

Etude Des Peuplements De Simulies Vectrices De L'onchocercose Dans La Zone De Santé De Wangata, A Mbandaka En République Démocratique Du Congo

Yves Bokungu MOGBAKA¹, Jean Lua Nsembo LUAMBA², Déogratias Schie' Nkung' MUTAMBEL 'HITY³, Edouard Mbungu SISA³ and Richard Lumbe EGBOLOMO⁴

¹Laboratoire de biologie et de chimie, Université de Mbandaka (UNIMBA) B.P. 10 Equateur, RD Congo.

²Laboratoire de Parasitologie, Université Nationale Pédagogique (UPN) B.P. 8815 Kinshasa I, RDC.

³Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Pédagogique Nationale (UPN) B.P. 8815 Kinshasa I, RDC

⁴Laboratoire de biologie et de chimie, Université de Mbandaka (UNIMBA) B.P. 10 Equateur, RDC.



Résumé – L'Onchocercose ou cécité des rivières est une maladie due à un nématode parasite *Onchocerca volvulus*, transmis à l'Homme par piqûres de simulie infectée. Elle affecte environ 37 millions de personnes dans le monde parmi lesquelles 99 % vivent en Afrique au sud du Sahara et environ 270 000 personnes sont devenues aveugles et plus de 500 000 vivent avec des déficiences visuelles majeures. L'étude des peuplements des simulies vectrices de l'onchocercose dans la Zone de Santé de Wangata à Mbandaka dans la province de l'Equateur/R.D. Congo a permis d'analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau, de mettre en évidence le parasite dans le vecteur. Il a montré que la distribution des simulies est largement influencée par la qualité physique et chimique de l'eau (O₂, température, pH, matières en suspension, dureté, ammoniacque, etc.). Cinq cents trente-un (531) simulies ont été capturées, elles sont réparties en un seul genre et 4 espèces. Les individus de l'espèce *S. damnosum* ont été les plus représentés avec 296 individus (55,7%), suivis des individus des espèces *S. neavei* avec 147 individus (27,7%), *S. nigratarsis* avec 52 individus (9,8%) et *S. allaeri* avec 36 individus (6,8%) de l'abondance totale.. Deux cents trente (230) simulies ont été parasitées par *onchocerca volvulus* sur 531 simulies capturées. Les individus de *Simulium damnosum* ont été les plus parasités (162 spécimens parasités) suivis de ceux de *Simulium neavei* avec 68 spécimens parasités.

Mots clés – Peuplements, simulies, vectrices, onchocercose, Wangata

Abstract – Onchocerciasis or river blindness is a disease caused by a parasitic nematode *Onchocerca volvulus*, transmitted to humans by bites of infected blackflies. It affects about 37 million people worldwide, 99% of whom live in sub-Saharan Africa and about 270,000 people have become blind and more than 500,000 live with major visual impairments. The study of the populations of blackfly vectors of onchocerciasis in the Wangata Health Zone in Mbandaka in the province of Equateur / DR Congo made it possible to analyze the physico-chemical parameters of the water, to highlight the parasite in the vector. He showed that the distribution of blackflies is largely influenced by the physical and chemical quality of the water (O₂, temperature, pH, suspended solids, hardness, ammonia, etc.). Five hundred and thirty-one (531) blackflies were captured, divided into a single genus and 4 species. Individuals of the species *S. damnosum* were the most represented with 296 individuals (55.7%), followed by individuals of the species *S. neavei* with 147 individuals (27.7%), *S. nigratarsis* with 52 individuals (9.8%) and *S. allaeri* with 36 individuals (6.8%) of the total abundance. Two hundred and thirty (230) blackflies were parasitized by *Onchocerca volvulus* out of 531 captured blackflies. Individuals of *Simulium damnosum* were the most parasitized (162 parasitized specimens) followed by those of *Simulium neavei* with 68 parasitized specimens.

Keywords – Stands, blackflies, vectors, onchocerciasis, Wangata

I. INTRODUCTION

L'Onchocercose ou cécité des rivières est une maladie due à un nématode parasite *Onchocerca volvulus*, transmis à l'Homme par piqûres de simulie infectée (Noma, 2012). Elle affecte environ 37 millions de personnes dans le monde parmi lesquelles 99 % vivent en Afrique au sud du Sahara et environ 270 000 personnes sont devenues aveugles et plus de 500 000 vivent avec des déficiences visuelles majeures (Meda, 2015).

Le fardeau de l'onchocercose menace 31 pays d'Afrique avec des lourdes conséquences sociales et économiques (OMS, 2013). L'incidence de l'infestation dans la population dépend non seulement de la dynamique de la transmission parasitaire, mais aussi du statut immunologique des personnes exposées. A côté de ces facteurs endogènes (immunologiques), les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles aussi ont été mises en évidence dans la survenue de l'Onchocercose dans les communautés (Asuzu et Babalola, 1997).

L'Onchocercose est une maladie grave, invalidante, aboutissant à des lésions oculaires graves et à la cécité. Dans les zones de haute transmission, elle peut entraîner l'abandon des terres fertiles par les communautés humaines affectées. Les déséquilibres socio-économiques qu'elle provoque sont alors considérables (Boussinesq, 2020).

De ce fait, la lutte anti-vectorielle est un thème qui peut intéresser de plus en plus les gouvernements de tous les pays en voie de développement situés dans les zones intertropicales et équatoriales pour l'éradication de l'onchocercose (Adjami, 2006).

En 1974, la communauté internationale a créé le Programme de lutte Contre l'Onchocercose (OCP) qui s'étendait sur 11 pays touchés d'Afrique de l'Ouest. Initialement, la principale stratégie de l'OCP était l'épandage aérien d'insecticides dans les cours d'eau à grand débit.

Les simulies qui jouent un rôle important dans la transmission de parasitoses humaines et animales, ont souvent été mieux étudiées que les autres invertébrés de la zone soudanienne. Il n'en reste pas moins que de nombreux problèmes d'ordre systématique, biologique et écologique sont encore à résoudre.

Cependant, les études sur l'écologie des peuplements de la faune simulienne des rivières de la zone de santé de Wangata sont encore embryonnaires. Ainsi, cette étude est une contribution à l'approfondissement des connaissances sur l'écologie de la faune simulienne de la rivière Lokali et du fleuve Congo dans la zone de santé de Wangata.

Elle a pour objectif d'évaluer les conditions écologiques qui caractérisent la structure de la biocénose simulienne de la rivière Lokali et du fleuve Congo et de comprendre le mode de distribution de cette dernière afin d'expliquer les éléments à la base de cette répartition. Il s'agit :

- d'évaluer la qualité physico-chimique de ces hydrosystèmes ;
- de caractériser les habitats de la faune simulienne à partir des paramètres environnementaux caractéristiques de chaque station d'étude ;
- d'inventorier les peuplements de simulies de ces cours d'eaux ;
- mettre en évidence la présence du parasite (*Onchocerca volvulus*).

II. MILIEU D'ÉTUDE

La zone de santé de Wangata est l'une des 3 Zones de santé que regorge la ville de Mbandaka dans la Province de l'Equateur.

La Zone de Santé de Wangata, géographiquement, est l'une de 18 Zones de Santé de la Division Provinciale de la Santé (DPS) Equateur, et l'une de 3 zones de santé de la ville de Mbandaka, elle est bornée au Nord par la Zone de Santé (ZS) de Lilanga Bobangi, à l'Est par la Zone de Santé de MBANDAKA, à l'Ouest par la Zone de Santé de BOLENGE et au Sud par la Zone de Santé de MBANDAKA. Il comporte un bureau central (BCZ), un Hôpital Général de Référence (HGR), 2 Centres de Santé de Référence et 44 Centres de Santé dans la Commune de Wangata, Ville de Mbandaka, Province de l'Equateur en RD Congo, sa latitude N 00°03'15.4'', sa longitude E 018°15'40.1'' et son altitude 360m.

L'échantillonnage de simulies a été fait dans six stations déterminées après la prospection d'amont en aval de la Lokali et du fleuve Congo dans la Zone de Santé de Wangata. Ces stations ont été sélectionnées sur base la fréquence de leur fréquentation par population. La figure 1 présenté la carte de la Zone de Santé de Wangata ainsi que les stations de capture.

Tableau 1. Les coordonnées géographiques des stations de capture de simulies dans la Zone de Santé de Wangata

Stations	Longitude Est	Latitude Nord	Altitude (m)
Fleu I	18°15'46,788''	0°3'52,74''	317
Fleu II	18°15'7,458''	0°3'19,038''	318
Fleu III	18°13'42,252''	0°1'35,436''	317
Lok I	18°15'23,814''	0°2'0,672''	326
Lok II	18°15'16,548''	0°0'49,308''	330
Lok III	18°14'27,642''	0°1'0,708''	321

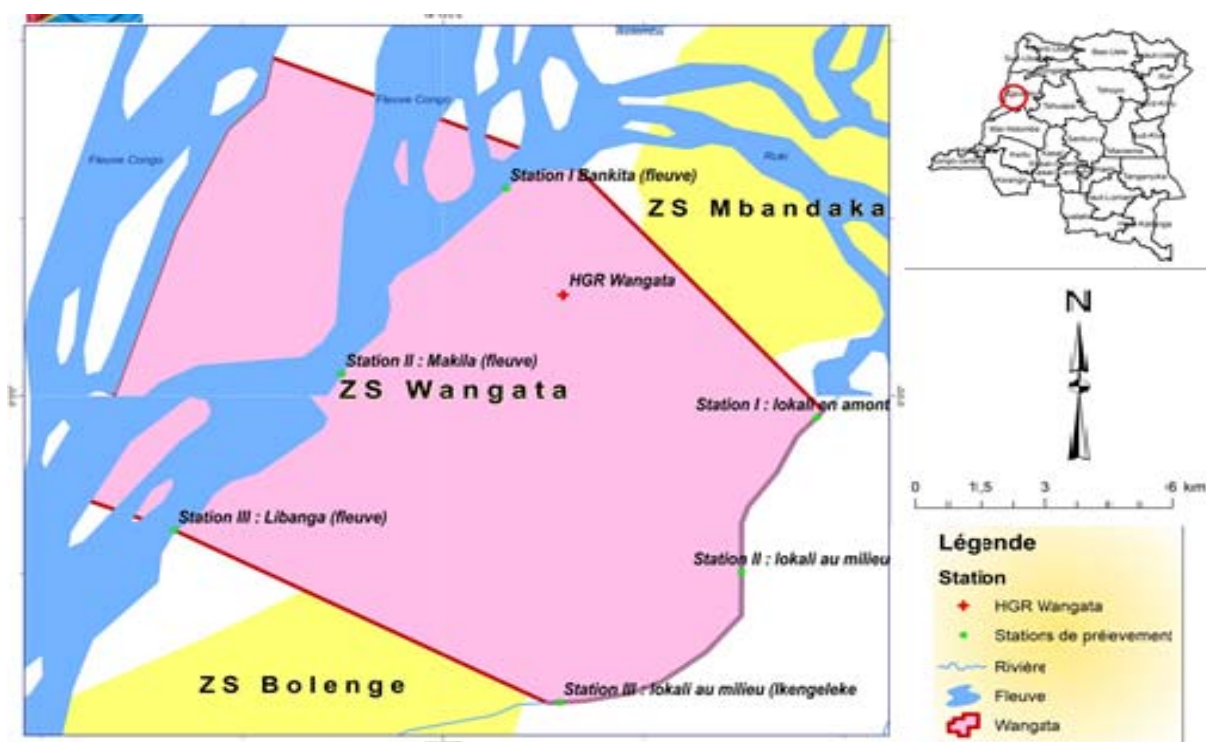


Figure 1. Cartographie de la Zone de Santé de Wangata à Mbandaka/RDC

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Analyse de paramètres physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physiques de l'eau retenus ont été la température (°C), la turbidité (UNT), la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$), le TDS et le pH. Ces paramètres ont été mesurés *in situ* à l'aide des sondes analyseur multiparamètre de marque Gombo Hanna HI 991300 pH/EC/TDS mètre.

Les analyses chimiques ont porté essentiellement sur l'oxygène dissous (en mg/l), la saturation (%), l'azote ammoniacal (NH_4^+) (mg/l), le nitrate (NO_3^-) (mg/l) et le phosphate (PO_4^{3-}) (mg/l). L'oxygène dissous a été mesuré *in situ* à l'aide de l'analyseur multiparamètre de marque Gombo Hanna HI 991300 pH/EC/TDS mètre et la saturation a été mesurée aussi *in situ* à l'aide d'un oxymètre de marque Hanna HI9146. Les dosages de trois derniers paramètres ont été effectués à l'aide du spectrophotomètre HACH DR/2400.

3.2. Capture de simulies

Le procédé utilisé a été celui de l'appât humain (Le Berre, 1966 ; Bellec, 1974). Il consiste à l'utilisation de l'homme comme appât. Cette méthode a été largement employée pour la capture des insectes anthropophiles hématophages, en particulier des Diptères Nématocères.

Ce procédé a permis de capturer les femelles venant se gorger du sang sur les sujets humains (captureurs) dont seules les jambes ont été dénudées et exposées. Chaque sujet humain a été examiné et déclaré sain avant l'exposition. Ces derniers opérant à tour de rôle pendant 1 heure (Blacklock, 1926 ; LE Berre, 1966 ; Bellec, 1974 ; Philippon, 1977).

Du fait que la plupart des simulies ainsi capturées ont été destinées à une étude de leur infection par *O. volvulus*, il a été absolument indispensable que l'opérateur capture les femelles avant qu'elles n'entament leur processus de piqûre afin d'éviter la perte des parasites. Les simulies sont prélevées directement à l'aide d'un tube de verre (tube à hémolyse classique de 65 millimètres de longueur et 12 millimètres de diamètre), à raison d'une seule femelle par tube; chaque équipe est donc munie d'une importante réserve de tubes de capture.

Les captures ont lieu pendant au moins trois jours consécutifs au même endroit, de manière à éliminer autant que possible les variations journalières dues aux intempéries (OMS, 2017).

Les captures ont été faites tous les jours de 6h00' à 8h00' et de 15h00' à 17h00' et pendant dix jours et en deux saisons.

Ces captureurs ont été à chaque fois soumis aux examens cliniques et une prise en charge médicale en cas d'un résultat positif.

3.2.1. Identification et dissection des femelles de simulies

Les clés de détermination de Clergue – Gazeau (1991) et de Le Philippon (1974) ont été utilisées pour identifier les spécimens des simulies capturés dans la rivière Lokali et la section du fleuve Congo au niveau de Wangata.

Les dissections de femelles de simulies ont été effectuées sur du matériel frais. Selon Lewis (1957), cette technique a consisté à séparer les différentes parties du corps de la simulie (tête, thorax et abdomen), à les isoler puis à dilacérer finement les organes. Les femelles ont été disséquées dans de l'eau physiologique, sous microscope monoculaire de marque Motic 61105444, à l'aide d'aiguilles montées, immédiatement après avoir été fixées à l'acide acétique.

Le but principal de la dissection a été d'isoler l'*O. volvulus*. Les spécimens de simulies non disséqués ont été placés dans un flacon de 150 ml contenant de l'alcool à 70% pour une dissection ultérieure. La dissection, nécessite de longues préparations microscopiques, s'effectue en deux temps : dilacération de la tête pour observer la présence des larves du parasite dans les pièces buccales de l'insecte et dilacération séparée du thorax (tubes de Malpighi) et de l'abdomen afin de rechercher les larves d'*O. volvulus*.

3.2.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Plusieurs méthodes d'analyses multivariées ont été développés pour le traitement des données écologiques (Legendre & Legendre, 1984 ; Ter Braak et Smilauer, 1998 ; Legendre & Legendre 1998. L'Analyse en Composantes Principale (ACP) est l'une de techniques les plus classiques de la statistique multivariée (Lebart *et al.*, 1997 ; Kamb, 2018)

Dans le cadre de cette étude, l'Analyse en Composantes Principales a été utilisée pour étudier l'influence des variables environnementales sur la distribution des simulies dans les deux hydrosystèmes.

L'ACP permet un arrangement des entités écologiques (sites, espèces ou autres variables) le long des axes bi ou pluridimensionnels sur la base des données relatives à la composition spécifique ou aux variables environnementales.

Selon Kamb (2018), l'utilisation de l'ACP passe par les étapes suivantes :

- (1). Constituer une matrice de données à deux dimensions, abondance des espèces-stations ou variables environnementales-stations ;

- (2). Transformer les données brutes quantifiables (abondance en $\log(x+1)$, variables environnementales en $\ln(x+1)$), données en pourcentage en arc sin racine carrée x ;
- (3). Soumettre les données à l'analyse proprement dite.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour déterminer les relations existant entre les simulies et les variables environnementales. Elle a également été utilisée pour traiter les données relatives aux variations de peuplement des simulies de la rivière Lokali et fleuve Congo.

Les conditions d'application de l'ACP utilisée dans le cadre de ce travail sont inspirées des travaux de Mergen (2002) et Wamuni (2010). Les analyses ont été réalisées avec le logiciel Past version 6.1.

IV. RESULTATS

4.1. Paramètres physico-chimiques

4.2. Paramètres physiques

Le tableau n°2 reprend les valeurs des paramètres physiques par station dans la Zone de Santé de Wangata de 2021 en saison pluvieuse

Paramètres physiques	Stations de la Lokali			Stations du fleuve Congo		
	Lok I	Lok II	Lok III	Fleu I	Fleu II	Fleu III
Température (°C)	27,5	27,1	27,9	27,1	27,6	28
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	189	153	156	23	12,7	11,5
Turbidité (NTU)	62	41	50	19	17	21
pH	6,6	7,1	6	7,2	6,7	6,8
TDS (ppm)	93,6	95	87	22	15	17,1

L'observation faite dans le tableau ci-dessus nous permet de comprendre que les valeurs de température les plus élevées ont été enregistrées dans les eaux des stations Lok III (27,9°C) pour la rivière Lokali et Fleu III (28°C) pour le fleuve Congo. Les valeurs de températures les plus basses ont été mesurées dans les stations Lok II (27,1°C) dans la Lokali et Fleu I (27,1°C) dans le Fleuve Congo.

Les fluctuations de la conductivité des eaux du fleuve et de la rivière Lokali pendant la saison pluvieuse, indiquent que les stations Lok I de la Lokali et du fleuve, ont enregistré des valeurs les plus élevées, respectivement 189 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la Lokali et 23 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le fleuve. Et les valeurs de conductivité les plus faibles ont été observées à la station Lok II (153 $\mu\text{s}/\text{cm}$) à la Lokali et Fleu III (11,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$) au fleuve.

La turbidité mesurée dans les stations du fleuve et de Lokali en saison pluvieuse, ont présenté de grandes valeurs aux stations Lok I (62 UNT) dans la Lokali et Fleu III (21 UNT) au Fleuve. Et les valeurs les plus faibles ont été obtenues dans les stations Lok II (41 UNT) Lokali et Fleu II (17 UNT) fleuve Congo.

Les valeurs du pH mesurées dans la rivière Lokali et le fleuve Congo les plus élevées ont été constatées dans les stations Lok II (Lokali) et Fleu I (fleuve) respectivement 7,1 et 7,2. Et les valeurs les plus faibles ont été observées aux stations Lok III et Fleu II avec respectivement 6 (Lokali) et 6,5 (fleuve).

Les valeurs totales des solides dissous dans les eaux de la rivière Lokali et du fleuve recueillies en saison pluvieuse, les plus élevées ont été constatées dans les stations Lok II (95 ppm) de la Lokali et Fleu I (12 ppm) au fleuve. Et les valeurs les plus faibles ont été recueillies aux stations Lok III (87 ppm) de Lokali et Fleu II (6,5 ppm) du fleuve.

4.3. Paramètres chimiques

Le tableau n°3 reprend les valeurs des paramètres chimiques par station dans la Zone de Santé de Wangata de 2021 en saison pluvieuse

Paramètres physiques	Stations de la Lokali			Stations du fleuve Congo		
	Lok I	Lok II	Lok III	Fleu I	Fleu II	Fleu III
Oxygène dissous (mg/l)	2,4	3,1	2,9	2,5	2,6	2,3
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,05	0,04	0,07	0,01	0,03	0,02
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,55	1	0,5	0,5	0,5	1
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	4	3,2	4	3,4	2,7	2,6

Il se dégage de ce tableau les observations suivantes : les valeurs d'oxygène dissous les plus élevées de l'oxygène dissous ont été constatées aux stations Lok II (3,1 mg/l) dans la Lokali et Fleu II (2,6 mg/l) au fleuve. Les valeurs les plus faibles ont été observées aux stations Lok I (2,4mg/l) à la Lokali et Fleu III (2,3 mg/l) au fleuve.

Les concentrations les plus élevées en ammonium ont été prélevées aux stations Lok III (0,07 mg/l) de Lokali et Fleu II (0,03 mg/l) du fleuve. Les concentrations les plus faibles ont été enregistrées aux stations Lok II (0,04 mg/l) de Lokali et Fleu I (0,01 mg/l) du fleuve Congo.

Les concentrations de nitrate les plus élevées ont été prélevées aux stations Lok I (1 mg/l) dans la Lokali et Fleu III (1 mg/l) du fleuve. Les concentrations minimales ont été enregistrées aux stations Lok III (0,5mg/l) de Lokali et Fleu I et Fleu II (0,5mg/l) du fleuve Congo.

Les concentrations les plus élevées en phosphates ont été prélevées aux stations Lok I et Lok III (4 mg/l) de Lokali et Fleu I (3,4 mg/l) du fleuve. Les concentrations les plus faibles ont été enregistrées aux stations Lok II (3,2 mg/l) de Lokali et Fleu III (2,6 mg/l) du fleuve Congo.

4.4. Paramètres biotiques

4.4.1. Répartition des simulies par station

Le tableau n°4 reprend la répartition des simulies capturées par station dans la Zone de Santé de Wangata de 2021 en saison pluvieuse

Tableau 4. Répartition de simulies par stations dans la rivière Lokali et au fleuve Congo à Wangata en saison pluvieuse 2021

Espèces	Stations de la Lokali						Stations du fleuve Congo						N'
	Lok I		Lok II		Lok III		Fleu I		Fleu II		Fleu III		
	ni	ni/N	ni	ni/N	ni	ni/N	ni	ni/N	ni	ni/N	ni	ni/N	
<i>Simulium damnosum</i>	52	0,536	113	0,589	78	0,624	21	0,412	14	0,7	18	0,391	296
<i>Simulium neavei</i>	23	0,237	48	0,25	31	0,248	14	0,275	6	0,3	25	0,543	147
<i>Simulium yahense</i>	18	0,186	17	0,085	9	0,072	5	0,098	0	0	3	0,065	52
<i>Simulium squamosum</i>	4	0,041	14	0,073	7	0,056	11	0,216	0	0	0	0	36
N	97	1	192	0	125	0	51	0	20	0	46	1	531
S	4		4		4		4		2		3		

Légende

ni : Nombre d'individus par espèce

ni/N : Abondance relative par station

N : Nombre d'individus par station

N' : Somme de ni au sein d'une espèce dans les 6 stations

S : Nombre de taxons par station

4.4.1.1. Richesse spécifique S

Toutes les stations de la rivière Lokali ont enregistré le même nombre d'espèces soit 4. Au fleuve, la station Fleu I a enregistré le plus grand nombre d'espèces (soit 4), elle a été suivie de la station Fleu III avec 3 espèces et la station Fleu II avec 2 espèces.

4.4.1.2. Abondance brute et abondance relative

Le tableau 3 renseigne que cinq cent trente-un (531) individus ont été capturés dans la rivière Lokali et le fleuve Congo.

La station Lok II a enregistré une abondance brute la plus importante avec 192 individus (36,2%) individus. Elle a été suivie par les stations Lok III avec 125 individus (23,5%), Lok I avec 97 (18,3%), Fleu I avec 51 (9,6%), Fleu III 46 (8,7%) et Fleu II avec 20 (3,8%) de l'ensemble des simulies récoltées dans les deux hydrosystèmes.

La station Lok I, l'espèce *S. damnosum* est la plus abondante avec 52 (53,6%) d'individus récoltés. Elle a été talonnée par les espèces *S. neavei* avec 23 (23,7%), suivie de *S. allaeri* avec 18 (18,6%) et enfin, *S. nigratarsis* avec 4 (4,1%) qui ont compté chacune un individu (0,9%).

A la station Lok II, l'espèce *S. damnosum* a été plus représentée avec 113 (58,9%), suivie de *S. neavei* avec 48 (25%), ensuite, l'espèce *S. allaeri* avec 17 (8,9%), et pour en finir par l'espèce *S. nigratarsis* avec 14 (7,3%) chacune sur la somme des spécimens qui ont été recueillis.

L'espèce *S. damnosum* a enregistré un grand nombre d'individus récoltés à la station Lok III, représentant 78 (62,4%) du total des spécimens qui y ont été capturés ; suivie de l'espèce *S. neavei* avec 31 (24,8%), ensuite *S. allaeri* avec 9 (7,2%), et enfin, l'espèce *S. nigratarsis* avec 7 (5,6%) de l'effectif d'individus récoltés.

La station Fleu I est caractérisée par une abondance relative élevée de l'espèce *S. damnosum* qui a compté 21 (41,2%) individus de l'effectif total. Elle a été suivie de l'espèce *S. neavei* avec 14 (27,5%) d'individus recueillis. Puis, elles ont été talonnées par l'espèce *S. nigratarsis* avec 11 (21,6%) et enfin, l'espèce *S. allaeri* ayant 5 (9,8%) d'individus de la capture.

A la station Fleu II, l'espèce *S. damnosum* a été la plus représentée avec 14 (70%). Et enfin, elle a été suivie par l'espèce *S. neavei* avec 6 (30%) d'individus d'abondance totale.

Enfin, la station Fleu III, l'espèce *S. neavei* a été plus représentée avec 25 (54,3%), suivie de *S. damnosum* avec 18 (39,1%) d'individus, et enfin, l'espèce *S. allaeri* avec 3 (6,5%) d'individus chacune sur la somme des spécimens qui ont été recueillis.

Le dénombrement des individus récoltés (414) dans toutes les stations d'étude de la rivière Lokali pendant la saison pluvieuse, a révélé que l'espèce *S. damnosum* est la plus abondante avec 243 (58,7%) du total des individus recueillis. Elle est suivie par *S. neavei* avec 102 (24,6%), ensuite, *S. allaeri* avec 44 (10,6%), et enfin *S. nigratarsis* ayant 25 (6%).

Au fleuve, le dénombrement des individus récoltés (117) dans toutes les stations d'étude du fleuve pendant la saison pluvieuse, a révélé que l'espèce *S. damnosum* est la plus abondante avec 53 (45,3%) du total des individus recueillis. Elle est suivie par *S. neavei* avec 45 (38,5%), ensuite, *S. nigratarsis* 11 (9,4%), et enfin, *S. allaeri* ayant 8 (6,8%).

4.4.2. Répartition de Simulies parasitées par stations

La figure 2 illustre la répartition des simulies parasitées par station dans la Zone de Santé de Wangata en saison pluvieuse de 2020 à 2021.

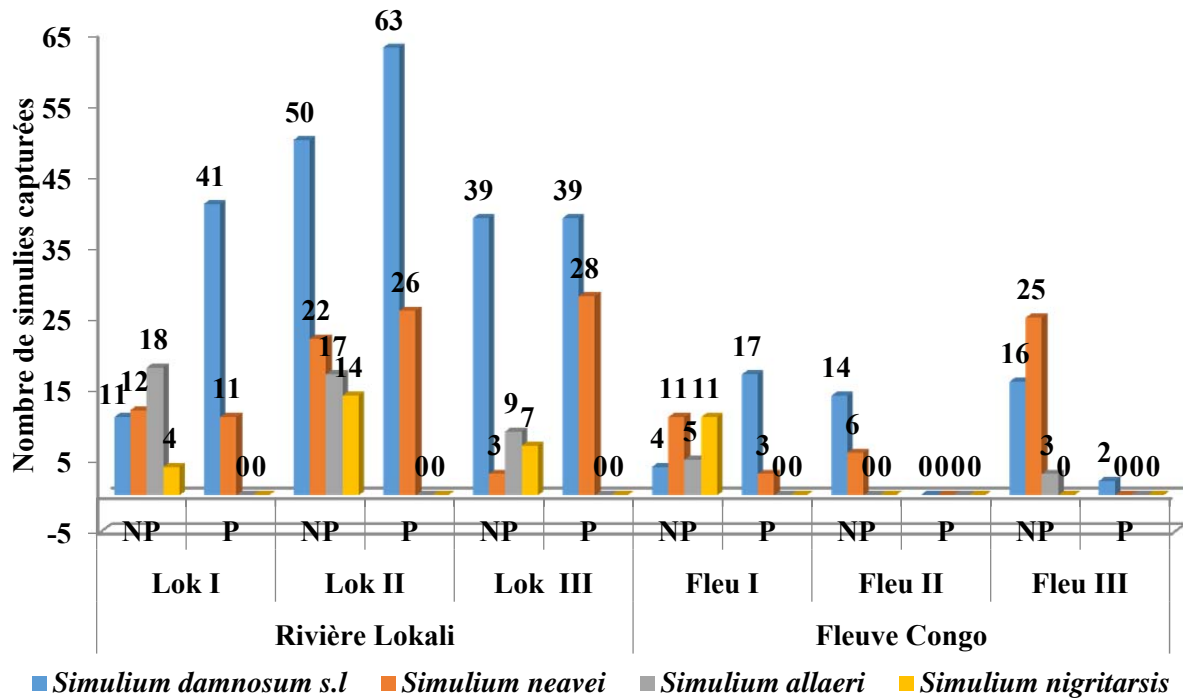


Figure 2 : Répartition de Simulies parasitées par stations en saison pluvieuse de 2020 à 2021 (NP = simulies non parasitées ; P=simulies parasitées).

Cinq cent trente-un (531) spécimens de simulies ont été capturés en saison pluvieuse dont 414 spécimens capturés dans les rives de la rivière Lokali et 117 au bord du fleuve Congo. Deux cent trente spécimens ont été parasités par l'*O. volvulus* dont 208 capturés dans la rivière Lokali et 22 dans le fleuve Congo.

En ce qui concerne les espèces des simulies parasitées dans la Zone de Santé de Wangata, l'espèce *Simulium damnosum* a été la plus parasitée avec 41 spécimens parasités à la station Lok I, 63 spécimens à la station Lok II, 39 à la station Lok III dans la rivière Lokali et 17 spécimens à la station Fleu I et 2 à la station Fleu III du fleuve Congo. L'espèce *S. neavei* qui a compté 11 spécimens parasités à la station Lok I, 26 à la station Lok II et 28 à la station Lok III dans la rivière Lokali et 3 spécimens à la station Fleu I du fleuve Congo.

Quant aux espèces *S. allaeri* et *S. nigritarsis*, aucun spécimen n'a été parasité dans les deux hydrosystèmes.

4.4.3. Analyses en composantes principales

Cette analyse a été réalisée pour statuer une corrélation entre les facteurs abiotiques et les facteurs biotiques (les simulies) observés dans les deux hydrosystèmes pendant la période d'étude.

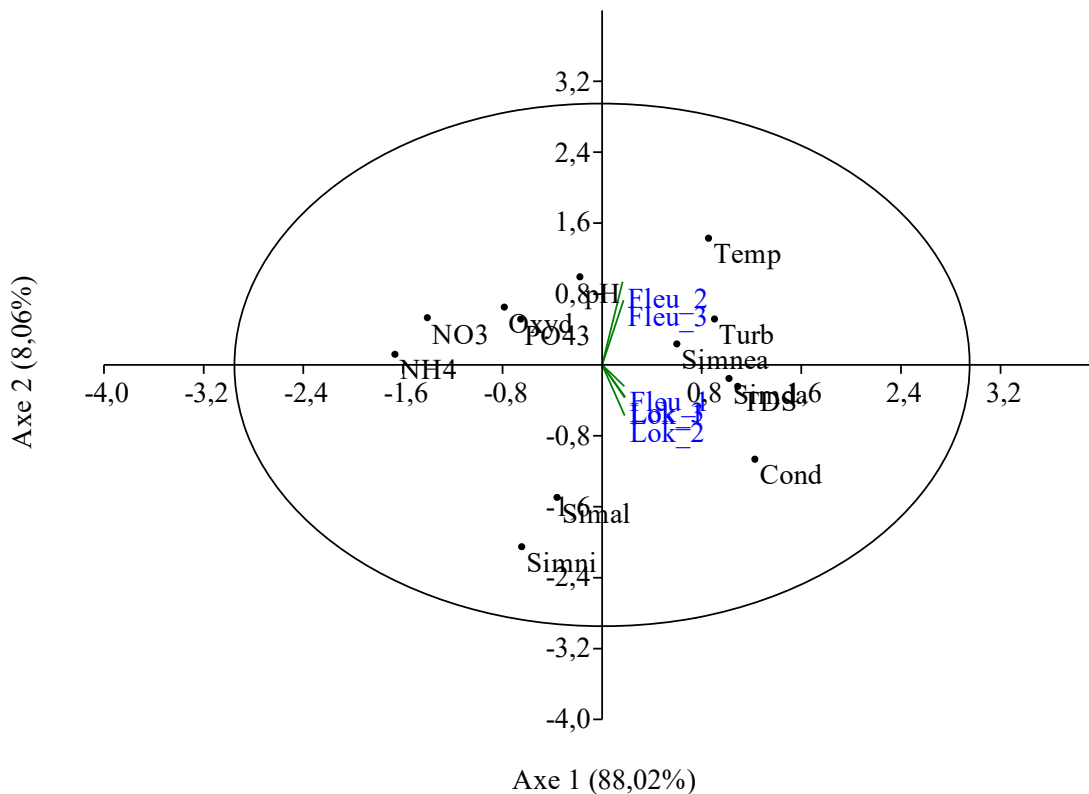


Figure 3. Corrélation entre les similies capturées et les paramètres physico-chimiques de la Zone de Santé de Wangata en saison pluvieuse de 2020 à 2021

Les deux principaux axes (axe 1 et axe 2) ont été établis et sont responsables de 96,08% de la dispersion des variables. L'axe 1 ayant 88,02 % de la variance totale et l'axe 2 a comporté 8,06% (figure 3).

L'analyse en composantes principales des similies et des facteurs abiotiques pendant la saison pluvieuse dans la rivière Lokali et dans le fleuve Congo, a révélé une corrélation positive entre les stations d'étude (Fleu II et Fleu III et Fleu I, Lok II et Lok III) et l'axe 1.

Ce dernier (axe 1) est fortement corrélé par des paramètres physico-chimiques et les similies. Il s'agit de : Température ($r=0,8551$), Conductivité ($r=1,2269$), Turbidité ($r=0,90295$), Total des solides dissous ($r=1,0891$), *S. damnosum* ($r=1,0191$), et *S. neavei* ($r=0,60019$).

Les espèces des similies suivantes, *Simulium damnosum* et *Simulium neavei*, ont corrélé positivement avec les paramètres abiotiques Température, conductivité, turbidité, et TDS.

En ce qui concerne les corrélations négatives de l'axe 1, les *S. allaeri* et *S. nigratarsis* ont été négativement corrélées avec les paramètres physico-chimiques température, conductivité, turbidité, et TDS.

Une corrélation positive a été observée entre *Simulium damnosum* et *Simulium neavei* avec l'oxygène dissous, l'ammonium, les nitrates, et les phosphates dans l'axe 2.

V. DISCUSSION

Il est connu que les facteurs écologiques ont un rôle déterminant pour le nombre et la nature des espèces susceptibles de cohabiter dans un environnement donné (Lévêque, 2006a). Phillipart (1989) a montré que la distribution des organismes vivants est largement influencée par la qualité physique et chimique de l'eau (O₂, température, pH, matières en suspension, dureté, ammoniacale, etc.)

La température de l'eau joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques ainsi que les réactions biologiques dans un écosystème (Abboudi *et al.*, 2014). Dans les eaux étudiées, ce paramètre présente des valeurs moyennes comprises entre 27,5°C et dans la Lokali et 27,6°C au fleuve. Ainsi, ces valeurs ne montrent pas de grandes variations entre les périodes de prélèvements et reste proche de la température moyenne de la région. Elles sont proches de celles obtenues par Detay (1997) qui confirme que la plupart des eaux tropicales ont une température supérieure ou égale à 25°C. Cette situation s'explique par l'exposition des eaux aux rayonnements solaires directs.

Dans cette étude, la valeur extrême de température enregistrée est de 27,9°C dans la rivière Lokali (Lok III) et 28°C au fleuve, s'explique par l'exposition des eaux de ces hydrosystèmes aux rayonnements solaires et aussi par la décomposition des matières organiques par les micro-organismes (Sisa *et al.*, 2018).

Les résultats de cette étude montrent que les valeurs moyennes de pH des eaux de la Lokali et du fleuve Congo oscillent entre 6,56 à Lokali et au fleuve 6,9. La moyenne de ces valeurs est comparable à celles relevées sur Chari à D'jamena (Ngaram, 2015). Les eaux de ces hydrosystèmes sont légèrement acides. Ceci pourrait s'expliquer par la présence de l'acide humique qui provient de la décomposition des matières végétales mortes. La valeur moyenne de 6,9 obtenue au fleuve semble confirmer les remarques de Rodier *et al.* (2009) selon lesquelles, à cause du pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire, son aptitude à s'opposer à toute variation de son pH, il est rare, sauf dans les cas des rejets que le pH s'écarte de l'intervalle 6,5-8,5.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer globalement la minéralisation de l'eau. La figure 24 montre les valeurs moyennes de la conductivité des eaux de la Lokali sont comprises entre 166µs/cm et au fleuve 15,7µs/cm. Il ressort de ces données que la minéralisation des eaux du fleuve Congo est très faible car les conductivités mesurées sont inférieures à 100 µs/cm) et celle de la Lokali est moyennement minéralisée à cause des activités Anthropiques (Sisa *et al.*, 2022b).

Les valeurs des conductivités mesurées sont très inférieures à la valeur limite 1000 µS/cm fixée par l'OMS. Les moyennes des valeurs mesurées dans le fleuve sont légèrement inférieures à celles du fleuve Congo (23µS/cm) en 1993 (Monkolo *et al.*, 1993).

Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation. La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante (Rodier, 1984).

Les valeurs moyennes de la turbidité des eaux aux différents prélèvements sont comprises entre 51 UNT à Lokali et 19 UNT au fleuve (Tableau 2). Cette turbidité est fonction de la vitesse que connaissent le fleuve Congo et la rivière Lokali. Cette augmentation de la turbidité résulte du phénomène de ruissellement des eaux de pluies et celui de la remise en suspension des sédiments déposés antérieurement dans ces hydrosystèmes (Sisa *et al.*, 2018).

Les variations de TDS des eaux du fleuve et de la Lokali illustrées par la figure 26 renseignent que les valeurs de TDS les plus élevées sont enregistrées aux stations Lok I (111,6ppm) de Lokali et Fleu I (8,12ppm) du fleuve. Tandis que les plus faibles sont recueillies aux stations Lok II (69ppm) Lokali et Fleu III (6,2ppm) au fleuve.

La solubilité de l'oxygène étant fonction de la température et de la pression partielle, les résultats montrent les teneurs en oxygène dissous qui se situent entre 3,1mg/l et 1,9 mg/l dans la Lokali et entre 2,1mg/l et 3,2 mg/l au fleuve Congo. Selon Rodier (1984), la teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l, elle est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre. La présence d'une grande quantité des matières organiques dans ces écosystèmes pourrait justifier cette faiblesse de teneur en O₂ dissous (Lohaka *et al.*, 2022).

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacal, nitrique, nitreux etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus de transformation biochimique. Selon Rodier (1984), sa présence dans le cours d'eaux est due au développement des élevages, à la fertilisation excessive par les engrais, les fientes et fumiers divers, voire les boues de stations d'épuration (Kamb, 2018).

Le nitrite provient soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (Rodier, 1984).

Dans les deux hydrosystèmes, les concentrations en nitrates sont plus « levées que celles de l'ammonium. Et ceci s'explique de la manière que la quasi-totalité de l'ammonium semble être utilisée par la Bactéries nitrifiantes pour leur production d'énergie métabolique en transformant le NH_4^+ en nitrites et par l'oxydation ces derniers se transforment en nitrates (Baudin *et al.*, 2008).

Les concentrations importantes de nitrates dans la Lokali peuvent être justifiées par le fait des fumiers, des installations sanitaires des populations riveraines le long de la rivière, et l'utilisation des fertilisants synthétiques.

Les valeurs importantes des phosphates enregistrées dans la rivière Lokali pendant les deux saisons par rapport aux valeurs du fleuve. Les concentrations les plus élevées en phosphate pendant la saison pluvieuse ont été prélevées aux stations Lok I et III (4mg/l) de Lokali et Fleu I (3,4 mg/l) du fleuve. Les concentrations minimales ont été enregistrées aux stations Lok II (3,2 mg/l) de Lokali et Fleu III (2,6 mg/l) du fleuve. Les concentrations les plus faibles ont été enregistrées aux stations St II (1,3mg/l) de Lokali et St III (1,5mg/l) du fleuve.

Les écarts enregistrés entre les concentrations des paramètres abiotiques dans la rivière Lokali et au fleuve peuvent être justifiés par l'utilisation de rives de ces deux hydrosystèmes par la population riveraine.

Le potentiel biologique est limité par la qualité de l'habitat physique formant la trame sur laquelle les communautés biologiques se développent (South Wood, 1977). Le peuplement d'un secteur de cours d'eau dépend d'abord des capacités naturelles du site, puis des détériorations de la qualité de l'eau et du substrat (Goaziou, 2004).

Lors de ces investigations dans la Zone Santé de Wangata, 531 spécimens de simulies ont été capturés repartis en un seul genre et 4 espèces. Les individus de l'espèce *S. damnosum Théobald* ont été les plus représentés avec 296 individus (soit 55,7%), suivis des individus des espèces *S. neavei* avec 147individus (soit 27,7%), *S. nigratarsis* avec 36 individus (soit 6,8%) et *S. allaeri* avec 52 individus (soit 9,8%) de l'abondance totale.

En ce qui concerne l'abondance de simulies dans les deux hydrosystèmes, la rivière Lokali a compté un grand nombre de spécimens soit 414 individus représentant 78% de l'effectif total alors qu'au fleuve 117 individus ont été capturés (soit 22%). L'abondance relative de simulies dans la rivière Lokali par rapport au fleuve peut expliquer par la vitesse de l'écoulement des eaux de la rivière Lokali pendant les deux saisons. A cet effet, Philippon (1978) a constaté que le complexe *Simulium damnosum* avait un développement pré-imaginal et imaginal plus rapide avec une dispersion la plus élevée dans les rapides que dans les eaux lentes. Cette abondance pourrait être justifiée aussi par la présence d'une végétation forestière caractéristique de la rivière Lokali parce que selon Philippon (1978), les plus fortes densités connues de femelles piqueuses de simulies se rencontrent en zone forestière.

La faible abondance simulienne dans le fleuve Congo, pourrait se justifier par la pollution organique et chimique qui provient de la population riveraine et qui constitue un facteur de freinage ou inhibiteur au cours du développement pré-imaginal (Ruzette, 1955).

Les supports végétaux et les roches sont colonisés par des algues et recouverts de limon comme les gites (Ruzette 1955) ; le développement très florissant des jacinthes d'eau empêcherait la ré-invasion des rapides par les simulies (Fain, 1982). Ces résultats corroborent avec les nôtres dans les stations du fleuve par la faible abondance des simulies. Les quelques échantillons capturés pourraient provenir en vol des gites de la rivière Lokali. Phénomène observé à Kinsuka-pêcheur par Henry *et al.*, (1984) et Yebakima (1976) à Djoué en République Populaire du Congo.

Les fréquences élevées de simulies en saison pluvieuse (531 individus représentant 55,7% de l'abondance totale) pourrait se justifier par les conditions hydrologiques. Ceci est confirmé par Le Berre (1966) qui stipule que les populations de simulies

sont permanentes et leurs fluctuations sont typiquement représentatives du type de variation synchrone. Elles connaissent leur abondance maximale au moment de la crue des cours d'eau et sont très réduites à l'étiage.

Les fréquences relatives élevées de l'espèce *S. damnosum* (avec 296 individus, soit 55,7% en saison pluvieuse, pourraient s'expliquer par la faible prédation de population de simulies en période de crue suite à la réduction de populations de leurs prédateurs (trichoptères, éphéméroptères et odonates) à cause de facteurs hydrologiques (Schorscher, 1992) mais aussi par les conditions abiotiques favorables (température, pH, conductivité, etc.)

Quant aux conditions du milieu, Séchan et Tetuanui (2001), affirment que la température de l'eau joue un rôle prépondérant dans le cycle de développement similien. Pour le l'espèce *S. damnosum*, la période d'incubation des œufs se situe entre 30 et 48h à 28°C (Burton et Mc Crae, 1965 ; Le Berre, 1966). A des températures similaires, le seul développement larvaire pour la même espèce s'effectue de 8 à 17 jours (Elsen, 1979) et le développement nymphal entre deux et quatre jours (Crips, 1956 ; Le Berre, 1966).

Il est probable que la situation similienne de la Zone de Santé de Wangata connaisse un surpeuplement similien très élevé depuis les décennies alors que les conditions semblent réunies pour une ré-infestation massive des populations qui y demeurent.

Les faibles fréquences relatives constatées dans les espèces *S. allaeri* et *S. nigratarsis* dans les deux hydrosystèmes pendant les deux saisons pourraient s'expliquer par les facteurs intrinsèques et extrinsèques de ces espèces. Ceci est confirmé par Philippon (1977) qui lie le potentiel physiologique sur le milieu physique dans lequel ces simulies se développent.

La corrélation positive entre les espèces *S. damnosum* et *S. neavei* avec la température, la conductivité, la turbidité et le TDS pourrait se traduire qu'il existe un lien entre ces simulies et ces paramètres physico-chimiques Henry *et al.*, (1984). Ces conditions pourraient être à l'origine de l'éclosion des espèces d'autres groupes animaux dans le milieu.

Ainsi, il semblerait que les hydrosystèmes étudiés dans la Zone de Santé de Wangata à Mbandaka ainsi que ceux étudiés par d'autres chercheurs ailleurs, subissent des pressions anthropiques par le rejet des effluents de diverses natures car ces rejets polluent les écosystèmes aquatiques et par conséquent, présence des effets néfastes sur la vie des communautés riveraines. (Kamb, 2015).

Dans la présente étude, 369 spécimens (soit 39,7%) de simulies capturées dans la Zone de Santé de Wangata ont été parasitées par *Onchocerca volvulus*. Wanson (1950) sur la transmission de *Onchocerca volvulus*, estime que 15,3% des simulies capturées pendant les mois de prolifération intense dans le village Kinsuka sont parasitées par *O. volvulus*.

La transmission est élevée actuellement dans la Zone de Santé de Wangata car malgré le pourcentage relativement élevé des femelles infectantes surtout à la rivière Lokali, la densité similienne est faible dans le fleuve Congo. Elle semble présenter une allure saisonnière : le potentiel mensuel de transmission tend à s'élever quand la population vectrice devient plus abondante en début de la saison sèche (Henry *et al.*, 1984) ces résultats corroborent à ceux de la Zone de Santé de Wangata dont le potentiel de transmission a été observé pendant la saison pluvieuse.

VI. CONCLUSION

La présente étude qui a porté sur l'étude des peuplements des simulies vectrices de l'onchocercose dans la Zone de Santé de Wangata à Mbandaka dans la province de l'Equateur/R.D. Congo. Les analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau, la mise en évidence du parasite dans le vecteur et l'étude épidémiologique de l'onchocercose dans la Zone de Santé de Wangata ont été effectuées.

Les présents résultats ont montré que la distribution des simulies est largement influencée par la qualité physique et chimique de l'eau (O₂, température, pH, matières en suspension, dureté, ammoniaque, etc.)

Lors de ces investigations dans la Zone Santé de Wangata, 531 spécimens de simulies ont été capturés repartis en un seul genre et 4 espèces. Les individus de l'espèce *S. damnosum* ont été les plus représentés avec 296 individus (55,7%), suivis des individus des espèces *S. neavei* avec 147 individus (27,7%), *S. nigratarsis* avec 52 individus (9,8%) et *S. allaeri* avec 36 individus (6,8%) de l'abondance totale.

Deux cents trente (230) simulies ont été parasitées par *onchocerca volvulus* sur 531 simulies capturées. Les individus de *Simulium damnosum* ont été les plus parasités (162 spécimens parasités) suivis de ceux de *Simulium neavei* avec 68 spécimens parasités.

RÉFÉRENCES

- [1] Abboudi A., Tabyaoui H et El Hamichi A., 2014. Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou. European Scientific journal, ESSN 1857-7881, N°23 p. 84-93
- [2] Ako Adjami A., Thèse doctorale, *contribution à la surveillance entomologique et épidémiologique de l'onchocercose en Afrique de l'ouest*, Université de Montpellier II, Sciences chimiques et biologiques pour la santé, 2006.
- [3] Asuzu M, Babalola S. Onchocercal skin disease and their psycho-social importance in Western Nigeria. Nigerian Postgraduate Medical Journal. 1997 ;4 (3) :4.
- [4] Baudin F., Tribovillard N., et Trichet J., 2007. Géologie de la matière organique. Vuibert, Paris.263p.
- [5] Baudin F., Tribovillard N., et Trichet J., 2008. Géologie de la matière organique. Vuibert, Paris.263p.
- [6] BELLEC C., 1974. Les méthodes d'échantillonnage des populations adultes de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera : Simuliidae) en Afrique de l'Ouest. Thèse Doct. 3e cycle, D.R.S.T.D.M., Paris.
- [7] Boussinesq, 2020
- [8] Burton G.J., et MC.CRAE, T.M., 1965. Dam-spillway breeding of *Simulium damnosum* Theobald in northern Ghana. Ann. tr. Med. Purcuit.. 5Y, 4 : 405-412
- [9] Crisp G. Simulium and Onchocerciasis in the Northern territories of Gold Coast. H.K. Lewis & Co ltd., London, 1956, 176 pp.
- [10] Detay, M., 1997. La gestion active des aquifères, Ed. Masson, Paris, 62 pp.
- [11] Fain, A. (1982) : Prospection de l'ancien foyer d'Onchocercose de Kinshasa. Rapport scientifique 1980-1981, Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold, Antwerpen, pp 28-29 (non publié).
- [12] Goaziou Y., 2004. Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basées sur les macroinvertébrés benthiques- Rapport de Statge, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq n° ENV/2004/0158, Collection n°QE/146, 37 p. et 2 ann.
- [13] Henry M.C., Janssens P.G. et De Boeck M., l'observation récente sur la transmission de l'onchocercose à Kisuka, Kinshasa, Zaïre, Ann. Soc. Belge Méd. Trop. 1984, 64, 267-281
- [14] Kamb T. J-C, 2018. Structure des peuplements des macroinvertébrés benthiques et évaluation de la qualité biologique et écologique des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge à Kinshasa/ RD Congo, Thèse de Doctorat, UPN, 230p.
- [15] Kamb T.J.C., Ifuta N.S., Mbaya N.A, Pwema V.K., 2015. Influence du substrat sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans un système lotique : cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge, Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(2): 970-985. <http://www.ajol.info/index.php/ijbcs>
- [16] LE BERRE R., 1966. Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). Mém. O.R.S.T.O.N., 17, 204 p.
- [17] Lebart L., Morineau A. & Fenelon J.P., 1997. Traitement des données statistiques méthodes et programmes. Dunod édition. Paris. 518 p.
- [18] Legendre L. & P. Legendre 1984. Ecologie numérique. Tome 1: le traitement multiple des données écologiques. 2^{ème} édition, Masson, Paris et Presses de l'université du Québec. 260 p.
- [19] Lévêque C., et Paugy D., 2006. Les poisons des eaux continentales africaines (Diversité, écologie, utilisation par l'homme), IRD, Paris, 564p.

- [20] Lohaka D.J., Kamb T.J-C., Sisa M.E. and Eume T., 2022. Study of the population structure of decapod crustaceans in the Pool Malebo in Kinshasa (DR Congo), International Journal of Science and Research Archive, 05(02), 206–216.
- [21] MEDA N., 2015. Vers l'élimination de l'onchocercose en Afrique avec la distribution de masse de l'ivermectine. Webinar Quan TIM SESTIM.;912(4) :6-7.
- [22] Mergen .P.2002. Distribution spatio-temporelle des communautés ichthyologiques dans les lacs de barrage de Nisramont (Belgique) et d'Esch-sur-sur (Grand-duché du Luxembourg). Thèse de doctorat, presses universitaires de Namur. 416p.
- [23] Moukolo N., Laraque A., Olivry J.C. et Bricquet J.P., 1993. Transport en solution et en suspension par le fleuve Congo (Zaïre) et ses principaux affluents de la rive droite, Journal des sciences hydrologiques, 38, 2, pp. 133-145
- [24] Ngaram N., 2011. Contribution à l'étude analytique des polluants (en particulier de type métaux lourds) dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'Djamena, Thèse de doctorat, Université de Lyon, 162p.
- [25] NOMA M., 2012. Cécité des rivières, Onchocercose, APOC. p. 43.
- [26] OMS, 2013. Bureau régional de l'Afrique. Plan stratégique pour la lutte contre les maladies tropicales négligées dans la Région africaine 2014-2020.
- [27] Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Rapport de situation sur l'élimination de l'onchocercose humaine, 2016-2017. REH 2017 ; 92 : 681-694.
- [28] Philippart J-C., 1989. Ecologie des populations et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse Belge. *Bull. Soc. Géo.Liège*, 25: 175-198
- [29] Philippon B., 1977. Étude de la transmission d'*Onchocerca volvulus* (Leuckart, 1893) (*Nematoda, Onchocercidae*) par *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (*Diptera, Simuliidae*) en Afrique tropicale, ORSTOM, Paris.
- [30] Rodier J., 2009. L'Analyse de l'eau. 9^e éd. ; Dunod, Paris. 1526 p.
- [31] Rodier, J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Bordas, Paris, 1365
- [32] Ruzette M.A, 1955. Prospection entomologique de la région d'Inga. Rapport 1-64 (non publié).
- [33] Schorsch J., 1992. Ecologie des prédateurs des stades préimaginaux de *Simulium damnosum* Theobald, vecteur de l'onchocercose en Afrique de l'ouest : dynamique des relations prédateurs/proies et des peuplements, Thèse de doctorat en Sciences biologiques et fondamentales appliquées, Paris 11, 234p.
- [34] Sisa E.M., Kamb J-C.K., Pwema V.K., Mutambel D.H et Kipimbye J.L., 2022b. Etude de la structure des peuplements de la faune des Odonates du bassin versant de la rivière Lukunga à Kinshasa/RD Congo. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 33 No 1, pp. 489-502.
- [35] Sisa E.M., Kamb J-C.K., Pwema V.K., Mutambel D.H. et Bunda N.P.M., 2022a. Structure of Odonata populations in the riparian strips of the Bumbu River watershed in Kinshasa /RD Congo, International Journal of Science and Research Archive, Vol. 06 No.01, pp. 028–039.
- [36] Sisa E.M., Pwema V.K., Mutambel D.H et Mukwita N.J., 2018. Contribution à l'étude de la structure et de la dynamique des peuplements ichthyologiques des cours d'eau de la ville de Kinshasa : Cas de la rivière Lukunga, International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 24 No. 3 Oct. pp. 1357-1371.
- [37] Southwood T.R.E., 1977. Habitats, the template for ecological strategies ? Journal of Animal Ecology, Vol. 46, No. 2, pp. 336-365.
- [38] Ter Braak C.J.F., et Smilauer P., 1998. CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows (version 4). Centre for Biometry, Wageningen, Pays Bas, 351 p.
- [39] Wamuini, L.S., 2010. Ichtyofaune de l'Inkisi (Bas-Congo/DRC): Diversity and Ecology. PhD thesis, University of Liège (Belgium), 351 pages.

- [40] Wanson M., Contribution à l'étude de l'Onchocercose africaine humaine (Problèmes de prophylaxie à Léopoldville.), Société Belge de Médecine Tropicale, *Tome XXX -N° 4- 1950.*
- [41] Yebakima A., Thèse doctorale, l'onchocercose humaine au Congo, étude du foyer de Bangou-Louholo (District de Kindamba), Université de Paris-sud Centre d'Orsay, Faculté des Sciences naturelles, 1978.