une part importante dans le transfert d'énergie dans les réseaux trophiques. Le terme benthique signifie qui vit au fond de l'eau ; on l'utilise pour qualifier les organismes qui vivent habituellement au fond de l'eau, du moins pendant une partie de leur cycle biologique (Bensaidi et Kirane, 2014).

III.2. Intérêt de l'étude des macroinvertébrés benthiques

Les macros invertébrées sont sensibles aux changements physico-chimiques d'un cours d'eau. Normalement, dans un cours d'eau en santé, une plus grande diversité de macro invertébrée benthique est observée que dans un cours d'eau pollué. Chaque organisme a également ses préférences quant aux conditions qui prévalent dans la rivière. En observant la diversité et l'abondance des diverses macros invertébrées benthiques des communautés, nous obtenons de l'information sur l'état de santé d'un cours d'eau et de son environnement immédiat (Bensaidi et Kirane, 2014).

Parmi les bio-indicateurs servant à l'évaluation de l'état de santé des cours d'eau, les macro-invertébrés sont les plus utilisés, et ce, pour plusieurs raisons :

- Ils possèdent une réaction rapide face aux changements environnementaux.
- Ils sont omniprésents et faciles à récolter en grand nombre.
- Ils reflètent les altérations de la qualité de l'eau et du substrat et possèdent également des niveaux de tolérance à la pollution (Bensaidi et Kirane, 2014).

III.3. Présentation de quelques groupes sélectionnés

III.3.1. Insectes

a. Coléoptères

Les coléoptères constituent en nombre d'espèces le principal ordre d'insectes. Ils sont connus depuis le permien et représentent donc un des plus anciens ordres d'insectes holométaboles. La présence d'une première paire d'ailes transformées en élytres chez l'adulte constitue la principale originalité de l'ordre. Environ 15% des espèces de coléoptères peuvent

être définies comme aquatiques (Tachet et *al.*, 2010). IL est admis que les Coléoptères sont tous d'origine terrestre, mais au cours de l'évolution de cet ordre, de nombreuses lignées sont adaptées à la vie aquatique (Engelhardt et *al.*, 1998).

a.1. Morphologie

a.1.1. Larves

Elles sont très polymorphes, également de tailles variées (un millimètre chez les genres *Hydroscapha* à 6 centimètres pour les genres *Hydrophilus* et *Dytiscus*). (Figures 30) (Tachet et *al.*, 2010).

- **Tête** : toujours bien différenciée et constitue une capsule céphalique entièrement sclérifiée. Les yeux sont constitués de stemmates. Les antennes sont de taille variable mais comprennent normalement quatre article, les mandibules sont généralement de type broyeur (Tachet et *al.*, 2000).

- **Thorax** : Le prothorax est plus développé que les deux autres segments. Les tergites peut être scélérifiés ou membraneux dans certains groupes. Les branchies sont dorsales ou ventrales, les pattes thoraciques sont toujours présentes, elles parfois très courte. La morphologie des trois paires de patte est souvent similaire. Le nombre d'articles constituant les pattes permet de différencier les Adephaga des deux sous-ordres de coléoptères (Tachet et *al.*, 2000)

- **Abdomen** : distingue de 8 à 10 segments visibles et est muni de branchies latérales ou dorsales ainsi que de pseudopode. L'extrémité de l'abdomen peut présenter des variations importantes : porter des appendices articulés pairs tels que les **urogomphes** (Dytiscidae), quatre crochets (Gyrinidae), une paire de styles stigmatiques (Donaciinae) ...; les derniers segments peuvent aussi former un atrium respiratoire (Hydrophilidae) (in Satha, 2014).

a.1.2. Nymphes

Elles sont terrestres chez la très grande majorité des coléoptères aquatiques, cependant, chez les Donaciinae et les Noteridae, elles sont logées dans un cocon sous l'eau qui est rempli d'air.

a.1.3. Adulte

L'aspect extérieur est de type, protothorax, ptérothorax et abdomen. La taille est très variable : 1mm pour le genre *Hemisphaera* à plus de 4 cm pour *Dytiscus* et *Hydrophilus* (Tachet et *al.*, 2000). La tête a une structure relativement constante (sauf chez les charançons et est prolongée en avant sous forme de rostre) (Dhouibi, 2002). Les mandibules et les maxilles sont habituellement grandes, arquées, fortement sclérifiées et plus ou moins dentées (Du Chatenet, 1990).

a.2 Biologie et écologie

L'appareil buccal des larves est souvent de type broyeur avec un régime alimentaire est varié : herbivore, des détritivores, algivore et des carnivore. La respiration des larves comprend quatre types majeurs : directement à travers le tégument, grâce à des stigmates s'ouvrant à l'extrémité de l'abdomen, à travers des branchies trachéennes et enfin à l'aide de crochets stigmatiques que la larve enfonce dans les canaux aérifères d'un végétal hydrophyte chez les larves de Donaciinae (Djebnoui et Nouar, 2015).

Les adultes ont tous un appareil buccal de type broyeur, certains sont prédateurs, mais la majorité est plutôt détritivore-algivore. La respiration se fait grâce aux stigmates qui s'ouvrent dans la cavité sous-élytrale ou grâce à un plastron respiration. La durée de vie est de un an à plusieurs années. La majorité des coléoptères aquatiques possède trois stades larvaires exceptés chez les Elmidae ou certains genres présentent cinq à six stades larvaires. La nymphose a très généralement lieu à terre dans une logette construite par la larve de dernier stade. Pour les Noteridae, les Donaciinae et quelque Curculionidae, la nymphose se passe en milieu aquatique dans un cocon rempli d'air (Djebnoui et Nouar, 2015).

Les Coléoptères ont colonisé tous les habitats d'eaux continentales, les larves peuvent se retrouver dans les milieux interstitiels à plusieurs centimètres des sédiments ; larves sont marcheuses, les adultes de nombreux genre sont marcheurs, mais certains genres sont nageurs en pleine eau (Dytiscidae et Hydrophilidae) ou en surface (Girinidae). La dispersion est assurée par le vol des adultes qui peuvent temporairement quitter le milieu aquatique (Djebnoui et Nouar Mouhamed Amin, 2015).



Figure 30. Larve de la famille de Dytiscidae

b. Diptères

En termes d'effectif, les diptères constituent le deuxième ordre d'insectes le plus important après les Coléoptères. La plupart des Diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal (Blephariceridae, Ptychopteridae, Chaoboridae, Culicidae, Dixidae, Simuliidae et Thaumaleidae); (Tachet et *al.*, 2010). En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des chironomidae qui est considérée tolérante à la pollution. Alors que les autres diptères ont une tolérance moyenne (Tachet et *al.*, 2010).

b.1. Morphologie

b.1.1. Larve

Les larves de Diptères ont des aspects morphologiques très différents (Engelhardt et *al.*, 1998 ; Tachet et *al.*, 2000 ; Dhouibi, 2002), elles se caractérisent par :

- Corps comprennent onze à quinze segments. Il est recourbé en U chez les Dixidae.
- Téguments membraneux.

- Larves eucéphale (Chironomus), hémicéphale (Dicranota) ou acéphales (Haematopota).
- Yeux réduits à des taches oculaires ou absentes (larves acéphales).
- Absence de pattes thoraciques articulées.
- Fausses pattes thoraciques (Figure 31a) et/ou abdominales (Chironomidae, Dixidae, Simuliidae,...).
- Pseudopodes ou bourrelets locomoteurs (Empididae, Athricidae,...).

La respiration peut se faire à travers le tégument (type apneustique : chironomidae), par des branchies trachéennes (Tipulidae) ou encore branchies sanguines chez les *chironomus*. D'autres larves ont des stigmates postérieurs (metapneustiques : Tipulidae) qui peuvent s'ouvrir à l'extrémité d'un siphon qui s'affleure à la surface et peuvent être pourvus d'une rosette de soies hydrofuges (cas des ptychopteridae et les tabanidae) ou des stigmates antérieurs (amphipneustiques) (Fouzari, 2009)

b.1.2. Nymphe

La nymphe des Diptères, dites pupe est un stade immobile (Dhouibi, 2002), elles peuvent présenter des aspects morphologiques différents :

- La tête et le thorax forment un volumineux céphalothorax (chez les moustiques) qui fait suite un abdomen étroit recourbé de forme générale en virgule ou en point d'interrogation. (Bendali-Saoudi, 2006).
- Elle peut être libres, dans une enveloppe souple fixée au substrat ou enfermées dans une enveloppe dure ou aquatique et mobile (Culicidae, Chironomidae), aquatiques et fixées au substrat (Simuliidae, Blephariceridae), (Figure 31b) aquatiques et peu mobiles (Empididae, Psychodidae), soit terrestres, près des rives (Ceratopogonidae) (Tachet et *al.*, 2000).

b. 1.3. Adulte

Ils sont caractérisés par une paire d'ailes et de deux balanciers (Figure 32,33), ces derniers sont inutiles pour la propulsion, mais essentielles au maintien de l'équilibre en vol (D Jurd, 2000).

La tête très mobile, le prothorax et le métathorax sont minuscules et, fusionnés avec le mésothorax qu'est très développé (Mathieu, 1995).

Six pattes se terminent par le tarse et une paire de griffes, ces derniers recouvrent un pulvillus qui leur permet de marcher sur les surfaces lisses (Dhouibi, 2002).

b.2. Biologie et écologie

La reproduction est toujours de type sexué avec l'existence de cas de parthénogenèse chez certains chironomides. Les Adultes ont une capacité de vol importante, ce qui assure une large dispersion. Le nombre d'œufs pondus est très variable de quelques centaines à des milliers. La durée du cycle vital est très variable : de quelques semaines (Culicidae et les Chironomidae) à un ou deux ans pour certains (Tabanidae). En général quatre stades larvaires, sept chez les simuliidae. Les larves aquatiques des Diptères sont répandues dans toutes les régions du monde, leur régime alimentaire est très variés : formes broyeuses, racleuses de substrat, filtreuse et prédatrices. Vis-à-vis de l'Homme, les adultes de Diptères peuvent constituer une source de nuisance soit en raison de leur pullulation, soit parce qu'ils appartiennent à des groupes dont les femelles ont un régime hématophage : Tabanidae, simuliidae, leptoconopinae (Tachet et *al.*, 2010).



Figure 31. Larves (a) et nymphes (b) de la famille des simuliidae

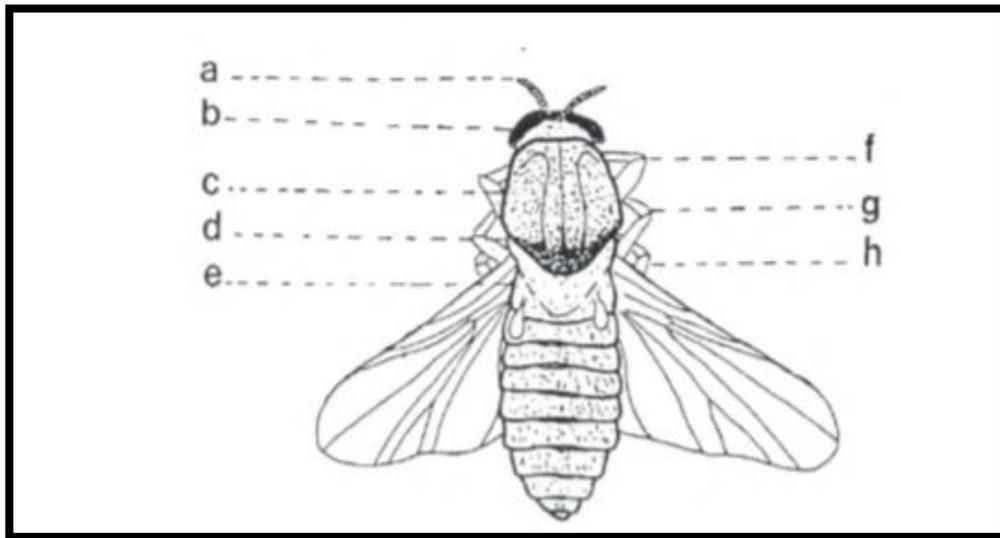


Figure 32. Anatomie d'une femelle adulte de la famille des simuliidae

a : antenne ; b : œil ; c : pronotum; d : mésonotum; e : scutellum ; f: patte droite 1; g : patte droite 2 ; h : patte droite3 (Clergue-Gazeau *et al.*, 1991)



Figure 33. Adulte femelle de la famille des simuliidae

III.3.2. Gastropodes

Les Gastéropodes est une importante classe d'animaux de l'embranchement des Mollusques, elle constitue, en terme de nombre d'espèces, la seconde classe du règne animal, après celle des insectes. On en dénombre environ 40.000 espèces différentes (Mathieu, 1995). Les Gastéropodes d'eau douce appartiennent à deux sous-classe : celle des Prosobranches (Figure 38) apparus au Cambrien et qui sont d'origine marine avec souvent des représentants

en eau saumâtres et celle des Pulmonés (Figure 39) apparus au Jurassique, dont l'origine terrestre (Tachet et *al.*, 2000).

-Chez les prosobranches, la coquille est toujours spiralée, fermée par un opercule calcaire ou corné. Cette coquille peut être conique ou plus ou moins aplatie dans un plan. Les yeux sont situés à la base des tentacules du côté externe.

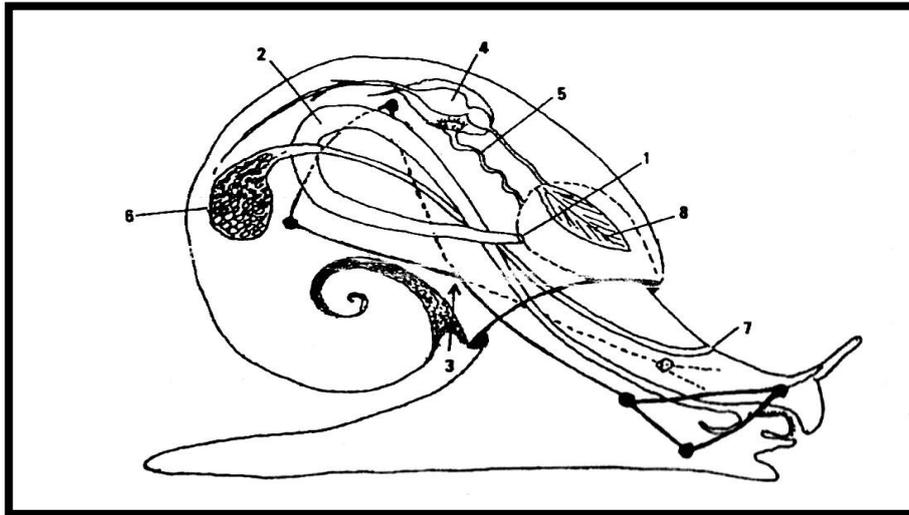


Figure 34. Plan d'organisation schématique d'un Prosobranché (Maissiat et *al.*, 2005 in Fouzari, 2009).

- (1) : Anus dorsal ; (2) : système digestif croisé ; (3) : croisement du système nerveux ;
(4) : cœur dans coelome péricardique ; (5) : néphridie ; (6) : gonade ;
(7) : orifice génital ; (8) : branchie et cavité palléale.

- Chez les pulmonés, la coquille est soit spiralée conique, soit en forme de « Chapeau chinois » (coquille patelliforme des Ancyliidae). Lorsque la coquille est spiralée, elle est soit dextre, soit senestre. La cavité palléale est transformée en poumon avec un orifice unique, le pneumostome. Chez les Ancyliidae, il n'y a plus de poumon. Les yeux sont situés à la base des tentacules (Basommatophores) du côté interne (Tachet et *al.*, 2000).

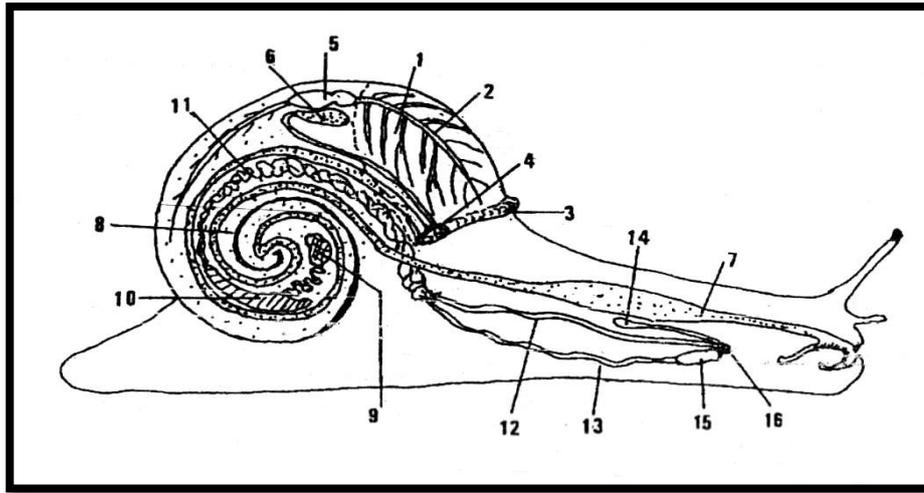


Figure 35. Plan d'organisation schématique d'un Pulmoné (Maissiat et *al.*, 2005 in Fouzari, 2009)

- (1) poumon ; (2) veine pulmonaire ; (3) bourrelet palléal ; (4) pneumostome ;
- (5) cœur ; (6) rein ou organe de Bojanus ; (7) œsophage et jabot ;
- (8) glande digestive ; (9) ovotestis ; (10) glande à albumine ;
- (11) voie hermaphrodite ; (12) voie femelle ; (13) voie mâle ;
- (14) poche copulatrice ; (15) pénis ; (16) orifice de ponte et d'accouplement.

III.3.2. Morphologie

- **Tête :** La tête de la plupart des Gastéropodes comporte une bouche, des yeux situés à la base, sur le pédoncule ou à l'extrémité des tentacules. Les tentacules sont des organes sensoriels, peuvent bouger dans toutes les directions, chez *Physa fontinalis*, ils sont longs et terminés en forme de soie (Engelhardt et *al.*, 1998).

- **Pied :** Le pied comporte une masse charnue visible de l'extérieur, il forme une sole de reptation (ou une nappe natatoire) riche en cellule glandulaire muqueuses et ciliées, isolées ou regroupées, étirées à l'arrière en forme de queue. Il sert à la locomotion et à l'adhérence (Maissiat et *al.*, 2005). L'extrémité antérieure du pied est large et divisée en deux lobes chez le genre *Valvata*. Il porte parfois un opercule (Prosobranches) (Engelhardt et *al.*, 1998).

- **Coquille** : La coquille des Gastéropodes ont des formes variables, de grandeur et de coloris. Elle joue une rôle de protection contre les prédateurs et la déshydratation (périodes de sécheresses) (Mathieu, 1995), elle est formée de trois couches (Maissiat et al., 2005), qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

- ✓ Le périostracum uniquement protéique.
- ✓ L'ostracum, formés de carbonates de calcium (CaCO₃).
- ✓ L'hypostracum constitué par alternance de lamelle de CaCO₃ et de protéines.

III.3.3. Biologie et écologie

Hermaphroditisme chez les pulmonés, et chez les prosobranches il y a séparation des sexes. Les femelles des prosobranches ou des pulmonés collent leurs œufs au substrat. La reproduction va du printemps à l'été ; le développement est de type direct. La durée de vie est de 9 à 15 mois ; c'est-à-dire que les individus meurent après la reproduction. Il y a monovoltinisme ou bivoltinisme. Il y a hibernation ou d'estivation, chez les lymnaeidae qui s'enfoncent dans la boue. Ils sécrètent alors un épiphragme. Les Gastéropodes sont herbivores, détritivores. Les poissons sont des principaux prédateurs des Gastropodes (Tachet et al., 2010).

C. Hémiptère :

Dans les habitats aquatiques ou semi-aquatiques, les Hémiptères peuvent se retrouver sous forme adulte ou larvaire. Cet ordre se subdivise Hémiptères en deux sous-ordres : les Hétéroptères et les Homoptères et est se caractérisent par la transformation de l'appareil buccal en rostre piqueur-suceur. Ce rostre, comporte deux canaux : l'un conduit la salive, l'autre permet l'absorption des liquides vers le pharynx (Tachet et al., 2000), leur tolérance à la pollution est moyenne.

Les Hétéroptères se différencient des Homoptères (Figure 34) par la composition de leurs ailes antérieures ou hémélytres, celles-ci sont composées de deux parties inégales : une partie sclérotinisée : la Corie et une partie membraneuse, (Bérenger, 2009 in Djebnoui Abderrezak, 2015)

C.1. Morphologie :

- **La tête** : la larve et l'adulte ont des yeux composés, les antennes sont longues (Gerromorpha) ou courtes (Cryptocérates). Le rostre est situé au niveau antérieur de la tête, et le labium est muni de un à quatre articles, alors que l'ensemble des Labres, mandibules et maxilles sont transformés en stylets qui délimitant trois canaux en position médiane : salivaires ; d'aspiration ; ou encore un canal unique chez les Corixidae (Poisson, 2007 in Djebnoui et Nour, 2015).
- **Thorax** : le métathorax est moins développé que le mésothorax, ce dernier possède une pièce impaire triangulaire appelé le scutellum (écusson). Les pattes sont de formes variées selon les groupes et selon leur position, le tarse compose de un à trois articles chez l'adulte et un seul chez les larves. Il y a une ou deux griffes. Les ailes présentent typiquement les deux parties caractéristiques des Hétéroptères : une partie proximale sclérifiée et une partie membraneuse, lorsque les ailes sont rabattues à plat sur l'abdomen (Poisson, 2007 in Djebnoui et Nour, 2015).
- **Abdomen** : il y a pas de cerque, les derniers segments sont transformés et constituent l'armure génito-anale. Chez l'adulte, on distingue les plus souvent, ventralement, cinq segments abdominaux ; on en compte six dorsalement (Poisson, 2007 in Djebnoui et Nour, 2015).

C.2. Biologie et écologie

Il existe cinq stades larvaires chez les Nepomorpha. La respiration se fait directement à travers le tégument chez les deux premiers stades de développement. Chez l'imago la respiration est tributaire de l'oxygène qui est stocké dans l'espace compris entre les ailes et abdomen. La ponte est endophytique, le cycle vital est monvoltin rarement bi ou polyvoltin. Les familles des Nepomorpha qui sont des Hétéroptères aquatique. Ils sont prédateurs, cependant, certains corixidae sont détritivores ou consommateurs d'algues. Alors que les Gerridae sont des prédateurs (cadavres d'insectes ou d'autres invertébrés tombés à l'eau) (Tachet et al., 2010).



Figure 36. Adultes de la famille des Notonectidae (*Nautonecta glauca*)

d. Ephéméroptères

Les Ephéméroptères sont considérés comme l'ordre d'insectes à métamorphose incomplète qui passent par les stades de l'œuf et de la larve avant de subir la transformation en insecte ailé. Cet ordre présente une grande originalité quant au passage du stade adulte avec la présence de deux stades ailés successifs : d'abord le subimago, non sexuellement mature aux ailes opaques et à la coloration terne, puis l'imago aux ailes transparentes (Houmeur et Bendada, 2016).

d.1. Morphologie

d.1.1. Larves et les Nymphes

Les larves nymphes des Ephéméroptères ressemblent plus ou moins aux imagos, toute fois, elles montrent des caractères adaptatifs spéciaux et sont toujours pourvues de pièces buccales de type broyeur. La présence de deux ou trois longs filaments caudaux (Figure 35) (2 cerques et 1 paracerque), de branchies trachéennes abdominales et d'une seule griffe à chaque patte sont des caractères typiques et communs à toutes les larves d'éphéméroptères (Grac, 1990).

- **Tête:** elle porte deux yeux composés, situés latéralement ou dorsalement et présentent souvent déjà le dimorphisme sexuel des adultes et sont plus grand chez les mâles que chez les

femelles. Trois ocelles sont situés sur la partie dorsale de la tête, tandis que les antennes filiformes et de longueur variable sont insérées sur la partie antérieure. L'appareil buccal de type broyeur comprend sept pièces bien développées un labre, deux mandibules, deux maxelles, un hypopharinx, et un labium (Grac, 1990).

- **Thorax** : les larves possèdent un thorax généralement bien segmenté en trois parties (prothorax, mésothorax et métathorax). Les faces dorsales (pronotum, mésonotum et métanotum) sont reliées aux faces ventrales (prosternum, mésosternum, et métasternum). Chaque segment thoracique porte une paire de pattes bien développées formées de cinq articles (coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse) et munies d'une seule griffe pouvant être denticulée. Pendant la vie larvaire, les ailes se développent dans les fourreaux portés par le mésonotum et le métonotum (Grac, 1990).

- **Abdomen** : Constitué de dix segments visibles dorsalement (les tergites) et ventralement (les sternites). Le dixième tergite porte deux longs cerques et un troisième filament caudal au milieu. Les segments abdominaux antérieurs portent des branchies trachéennes permettant d'absorber l'oxygène dissous dans l'eau pour l'amener aux organes par un système de trachées très fines (Grac, 1990).

d.1.2.Adulte : ils possèdent une très brève existence, ne s'alimentent pas et vivent à proximité de l'eau, ils possèdent des ailes (une ou deux paires d'ailes, avec des postérieures, toujours plus petites que les antérieures), et aux très nombreuses nervures, sont relevées verticalement au-dessus du dos. Les antennes peuvent être courtes ou longues, et l'appareil buccal est atrophié. L'extrémité de l'abdomen porte deux longues soies et souvent une troisième entre elles. Ils ont une très brève existence, ne mangent pas et vivent près de l'eau (Grac, 1990).

d.2.Biologie et écologie

Une femelle pond en moyenne entre 700 et 2000 œufs. Certaines femelles peuvent avoir de 6000 œufs (*Ephemera sp.*) voire plus de 12000 (*palingenia sp.*) alors que certaines espèces d'Heptaniidae ne pondent guère plus d'une centaine d'œufs. Comparativement à celles des autres insectes et exception faite des insectes sociaux, la fécondité des femelles d'éphémères est très élevée. L'éclosion des œufs donne naissance à des larvules ne dépassant pas un millimètre de long et dépourvue de branchies. Les œufs de certaines espèces de cloeon éclosent dès qu'ils rentrent en contact avec l'eau. Chez d'autres d'espèces, l'éclosion n'aura lieu qu'après une diapause hivernale. La taille des larves augmente lors de chaque mue, et leur croissance n'est donc pas continue. Les éphémères sont les insectes qui possèdent le plus grand nombre de stades larvaires (10-50 mues), cependant, ce nombre n'est pas constant au

sein d'une même espèce, même lorsque les conditions environnementales sont identiques (Houmeur et Bendada, 2016).

Les éphémères sont présents dans le monde entier à l'exception de quelques îles du pacifique et, bien entendu, des zones polaires. La plupart des larves sont détritivores, dont la dispersion est assurée surtout grâce à la dérive (Tachet et *al.*, 2000).



Figure 37. Larve de la famille des Ephéméroptère

e. Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les plupart des larves sont aquatiques et se cachent dans des fourreaux ornementés, un seul genre *Enoicyla* de la famille des *Limnephidae* est adapté à la vie terrestre. Ces insectes ressemblent à des papillons de nuit et sont aisement abte quand ils sont attirés par la lumière. Pendant la journée, ils restent immobiles cachés au sein de la végétation. De façon générale, les trichoptères sont sensibles à la pollution (Grac, 1990).

e.1. Morphologie

e.1.1. Larves

La larve est de type eucéphale ; on distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen.

- **Tête** : la capsule céphalique comporte un sclérite dorsale, les yeux sont petits avec des simples tâches oculaire, les antennes sont très réduites et les pièces buccales comportent un labre, d'une paire de mandibules qui s'articulent ventralement et qui portent des soies sur la face interne (Figure 36) (Grac, 1990).

- **Thorax** : le thorax est formé de 3 segments bien individualisés portant chacun une paire de pattes. Le pronotum est toujours entièrement sclérifié, ventralement le prothorax peut porter une ou plusieurs pièces sclérifiées : le prosternite. Le mésonotum est soit membraneux ou sclérifié, ventralement pour le métathorax la disposition est la même que le mésothorax c'est-à-dire soit membraneux ou présenter des tâches sclérifiées. Les pattes sont longues, formées des articles : hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse composé d'un seul article qui se termine par une griffe. Les pattes pro thoraciques sont courtes et trapues et sont un auxiliaire à l'appareil buccal et servent également à la construction de l'étui. Alors que les pattes méso et méta thoraciques servent à la locomotion. (Grac C, 1990).

- **Abdomen** : constitué de 9 segments bien individualisés généralement mous, bien que chez certains genres remarque la présence de sclérite dorsaux. Les branchies sont de type tubulaire et peuvent être simples ou doubles et organisé en filaments de trois ou plus formant une houppe branchiale (Grac C, 1990).

- **Nymphe** : elles sont cependant relativement immobile, aptes seulement à faire onduler leur abdomen dans le fourreau ou la logette pour y entretenir un courant d'eau. Elles se caractérisent par la présence d'yeux composés, de pattes et d'antennes allongées. Les fourreaux alaires, comme les antennes, sont rabattus ventralement. La nymphe possède par ailleurs des organes strictement nymphaux qui lui permettent de quitter son fourreau et d'émerger (Grac C, 1990).

e.2. Biologie et écologie

Le stade adulte correspond essentiellement à la période de reproduction, c'est souvent en vol que les males recherchent les femelles. La ponte dont la durée suit de près, l'accouplement, dont la durée varie de quelques heures à un petit nombre de jours (Grasse, 1951 in Houmeur et Bendala, 2016). On rencontre essentiellement chez certaines familles des

formes monovoltines et des formes polyvoltines. Après l'accouplement, les œufs sont déposés dans l'eau ou sur la végétation proche. Les larves éclosent parfois seulement après l'hiver et effectuent plusieurs mues jusqu'au stade nymphal. Lors de cette étape, elles s'enferment dans un fourreau fermé solidement fixé au substrat. La nymphe quitte le cocon grâce à de solides mandibules et rejoint la surface de l'eau ou la rive afin d'effectuer sa métamorphose.

L'adulte ne se nourrit pas et vit quelques jours après l'émergence pour se reproduire et pondre. Les larves de Trichoptères constituent une source de nourriture pour de nombreux invertébrés ou pour les poissons. Quant aux adultes, ils constituent des proies pour les oiseaux et les chauves-souris (in Djebnoui et Nouar, 2015).



Figure 38. Larve d' Hydropsychidae et philopotamidae de la famille des Trichoptères

f. Odonates

Les Odonates forment un ensemble assez homogène quant à leur cycle de développement leur morphologie, et écologie générale. Le caractère le plus étonnant est l'appartenance de toutes les espèces à deux mondes radicalement différents : le milieu aquatique où se développent les larves et le milieu aérien où virevoltent les adultes. Ce changement de mode de vie implique d'importantes transformations physiologiques (changement du mode respiratoire, mise en fonction des organes reproducteurs) mais aussi

morphologiques (déploiement des ailes) et bien évidemment comportementales (changement des modes de chasse, développement des comportements reproducteurs) (Jourde, 2010). L'ordre des Odonates se divise en deux sous-ordres principaux dont les caractéristiques sont très distinctes : Zygoptères et Anisoptère (Tachet et al 2010).

f.1. Morphologie

f.1.1. Larves

Les larves d'odonates ont un corps divisé de la même manière que les adultes. La partie inférieure de la tête présente la particularité de posséder un organe préhensile spécialisé pour la capture des proies appelé labium. Les larves d'Anisoptères présentent une tête plus étroite que le corps avec un abdomen relativement massif et large qui se termine par cinq petites pointes triangulaires tandis que les larves de Zygoptères présentent une tête plus large que le corps. Ce dernier est allongé avec un abdomen étroit et cylindrique qui se termine par trois branchies en forme de feuille. (Figure 37a, b) [14].

f.1.2. Adulte

- **Tête** : très mobile, est rattachée à la partie antérieure du prothorax, elle porte une paire d'yeux composés de taille généralement imposante ainsi que deux antennes généralement de taille très réduite [14].
- **Thorax** : souvent bien coloré et est composé de deux parties fusionnées : le prothorax et le synthorax. Le prothorax est très réduit et porte les pattes antérieures. Le synthorax, formé par la fusion du méso et métathorax, porte les 2 paires d'ailes membraneuses ainsi que les deux paires de pattes médianes et postérieures [14].
- **Abdomen** : toujours très allongé, est constitué de 10 segments abdominaux fixés au synthorax. Il porte les pièces copulatrices. L'appareil copulateur complexe des mâles est implanté sur la face ventrale du second segment abdominal. Chez les femelles, il est porté par les 8^{ème} et 9^{ème} segments. Le 10^{ème} segment, généralement très réduit, se termine par les appendices anaux [14].

f.2. Biologie et écologie :

Les odonates sont de grands prédateurs des écosystèmes aquatiques et humides auxquels ils sont étroitement liés (Grand et Boudot, 2006). Ce sont à la fois des insectes hémimétaboles dont le développement est dépourvu de stade nymphal immobile et hétérométaboles car l'adulte et la larve ne vivent pas dans le même milieu. D'une façon générale, après l'accouplement, la femelle dépose ses œufs soit en les insérant dans les plantes

soit en les abandonnant dans l'eau. Les œufs donnent naissance à une pro larve, puis à une larve qui va subir un certain nombre de mues avant d'atteindre la forme adulte (9 -16 mues). Les odonates occupent des milieux très variés : des bassins saumâtres aux lacs de montagne et il n'est guère de milieux aquatiques qui ne puissent être colonisés par des odonates, ainsi et par leur dépendance aux milieux aquatiques, et par leur sensibilité aux modifications des habitats, la diversité odonatologique peut être un outil intéressant pour évaluer la qualité des milieux (Dommanget, 1989 ; Masselot et Nel, 2003). Leur dépendance des milieux aquatiques en fait des espèces sensibles aux modifications d'habitats. Cette sensibilité à la qualité des milieux aquatiques est variable et dépend des espèces. Certains recherchent des milieux pionniers pauvres en végétation, d'autres dépendent d'eau vive, de la qualité de l'eau, de la surface des sites de reproduction. Par contre, d'autres espèces montrent une adaptation à un très large éventail de milieux : c'est le cas par exemple d'*Ischnuraelegans* (Deliry, 1996).



Figure 39-a : larve Zygoptère d'un Lestidae ; **b :** larve Anisoptère d'un Libellulidae et corduliidae.

IV. Matériel et méthodes

IV.1. Matériel

IV.1.1. Sur le terrain

Afin de réaliser nos prélèvements un ensemble d'outils ont été utilisés sur le terrain et au laboratoire à savoir (Figure 40-49):

- ✓ Multi paramètre WTW
- ✓ GPS
- ✓ Filet surber
- ✓ Pinces entomologiques
- ✓ Flacon en plastique
- ✓ Eau distillé
- ✓ Éthanol 80%
- ✓ Chronomètre et appareil photo du téléphone portable
- ✓ Bottes
- ✓ Bloc note
- ✓ Stylo et crayon



Figure 40. Pinces entomologiques.



Figure 41. Filet Surber.

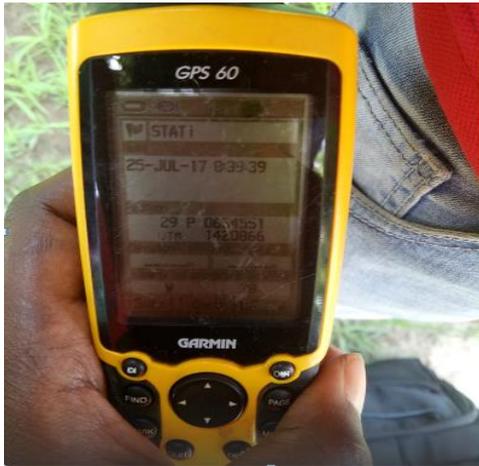


Figure 42. GPS.



Figure 43. Paires de bottes Botte.



Figure 44. Multi paramètre.



Figure 45. Flacons en plastique.

IV.1.1.1. Matériel au laboratoire

- ✓ Loupes binoculaires
- ✓ Boîtes de pétrie
- ✓ Pinceaux
- ✓ Carnet de notes
- ✓ Flacons en verres
- ✓ Etiquettes
- ✓ Guides (clés d'identification)
- ✓ Ethanol 95%



Figure 46. Boîtes de pétrie.

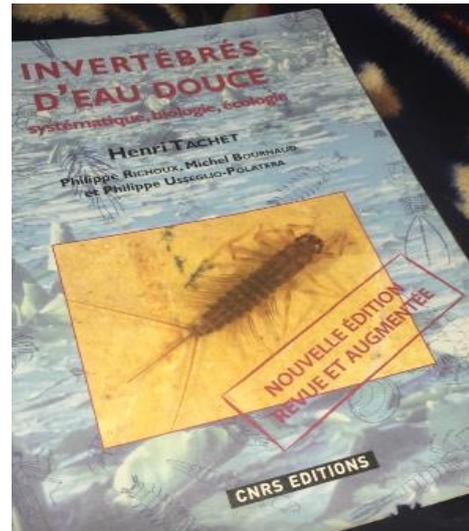


Figure 47. Guide d'identification.



Figure 48. Flacons .



Figure 49. Loupe binoculaires.

IV.2.Méthodes

IV.2.1.Choix des stations

Le choix des stations dans chaque région a été fait sur la base des critères suivants :

- La sécurité dans les différents régions d'études ou nous nous sommes rendu (les régions du nord malien sont instable en ce moment).
- Les régions choisis ont une grande variance climatique.
- Variabilité mésologique entre les différentes stations.

IV.2.2. Méthode sur terrain

IV.2.2.1. Echantillonnage

Les prélèvements ont été réalisés sur une période étalée sur trois mois (de juillet à septembre) de l'année 2017, dans cinq (5) régions du Mali (qu'on appelle wilaya en ALGERIE) : Kayes, Koulikoro, Sikasso, Bamako, et Ségou (où nous n'avons pas trouvés d'échantillons). Les dates des prélèvements apparaissent sur le tableau suivant :

Tableau 28. Sites et Dates de prélèvement d'échantillonnage du Mali par région

Régions	Stations	Date
Kayes	Kayes N'di	13/09/2017
	Papaka	14/09/2017
Koulikoro	Kolebougou	25/07/2017
	Station 2 Koulikoro	25/07/2017
Sikasso	Chute De Farako	20/08/2017
	Koutiala	23/08/2017
	Wolobougou	23/08/2017
Ségou	Pas De Station	18/08/2017
Bamako	Djelibougou	26/07/2017
	Titiboubou	26/07/2017

IV.2.2.2. Techniques de prélèvement de la faune

Les récoltes de la faune benthique a été effectuée à l'aide d'un filet Surber (fabriqué par nous-même) dont le vide de maille est de 500 micromètres. La technique consiste à immerger le filet jusqu'au fond du cours d'eau dans le sens contraire du courant, tout en raclant le substrat afin de prélever le maximum de faune. Par la suite, le contenu du filet est lavé puis déposé dans des flacons en plastiques et verre qui contiennent de l'éthanol 80%. Les invertébrés sont prélevés à l'aide de pinces fines et conservés dans les flacons. Sur le

terrain et pour chaque station prospectée, le temps de capture est de 20 minutes maximum afin de ne pas anéantir le peuplement et de permettre le renouvellement de la faune.

A chaque sortie et pour chacune des sorties, nous avons effectué nos prélèvements dans cinq faciès différents selon essentiellement la nature du courant d'eau (très rapide, rapide, moyen lent et stagnante) qui détermine le type du substrat. (Figure 50 a, b, c)



Figure 50. Échantillonnage sur terrain (25/07/2017)

IV.2.2.3. Mesure des paramètres physico chimique :

Nous avons réalisé les mesures de trois paramètres (Température, pH et oxygène dissous) et ceci pour mieux cerner les conditions physico-chimiques de l'eau où se développe la faune. Les mesures ont été faites à l'aide d'un appareil multi paramètre type «WTW » (Figure 44).

▪ **La température**

La température de l'eau est un facteur important dans la vie d'un cours d'eau elle peut être modifiée d'une part par les conditions locales et d'autre part par les rejets comme elle peut être influencée par la température de l'air.

C'est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (Dajoz, 1996 in Boukhateb Y, 2013). Elle représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003 in Boukhateb Y, 2013). La température de l'eau ainsi que celle de l'air sont exprimées en degré Celsius (°C).

▪ **Le pH**

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de «pH» permet de mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. C'est une mesure du degré de caractère acide (prédominance des ions H sur les ions OH) ou basique (prédominance inverse) d'une solution aqueuse (Frontier Et Pichod-Vial, 1998 In Boukhateb, 2013).

Ce facteur conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique. Ses variations n'affectent les eaux naturelles que dans des cas extrêmes (Cherkaoui, 2006 in Boukhateb, 2013). Il joue un rôle important dans les processus biologiques.

▪ **L'oxygène dissous**

C'est un élément fondamental indispensable à la vie, dans l'eau. Ses teneurs sont liées au processus photosynthétique exercé par les algues benthiques et planctoniques, à la respiration des organismes vivants animaux et végétaux, ainsi qu'au phénomène de minéralisation de la matière organique présente dans le milieu sous forme dissoute.

L'oxygène dissous est peu soluble dans l'eau et ce gaz peut jouer un rôle de facteur limitant dans le milieu aquatique (Dajoz, 1996 in Boukhateb, 2013). L'oxygène est un facteur écologique essentiel, il constitue normalement 35 % de volume des gaz dissous dans l'eau (Arrignon, 1976 in Boukhateb, 2013).

▪ La vitesse de l'eau :

C'est un facteur limitant qui conditionne les possibilités de l'existence des espèces des organismes en fonction de leurs limites de tolérance. La faune des eaux courantes est différente de la faune des eaux stagnantes avec des caractères d'adaptation qui permettent à ces derniers de lutter contre le courant et de se protéger (Angelier, 2003 in Boukhateb, 2013).

A cause de la difficulté de mesure de la vitesse, sa mesure est estimée par sa valeur dans chacune des stations. Notre mesure a été faite à partir d'un flotteur (emballage de protection des produits électroniques contre les chocs) qu'on relâche à la surface de l'eau sur une distance de 5m, puis la mesure du temps est faite par un chronomètre.



Figure 51. Mesure des paramètres physico chimique sur terrain.

IV.2.3.Méthode au laboratoire

IV.2.3.1. Tri de la faune

Il s'agit d'abord d'extraire la faune attachée aux débris végétaux et les petits cailloux. Le triage de détermination de la faune est réalisé sous une loupe binoculaire, à l'aide de pinces entomologique et de boîte de pétrie.

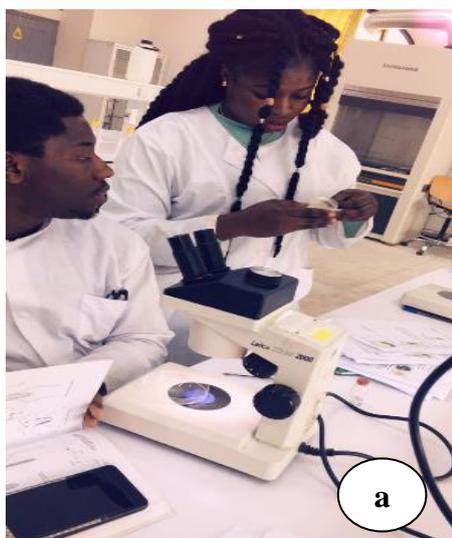


Figure 52. Tri des individus.

IV.2.3.2. Dénombrement

Le dénombrement consiste à compte le nombre total des individus de chaque flacon. Les spécimens sont comptés par lot de station et ceux qui manifeste des aspects similaires sont regroupés ensemble par flacon étiquetés contenant de l'éthanol à 80% (Figure 53).

L'identification ; a été réalisée à l'aide du guide d'identification des invertébrés d'eau douce de (Tachet et *al.*, 2010).



a



b

Figure 53. Dénombrement et identification de la faune.

IV.4. Analyse de la structure du peuplement

L'ensemble des organismes vivants peuplant un habitat est l'expression synthétique des facteurs écologiques qui conditionnent le milieu. L'analyse de la composition faunistique permet donc une évaluation de l'état de ce milieu, toute perturbation provoquant des modifications plus ou moins marquées des communautés vivant qu'il héberge.

L'utilisation de variables biologiques s'est ainsi progressivement imposée comme moyen d'apprécier la qualité des eaux et des systèmes aquatiques, car ils présentent un certain nombre d'avantages et de complémentarités par rapport aux variables physico-chimiques.

IV.4.1. Indices Ecologiques de Composition

Les indices écologiques de composition appliqués sont présentés par la richesse spécifique totale et moyenne, la fréquence centimale ou abondance relative et la fréquence d'occurrence.

IV.4.1.1. Richesse spécifique

La richesse spécifique (**S**) est l'ensemble des espèces que comporte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984 in Boulkenat, 2006) donc **S** est le nombre des espèces obtenu a partir du nombre total des relevés.

IV.4.1.2. Abondance relative

L'abondance relative correspond à la participation d'une espèce en terme d'individus **ni** par rapport au total des individus **N** (Dajoz, 1971 in Boulkenafet, 2006). Elle est calculée par la formule suivante :

$$c = \frac{ni}{N} \times 100$$

ni : nombre de l'espèces **i**

N : nombre totale des relevés effectués

IV.4.1.3. Fréquence d'occurrence

Elle représente le nombre de relevé qui contient l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés (Dajoz, 1982 in Boulkenafet, 2006). Elle est calculée comme suit :

$$F = \frac{P_i}{N} \times 100$$

P_i : nombre des relevés contenant l'espèce étudiée **N** : nombre total des relevés effectués

Son interprétation est la suivante :

F > 50% l'espèce est qualifié constante.

25% ≤ F ≤ 50% l'espèce est accessoire.

F < 25% l'espèce est accidentelle.

IV.4.2. Indice écologique de structure

Les indices écologiques de structure appliquée dans l'adresse des résultats sont l'indice de Shannon-Weaver, Simpson, Hill ainsi que l'équitabilité (équirépartition).

IV.4.2.1. Indice de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon est l'indice de diversité le plus couramment utilisé pour quantifier simultanément la richesse taxonomique d'une communauté (Barbault, 2000 in Boulkenafet, 2006).

Cet indice est défini comme étant la probabilité d'occurrence d'un événement et calculé selon la formule suivante :

$$H' = \sum P_i \log P_i$$

P_i : la fréquence relative de l'espèce ou **P_i = n_i / N**

n_i : nombre d'individus d'une espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H tend vers 0. L'indice est maximal quand tous les individus sont repartis d'une façon égale pour toute les espèces (Anonyme, 2004 in Boulkenafet, 2006).

IV.4.2.2. Indice De Simpson :

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum ni(ni - 1) / N(N - 1)$$

ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

D = 0 indique le maximum de diversité.

D = 1 indique le minimum de diversité.

IV.4.2.3. L'indice de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson :

$$Hill = \frac{1}{D} / e^{H'}$$

1/D : l'inverse de l'indice de Simpson

$e^{H'}$: L'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une meilleure interprétation de la diversité observée (Anonyme, 2004 in Boulkenaf, 2006).

IV.4.2.4. Equitabilité :

L'indice d'équitabilité représente le rapport de l'indice de Shannon-Weaver H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H' max)

$$E = \frac{H}{H'MAX}$$

$H' \max = \text{Log}_2 S$

S : la richesse spécifique

Cet indice peut varier entre 0 et 1, il est maximal lorsque chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus, et il est minimal quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement (Ramade, 1984 in Boulkenafet, 2006).

PARTIE II



V. Résultats et Discussion

V.1. Résultats

V.1.1. Qualité physique de l'eau

V.1.1.1. La température de l'eau

La variation de température observée au niveau des différentes stations est reportée sur le tableau 29 et la figure 54. La température minimale est enregistrée dans la station de la chute de Farako avec une moyenne de 28,3 °C alors que la température maximale est observée dans la station de Papaga avec une moyenne de 40°C.

Tableau 29. Valeurs de températures enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnages.

Stations	Kolèbougou	Station 2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
T (°c)	32,5	34,2	29	33,2	28,3	29,1	30,8	40	31,9

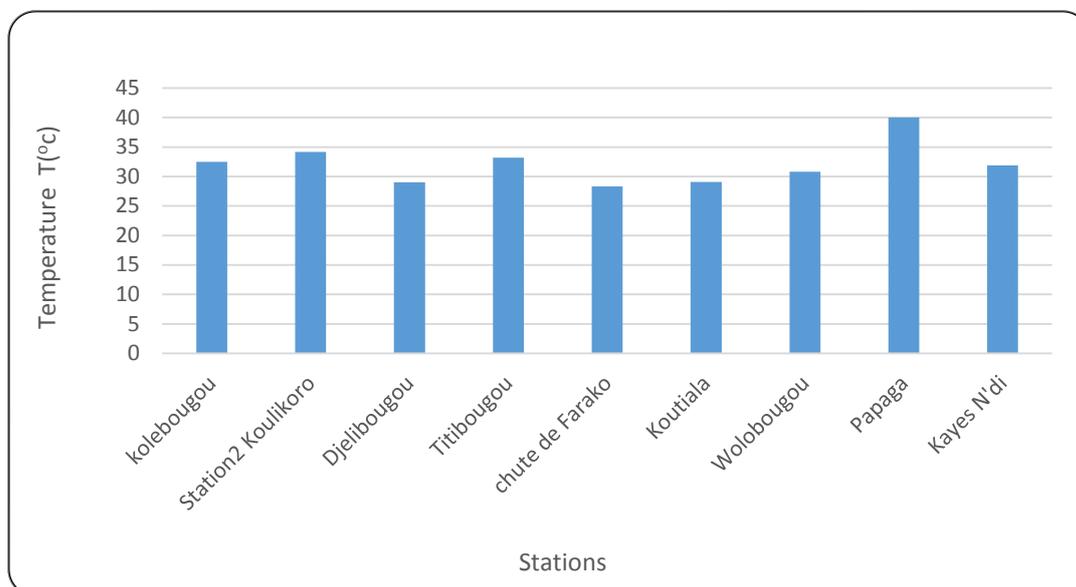


Figure 54. Variation de la température au niveau des stations échantillonnées.

V.1.1.2. Oxygène dissous

Les valeurs enregistrées pour ce paramètre montrent que les stations de Djélibougou et de Koutiala sont les sites les plus faiblement oxygénées par rapport aux autres stations, alors que les stations de Kolébougou et de Titibougou ont une quantité plus forte en oxygène dissous (tableau 30, figure 55).

Nos résultats indiquent également qu'il existe une relation inversement proportionnelle entre l'oxygène dissous et la température (figure 56).

Tableau 30: Valeurs de l'oxygène dissous enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnage

Stations	kolebougou	Station2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
Oxygène dissous (mg/L)	8,81	7,01	4,07	8,65	7,51	3,69	7,3	7,36	5,25

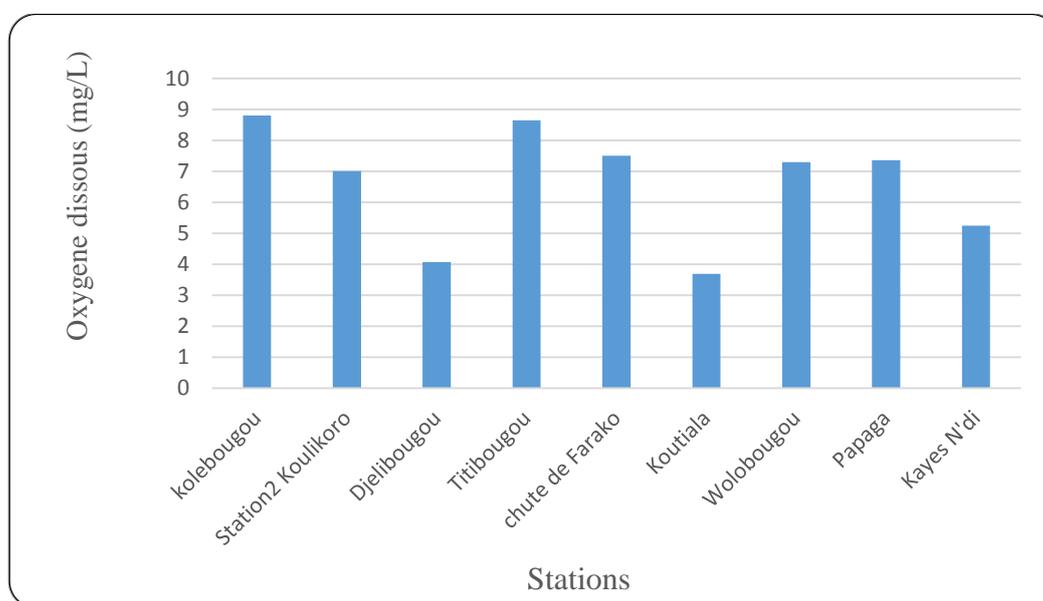


Figure 55. Variation de l'oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées.

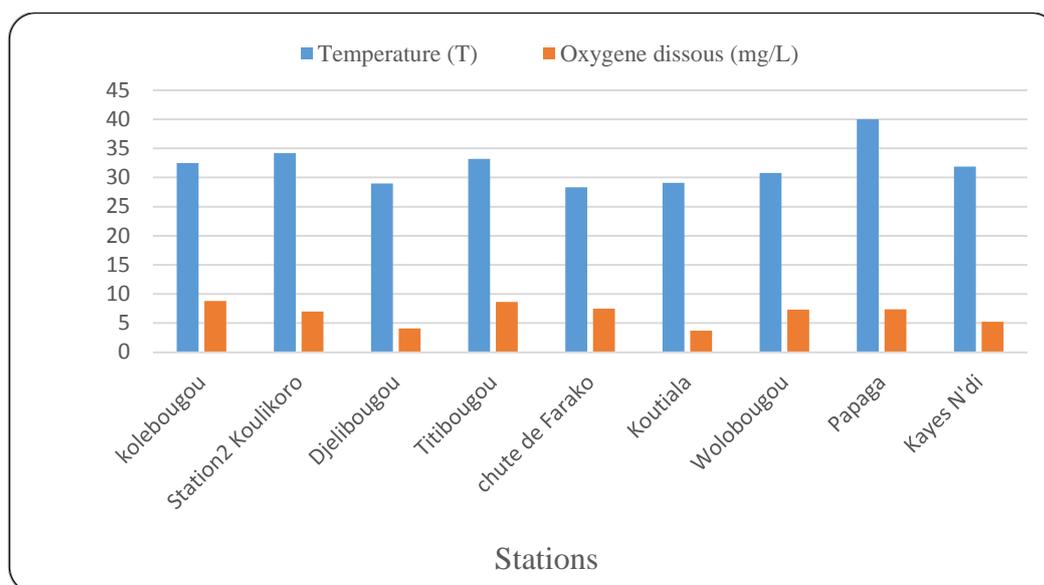


Figure 56. Variation de la température en fonction de l’oxygène dissous au niveau des stations échantillonnées.

V1.1.3. Potentiel d’hydrogène pH

Les fluctuations du pH mentionnées dans le tableau 31 et la figure 57 indiquent que les cours d’eau prospectés sont dans l’ensemble faiblement ionisés à l’exception de 3 stations (chute de Farako, Koutiala, et wolobougou) qui affichent un pH légèrement acide.

Tableau 31. Valeurs du pH enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées.

Stations	kolebougou	Station2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
pH	8,21	7,02	6,44	7,05	6,15	6,62	6,2	8,11	7,99

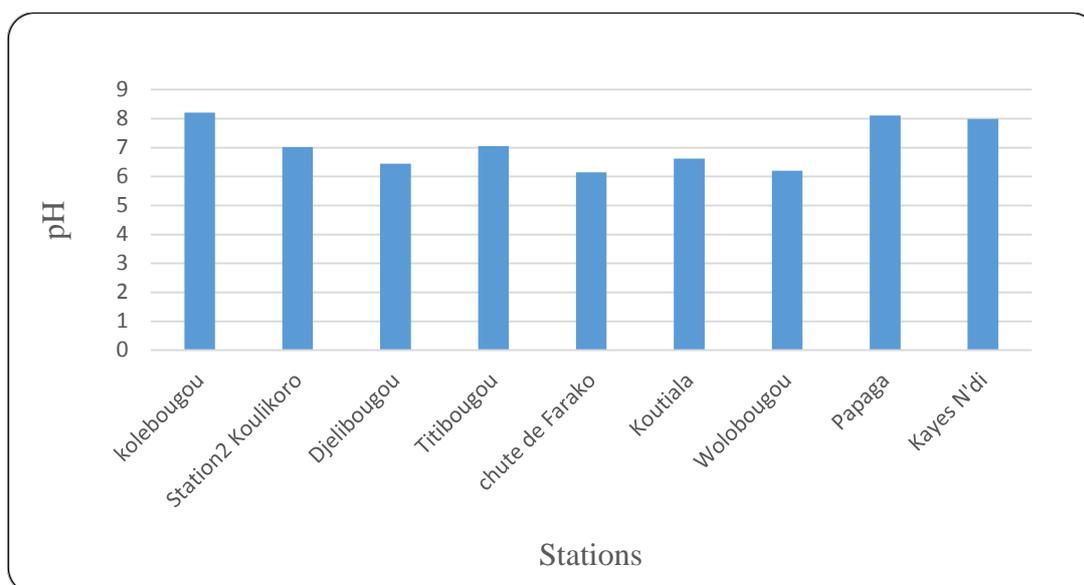


Figure 57. Variation du pH au niveau des stations échantillonnées.

V.1.1.4. Profondeur de la lame d'eau

La profondeur de l'eau influence non seulement le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophile mais également agit sur la teneur en oxygène (Sachi & Testard 1971 in Chakri, 2007).

Le tableau 32 et la figure 58 récapitulent les valeurs de la profondeur et la largeur du lit des différentes stations.

On remarque que la station de Kolèbougou est le site le plus profond et que la station de Koutiala est le point le moins profond alors que le cour d'eau de Wolobougou est le plus large (15m) tandis que la largeur la plus faible est observée au niveau de la station de Papaga (4m).

Tableau 32. Valeurs de la largeur et de la profondeur du lit enregistrées au niveau des différentes stations d'échantillonnage

Stations	kolebougou	Station2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
Largeur (m)	6	5	7	8	10	5	15	4	7
Profondeur (m)	0,49	0,17	0,16	0,25	0,25	0,1	0,21	0,2	0,25

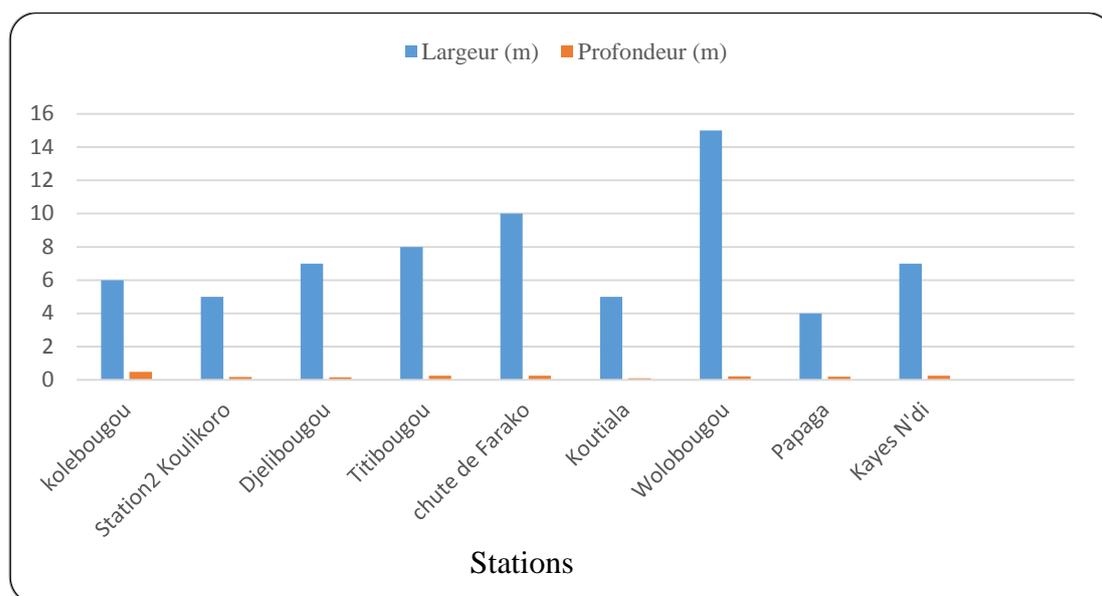


Figure 58. Largeur et profondeur du lit de l'eau au niveau des stations échantillonnées.

V.1.1.5. Vitesse de l'eau

D'après le tableau 33 et la figure 59 on remarque que :

- La chute de Farako à la plus grande vitesse (1,38 m/s) à cause du grand mouvement de sa chute d'eau.
- La station qui occupe la 2^{ème} place est celle de Wolobougou avec une vitesse de (1,25 m/s).
- Les vitesses des stations de Koutiala (0,67 m/s) ; station 2 Koulikoro (0,57 m/s) ; Djélibougou (0,50 m/s) n'atteignent pas 1 m/s.
- Quant aux autres stations Kolébougou, Titibougou, Papaga et Kayes N'di ; leurs vitesses sont nulles à cause de leurs statut stagnants

Tableau 33. Valeurs de la vitesse de l'eau enregistrée au niveau des différentes stations échantillonnées.

Stations	kolebougou	Station2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
Vitesse (m/s)	0	0,57	0,50	0	1,38	0,67	1,25	0	0

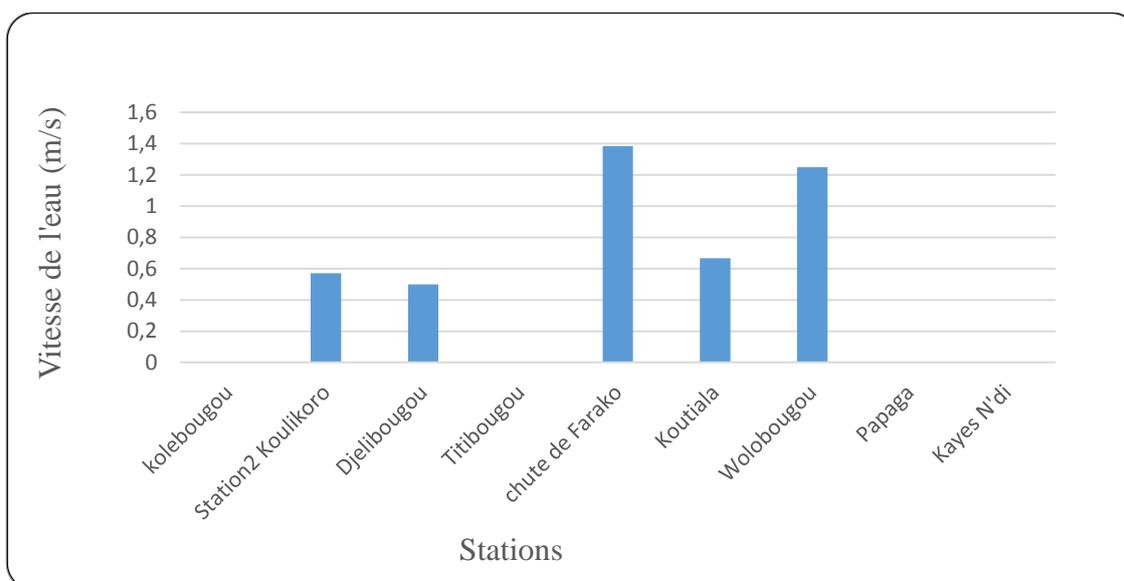


Figure 59. Vitesse de l'eau au niveau des stations échantillonnées.

V.1.2. Indices de diversité

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces (Grall et Coïc, 2005).

En ce qui suit nos résultats obtenus quant aux différents paramètres écologiques retenus :

V.1.2.1 Indice de Shannon

L'indice de Shannon calculé (tableau 34, figure 60) pour les différentes stations inventoriées montre que la station de Papaga affiche la valeur la plus élevée (2,9), suivie par la station de Koulikoro (2,32) puis par la station de Djélibougou (2,14). Les valeurs obtenues pour le même indice indiquent que le site le plus pauvre en espèces est celui de Kayes N'di (0,79).

Tableau 34. Valeurs de l'indice de Shannon enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées.

Stations	Kolebougou	Station2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
H'	1,73	2,32	2,14	1,82	1,21	1,69	2,06	2,90	0,79

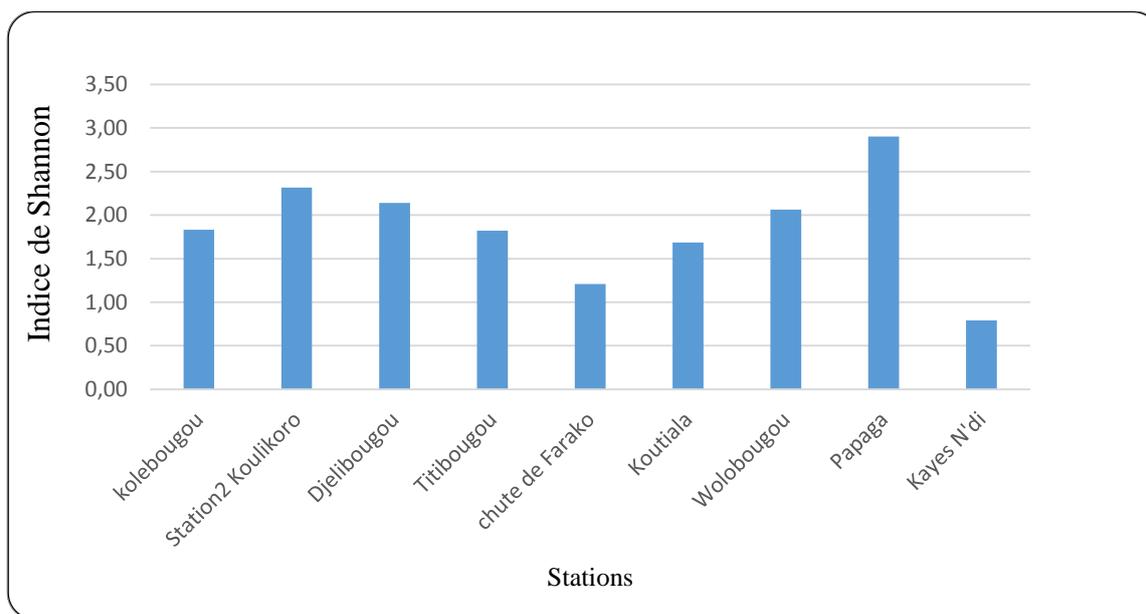


Figure 60. Variation de l'indice de Shannon au niveau des différentes stations échantillonnées.

V.1.2.2. Equitabilité :

L'équitabilité obtenue à l'échelle de notre aire d'étude (tableau 35, figure 61) révèle un peuplement équilibré avec des valeurs élevées presque dans toutes les stations sauf la station de Kayes N'di dans laquelle la quasi-totalité des effectifs sont concentrés sur une seule famille des *Notonectidae* ; ses résultats confirme ceux obtenus pour l'indice Shannon (Figure 62).

L'indice d'équitabilité varie de 0 à 1. Le maximum 0,87 est enregistré à Papaga et 0,8 à Koutiala. Une équitabilité élevée est l'indice d'un peuplement équilibré (Dajoz., 1985).

Tableau 35. Valeurs de l'indice d'équitabilité enregistrées au niveau des différentes stations échantillonnées.

Stations	kolebougou	Station 2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	Chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
E	0,67	0,83	0,83	0,78	0,52	0,84	0,74	0,87	0,40

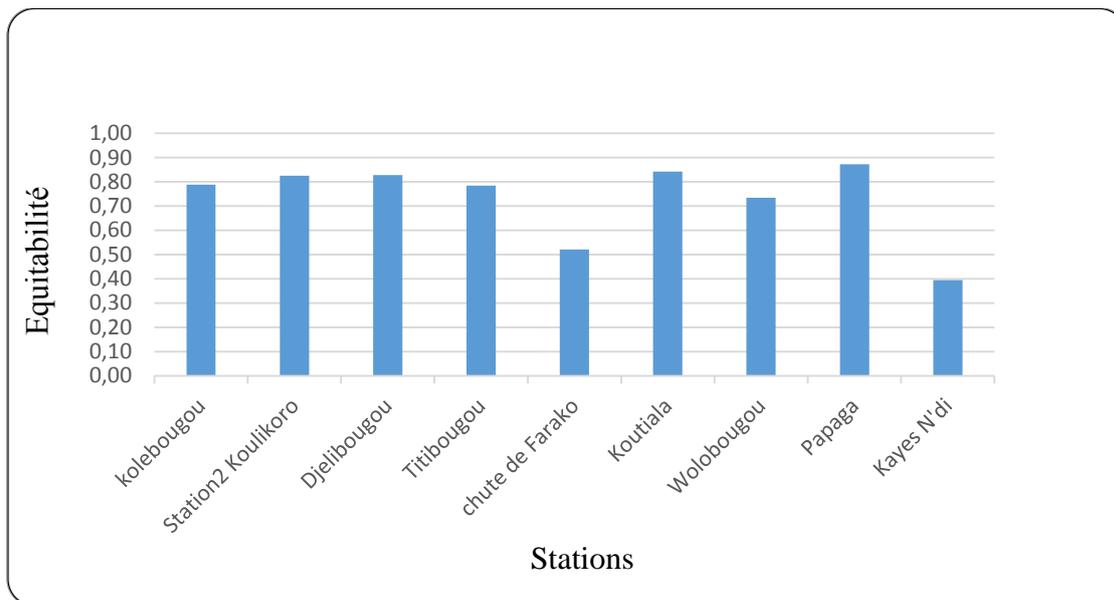


Figure 61. Variation de l'indice d'équitabilité au niveau des stations échantillonnées.

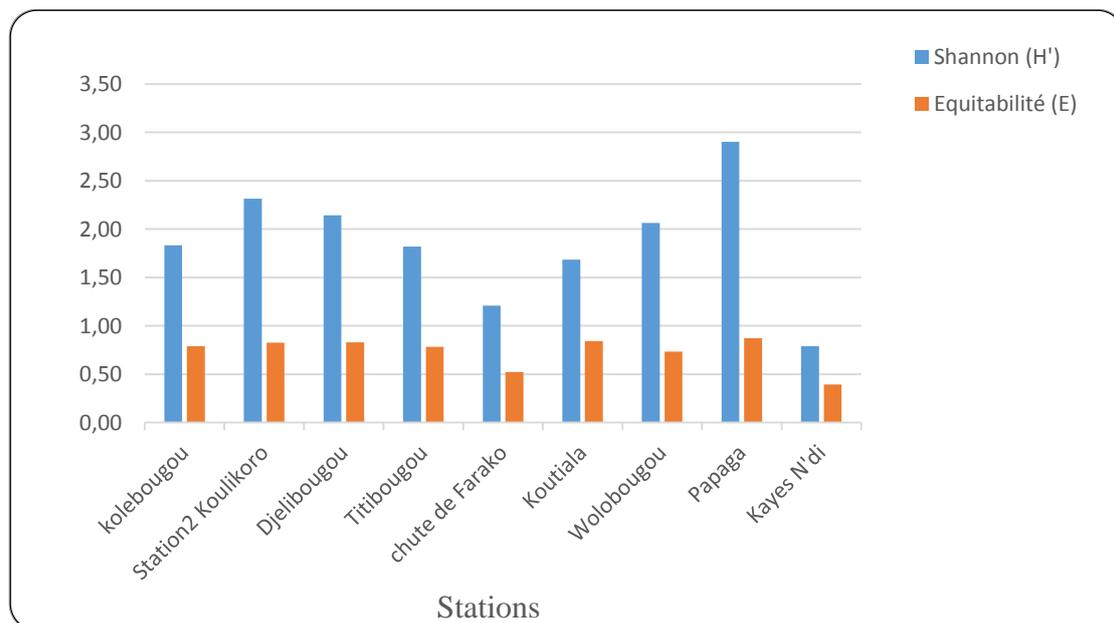


Figure 62. Variation de l'indice de Shannon en fonction de l'équitabilité au niveau des stations échantillonnées.

V.1.2.3. Indice de Simpson

Etant donné que cet indice exprime la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce du fait qu'une valeur de (0,74) a été notée au niveau

RESULTATS ET DISCUSSION

de la station de Kayes N'di. Ceci traduit une diversité top faible. En l'occurrence une valeur de 0,14 a été enregistrée pour la station de Papaga ce qui signifie une richesse spécifique élevée a son niveau (tableau 36, figure 63).

Tableau 36. Valeurs de l'indice de Simpson enregistrées au niveau des stations. Échantillonnées.

Stations	kolebougou	Station 2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
D	0,30	0,24	0,23	0,32	0,59	0,31	0,29	0,14	0,74

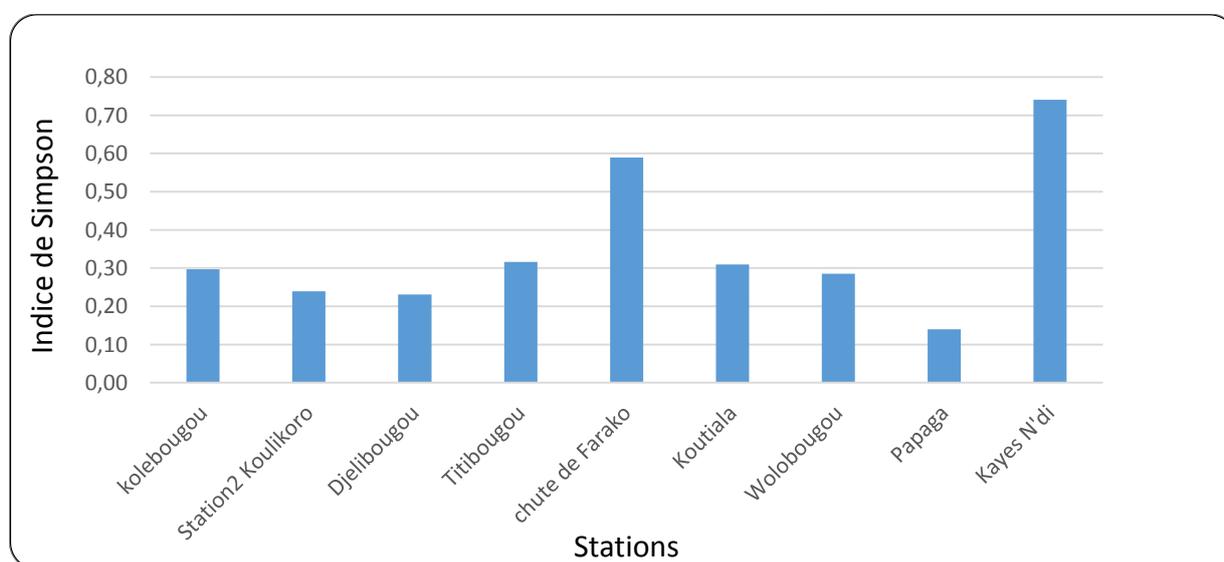


Figure 63. Variation de l'indice de Simpson au niveau des stations échantillonnées.

V1.2.4. L'indice de Hill

La valeur de l'indice de Hill la plus élevée a été notée au niveau des stations de Kayes N'di, puis ensuite de Koutiala avec respectivement 0,61 et 0,60 (tableau 37, figure 64). A cet égard, la station de Papaga affiche l'indice le plus faible (0,39).

Tableau 37. Valeurs de l'indice de Hill enregistrées au niveau des stations échantillonnées.

Stations	kolebougou	Station 2 koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	Kayes N'di
Hill	0,54	0,41	0,51	0,51	0,51	0,60	0,44	0,39	0,61

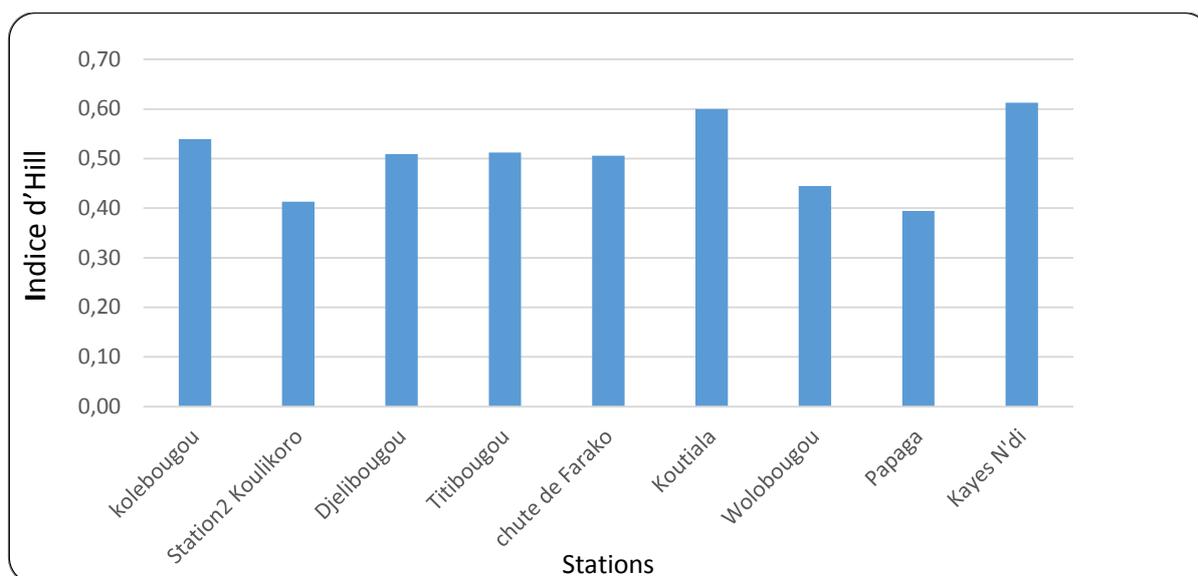


Figure 64. Variation de l'indice d'Hill au niveau des stations échantillonnées.

V.1.2. Etudes faunistique

V.1.2.1. Check-list de la faune inventoriée

La présente étude faunistique a permis de recenser aux cours des campagnes de prélèvements (Annexe 1 et 2) un total de 280 individus repartis en 8 groupes zoologiques (familles et genres) (tableau 32).

La check-List qui regroupe les niveaux taxonomiques inventoriées est présente dans le tableau 33, elle reflète une importante richesse taxonomique de la région retenue dans notre étude. **Tableau 32.** Nombre de familles et de genres par groupe zoologique.

Groupe zoologique	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
Hémiptères	7	11	9
Coléoptères	4	6	6
Odonates	6	6	6
Diptères	5	7	6
Trichoptères	3	2	1
Ephéméroptères	2	0	0
Branchiopodes	1	1	1
Gastéropodes	2	2	2
Total	30	35	31

Tableau 39. Check-list des taxa inventoriés au niveau de la région d'étude la faune

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre/ Espèce		
Arthropoda	Insecta	Hemiptère	Veliidae	<i>Velia (plesiovelia) caprai</i> <i>Rhagovelia sinuata</i>		
			Mesovelidae	<i>Mesovelia mulsanti</i>		
			Notonectidae	<i>Notonecta glauca</i>		
			Gerridae	<i>Gerris lacutris</i> <i>Rheumatobates</i> <i>Limnogonus aduncus micropteros</i>		
				Nepidae	<i>Nepa Cinerea (Nèpe cendré)</i> <i>Renatra linearis</i>	
					Corixidae	<i>Tenagobia selecta</i>
			Naucoridae	<i>Limnocoris</i>		
		Coleoptère	Dytiscidae	<i>Dytiscus dytiscinae</i> <i>Thermonectus circumscriptus</i>		
			Gyrinidae	<i>Gyrinus natator</i>		
			Haliplidae	<i>Haliplus immaculicollis</i>		
			Noteridae	<i>Noterus clavicornis</i> <i>mesonoterus cf laevicollis</i>		
		Odonate	Calopterygidae	<i>Calopteryx splendens</i>		
				Lestidae	<i>Lestes sponsa</i>	
				Libellulidae	<i>Indothemis carnatica</i>	
				Coenagrionidae	<i>Phyrhosoma nymphula</i>	
				Aeshnidae	<i>Aeshna cyanea</i>	
				Cordulidae	<i>Somatochlora arctica</i>	
		Diptère	Simulidae	<i>Simulium (Meillonium)adersi</i> <i>Simulium (Nevermania)ruficorne</i> <i>Simulium</i> <i>(Edwardsellum)damnosum</i>		
				Thaumaleidae	<i>Thaumalea testacea</i>	
				Chironomidae	<i>Chironomus</i>	
				Psychodidae	<i>Phlebotomus papatazi</i>	
		Trichoptère	Ephydridae	<i>Brachydeutera pupevium</i>		
			Philopotamidae	<i>Philopotamus montanus</i>		
				Hydropsychidae	<i>Smicridae</i>	
		Polycentropodidae				
		Ephemeroptère	Baetidae			
			Polymatarcyidae			
		Branchiopoda	Anostracés	Streptocephalidae	<i>Streptocephalus moorei</i>	
		Mollusque	Gasteropode	Basommatophora	Physidae	<i>Aplexa hypnorum</i>
				Pulmonata	Lymnaeidae	<i>Lymnaea stagnalis</i>

V.1.2.2. Analyse globale de la faune benthique

Le benthos est constitué d'invertébrés vivants dans le fond des cours d'eau, ces derniers se répartissent d'une manière hétérogène en fonction de la nature du substrat, certains sont fixés, d'autres rampants ou encore fousseurs. Leur distribution dépend des conditions environnementales. Ainsi tout changement des conditions environnementales entraîne des changements dans les communautés, notamment au niveau de la composition faunistique. Ainsi l'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés en place.

Afin de donner un aperçu comparatif de la structure des peuplements d'invertébrés recensés dans les neuf stations étudiés, nous avons établi des secteurs représentant les fréquences d'abondances de chaque famille.

- Dans la station de kolebougou (Figure 65), la famille la mieux représentée est celle des Veliidae avec 50%, la famille des Dytiscidae est très peu représenté, Lymnaeidae, Nepidae et Notonectidae sont également représentés en faibles proportions.
- Dans la station de koulikoro (Figure 66), la famille la mieux représenté est celui des Simuliidae avec 45 %, les Hydropsychidae et Corixidae sont très peu représentés. Les Polycentropodidae, Philopotamidae, Baetidae et les Calopterygidae sont également représentés en faibles proportions.
- Dans la station de Djelibougou (Figure 67), ce sont les Veliidae et les Chironomidae qui sont les mieux représentés avec des taux respectifs de 48 % et 23 %. Les Gerridae, Psychodidae, Notonectidae et Libellulidae sont très peu représentés.
- Dans la station de Titibougou (Figure 68), les peuplements les mieux représentés sont les Notonectidae (53 %) et les Corixidae (23 %), suivies des Naucoridae, des Libellulidae et les Haliplidae.
- Dans la station de la chute de Farako (Figure 69), la famille la mieux représenté est celui des Simuliidae avec 78%, les Gyrinidae sont très peu représentés. Les Gerridae, Veliidae et les Mesoveliidae sont également représentés en faibles proportions.
- Dans la station de Koutiala (Figure 70), la famille la plus abondante est celle des Simuliidae avec 55%, les Baetidae et les Corixidae sont les moins abondantes avec 18%. Les Dytiscidae sont en faibles portions.
- Dans la station de Wolobougou (Figure 71), les Simuliidae sont les mieux représentés avec 45 %, les Libellulidae et les Chironomidae sont très représentés. Les Gyrinidae, les Ephydriidae et les Thaumaleidae sont en faibles portions.

RESULTATS ET DISCUSSION

- Dans la station de Papaga (Figure 72), familles les mieux représentées sont celle des Lestidae avec 25 %, les Streptocephalidé avec 21 %, les Notonectidae, Dytiscidae et Aeshnidae sont très peu représentées, les Libellulidae, Naucoridae, Nepidae et Physidae sont également représentées en faibles proportions.
- Dans la station de Kayes N'di (Figure 73), avec 86 % de l'effectif total des invertébrés recensés, les Notonectidae représentent la majorité écrasante laissant loin derrière les Polymitarcidae, les Coenagrionidea et les Nautoridae.

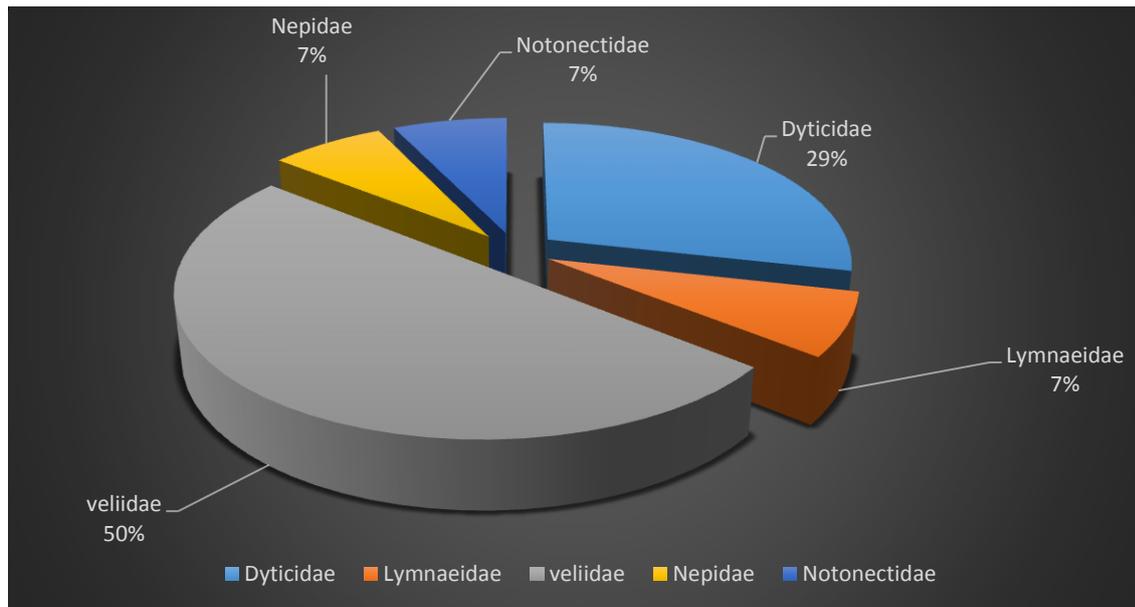


Figure 65. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de kolebougou.

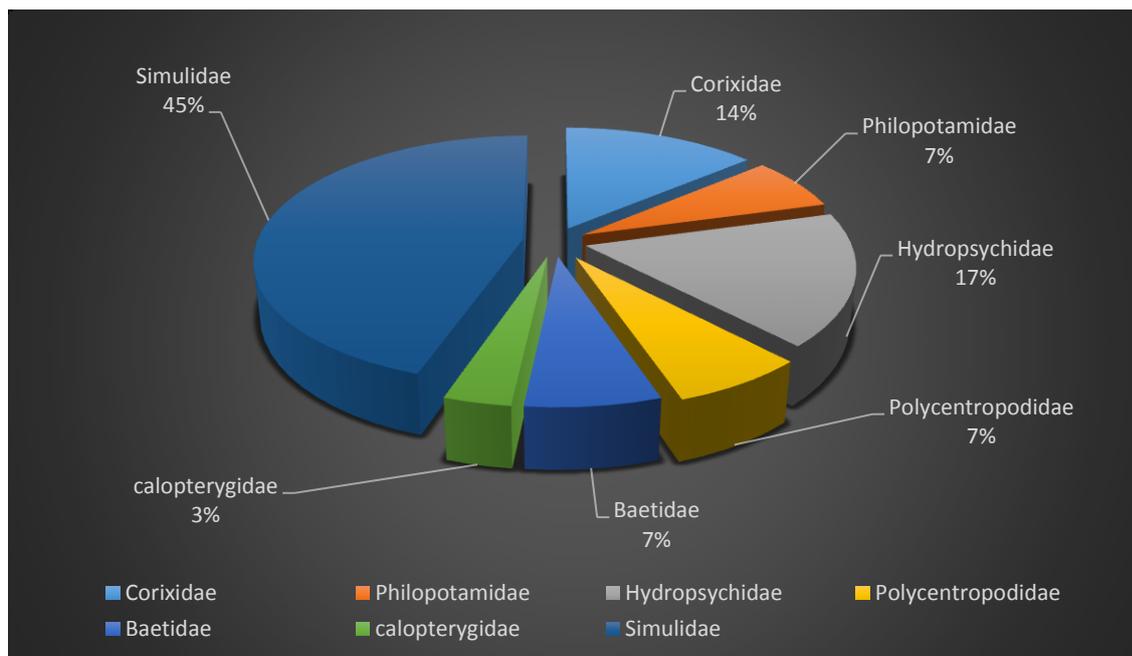


Figure 66. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station 2 Koulikoro.

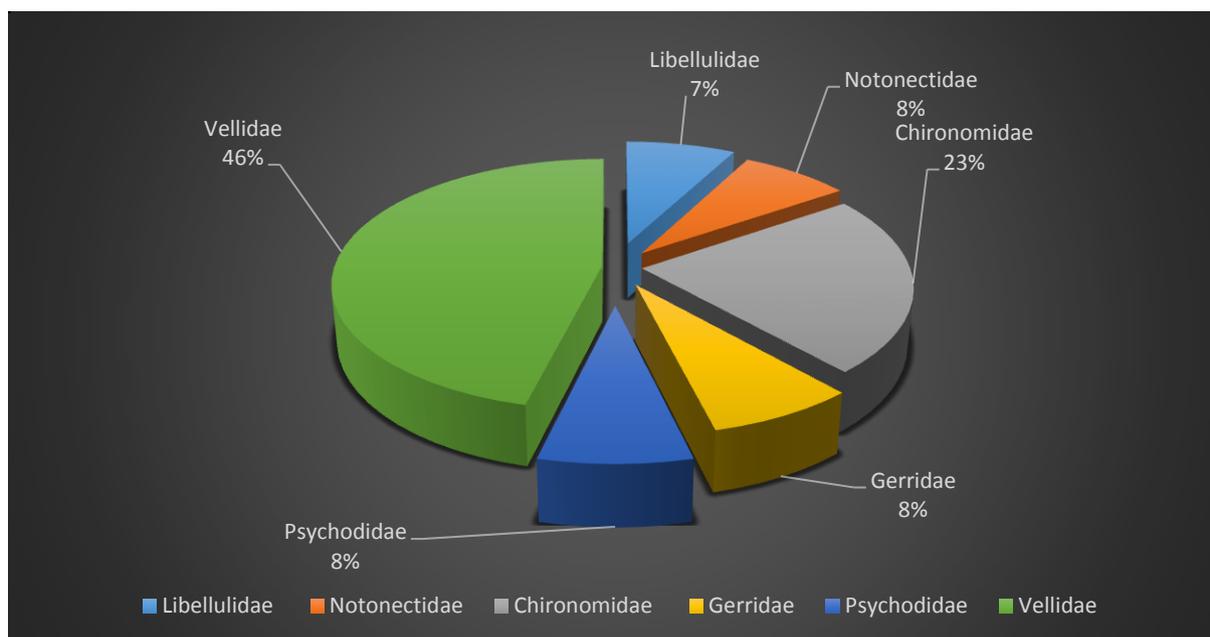


Figure 67. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de Djelibougou.

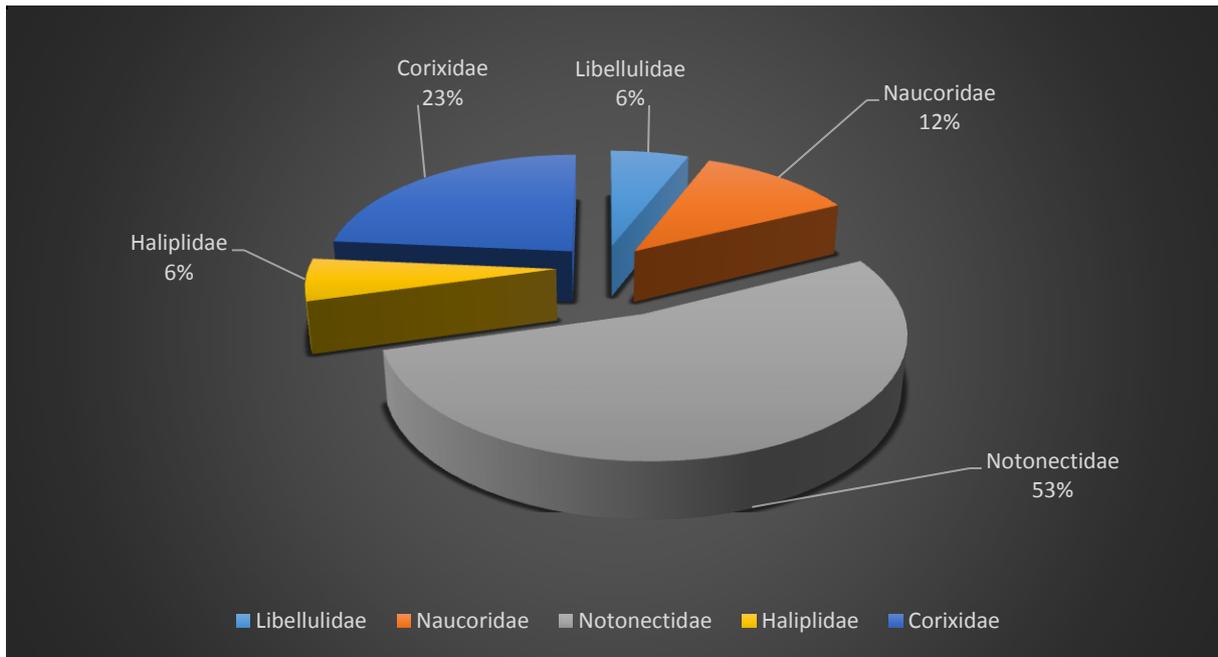


Figure 68. Fréquence des macro-invertébrés au niveau de la station de Titibougou.

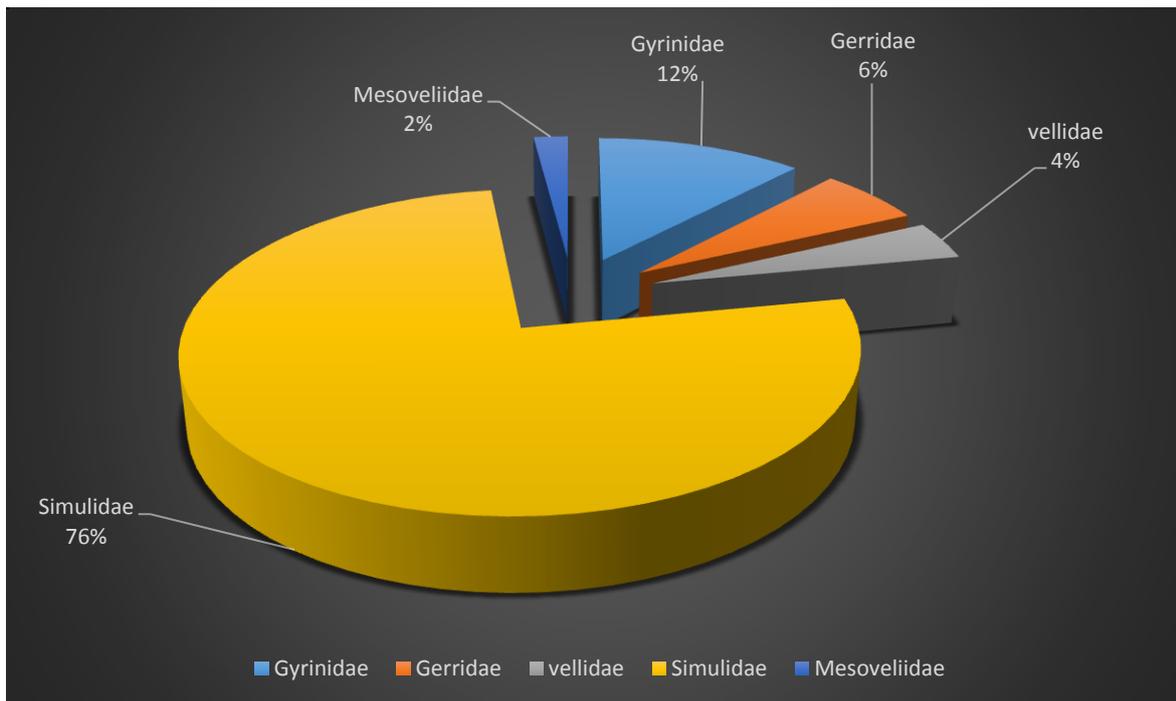


Figure 69. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de la chute de Farako.

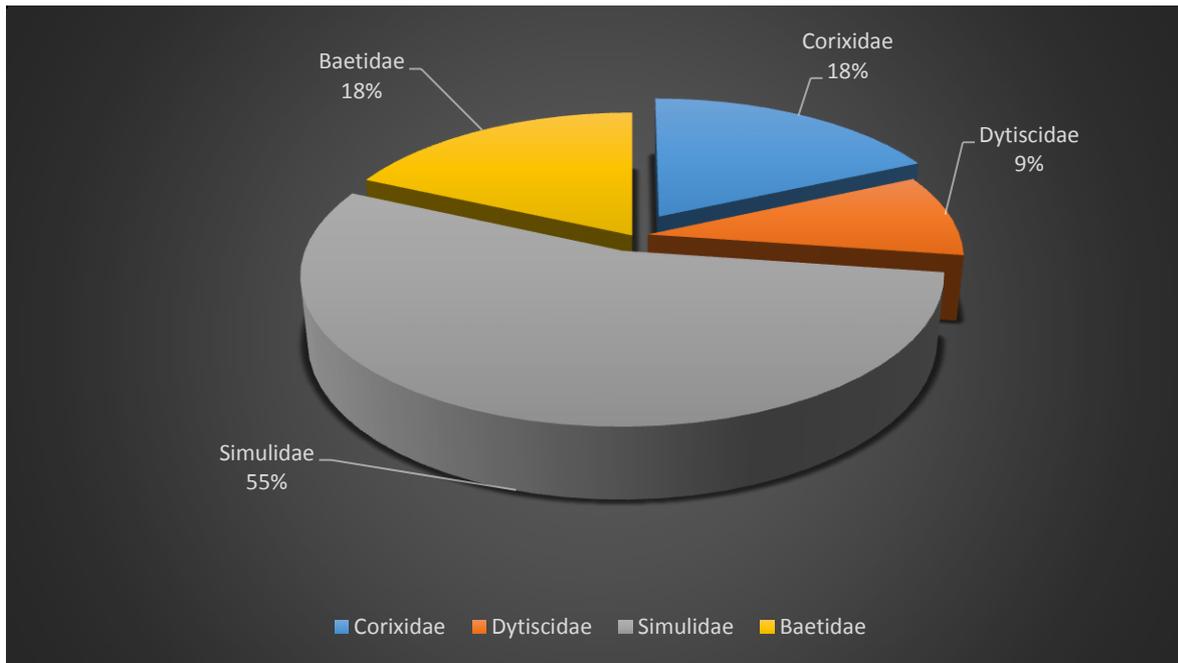


Figure 70: Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Koutiala.

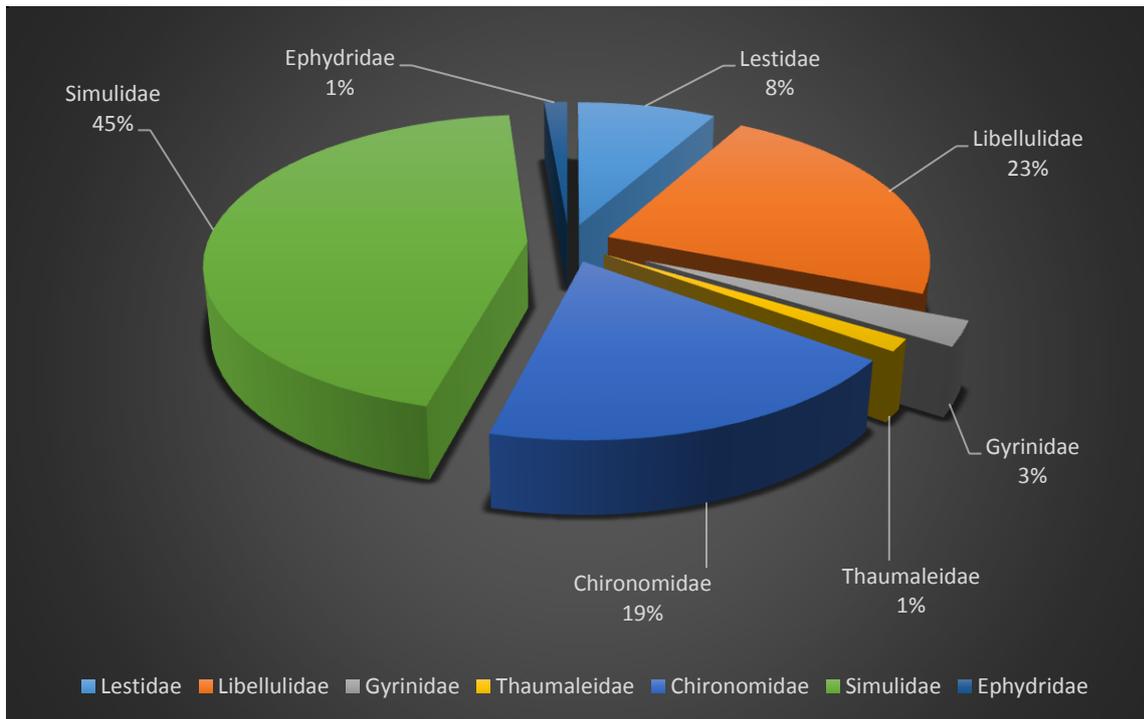


Figure 71. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Wolobougou.

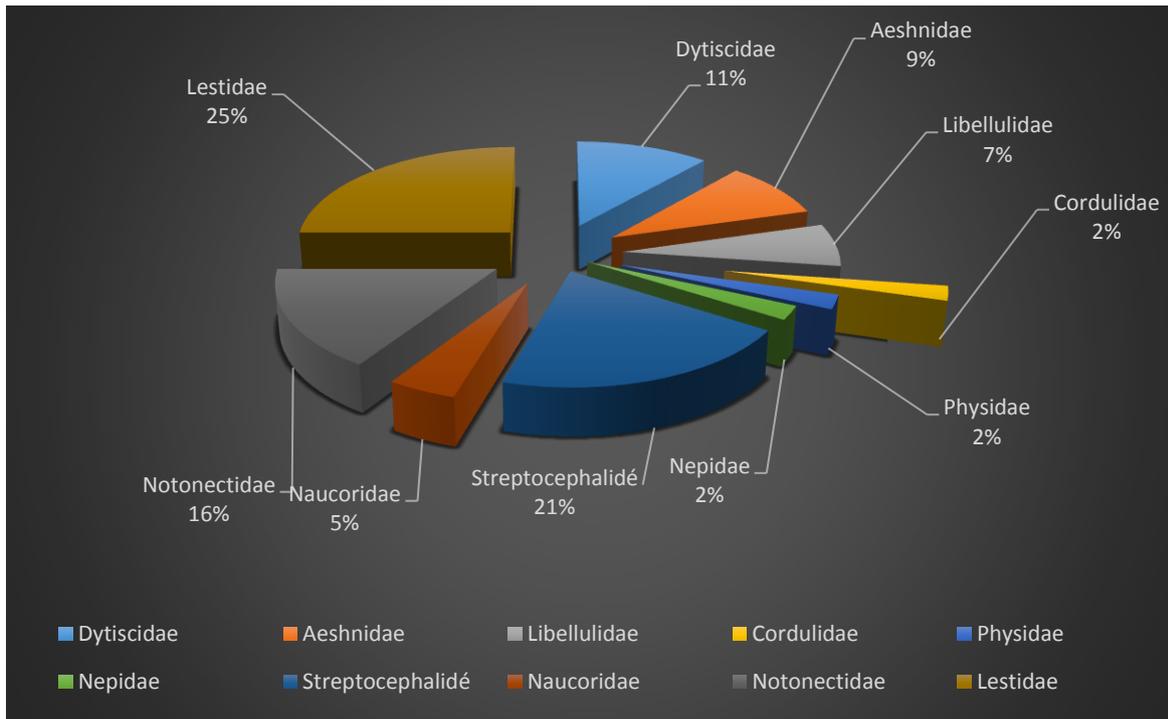


Figure 72. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Papaga.

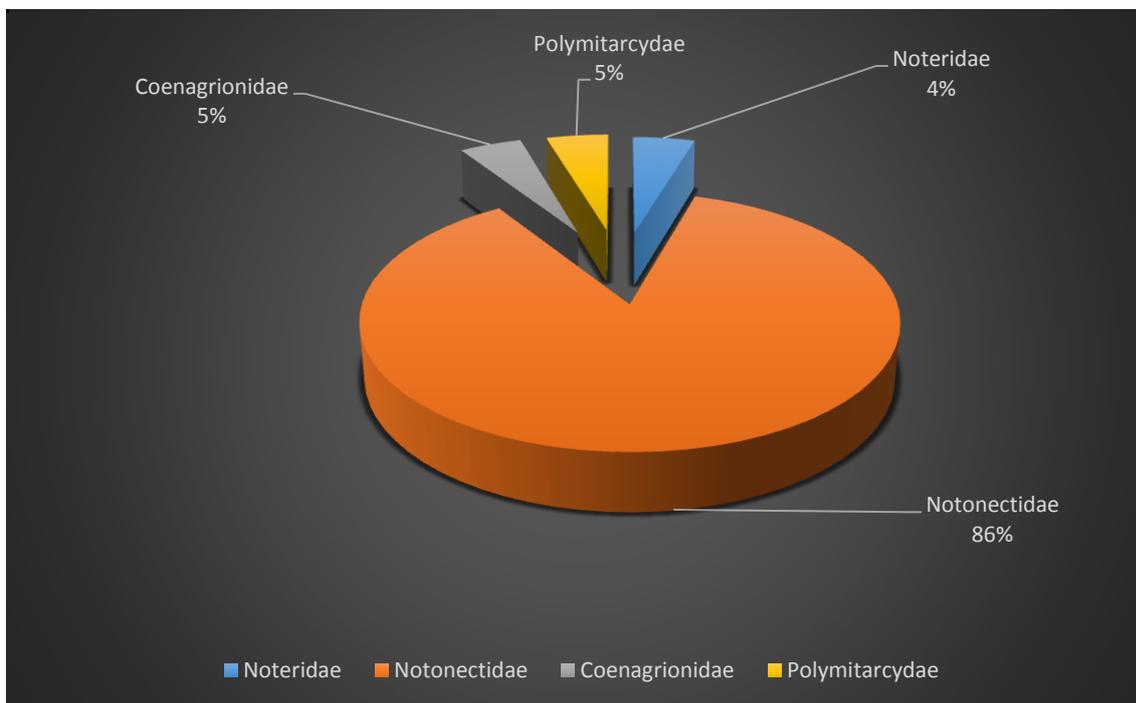


Figure 73. Fréquence des macro-invertébrés inventoriés au niveau de la station de Kayes N'di.

V.2. Discussion

Notre étude vise à contribuer à l'élaboration d'un inventaire des macroinvertébrés du Mali tout en appréciant la diversité écologique des stations retenues.

Ce travail s'est déroulé sur une période de 3 mois avec une fréquence d'échantillonnage mensuelle.

Notre effort sur terrain contraint à plusieurs obstacles dont les plus importants sont l'insécurité dans la contrée Nord du Mali mais aussi la difficulté d'accès aux stations car notre échantillonnage a coïncidé avec la saison des fortes pluies.

Un nombre total de 274 individus sont recensés dont 2 embranchements : arthropodes et mollusques, 3 classes : insectes, branchiopodes et gastéropodes, 9 ordres, 30 familles et 35 genres et 31 espèces

La liste des principaux ordres que nous avons obtenus sont : les Hémiptères, les Coléoptères, les Odonates, les Diptères, les Trichoptères, les Ephéméroptères, les Anostracés, les Basommatophora, et les Pulmonata.

- Diptères

Dans ce travail les diptères sont les plus nombreux avec au total 110 individus dont les plus nombreuses familles sont les Simuliidae (90 individus), ensuite vient les Chironomidae (17 individus) ; les autres familles (Psychodidae, Thaumaleidae, Ephydriidae) ne dépassent pas chacune 01 individu.

Les diptères sont présents dans les stations suivantes : station 2 Koulikoro, chute de Farako, Koutiala, Wolobougou, Djelibougou.

- Hémiptères

Les Hémiptères sont en deuxième position avec (72 individus). Les Notonectidae sont les plus nombreux (37 individus), Veliidae (15 individus), Corixidae (10 individus), Gerridae (04 individus) et Naucoridae (04 individus), (Mésoveliidae, Nepidae) ne dépassent pas chacun (01 individu). Ils sont dans les stations de Kolèbougou, Station 2 Koulikoro, Djelibougou, Titibougou, chute de Farako, Koutiala et Papaga.

- Odonates

Les Odonates sont à l'effectif de (46 individus) avec comme famille les Libellulidae (22 individus) , les Lestidae (17 individus) , les Ashnidae (04 individus) , 01 individus pour chacune des familles de Calopterygidae , de Cordilidea , et Coenagrionidae .

Les odonates ont été recenser dans les stations suivants : station 2 Koulikoro, Djelibougou , Titibougou , Wolobougou , Papaga , Kayes .

- Coléoptères

Les Coléoptères viennent en quatrième position avec comme effectif (20 individus). Les différentes familles recenser sont : les Dytisidae (10 individus), les Gyrinidae (08 individus), et les Haliplidae et Noteridae (01 individus) chacune.

Ont les retrouves dans les stations de Kolèbougou , Titibougou , chute de Farako , Koutiala , wolobougou , Papaga et kayes N'di.

- Trichoptères et Anostracés

Les Trichoptères (09 individus) et les Anostracés (09 individus) sont en cinquième position.

- Chez les Trichoptères ; Les différentes familles sont : Hydropsychidae (05 individus), les Philopotamidae et les polycentropodidae sont au nombre de (02 individus) chacune.
- Chez les Anostracés une seule famille est recensée les streptocephalidae (09 individus).

Les Trichoptères sont présentes seulement dans la station 2 Koulikoro et streptocephalidae dans la station de Papaga.

- Ephéméroptères :

Les éphéméroptères occupent la sixième position (05 individus) avec 02 familles : Baetidae (04 individus) et polymatarcydae (01 individus). Les Ephéméroptères sont présentes aux stations de : koutiala, station 2 Koulikoro et kayes N'di.

- Les Basommatophora et Pulmonata :

Ils ont le plus petit nombre d'individus (02) ; Lynaiedae (01) et Physidae (01). Ils sont présents à kolèbougou et Papaga.

Pendant notre échantillonnage nous avons pu collecter aussi d'autres individus aquatiques différent des macroinvertébrés ; ils sont soit des proies ou des prédateurs pour nos macro invertébrés ce sont : larve de Batraciens, Poisson, Eurotatoria et Araignées.

Les paramètres comme la température, l'oxygène dissous, la conductivité, le pH, la largeur et la profondeur du lit jouent un rôle important pour la survie, la préférence du milieu de nos différents taxons. Certains ont une préférence pour les eaux calmes parfois temporaire où la température est très élevée et aussi la conductivité (Odonates, Coléoptères, Hémiptères), d'autres préfèrent les eaux courantes avec des vitesses rapides ou lentes comme les (Ephéméroptères) et les diptères ont une préférence pour les habitats d'eau oxygénés. La largeur et longueur du lit permet à certains macro invertébrés de s'enfouir soit dans la terre, soit les roches ou la végétation.

D'après (Bournaud et Keck (1980) in Haouchine, 2011), l'indice de Shannon-Weaver présente l'intérêt écologique de fournir une indication globale de l'importance relative des différents taxons.

L'indice de diversité Shannon (H') à été calculé pour chaque station, cet indice intègre la richesse taxonomique et l'abondance relative des différents taxons.

Le rapport $E=H'/H \text{ max}$ correspond à l'indice de diversité relative ou d'équitabilité ; $H \text{ max}$ est la valeur maximale que l'indice H' peut atteindre.

D'une manière générale, les indices H' et E augmentent d'une part avec le nombre d'espèces et d'autre part avec la régulation de leur distribution d'abondance, cela dit un indice faible est une conséquence d'un faible nombre de taxon et de la dominance de quelques espèces.

L'indice de Shannon est plus élevé dans la station de Papaga (2,90) et moins élevé à Kayes N'di (0,79), de même pour l'équitabilité plus élevé aussi à Papaga (0,87) et moins élevé à Kayes N'di (0,40).

L'indice de Simpson D varie entre (0,14) et (0,74) ; (0,14) représentant le maximum de diversité et (0,74) le minimum de diversité. Cet indice est d'autant plus faible que le nombre d'espèces est grand (plus il y a d'espèce, plus la probabilité de tirer 2 individus de la

même espèce devient faible). Et pour un nombre fixé d'espèces, il est d'autant plus grand que la répartition des fréquences est équitable.

Toutefois, cet indice donne forcément un poids plus important aux espèces abondantes. L'ajout d'espèces rares ne modifie que modérément la valeur de D (Grall & Hily, 2003). De plus cet indice ne permet pas la comparaison d'années en années d'un même site [15].

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés (Grall & Hily, 2003) [15].

L'étude des macroinvertébrés est, à notre connaissance méconnue dans notre pays pour cela nous n'avons pas eu de données sur les macroinvertébrés aquatiques du Mali.

Ce travail sur la faune des macroinvertébrés du Mali ne peut être comparé avec d'autres études faites au Mali. Néanmoins, nous pouvons faire une comparaison de cette étude avec quelques pays limitrophes d'Afrique de l'Ouest à savoir le Niger et le Burkina Faso dont le choix était basé sur le fait qu'ils représentent non seulement des pays limitrophes du Mali mais aussi il lui partage les mêmes caractéristiques climatiques, du même titre que le Mali le Niger est aussi traversé par le fleuve Niger.

Pour une première comparaison nous allons utiliser une étude faite au Niger sur le fleuve Niger qui a pour objectif principal d'utiliser les macroinvertébrés pour mettre en évidence les variations biologiques et écologiques le long du Fleuve Niger à proximité de Niamey (capitale) qui rejette toutes ses eaux usées dans ce fleuve.

Dans cette étude 67108 organismes appartenant à 49 familles ont été récoltés. La famille des Thiaridae (gastéropodes) est la plus abondante avec 61 % d'individus suivie des Chironomidae (diptères) avec 17 %, des Huridinés (annélides) avec 6 %, des Dytiscidae, (coléoptères) avec 4 % et autres (12 %). Les individus appartiennent à 83 taxons dont 82 % appartenant à la classe des insectes, 11 % aux mollusques, 4 % aux annélides, 2 % aux crustacés et 1 % aux némathelminthes. La famille des Chironomidae compte le plus grand nombre de taxons (20) suivie des Notonectidae (4), des Hydrophilidae, des Baetidae et des Huridinés avec chacun 3 taxons. Les odonates, les trichoptères, les éphéméroptères et les plécoptères qui sont généralement cités parmi les groupes sensibles à la pollution (Muli &

Mavuti, 2001 in B.Alhou, Y.Issiaka, A.Awaiss, J-C.Micha) totalisent 20 taxons, soit 24 % de la richesse taxonomique, tandis que les Chironomidae et les mollusques considérés comme des groupes indifférents à la pollution totalisent 28 taxons, soit 34 %. Il faut également signaler la présence des Syrphidae qui est une famille de diptères caractéristique des milieux fortement pollués. Les individus de cette famille représentent 0,06 % de l'effectif total des macro-invertébrés (Alhou., et *al.*, 2004).

La deuxième étude utilisée comme matériels de comparaison est basée sur les macroinvertébrés inventoriés dans deux cours d'eau permanents de la région Ouest du Burkina Faso : la rivière de Kou et le marigot de Wé (Sanogo, 2010)

Dans ce travail un total 803 individus dont 746 sont des Arthropodes (Insectes, Arachnides et Crustacés), 41 Annélides et 16 Mollusques ont été identifiés, la faune se répartie en 36 familles d'insectes dont les plus importants sont les Carabidae, les Dytiscidae, les Elmidae, les Belostomatidae, les Calopterygidae et les Chironomidae, une famille d'arachnides (les Acaridae), une famille de Crustacés, les Potamidae (tableau 4 et 9), 2 familles d'Annélides qui sont les Hirudinae et les Oligocheta et en 5 familles de Mollusques à savoir les Ancyliidae, les Physidae, les Lymnaeidae, les Planorbidae et les Valvatidae. Ces différentes familles se retrouvent au niveau du Kou à l'exception de 3 familles d'Insectes que sont les Ptilodactylidae, les Muscidae et les Tanyderidae (tableau 4, 5 et 6). Au niveau du Wé, 22 familles d'Insectes sont représentées dont la plus importante est la famille des Chironomidae, une famille d'Annélides, la famille des Oligocheta et 2 familles de Mollusques à savoir les Physidae et les Lymnaeidae. Parmi les Arthropodes, les Insectes sont les plus nombreux (90,70% sur le Kou et 92,94% sur le Wé). Les Mollusques représentent 3,82% et les Annélides 4,78% au niveau du Kou. Au niveau du Wé, on a 1,9% de Mollusques et 7,32% d'Annélides. Le benthos de ces deux cours d'eau est dominé par les Chironomidae avec 23,69% sur le Kou et de 50,37% sur le Wé (Sanogo, 2010).

En confrontant nos résultats avec ceux des travaux réalisés au Niger et au Burkina Faso exposés précédemment, il ressort ce qui suit :

Dans la première étude l'ordre des Mollusques, Ephéméroptères, Hémiptères, Odonates, Diptères, Coléoptères, Trichoptères sont présents parmi nos macroinvertébrés, par contre les ordres comme les Némathelminthes, annélides, Plécoptères et Lépidoptères sont absents. Sur l'étude faite au Niger la majorité des taxons sont les insectes ce qui est le cas dans notre études au Mali.

Dans la deuxième étude, 2 familles de mollusques (Physidae et Lymnaeidae) sont présent au Burkina Faso pareil pour le Mali par contre toutes les autres ordres sont présent sauf les Crustacés, arachnides, lépidoptères, Orthoptères. Les insectes sont la classe dominante comme le cas au Mali.

Ainsi, on peut conclure que les caractéristiques que partagent les deux pays avec le Mali jouent un rôle important dans la présence et la ressemblance de la faune des macroinvertébrés. Un seul ordre est présent dans l'étude du Mali et absent dans les études faites au Niger et Burkina Faso il s'agit de l'ordre de l'Anostracé.

Un effort d'échantillonnage ample et un élargissement de l'aire de prospection permettront sans doute d'étendre la check-list des macroinvertébrés du Mali et de retrouver les taxa collectés au Niveau des pays limitrophes.

Conclusion

Cette étude entreprise en vue de contribuer à la connaissance des macroinvertébrés aquatiques du Mali a concerné neuf stations d'échantillonnage dans quatre régions maliennes : Kayes, Koulikoro Sikasso et Bamako.

L'échantillonnage de la faune été réalisé de façon concomitante avec l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (température, pH, oxygène dissous.

Nos stations étudiées regroupent une population faunistique qui compte au total 274 individus collectés subdivisés en 2 embranchements (Arthropodes et Mollusque) ; 3 classes (Insecte, branchiopode et Gastéropode) ; 9 ordres (Diptères, Odonates, Coléoptères, Hémiptères, Trichoptères, Ephéméroptères, Anostracés, Basommatophora et Pulmonata) ; 30 familles, 35 genres et 31 espèces. Dans ce travail la classe des insectes constitue le groupe dominant dont les diptères représentent en termes d'effectif et d'espèces. La station de wolobougou enregistre l'abondance la élevée (74) alors que celle de koutiala représente le site le plus pauvre numériquement (11 individus).

La richesse spécifique la plus importante a été notée au niveau de la station de papaga (10) et la plus faible a été observé dans les sites de koutiala et kayes N'di(4).

Les données obtenues dans le cadre du présent travail constituent une contribution importante dans les recherches sur les macroinvertébrés du Mali. Dans le futur des études plus étalées dans le temps et dans l'espace seront nécessaires pour compléter les données biogéographiques et écologiques des macroinvertébrés du Mali.

REFERENCES

REFERENCES

- Anonyme 1 (D.N.H) : Direction National de l'hydraulique, Mali.
- Anonyme 2 (SMS) : station météorologique de Sénou, Mali.
- Alhou, B., Y., Issiaka, A., Awaiss, J. & Micha, C. 2004. Premier inventaire des macroinvertébrés du fleuve Niger à Niamey comme bioindicateur de la pollution urbaine et industrielle, 25p.
- Barbault, R. 2000. Ecologie générale – structure et fonctionnement de la biosphère. Dunod, Paris. 272p.
- Barbour, M . T.1999. Rapid Bioassessment protocols for use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish-Second Edition, Washington, D, C., U.S. Environmental protection Agency. Office of Water, EPA841-B-99-002, 11 chapitres, 4 annexes.
- Bensaidi, F & Kirane, A. 2014. Etude des macroinvertébrés de O.Seybouse. Mémoire de Master. Université de Guelma, 99p.
- Bendali-Saoudi, F.2006. Etude bioécologique et biochimique des Culicides (Diptera. Nematocera) de la région d'Annaba, lutte biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba. 224p.
- Boukhateb, Y. 2013. Etude des diptères simuliidae de la haute Tafna (nord-ouest algérien). Mémoire de Master. Université de Tlemcen, 38p.
- Boulkenafet, F.2006. Contribution à l'Etude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de skikda.191p
- Chakri, K.H. 2007. Contribution à l'étude écologique de Daphnia magna (Branchiopoda : Anomopoda) dans la numidie, et inventaire des grands Branchiopode en Algerie. These de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. 207p
- Clergue-Gazeau, M. 1991. Clés de détermination des Simulies (Diptéra, Simuliidae) des Pyrénées. Anns Limnol, 27(3) ; P267-286.
- Decamps H.,Larrouy G Et Trivellato D.,1975.approche hydrodynamique de la microdistribution d'invertébrés benthiques en eau courante
- Dajoz, R. 1975. Precis d'Ecologie Ed Bordas, Paris, 549p
- Dajoz, R. 1985. Precis d'Ecologie. Dunod, Paris. 358p
- Deliry. C. 1996, Les libellules de la chute de Belley-CNR, Sympetrum. 52p

REFERENCES

- Dhouibi, M. H. 2002 Introduction à l'entomologie (morphologie, anatomie, systématique et biologie des principaux ordres d'insectes). Centre de publication universitaire, Tunisie. 226p
- D Jurd R (2000). L'essentiel en Biologie animale. Berti édition, Paris. 331p.
- Djebnoui, A & Nouar, M. 2015. Contribution de l'étude de macroinvertébré à la haute Sybouse, Mémoire de Master. Univ de Guelma. 60p
- Dommanget J.L., 1989. Anax parthenope (Selys 1839) dans le departement des Hauts-d-seine (Odonate, Anisoptera : Aeshnidae). Martinia, 5 p74
- Engelhardt W, Jürging P, Pfadenhauer J, Et Rehfeld K (1998). Guide de la vie dans les étangs, les ruisseaux, et les mares : les plantes et les animaux des eaux de chez nous. Introduction à la vie des eaux intérieures. Vigot.313p
- Fouzari, A.2009, Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Diptera, Coleoptera, Gasteropoda. Thèse de Magister, Université de Guelma. p208
- Grac, C 1990. Bilan bibliographique de deux ordres des larves d'insectes aquatiques, les Ephéméroptères et les Trichoptères : systématique, écologies, biologie et répartition. Maitrise de Biologie des populations et des ecosystemes. Université de la Reunion. 60p
- Grall, J. & Coïc, N., 2005. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Université de Bretagne Occidentale. 91p
- Haouchine S, 2011. Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau se Kabylie. Mémoire de magister. Université de Tizi Ouzou. 106p
- Houmeur, Z et Bendada, M. 2016. Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Bouhamdane. 99p
- Jourde, P. 2010. Les Odonates biologies et écologie. INSECTES. n°157-(2) 8p:http://WWW7.inra.fr/opie-insectes/isomma.htm*157;(consulté le 20 /03/2018)
- Lounaci A., Brosse S., Et Lek S., 2000. Abondance diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algeria stream : the sébaou wali. Annls Limnol 36(2) : p 123-133
- Mathieu, R. 1995. Biologie -Campbell- . De Boeck université. Bruxelles.1190p

REFERENCES

- Maissiat, J., Baehr, J.C., Picaud, J.L. 2005. Biologie Animale -Invertébrés- 2^{ème} édition. Dunod, Paris. 239p.
- Masselot, G & NEL, A. 2003. Les Odonates sont-ils des taxons bio-indicateurs ? Maritima,.., 33p
- Satha, H. 2014. Evolution de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse. Mémoire de Master. Université de Guelma, 111p.
- Sanogo, S. 2010. Etude comparative des macroinvertébrés et leur impact sur le régime alimentaire de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) de deux cours d'eau permanent de la région ouest du Burkina Faso. Mémoire de Master. Université polytechnique de Bobo Dioulasso, 41p.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, P. & Usseglio-Polatera, P. 2010. Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions. 607p.

Webographie

- [1] <http://ml.chm-cbd.net/biodiversité/zone-humide>; consulté le 02/03/2018.
- [2] <http://www.oocities.org/infomali/géograohie/climat.htm>, consulté le 17/04/2018.
- [3] https://m.acme-eau.org/Pour-mieux-comprendre-la-problematique-de-l-eau-au-Mali_a843.html, consulté le 17/04/2018.
- [4] <https://toutlemali.com/sommaire/a-propos/chapitre-6-hydrographie/>, consulté le 17/04/2018.
- [5] [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Niger_\(fleuve\)](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Niger_(fleuve)), consulté le 17/04/2018.
- [6] [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Sénégal_\(fleuve\)](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Sénégal_(fleuve)), consulté le 17/04/2018.
- [7] <https://www.researchgate.net/figure/Bassin-du-fleuve-senegal-reseau-hydrographique>
- [8] <http://alice5/centreb什么.net/m/6-Le-fleuve-Niger-au-Mali>, consulté le 18/04/2018
- [9] <http://www.larousse.fr/encyclopedie/pays/Mali/131330>, consulté le 17/04/2018.
- [10] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Région_de_Kayes, consulté le 18/04/2018.
- [11] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Région_de_Koulikoro, consulté le 18/04/2018.
- [12] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Sikasso>, consulté le 18/04/2018.
- [13] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Bamako>, consulté le 18/04/2018.
- [14] WWW.libellules.org/morphologie/odonates-adultes.html; consulté le : le 22 /03/2018.
- [15] <http://www.institut-numerique.org/iii-materiel-et-methode-51ed211c47b97> consulté le : le 27 /04/2018

REFERENCES

RESUMES

Ce travail a pour but d'effectuer une recherche en vue de connaître le peuplement faunistique des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau maliens en réalisant l'inventaire de ces derniers et en appréciant certaines caractéristiques écologiques des stations choisies. Nous avons menés des échantillonnages de terrain durant 3 mois dans 9 sites répartis dans 4 régions situés dans la partie Sud du Mali.

La faune des macroinvertébrés recensés est subdivisée en 2 embranchements (Arthropodes et Mollusques), 3 classes, 9 ordres, 30 familles, 35 genres et 31 espèces.

Les groupes les plus nombreux sont les diptères (90 individus avec 5 familles), puis les Hémiptères (72 individus avec 6 familles), ensuite les Odonates (46 individus 6 familles), les coléoptères (20 individus 4 familles), les Trichoptères (9 individus 3 familles), Ephéméroptères (5 individus 2 familles), et les Anostracés (9 individus 1 famille) comptent chacun 9 individus ; les taxa les moins représentés en terme d'abondance et de richesse spécifique sont les Basommatophora et les Pulmonata (1 famille et 1 individu).

Mots clés: faunistique, écologie, Macro invertébrés, cours d'eau, Mali

Abstract

This work aims to research the faunal population of the benthic macroinvertebrates of Malian rivers by carrying out an inventory of them and by appreciating certain ecological characteristics of the chosen stations. We conducted field sampling for 3 months at 9 sites in 4 regions located in the southern part of Mali.

The fauna of the macroinvertebrates surveyed is subdivided into 2 branches (arthropods and molluscs), 3 classes, 9 orders, 30 families and 35 genera and 31 species

The most numerous groups are the Diptera (90 individuals with 5 families), then the Hemiptera (72 individuals with 6 families), then the Odonates (46 individuals 6 families), the Coleoptera (20 individuals 4 families), the Trichoptera (9 individuals 3 families), Ephemeroptera (5 individuals 2 families), and Anostraceans (9 individuals 1 families) each have 9 individuals; the least represented taxa in terms of abundance and species richness are Basommatophora and Pulmonata (1 family1 and 1 individual).

Keywords: fauna, ecology, invertebrate macro, rivers, Mali

اجري هذا العمل بهدف انشاء بحث من أجل معرفة حياة الكائنات الحية اللا فقريّة التي تعيش بالمجري المائية المالئة و عمل لها جرد بتطبيق مواصفات ايكولوجية على المحطات المختارة

قمنا بأخذ عينات لمدة 3 أشهر من 9 مواقع موزعة على 04 جهات موجودة في منطقة الجنوبية بمالي

ان حياة الكائنات اللافقريّة المحصية تنقسم الى جذعين (المفصليات و المحار)، 3 أقسام، 9 مراتب، 30 عائلة، 35 نوع و 31 صنف

المجموعات الاكبر تعداد هي ذات الجناحين (90 فرد مع 5 عائلات)، ثم نصفيات الجناح (72 فرد مع 6 عائلات) ، بعدها يعسوبيات (46 فرد مع 6 عائلات)، يليها الخنافس (20 فرد 4 عائلات)، القمص (9 افراد، 3 عائلات)، ذباب مايو (5 أفراد،عائلتين)، غلصميات الأرجل (9 افراد ، 1 عائلات)، تحتوي كل واحدة على 9 افراد ، و الفئات الاقل تواجد من حيث الوفرة و الثراء هم قاعدية العيون و الحلزونيات (1 فرد، عائلة وحيدة)

الكلمات المفتاحية: بنية العشائر، ايكولوجي، الكائنات اللافقريّة المجري المائية، مالي

ANNEXES

ANNEXE 1

<i>Somatochlora arctica</i>								X	
<i>Simulium (Meilloniellum) adersi</i>					X	X	X		
<i>Simulium (Nevermania) ruficorne</i>		X			X		X		
<i>Simulium (Edwardsellum) damnosum</i>		X			X				
<i>Thaumalea testacea</i>							X		
<i>Chironomus</i>			X				X		
<i>Phlebotomus papatazi</i>			X						
<i>Brachydeutera pupevium</i>							X		
<i>Philopotamus montanus</i>		X							
<i>Smicridae</i>		X							
<i>Polycentropodidae</i>		X							
<i>Baetidae</i>		X				X			
<i>Polymatarcyidae</i>									X
<i>Streptocephalus moorei</i>								X	
<i>Physa marmota</i>								X	
<i>Lymnaea stagnalis</i>	X								

ANNEXE 2

Abondance des différents taxa inventoriés au niveau des stations échantillonnées au Mali

	kolebougou	koulikoro	Djelibougou	Titibougou	chute de Farako	Koutiala	Wolobougou	Papaga	N'di
Aeshinidae	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Artemiidae	0	0	0	0	0	0	0	9	0
Baetidae	0	2	0	0	0	2	0	0	0
Calopterygidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	0	0	3	0	0	0	14	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cordulidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Corixidae	0	4	0	4	0	2	0	0	0
Dytiscidae	4	0	0	0	0	1	0	2	0
Gerridae	0	0	1	0	3	0	0	0	0
Gyrinidae	0	0	0	0	6	0	2	0	0
Haliplidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0	5	0	0	0	0	0	3	0
Lestidae	0	0	0	0	0	0	6	11	0
Libellulidae	0	0	1	1	0	0	17	3	0
Lymnaeidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesovelidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Naucoridae	0	0	0	2	0	0	0	2	0
Nepidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Noteridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Notonectidae	1	0	1	9	0	0	0	7	19
Philopotamidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Polycentropodidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Simuliidae	0	13	0	0	38	6	33	0	0
Thaumaleidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Veliidae	7	0	6	0	2	0	0	0	0
Polymatarcydae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ephydridae	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Total	14	29	13	17	50	11	74	44	22

ANNEXE 3

Indices écologiques par stations échantillonnées au Mali

Station 1 : Koulikoro Kalebougou

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	-(Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Dyticidae	4	0,29	-1,81	0,52	28,57	0,06593407	
Lymnaeidae	1	0,07	-3,81	0,27	7,14	0	
veliidae	7	0,50	-1,00	0,50	50,00	0,23076923	
Nepidae	1	0,07	-3,81	0,27	7,14	0	
Notonectidae	1	0,07	-3,81	0,27	7,14	0	
S=5	14			H' = 1,83		S = 0,30	Hill = 0,54

Station 2 : Koulikoro

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	-(Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Corixidae	4	0,14	-2,86	0,39	13,79	0,01	
Philopotamidae	2	0,07	-3,86	0,27	6,90	0,00	
Hydropsychidae	5	0,17	-2,54	0,44	17,24	0,02	
Polycentropodidae	2	0,07	-3,86	0,27	6,90	0,00	
Baetidae	2	0,07	-3,86	0,27	6,90	0,00	
calopterygidae	1	0,03	-4,86	0,17	3,45	0,00	
Simulidae	13	0,45	-1,16	0,52	44,83	0,19	
S=7	29			H' = 2,32		S = 0,24	Hill = 0,41

Station 3 : Bamako (Djelibougou)

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	-(Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Libellulidae	1	0,08	-3,70	0,28	7,69	0,00	
Notonectidae	1	0,08	-3,70	0,28	7,69	0,00	
Chironomidae	3	0,23	-2,12	0,49	23,08	0,04	
Gerridae	1	0,08	-3,70	0,28	7,69	0,00	
Psychodidae	1	0,08	-3,70	0,28	7,69	0,00	
Vellidae	6	0,46	-1,12	0,51	46,15	0,19	
S=6	13			H' = 2,14		S = 0,23	Hill = 0,51

Station 4 : Bamako (Titibougou)

Taxons	Nbr.d'individu	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	-(Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Libellulidae	1	0,06	-4,09	0,24	5,88	0,00	
Naucoridae	2	0,12	-3,09	0,36	11,76	0,01	
Notonectidae	9	0,53	-0,92	0,49	52,94	0,26	
Haliplidae	1	0,06	-4,09	0,24	5,88	0,00	

ANNEXE 3

Corixidae	4	0,24	-2,09	0,49	23,53	0,04	
S=5	17			H' = 1,82		S = 0,32	Hill = 0,51

Station 5 : Sikasso (chute de Farako)

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	- (Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Gyrinidae	6	0,12	-3,06	0,37	12,00	0,01	
Gerridae	3	0,06	-4,06	0,24	6,00	0,00	
vellidae	2	0,04	-4,64	0,19	4,00	0,00	
Simulidae	38	0,76	-0,40	0,30	76,00	0,57	
Mesoveliidae	1	0,02	-5,64	0,11	2,00	0,00	
S=5	50			H' = 1,21		S = 0,59	Hill = 0,51

Station 6 : Sikasso (Koutiala)

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	- (Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Corixidae	2	0,18	-2,46	0,45	18,18	0,02	
Dytiscidae	1	0,09	-3,46	0,31	9,09	0,00	
Simulidae	6	0,55	-0,87	0,48	54,55	0,27	
Baetidae	2	0,18	-2,46	0,45	18,18	0,02	
S=4	11			H' = 1,69		S = 0,31	Hill = 0,60

Station 7 : Sikasso (Wolobougou)

Taxons	Nbr.d'individus (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	- (Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Lestidae	6	0,08	-3,62	0,29	8,11	0,01	
Libellulidae	17	0,23	-2,12	0,49	22,97	0,05	
Gyrinidae	2	0,03	-5,21	0,14	2,70	0,00	
Thaumaleidae	1	0,01	-6,21	0,08	1,35	0,00	
Chironomidae	14	0,19	-2,40	0,45	18,92	0,03	
Simulidae	33	0,45	-1,17	0,52	44,59	0,20	
Ephydriidae	1	0,01	-6,21	0,08	1,35	0,00	
S=7	74			H' = 2,06		S = 0,29	Hill = 0,44

ANNEXE 3

Station 8 : Kayes (Papaga)

Taxons	Nbr.d'individu (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	- (Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Dytiscidae	5	0,11	-3,14	0,36	11,36	0,01	
Aeshnidae	4	0,09	-3,46	0,31	9,09	0,01	
Libellulidae	3	0,07	-3,87	0,26	6,82	0,00	
Cordulidae	1	0,02	-5,46	0,12	2,27	0,00	
Physidae	1	0,02	-5,46	0,12	2,27	0,00	
Nepidae	1	0,02	-5,46	0,12	2,27	0,00	
Streptocephalidé	9	0,20	-2,29	0,47	20,45	0,04	
Naucoridae	2	0,05	-4,46	0,20	4,55	0,00	
Notonectidae	7	0,16	-2,65	0,42	15,91	0,02	
Lestidae	11	0,25	-2,00	0,50	25,00	0,06	
S=10	44			H'= 2,90		S= 0,14	Hill= 0,39

Station 9 : Kayes (N'di)

Taxons	Nbr.d'individu (ni)	Pi=ni/N	Log2 (Pi)	- (Pi*LOG2 (Pi))	La fréquence	Simpson	Hill
Noteridae	1	0,05	-4,46	0,20	4,55	0,00	
Notonectidae	19	0,86	-0,21	0,18	86,36	0,74	
Coenagrionidae	1	0,05	-4,46	0,20	4,55	0,00	
Polymitarcydae	1	0,05	-4,46	0,20	4,55	0,00	
S=4	22			H'= 0,79		S= 0,74	0,61